



TUGAS PENGGANTI KERJA PRAKTEK – RC14-1371

## **KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN BESERTA STUDI KASUS**

IRFANANDA SETIADI HUTOMO

NRP. 031 117 4000011

SENOPATI INGALOGO

NRP. 031 117 4000083

Dosen Pembimbing :

Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumihan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2020

**LAPORAN TUGAS PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS**

IRFANANDA SETIADI HUTOMO            031 117 4000011  
SENOPATI INGALOGO                    031 117 4000083

Surabaya, Desember 2020

Menyetujui,

Dosen Pembimbing Internal



Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc.  
NIP. 19610927 198701 1 001

Mengetahui,  
Sekretaris Departemen I  
Bidang Akademik dan Kemahasiswaan  
Departemen Teknik Sipil FTSPK – ITS



Data Iranata, S.T., M.T., Ph.D.  
NIP. 19800430 200501 1 002



## **KATA PENGANTAR**

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan segala Rahmat, Taufiq dan Inayah-NYA sehingga tim penulis dapat menyelesaikan Modul Perencanaan Drainase Perkotaan sebagai Tugas Besar Pengganti Kerja Praktek (KP) dengan baik dan tepat pada waktunya.

Modul ini berisi pembahasan dalam garis besar mengenai prinsip-prinsip perencanaan drainase perkotaan, meliputi drainase permukaan dan drainase bawah permukaan. Modul ini dimaksudkan untuk memberikan pengetahuan mengenai jenis-jenis bangunan drainase permukaan, pengumpulan data lapangan, bagan alir analisa hidrologi untuk menentukan debit aliran, bagan alir perhitungan hidrolika untuk penetapan dimensi selokan, bagan alir perhitungan hidrolika untuk penetapan dimensi gorong-gorong, dsb.

Tentunya dalam proses pengerjaan tugas besar pengganti KP ini tentu banyak kendala yang yang tidak dapat penulis tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, kami menyampaikan apresiasi dan ucapan terima kasih kepada :

BAB IBapak Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc selaku dosen pembimbing Mata Kuliah Kerja Praktek dan asistensi dalam Tugas Besar Pengganti KP Teknik Sipil ITS yang telah mengajarkan dan membimbing saya dalam menyelesaikan tugas besar ini.

BAB IIREkan – rekan civitas akademik Departemen Teknik Sipil

Kami sangat menyadari bahwa dalam penyusunan Modul Perencanaan Drainase Perkotaan sebagai Tugas Besar Pengganti Kerja Praktek (KP) ini masih jauh dari sempurna baik ditinjau dari segi materi sistematika penulisan maupun tata bahasanya. Untuk itu kritik dan saran kami harapkan untuk perbaikan kedepannya

Surabaya, 28 Desember 2020

Irfananda Setiadi H. & Senopati I.



## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI .....	ii
DAFTAR TABEL .....	v
DAFTAR GAMBAR .....	vii
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan .....	1
<b>BAB II KONSEP DASAR PERENCANAAN DRAINASE.....</b>	<b>2</b>
2.1. Pengenalan Konsep .....	2
2.2. Jenis Drainase .....	3
2.3. Dasar Perencanaan Drainase Perkotaan .....	6
2.4. Tahapan Perencanaan .....	8
2.5. Drainase Khusus.....	13
2.6. Tingkatan Saluran Drainase .....	16
<b>BAB III ANALISA HIDROLOGI.....</b>	<b>17</b>
3.1. SIKLUS HIDROLOGI.....	18
3.2. Intensitas Curah Hujan .....	19
3.3. Pengolahan data hujan .....	24
3.4. Curah hujan Rancangan .....	27
3.5. Uji Distribusi Hujan .....	30
3.6. Perhitungan Debit Rencana Saluran .....	33
3.7. Hidrograf Satuan.....	43
<b>BAB IV ANALISA HIDROLIKA .....</b>	<b>59</b>
4.1. Umum .....	59
4.2. Aliran Pada Saluran Terbuka.....	60
<b>BAB V BANGUNAN PELENGKAP DRAINASE .....</b>	<b>71</b>
5.1. GORONG – GORONG .....	71
5.2. SALURAN TERTUTUP.....	83
5.3. BANGUNAN TERJUN .....	92



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

5.4.	INLET SALURAN.....	94
5.5.	SALURAN PENGHUBUNG.....	99
5.6.	KOLAM TAMPUNG (BOEZEM).....	100
5.7.	BAK KONTROL.....	126
5.8.	SALURAN PENANGKAP (CATCH DITCH).....	127
5.9.	PEMATAH ARUS.....	128
5.10.	SUMUR RESAPAN.....	129
5.11.	PINTU KLEP PENYEIMBANG.....	132
5.12.	POMPA AIR.....	136
5.13.	GEJALA KAVITASI.....	143
5.14.	Tinggi Hisap Positif Netto (Net Positive Suction Head-NPSH).....	144
5.15.	Ketentuan Umum Perencanaan Pompa Drainase.....	146
BAB VI	OPERASI DAN PEMELIHARAAN BANGUNAN DRAINASE.....	176
6.1.	Operasi dan Pemeliharaan Bangunan Drainase.....	176
6.2.	SISTEM POMPA.....	179
6.3.	PINTU AIR INLET, OUTLET DAN PEMBAGI.....	189
6.4.	TRASH RACK.....	195
6.5.	Lokasi Pembuangan Endapan.....	198
6.6.	Drainase Saluran Terbuka.....	199
6.7.	Kegiatan Rehabilitasi.....	203
6.8.	Saluran Tertutup dan Bangunan Persilangan.....	204
6.9.	Bangunan Terjun.....	207
6.10.	Tanggul.....	208
6.11.	Bangunan Penangkap Pasir.....	209
6.12.	Sumur Resapan.....	210
6.13.	Pemeliharaan Drainase.....	210
6.14.	Sistem Operasi Jaringan Drainase.....	211
6.15.	Pengoperasian Pintu Air.....	214
6.16.	Pengoperasian Kolam Retensi.....	214
6.17.	Sistem Pemeliharaan Jaringan Drainase Perkotaan.....	216
BAB VII	DRAINASE KHUSUS.....	218
7.1.	Sistem Polder.....	218



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

7.2.	Tanggul dan Tembok penahan banjir .....	222
7.3.	DRAINASE LAPANGAN TERBANG .....	231
7.4.	Drainase Lapangan Olahraga .....	238
7.5.	DRAINASE JALAN REL .....	241
7.6.	Drainase Subsurface Jalan rel .....	245
7.7.	Drainase lereng.....	246
7.8.	DRAINASE SUBSURFACE .....	247
7.9.	Lama Pembuangan / Pengeringan Air dari Curah Hujan .....	258
7.10.	SISTEM BANJIR KANAL DAN SODETAN (BY PASS).....	259
7.11.	Teknik Sungai .....	262
7.12.	Tinggi Jagaan.....	273
7.13.	Bangunan Pelengkap .....	273
BAB VIII	ANALISIS BACKWATER .....	275
8.1.	UMUM .....	275
8.2.	BACK WATER AKIBAT PASANG SURUT.....	275
8.3.	PERHITUNGAN ELEVASI .....	276
8.3.1.	Menentukan Elevasi Muka Air Saluran .....	276
8.3.2.	Perhitungan Elevasi Dasar Saluran .....	277
8.3.3.	Menentukan Elevasi Muka Tanah.....	277
8.4.	ANALISA BACKWATER AKIBAT PASANG SURUT.....	278
8.5.	PERHITUNGAN PROFIL ALIRAN .....	281
8.5.1.	Profil Aliran Berubah Lambat Laun .....	281
8.5.2.	DIRECT STEP METHOD .....	284
8.5.3.	STANDARD STEP METHOD.....	286
BAB IX	PENUTUP .....	288
	DAFTAR PUSTAKA .....	289
	LAMPIRAN.....	296



## DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Prinsip Perencanaan Sistem Drainase.....	6
Tabel II.2 Filosofi Perancangan .....	7
Tabel II.3 Contoh Data Klimatologi .....	10
Tabel II.4 Contoh data curah hujan .....	12
Tabel II.5 Hirarki Saluran.....	16
Tabel III.1 Rekapitulasi hasil pengamatan hujan menurut Ir. JP Widuwen .....	22
Tabel III.2 Nilai Faktor Frekuensi (KT) .....	28
Tabel III.3 Distribusi nilai G .....	29
Tabel III.4 Rekapitulasi Nilai Faktor Frekuensi (KT).....	30
Tabel III.5 Nilai Kritis untuk Distribusi Chi Square (Uji Satu Sisi).....	32
Tabel III.6 Wilayah Luas di bawah Kurva Normal Uji Smirnov Kolmogorov .....	33
Tabel III.7 Nilai Kritis (Do) Smirnov Kolmogorov .....	33
Tabel III.8 Daftar periode ulang berdasarkan pada jenis bangunan.....	34
Tabel III.9 Koefisien Pengaliran (C) dari beberapa sumber .....	37
Tabel III.10 Rekapitulasi koefisien kekasaran Manning.....	43
Tabel III.11 Rekapitulasi perkiraan kecepatan saluran pada berbagai kemiringan.....	43
Tabel IV.1 nilai koefisien Manning.....	65
Tabel IV.2 rumus dimensi saluran drainase.....	68
Tabel V.1 Tipe Gorong - Gorong .....	72
Tabel V.2 Contoh dimensi box culvert standar Bina Marga .....	76
Tabel V.3 Kecepatan untuk setiap material saluran .....	77
Tabel V.4 Kehilangan energi gorong - gorong .....	79
Tabel V.5 Koefisien kehilangan tinggi energi untuk peralihan saluran dari bentuk trapesium.....	80
Tabel V.6 Koefisien kehilangan tinggi energi untuk peralihan saluran dari saluran trapesium ke pipa dan sebaliknya dengan aliran tekan .....	81
Tabel V.7 Lapisan penutup gorong - gorong.....	82
Tabel V.8 Nilai kekasaran pipa (Kp) .....	90
Tabel V.9 Standar waktu konsentrasi inlet.....	94
Tabel V.10 ukuran lubang pemasukan .....	96
Tabel V.11 Komponen Boezem.....	105
Tabel V.12 Detention – Volume Adjustment Factor.....	123
Tabel V.13 Allowable Release Rates for Detention Ponds (cfs/acre) .....	123
Tabel V.14 Referensi penentuan langkah.....	162
Tabel V.15 Prosedur untuk Mengestimasi Kapasitas dan Kebutuhan Jumlah Pompa .....	163
Tabel VII.1 Koef. kekasaran manning yang digunakan untuk proyek di Indonesia .....	225
Tabel VII.2 Koefisien kekasaran manning dari USBR (1987).....	226
Tabel VII.3 Metode perhitungan koef. kekasaran manning menurut Chow (1959).....	226
Tabel VII.4 Program Komputer untuk analisis stabilitas talud.....	229
Tabel VII.5 Tinggi jagaan nominal dari Sosrodarsono (1987) .....	231



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Tabel VII.6 Tipikal parameter tanggul untuk proyek pengendalian banjir di Indonesia.....	231
Tabel VII.7 Bahan saluran dan kecepatan perancangan.....	243
Tabel VII.8 Koefisien kekasaran saluran .....	244
Tabel VII.9 Kemiringan sisi tanggul yang diijinkan.....	264
Tabel VII.10 Kecepatan maksimum yang diijinkan diberikan oleh Fortier dan Scobey dan Simons dan Senturk (1992) .....	264
Tabel VII.11 Koefisien manning untuk saluran pengelak.....	269
Tabel VII.12 Tinggi jagaan saluran pengelak.....	273





## **DAFTAR GAMBAR**

Gambar II.1 Sistem Drainase Terpisah.....	4
Gambar II.2 Sistem Drainase Multi Fungsi.....	4
Gambar II.3 Saluran Terbuka .....	5
Gambar II.4 Saluran Tidak Terbuka .....	5
Gambar II.5 Contoh Peta Topografi.....	10
Gambar II.6 Contoh tata letak jaringan drainase .....	11
Gambar II.7 Drainase Alamiah .....	14
Gambar II.8 Drainase Siku.....	14
Gambar II.9 Drainase Paralel .....	15
Gambar II.10 Drainase Grade Iron.....	15
Gambar II.11 Drainase Radial .....	16
Gambar II.12 Drainase Jaring-Jaring .....	16
Gambar III.1 Bagan alir analisa hidrologi drainase perkotaan.....	17
Gambar III.2 diagram siklus hidrologi .....	18
Gambar III.3 Grafik Hubungan Intensitas Hujan, lama hujan dan frekuensi hujan dinyatakan dalam kurva IDF (CURVA IDF (INTENCITY DURATION FREQUENCY).....	20
Gambar III.4 Grafik Lengkung intensitas hujan menurut Haspers.....	21
Gambar III.5 Waktu Konsentrasi Daerah Pengaliran .....	40
Gambar III.6 “ hubungan antara hujan efektif dan limpasan langsung“ .....	44
Gambar III.7 Hidrograf Satuan.....	45
Gambar III.8 Grafik Bentuk Umum HSS Snyder .....	50
Gambar III.9 Hidrograf satuan sintetik GAMA I.....	50
Gambar III.10 Sketsa Penetapan WF .....	52
Gambar III.11 Sketsa Penetapan RUA.....	53
Gambar III.12 Hidrograf satuan sintetik Nakayasu.....	58
Gambar IV.1 Perbandingan Aliran Pipa Dengan Aliran Saluran Terbuka .....	59
Gambar IV.2 bentuk-bentuk penampang melintang.....	63
Gambar IV.3 Material penampang saluran yang berbeda .....	66
Gambar V.1 Penempatan gorong – gorong mengikuti sumbu air.....	71
Gambar V.2 Penempatan gorong – gorong tidak melalui sumbu air .....	71
Gambar V.3 Contoh gambar konstruksi gorong - gorong.....	74
Gambar V.4 Contoh penampang melintang gorong - gorong .....	75
Gambar V.5 Contoh konstruksi wing wall dan head wall .....	76
Gambar V.6 Kondisi Pengaliran Luas Tampang Penuh dan Tanpa Tekanan.....	84
Gambar V.7 Kondisi Pengaliran Luas Tampang Penuh dan Dengan Tekanan .....	84
Gambar V.8 Komponen saluran tertutup .....	85
Gambar V.9 Grafik saluran terisi sebagian .....	86
Gambar V.10 Kondisi HGL di hilir pipa.....	87
Gambar V.11 tinggi kritis air dalam pipa .....	88



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Gambar V.12 Tinggi kritis aliran air dalam box culvert.....	89
Gambar V.13 Moody Diagram .....	90
Gambar V.14 Diagram Debit Aliran pada Box Culvert .....	91
Gambar V.15 Contoh bangunan terjun .....	93
Gambar V.16 Contoh gambar kerja saluran inlet .....	95
Gambar V.17 tipe inlet.....	96
Gambar V.18 Grafik Kapasitas pemasukan samping .....	97
Gambar V.19 Inlet untuk kemiringan memanjang jalan >4%.....	98
Gambar V.20 Contoh bentuk inlet.....	99
Gambar V.21 Contoh kerb .....	100
Gambar V.22 perubahan debit hidrograf banjir akibat perubahan tata guna lahan .....	100
Gambar V.23 Gambaran umum perencanaan lokasi boezem.....	102
Gambar V.24 Contoh boezem .....	104
Gambar V.25 double curved mass method .....	106
Gambar V.26 Kolam Penahan dan Kolam Retensi.....	108
Gambar V.27 Kolam Penahan Retensi kombinasi .....	109
Gambar V.28 Kolam Penahan Kering.....	110
Gambar V.29 Tingkat penghapusan polutan Kolam Penahan Kering.....	111
Gambar V.30 Retention Basin .....	113
Gambar V.31 Kriteria Desain Kolam Retensi .....	116
Gambar V.32 Kolam Retensi .....	117
Gambar V.33 Volume Kolam Retensi .....	118
Gambar V.34 Volume minimum Detention .....	122
Gambar V.35 Koefisien aliran bendung .....	125
Gambar V.36 Penyesuaian untuk Tailwater .....	125
Gambar V.37 Contoh gambar kerja bak kontrol.....	126
Gambar V.38 contoh bentuk bak kontrol .....	127
Gambar V.39 Contoh Catch ditch .....	128
Gambar V.40 Contoh pematah arus .....	128
Gambar V.41 Debit resapan pada sumur dengan berbagai kondisi.....	130
Gambar V.42 Contoh konstruksi sumur resapan.....	131
Gambar V.43 Pintu Seimbang Tipe Doell Beauchez .....	134
Gambar V.44 Pintu Seimbang Tipe Van Veen.....	134
Gambar V.45 Pintu Seimbang Tipe Sudut Begemann .....	135
Gambar V.46 Pintu Otomatis/Seimbang Tipe Vlugter .....	136
Gambar V.47 Klasifikasi Pompa Drainase .....	137
Gambar V.48 Pompa ulir tipe terbuka.....	137
Gambar V.49 Pompa ulir tipe terbuka.....	138
Gambar V.50 Hubungan antara debit dan efisiensi pompa dengan ketinggian hisap (suction level)	138
Gambar V.51 Pompa Aliran Aksial.....	139
Gambar V.52 Impeler pompa aliran aksial. ....	140
Gambar V.53 Pompa Aliran Radial (Single Volute Casing).....	141



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Gambar V.54 Pompa Aliran Campur (Mixed-flow pump) .....	141
Gambar V.55 Impeler Mixed Flow .....	142
Gambar V.56 Pompa Submersibel .....	142
Gambar V.57 Konstruksi Pump Gate .....	143
Gambar V.58 Pompa lumpur .....	143
Gambar V.59 Hubungan Debit-NPSH .....	145
Gambar V.60 Ilustrasi NPSH .....	146
Gambar V.61 Contoh Metode Grafik Kurva Massa Inflow .....	162
Gambar V.62 Estimating total pumping rate .....	164
Gambar V.63 Komponen-komponen dalam TDH .....	165
Gambar V.64 Moody diagram .....	167
Gambar V.65 Tipe Impeller Berdasarkan Kecepatan Spesifik .....	169
Gambar V.66 Nomogram Pemilihan Pompa .....	170
Gambar V.67 Posisi Skematik dari Pompa .....	171
Gambar V.68 Efisiensi Pompa Maksimum Yang Dicapai Sebagai Fungsi $nsq$ .....	172
Gambar V.69 Kolam Pompa untuk Pompa Tunggal .....	173
Gambar V.70 Kolam Pompa untuk lebih dari Satu Pompa .....	174
Gambar V.71 Operasi pemompaan secara paralel .....	175
Gambar VI.1 Contoh Saluran Terbuka dan Saluran Tertutup .....	179
Gambar VI.2 contoh lokasi stasiun pompa .....	180
Gambar VI.3 Pengerukan dengan tipe estafet .....	194
Gambar VI.4 Pengoperasian melalui panel .....	195
Gambar VI.5 Tumpukan sampah depan trash rack .....	196
Gambar VI.6 Contoh Arm rack .....	196
Gambar VI.7 Contoh horizontal conveyor .....	197
Gambar VI.8 Contoh inclined conveyor .....	197
Gambar VI.9 Contoh pelaksanaan pembersihan trash rack manual .....	198
Gambar VI.10 Contoh lokasi pembuatan kolam .....	199
Gambar VI.11 Pengangkutan sampah .....	199
Gambar VI.12 Pembersihan dengan bulldozer .....	201
Gambar VI.13 Pengangkutan Sedimen Dengan Clam Shell .....	201
Gambar VI.14 Pengangkutan sedimen di saluran .....	202
Gambar VI.15 pekerja masuk ke manhole .....	206
Gambar VI.16 contoh pelaksanaan jetting .....	206
Gambar VI.17 Pengangkatan sedimen pada siphon .....	207
Gambar VI.18 Kegiatan pembersihan sedimen pada bangunan terjun .....	208
Gambar VI.19 Pengerukan sedimen pada bangunan penangkap pasir .....	209
Gambar VII.1 Sketsa tipikal sistem polder .....	218
Gambar VII.2 Cara kerja sistem polder .....	219
Gambar VII.3 contoh layout polder .....	219
Gambar VII.4 Tipikal sistem polder .....	220
Gambar VII.5 Sistem Drainase Lapangan Terbang .....	233



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Gambar VII.6 Contoh Rencana Sistim Drainase Lapangan Terbang .....	234
Gambar VII.7 Konstruksi Embankment Protector Dengan Inlet dan Outlet.....	234
Gambar VII.8 Contoh potongan melintang runway .....	235
Gambar VII.9 Inlet dan Outlet Drainase pada Shoulder .....	235
Gambar VII.10 Drainase Bawah Permukaan Pada Runway dan Taxiway .....	236
Gambar VII.11 contoh inlet lapangan terbang .....	237
Gambar VII.12 Struktur manhole pada drainase lapangan terbang.....	237
Gambar VII.13 Denah Lapangan Olah Raga dan Collector Drain.....	239
Gambar VII.14 Susunan Lapisan Tanah Lapangan Sepak Bola .....	239
Gambar VII.15 Susunan Lapisan Tanah Untuk Jalur Lari .....	240
Gambar VII.16 Susunan Lapisan Tanah Untuk Jalur Lari (alternatif) .....	241
Gambar VII.17 Ukuran gradasi material filter.....	246
Gambar VII.18 keberadaan 3 jenis air di dalam tanah .....	247
Gambar VII.19 keadaan air tanah yang berbeda-beda karena stratigrafi tanah yang keadaannya juga sangat kompleks. ....	248
Gambar VII.20 Hubungan kerapatan kering dengan kadar air .....	248
Gambar VII.21 pembebanan roda pada tanah .....	249
Gambar VII.22 Proses infiltrasi air dalam tanah .....	249
Gambar VII.23 contoh tampang melintang drainase subsurface.....	250
Gambar VII.24 Grafik gradasi material filter.....	251
Gambar VII.25 Pipa drain galian .....	253
Gambar VII.26 Sket definisi .....	254
Gambar VII.27 Sket definisi penentuan kapasitas pipa .....	256
Gambar VII.28 Kurva pengeringan genangan.....	258
Gambar VII.29 Lengkung maximum saluran.....	259
Gambar VII.30 Grafik Kecepatan rerata pada bahan kohesif .....	260
Gambar VII.31 Grafik Hubungan antara kecepatan rata-rata kedalaman dan ukuran butiran.....	266
Gambar VII.32 Grafik Lebar rata-rata untuk debit dominan .....	267
Gambar VII.33 Contoh penampang melintang banjir kanal dan sodetan .....	268
Gambar VII.34 Kurva hidraulik terowongan .....	270
Gambar VII.35 Grafik nilai kecepatan dasar .....	271
Gambar VII.36 Contoh gambar detail terowongan .....	272
Gambar VIII.1 Kondisi aliran jika terjadi Back Water.....	276
Gambar VIII.2 Pengaruh Back Water metode pendekatan .....	278
Gambar VIII.3 Profil Aliran Berubah Lambat Laun.....	281
Gambar VIII.4 Profil Aliran Berubah Lambat Laun.....	282
Gambar VIII.5 Profil Kemiringan Landai (Mild Slope) .....	283
Gambar VIII.6 Profil Kemiringan Nol (Horizontal), Negatif (Adverse), dan Kritis .....	283
Gambar VIII.7 Profil Aliran Curam (Steep Slope) .....	284
Gambar VIII.8 Energi pada aliran saluran terbuka.....	285



## **BAB I PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Saluran drainase adalah salah satu bangunan pelengkap pada ruas jalan dalam memenuhi salah satu persyaratan teknis prasarana jalan. Saluran drainase jalan raya berfungsi untuk mengalirkan air yang dapat mengganggu pengguna jalan, sehingga badan jalan tetap kering. Pada umumnya saluran drainase jalan raya adalah saluran terbuka dengan menggunakan gaya gravitasi untuk mengalirkan air menuju outlet. Distribusi aliran dalam saluran drainase menuju outlet ini mengikuti kontur jalan raya, sehingga air permukaan akan lebih mudah mengalir secara gravitasi.

Semakin berkembangnya suatu daerah, lahan kosong untuk meresapkan air secara alami akan semakin berkurang. Permukaan tanah tertutup oleh beton dan aspal, hal ini akan menambah kelebihan air yang tidak terbuang. Kelebihan air ini jika tidak dapat dialirkan akan menyebabkan genangan. Dalam perencanaan saluran drainase harus memperhatikan tata guna lahan daerah tangkapan air saluran drainase yang bertujuan menjaga ruas jalan tetap kering walaupun terjadi kelebihan air, sehingga air permukaan tetap terkontrol dan tidak mengganggu pengguna jalan.

### **1.2. Tujuan**

Merencanakan sistem drainase yang mampu mengatur aliran air akibat hujan secara efektif baik secara sistem maupun biaya, serta mengantisipasi terjadinya banjir pada lahan permukiman tersebut.



## **BAB II**

### **KONSEP DASAR PERENCANAAN DRAINASE**

#### **2.1. Pengenalan Konsep**

“Drainase” berasal dari kata *drainage* yang artinya mengeringkan, menguras, membuang, atau mengalihkan air (Suripin, 2003). Drainase merupakan sebuah sistem yang terdiri atas serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk menangani persoalan kelebihan air baik kelebihan air yang berada di atas permukaan tanah atau yang di bawah permukaan tanah. Kelebihan air dapat disebabkan oleh volume hujan yang tinggi atau durasi hujan yang lama. Secara teknis drainase didefinisikan sebagai ilmu yang mempelajari tentang usaha untuk mengalirkan air yang berlebihan pada suatu kawasan sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal.

Drainase perkotaan (*urban drainage*) didefinisikan sebagai ilmu drainase yang mengkhususkan pengkajian pada kawasan perkotaan yang erat kaitannya dengan kondisi lingkungan yang ada di kawasan kota. Desain drainase perkotaan memiliki keterkaitan dengan tata guna lahan, rencana tata ruang kota, dan kondisi sosial ekonomi budaya masyarakat. Drainase pada kawasan perkotaan merupakan masalah yang kompleks, karena tidak terbatas pada teknik penanganan kelebihan air saja, namun lebih luas lagi menyangkut aspek kehidupan di kawasan perkotaan. Secara teknis fungsi drainase di kawasan perkotaan adalah :

- mengeringkan bagian wilayah kota,
- mengalirkan kelebihan air permukaan ke badan air terdekat secepatnya agar tidak terjadi banjir,
- mengendalikan erosi tanah, kerusakan jalan, dan bangunan yang ada.
- mengelola sebagian air permukaan akibat hujan agar dapat dimanfaatkan untuk persediaan air dan kehidupan akuatik
- meresapkan air permukaan untuk menjaga kelestarian air tanah.

Drainase di perkotaan memiliki sasaran sebagai berikut (IPWEA, 2013).

- Menjaga jumlah dan kualitas air limpasan permukaan agar kualitas lingkungan hidup, sosial, dan ekonomi dapat terpelihara.
- Menghindari banjir dan kerugian-kerugian yang diakibatkannya.



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

- Penataan fasilitas drainase yang aman bagi masyarakat di sekitar fasilitas drainase dan mampu menangani genangan hujan maupun luapan sungai,.
- Memelihara sumberdaya air khususnya menjaga agar siklus hidrologi berputar dengan normal.
- Mendapatkan fasilitas drainase yang layak dari aspek teknis, ekonomi, sosial, dan lingkungan.
- Menjamin kesehatan dan kesejahteraan masyarakat.
- Meningkatkan kesadaran masyarakat akan banjir.

## **2.2. Jenis Drainase**

### **1. Menurut Sejarah Terbentuknya**

#### **⌚ Drainase alamiah (*natural drainage*)**

Drainase alamiah adalah drainase yang terbentuk secara alami dan tidak ada campur tangan manusia. Saluran terbentuk secara natural oleh gerusan air limpasan permukaan dari sumber air atau hujan yang bergerak secara gravitasi yang lambat laun membentuk jalan air yang permanen. Yang termasuk dalam drainase alamiah adalah kali, sungai kecil, dan sungai besar. Drainase alamiah seperti ini dapat dimanfaatkan sebagai saluran pembuangan di perkotaan. Bahan pembentuk saluran yang merupakan tanah asli memiliki sisi positif sebagai media infiltrasi. Namun karena kondisinya yang tidak beraturan, keadaan dan sifat aliran dalam saluran drainase alamiah sulit untuk dipelajari.

#### **⌚ Drainase buatan (*artificial drainage*)**

Drainase buatan adalah sistem pembuangan yang dibuat oleh manusia berdasarkan analisis ilmu hidrologi dan hidrolika untuk maksud tertentu. Bentuknya adalah saluran selokan, saluran pembuangan, sudetan, atau saluran samping jalan dari bahan pasangan batu kali, bata, atau beton. Sistem drainase ini dilengkapi dengan bangunan-bangunan seperti gorong-gorong, bak kontrol, manhole, terjunan, sumur resapan, bak penampung air hujan, dan lain sebagainya. Karena merupakan saluran buatan, sifat-sifat aliran dapat dipelajari dengan jelas dan dimensi saluran ini dapat disesuaikan dengan debit banjir rancangan.

### **2. Menurut Letaknya**

#### **⌚ Drainase permukaan tanah (*surface drainage*)**

Sistem drainase ini berada di atas permukaan tanah yang berfungsi mengalirkan air dari limpasan permukaan. Analisis hidrolika pengalirannya menggunakan hukum saluran terbuka (*open channel hydraulic*).



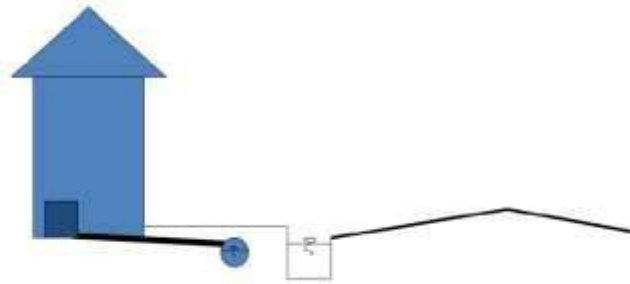
⌚ **Drainase bawah permukaan tanah (*sub-surface drainage*)**

Sistem drainase ini bertujuan mengalirkan air hujan yang terinfiltrasi ke dalam tanah melalui media di bawah permukaan tanah menggunakan pipa-pipa. Drainase bawah permukaan menangkap dan mengeluarkan air dari struktur perkerasan suatu permukaan lahan dan mencegah masuknya air ke dalam struktur struktur perkerasan tersebut. Air yang memasuki di struktur perkerasan dapat memperlemah perkerasan dan menyebabkan konstruksi menjadi peka akan kerusakan. Di samping itu, untuk alasan artistik atau fungsional, di permukaan tanah tidak diperbolehkan adanya saluran drainase, contohnya pada lapangan sepak bola, lapangan terbang, atau taman.

**3. Menurut Fungsi**

⌚ Sistem drainase terpisah/fungsi tunggal/*single purpose*

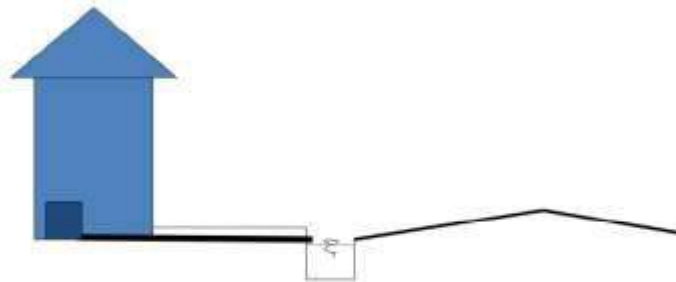
Sistem drainase ini hanya berfungsi mengalirkan satu jenis air buangan saja, misalnya air hujan (*storm water*) saja atau limbah cair saja. Limbah cair dari perkotaan dapat bersumber dari limbah domestik atau limbah industri.



**Gambar II.1 Sistem Drainase Terpisah**

⌚ Sistem drainase campur/multi fungsi/*multi purpose*

Saluran drainase dalam sistem ini berfungsi mengalirkan beberapa jenis air buangan secara bersama-sama, baik bersamaan maupun bergantian.



**Gambar II.2 Sistem Drainase Multi Fungsi**

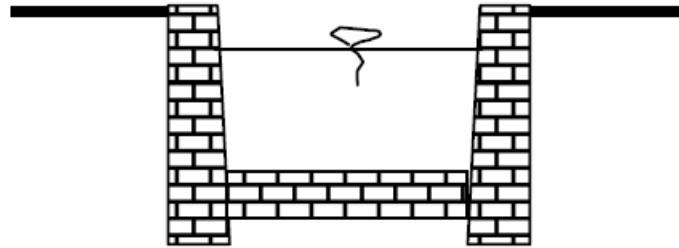




#### 4. Menurut Konstruksi

##### ⌚ Saluran terbuka

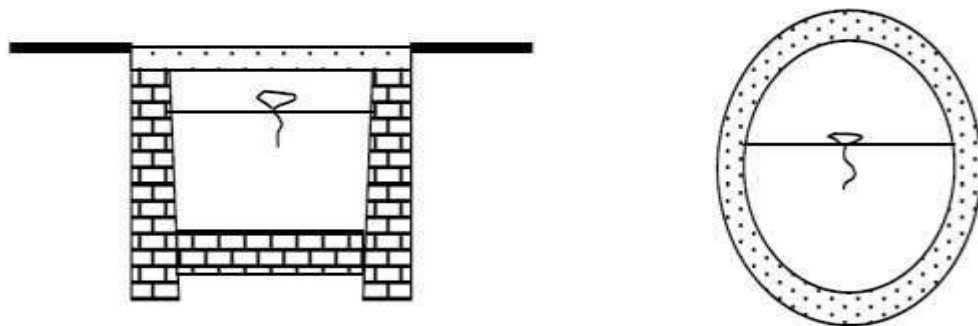
Saluran ini dapat berbentuk persegi, trapesium, atau setengah lingkaran, tanpa penutup saluran. Saluran ini sesuai untuk digunakan untuk pembuangan air hujan atau air buangan lainnya yang tidak mengganggu lingkungan. Di samping itu, jika area yang tersedia luas dan drainase tidak berada pada daerah yang padat, maka konstruksi ini dapat digunakan. Kelebihan saluran jenis ini adalah mudah dalam pemeliharannya. Namun terdapat juga kekurangan dari segi estetika, di samping juga mudahnya limbah padat mengotori saluran jenis ini.



**Gambar II.3 Saluran Terbuka**

##### ⌚ Saluran tidak terbuka

Saluran yang tidak terbuka sesuai untuk digunakan dalam pembuangan air kotor yang mengganggu kesehatan lingkungan. Umumnya saluran ini digunakan di daerah perkotaan yang padat dengan ruang yang terbatas dan yang membutuhkan kenyamanan serta keselamatan bagi pengguna jalan, misalnya di kawasan perdagangan, pusat kota, atau jalan utama kota. Saluran dapat berbentuk persegi atau trapesium dengan penutup, dan juga lingkaran. Saluran ini biasa disebut gorong-gorong/*culvert*.



**Gambar II.4 Saluran Tidak Terbuka**



## 5. Jenis Drainase Menurut Daerah Pelayanan

### ⌚ Drainase minor

Jaringan drainase minor yang melayani suatu kawasan di dalam perkotaan yang telah terbangun. Contoh kawasan ini adalah area permukiman, perdagangan, perkantoran, atau perindustrian. Saluran drainase pada sistem ini berupa saluran buatan manusia. Jika ditinjau dari luasan daerah yang dilayani, pembagiannya adalah:

saluran induk (primer), yang melayani daerah pengaliran seluas 25 – 50 ha

saluran cabang (sekunder), yang melayani daerah pengaliran seluas 5 – 25 ha

saluran awalan (tersier), yang melayani daerah pengaliran seluas 0 – 5 ha.

Sistem drainase semacam ini dapat juga disebut sistem drainase lokal, dimana sistemnya melayani kepentingan sebagian kecil warga masyarakat kota.

### ⌚ Drainase mayor

Jaringan drainase mayor mengumpulkan air buangan dari jaringan drainase minor dan menyalurkan ke sistem pembuangan alam terdekat seperti sungai, danau, laut. Saluran ini dapat berupa saluran buatan manusia atau pun saluran alam. Pembagiannya adalah:

drainase mayor I, yang melayani daerah pengaliran seluas 100 ha atau lebih

drainase mayor II, yang melayani daerah pengaliran seluas 50 – 100 ha.

## 2.3. Dasar Perencanaan Drainase Perkotaan

Prinsip perencanaan sitem drainase adalah sebagai berikut.

<p><b><u>Efektif</u></b> Sistem drainase harus dapat mengeringkan air di permukaan perkerasan jalan dengan cepat.</p> <p><b><u>Efisien</u></b> Penentuan layout jaringan, serta bentuk dan dimensi saluran harus mempertimbangkan faktor ekonomi</p>	<p><b><u>Aman</u></b> Dimensi yang disediakan harus mampu mengalirkan air dalam kapasitas yang direncanakan dalam taraf yang aman dan konstruksinya juga aman bagi orang di sekitarnya.</p> <p><b><u>Mudah dipelihara</u></b> Perencanaan sistem drainase harus mempertimbangkan segi kemudahan dan nilai ekonomis pemeliharannya.</p>	<p><b><u>Terintegrasi</u></b> Memperhatikan pertumbuhan penduduk, perubahan tata guna lahan, dan satu kesatuan dengan daerah sekitarnya</p> <p><b><u>Sustainable</u></b> Sistem drainase mampu mengendalikan kelebihan air permukaan dan lebih banyak memiliki kesempatan untuk meresap ke dalam tanah. Hal ini bertujuan untuk konservasi air tanah dan kebutuhan akan kapasitas saluran dapat dikurangi.</p>
--	--	--

**Tabel II.1 Prinsip Perencanaan Sistem Drainase**

### Filosofi Perancangan :

Berdasarkan prinsip pengertian sistem drainase yang bertujaun agar tidak terjadi banjir di suatu kawasan, air harus ecepatnya dibuang, namun air juga merupakan sumber kehidupan. Bertolak dari hal tersebut, maka konsep dasar pengembangan sistem drainase yang berkelanjutan adalah meningkatkan daya guna air, meminimalkan kerugian, serta memperbaiki dan konservasi lingkungan. Untuk itu diperlukan usaha-usaha yang komprehensif dan integratif yang meliputi seluruh proses,



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

baik yang bersifat struktural maupun non struktural, untuk mencapai tujuan tersebut. Sistem Drainase yang Berkelanjutan ini, prioritas utama kegiatan harus ditujukan untuk mengelola limpasan permukaan dengan cara mengembangkan fasilitas untuk menahan air hujan. Berdasarkan fungsinya, fasilitas penahan air hujan dapat dikelompokkan menjadi dua tipe, yaitu tipe penyimpanan dan tipe peresapan (Suripin, 2004). Sampai saat ini perancangan drainase didasarkan pada filosofi bahwa air secepatnya mengalir dan seminimal mungkin menggenangi daerah layanan. Tapi dengan semakin timpangnya perimbangan air (pemakaian dan ketersediaan) maka diperlukan suatu perancangan drainase yang berfilosofi bukan saja aman terhadap genangan tapi juga sekaligus berasas pada konservasi air (Sunjoto, 1987).

Paradigma Lama	Paradigma Baru
Secepatnya mengalirkan limpasan hujan ke saluran / badan air terdekat.	Sedapat mungkin menahan dulu, meresapkan ke dalam tanah melalui sumur resapan, waduk, kolam retensi, dsb. Serta berwawasan lingkungan

**Tabel II.2 Filosofi Perancangan**

**Zero  $\Delta Q$  Policy :**

Prinsip penerapan konsep kebijakan prinsip zero delta Q adalah adanya penambahan bangunan seharusnya tidak boleh mengakibatkan bertambahnya debit air ke sistem saluran drainase atau sistem aliran sungai. Jika mengacu pada Peraturan Pemerintah penerapan prinsip zero delta Q policy harus menjadi pertimbangan dalam penyusunan zonasi kawasan imbuhan atau daerah tangkapan air hujan, termasuk daerah yang bukan merupakan kawasan imbuhan air tanah. Penerapan konsep zero delta Q seharusnya dapat dilakukan untuk semua persil dari semua jenis penggunaan lahan. Jika mengacu pada prinsip  $\Delta Q = 0$  Policy ini, maka harus dapat diterapkan pada kawasan-kawasan komersial. Pada kawasan yang ditetapkan bukan sebagai kawasan resapan penerapan  $\Delta Q = 0$  Policy harus dipahami sebagai kawasan yang menyebabkan atau ikut memicu terjadinya banjir lokal. Dengan adanya pemahaman ini maka penerapan  $\Delta Q = 0$  Policy dapat dilakukan baik di kawasan yang telah ditentukan sebagai kawasan resapan maupun pada kawasan bukan merupakan daerah resapan. Secara garis besar penerapan, dapat dimaksudkan sebagai suatu upaya yang mengarah pada cara-cara menanggulangi banjir. Upaya penanggulangan banjir dapat dilakukan dengan langkah sebagai berikut:



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

1. Mengoptimalkan penampungan air.
2. Penerapan Sumur Resapan.
3. Penataan Lahan yang tepat, Penghijauan.
4. Melakukan normalisasi saluran drainase

#### **2.4. Tahapan Perencanaan**

Tahap perencanaan jaringan drainase sistem tercampur antara air hujan dan air limbah adalah:

- ⌚ perencanaan tata letak (*layout*) jaringan drainase yang terdiri atas saluran-saluran dan bangunan-bangunan
- ⌚ perhitungan debit banjir rancangan menggunakan analisa hidrologi
- ⌚ perhitungan debit air limbah
- ⌚ perencanaan dimensi saluran menggunakan analisa hidrolis
- ⌚ perencanaan dimensi bangunan-bangunan drainase.

Data-data yang diperlukan untuk analisa tersebut adalah:

- ⌚ Peta situasi daerah studi
- ⌚ peta topografi daerah studi
- ⌚ peta tata guna lahan dan perkembangannya
- ⌚ peta jaringan fasilitas
- ⌚ **Inventarisasi data bangunan drainase** (gorong-gorong, jembatan, dll.) eksisting meliputi lokasi, dimensi, arah aliran pembuangan, kondisi. Data ini digunakan agar
- ⌚ perancangan sistem drainase jalan tidak mengganggu sistem drainase yang telah ada. data hidrologi berupa data pengamatan hujan harian maksimum tahunan dari minimal 3 stasiun selama 10 tahun
- ⌚ data kependudukan
- ⌚ data kondisi tanah

Sumber data-data tersebut adalah sebagai berikut:

- ⌚ Data klimatologi yang terdiri dari data hujan, angin, kelembaban dan temperatur dari stasiun klimatologi atau Badan Meteorologi dan Geofisika terdekat;
- ⌚ Data hidrologi terdiri dari data tinggi muka air, debit sungai, laju sedimentasi, pengaruh air balik, peil banjir, karakteristik daerah aliran dan data pasang surut;



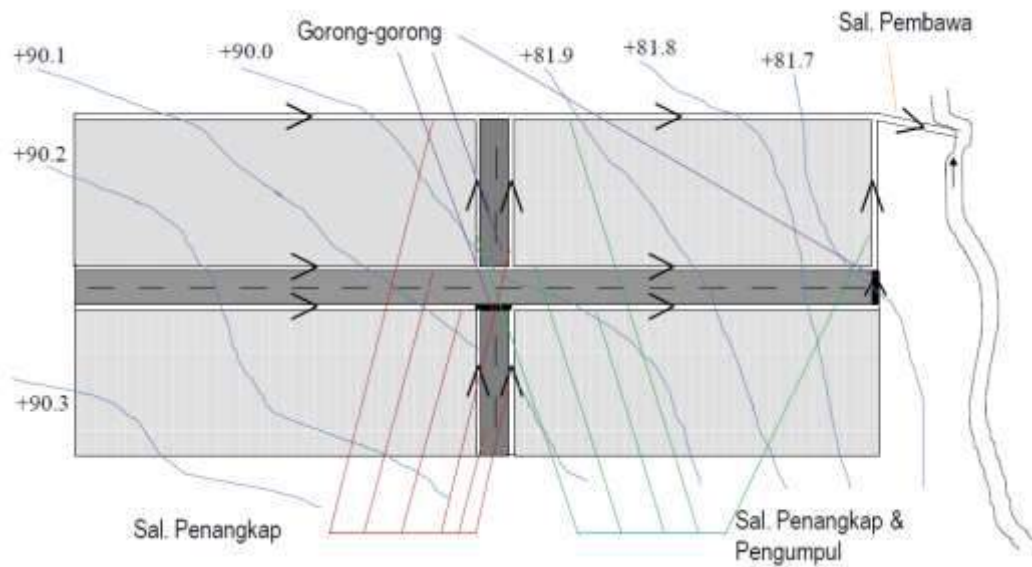
**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

- ⌚ Data sistem drainase yang ada, yaitu, data kuantitatif banjir/genangan berikut permasalahannya dan hasil rencana induk pengendalian banjir di daerah tersebut;
- ⌚ Data peta yang terdiri dari peta dasar (peta daerah kerja), peta sistem drainase dan sistem jaringan jalan yang ada, peta tata guna lahan, peta topografi masing-masing berskala antara 1: 5.000 sampai dengan 1: 50.000 atau disesuaikan dengan tipologi kota;
- ⌚ Data kependudukan yang terdiri dari jumlah, kepadatan, laju pertumbuhan, penyebaran dan data kepadatan bangunan
- ⌚ **Segmen panjang segmen saluran (L)**  
Penentuan panjang segmen saluran (L) didasarkan pada:
  - a. Disarankan kemiringan saluran mendekati kemiringan memanjang jalan.
  - b. adanya tempat buangan air seperti badan air (seperti sungai, waduk, dll)
  - c. langkah coba-coba, sehingga dimensi saluran yang ekonomis.
- ⌚ **Luas daerah layanan (A)**
  - ✚ Perhitungan luas daerah layanan didasarkan pada panjang segmen jalan yang ditinjau.
  - ✚ Luas daerah layanan (A) untuk saluran samping jalan perlu diketahui agar dapat diperkirakan daya tampungnya terhadap curah hujan atau untuk memperkirakan volume limpasan permukaan yang akan ditampung saluran samping jalan
  - ✚ Luas daerah layanan terdiri atas luas setengah badan jalan (A1), luas bahu jalan (A2) dan luas daerah di sekitar (A3).
  - ✚ Batasan luas daerah layanan tergantung dari daerah sekitar dan topografi dan daerah sekelilingnya. Panjang daerah pengaliran yang diperhitungkan terdiri atas setengah lebar badan jalan (I1), lebar bahu jalan (I2), dan daerah sekitar (I3) yang terbagi atas daerah perkotaan yaitu + 10 m dan untuk daerah luar kota yang didasarkan pada topografi daerah tersebut
  - e. Jika diperlukan, pada daerah perbukitan, direncanakan beberapa saluran (Lihat sub bab drainase lereng) untuk menampung limpasan dari daerah bukit dengan batas daerah layanan adalah puncak bukit tersebut tanpa merusak stabilitas lereng. Sehingga saluran tersebut hanya menampung air dari luas daerah layanan daerah sekitar (A3).





**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**



**Gambar II.6 Contoh tata letak jaringan drainase**



**TUGAS BESAR PENGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

DATA CURAH HUJAN ( Dalam milimeter )												
Nama Pos :			DAS :			Elevasi :						
Jenis Alat :	Manual		SSWS :			Koordinat :						
Tahun :	2011		Des./Kec./Kab. :			No. Register :						
Tanggal	JAN	PEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOP	DES
1				2.0							13.0	
2		7.0		10.0	10.0							
3	3.0	10.0		9.0	15.0						21.0	
4			15.0	4.0							10.0	
5											0.0	
6	7.0	1.0		3.0								
7				3.0						0.0	28.0	
8		47.0			18.0						0.0	
9		60.0									55.0	
10		23.0			60.0							
11	34.0											
12			8.0	27.0								
13				0.0	0.0							
14	0.0	22.0	3.0	5.0							100.0	
15	0.0	60.0	0.0	30.0								
16	0.0		0.0	54.0								
17	60.0	10.0									19.0	
18	12.0	3.0			83.0					5.5		
19	3.0	0.0										
20	19.0											
21	4.0	2.0										
22		13.0								7.0		
23	0.0		0.0									
24	11.0											
25	8.0			5.0							0.0	
26		26.0										
27												
28	2.0									0.0	0.0	
29											0.0	
30			8.0	101.0							0.0	
31	0.0		0.0							0.0		
<b>Jumlah</b>	163.0	284.0	34.0	253.0	186.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.5	246.0	0.0
<b>Rerata</b>	10.2	20.3	3.8	19.5	37.2	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	2.5	18.9	#DIV/0!
<b>Hh.</b>	16	14	9	13	5	0	0	0	0	5	13	0
<b>Max</b>	60.0	60.0	15.0	101.0	83.0	0.0	0.0	0.0	0.0	7.0	100.0	0.0
<b>JUMLAH SETENGAH BULANAN</b>												
<b>Jumlah SB I</b>	44.0	170.0	26.0	93.0	103.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	227.0	0.0
<b>Jumlah SB II</b>	119.0	114.0	8.0	160.0	83.0	0.0	0.0	0.0	0.0	12.5	19.0	0.0
<b>HARI HUJAN SETENGAH BULANAN</b>												
<b>HH. SB I</b>	5	7	5	10	4	0	0	0	0	1	8	0
<b>HH. SB II</b>	11	7	4	3	1	0	0	0	0	4	5	0

Keterangan :

- ( ) : Tidak ada hujan
- ( 0 ) : Ada hujan tapi kecil
- ( x ) : Alat Rusak

**Tabel II.4 Contoh data curah hujan**

Syarat data hujan yang akan digunakan dalam perencanaan drainase sebagai *high flow analysis* adalah :

- berupa curah hujan harian maksimum tahunan
- jika yang digunakan adalah data dari pengamatan alat ukur hujan, datanya tersedia dari minimal tiga stasiun hujan
- tersedia minimal 10 tahun pengamatan
- telah melalui uji konsistensi.





## 2.5. Drainase Khusus

### 🕒 Drainase Pada Zona Wisata

Pada zona ini, air hujan yang ditampung di kolam dapat digunakan sebagai sarana wisata pancing, sehingga sistem drainase air hujan diarahkan ke kolam tersebut. Air limbah dari mandi, cuci dan restoran harus dibuat terpisah dengan saluran air hujan dan dibuatkan instalasi pengolahan air limbahnya sebelum dibuang ke badan sungai. Pembuatan sistem drainase bawah permukaan sangat cocok untuk kawasan olah raga, karena selama hujan masih dapat digunakan dan tidak membahayakan pemakai lapangan. Sistem drainase pada lapangan olah raga harus diusahakan agar air dapat meresap kedalam tanah (secara infiltrasi).

### 🕒 Drainase Lapangan Terbang

Drainase lapangan terbang pembahasannya difokuskan pada drainase area run way dan shoulder karena runway dan shoulder merupakan area yang sulit diresapi, maka analisis kapasitas/debit hujan menggunakan formula drainase muka tanah atau surface drainage. Kemiringan keadan melintang untuk runway umumnya lebih kecil atau sama dengan 1,50 %, kemiringan shoulder ditentukan antara 2,50 % sampai 5 %. Kemiringan ke arah memanjang ditentukan sebesar lebih kecil atau sama dengan 0,10 %, ketentuan dari FAA. Amerika Serikat, genangan air di permukaan runway maksimum 14 cm, dan harus segera dialirkan. Di sekeliling pelabuhan udara terutama di sekeliling runway dan shoulder, harus ada saluran terbuka untuk drainase mengalirkan air (Interception ditch) dari sisi luar lapangan terbang.

### 🕒 Drainase Lapangan Olahraga

Drainase lapangan olahraga direncanakan berdasarkan infiltrasi atau resapan air hujan pada lapisan tanah, tidak run of pada muka tanah (sub surface drainage) tidak boleh terjadi genangan dan tidak boleh tererosi. Kemiringan lapangan harus lebih kecil atau sama dengan 0,007. Rumput di lapangan sepakbola harus tumbuh dan terpelihara dengan baik. Batas antara keliling lapangan sepakbola dengan lapangan jalur atletik harus ada collector drain.

### 🕒 Drainase Pada Zona Industri

Kawasan industri pada umumnya memiliki limbah yang cukup berat dan banyak, yang menimbulkan bau dan berdampak negatif bagi masyarakat karena mengandung bahan-bahan kimia yang berbahaya terlebih jika langsung diuang ke sungai yang digunakan masyarakat.



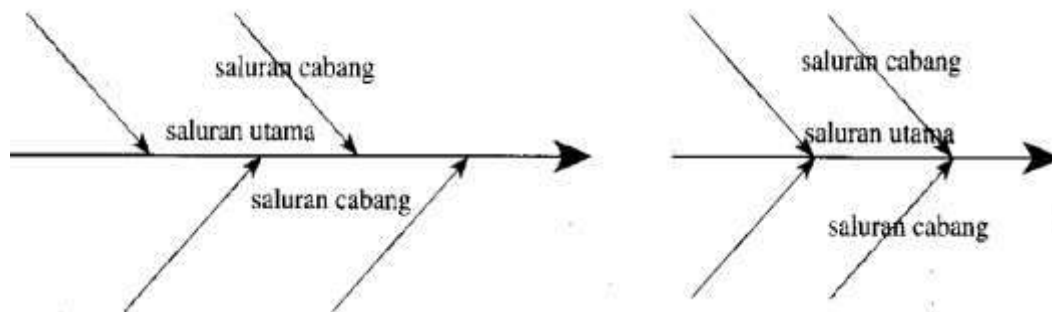
**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Keberadaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) wajib ada, setelah diolah air dapat dibuang ke badan sungai/laut.

Pola Jaringan Drainase

1. Drainase Alamiah

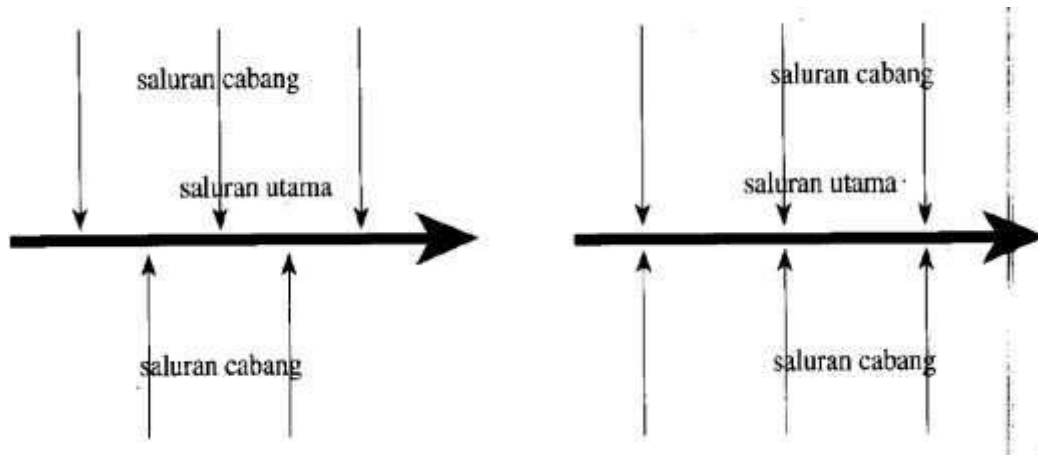
Pola ini terbentuk akibat proses air yang mengalir secara alamiah dari sumber air ke mauara secara gravitasi. Bentuknya sangat tergantung pada kondisi topografi suatu daerah. Ciri-ciri pola ini adalah bentuknya yang tidak beraturan.



Gambar II.7 Drainase Alamiah

2. Drainase Siku

Dibuat untuk daerah yang mempunyai topografi yang sedikit lebih tinggi dari pada sungai. Sungai sebagai badan air / saluran pembuang akhir berada di tengah kota.



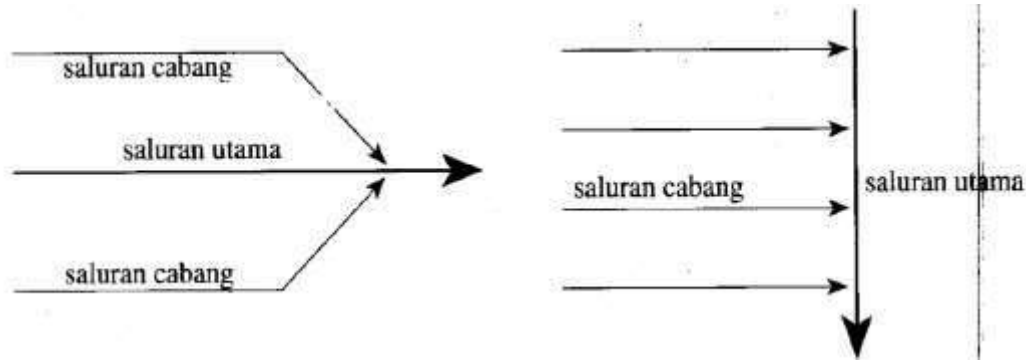
Gambar II.8 Drainase Siku

3. Drainase Paralel



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

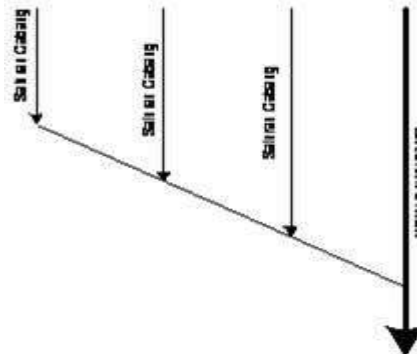
Saluran utama terletak sejajar dengan saluran cabang. Dengan saluran cabang (sekunder) yang cukup banyak dan pendek-pendek, apabila terjadi perkembangan kota, saluran-saluran akan dapat menyesuaikan diri.



**Gambar II.9 Drainase Paralel**

**4. Drainase Grade Iron**

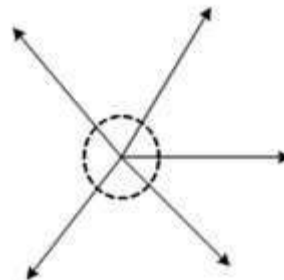
Untuk daerah dimana sungainya terletak di pinggir kota, sehingga saluran-saluran cabang dikumpulkan dulu pada saluran pengumpulan.



**Gambar II.10 Drainase Grade Iron**

**5. Drainase Radial**

Pada daerah berbukit, sehingga pola saluran memencar ke segala arah.

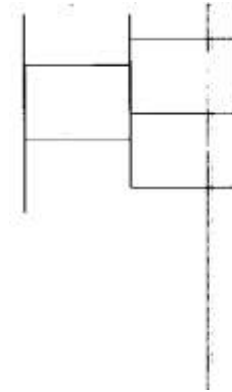




Gambar II.11 Drainase Radial

6. Drainase Jaring – Jaring

Mempunyai saluran pembuang yang mengikuti arah jalan raya dan cocok untuk daerah yang bertopografi datar



Gambar II.12 Drainase Jaring-Jaring

2.6. Tingkatan Saluran Drainase

Dalam sistem drainase, level atau hirarki saluran terdiri atas empat tingkat, yaitu:

<p><b><u>Drainase tersier</u></b> Saluran yang menangkap Suatu badan air/saluran yang merupakan bagian dari suatu sistem drainase utama atau sistem drainase local dimana aliran airnya menuju ke saluran sekunder.</p> <p><b><u>Drainase Sekunder</u></b> Mengalirkan buangan air hujan yang diterima dari saluran drainase tersier menuju saluran drainase primer.</p>	<p><b><u>Drainase Primer</u></b> Menerima buangan air hujan dari saluran sekunder maupun saluran lainnya dan mengalirkan air hujan langsung ke badan penerima.</p> <p><b><u>Badan Penerima</u></b> Badan penerima dari saluran drainase adalah sungai, laut, danau, dsb.</p>
--	--

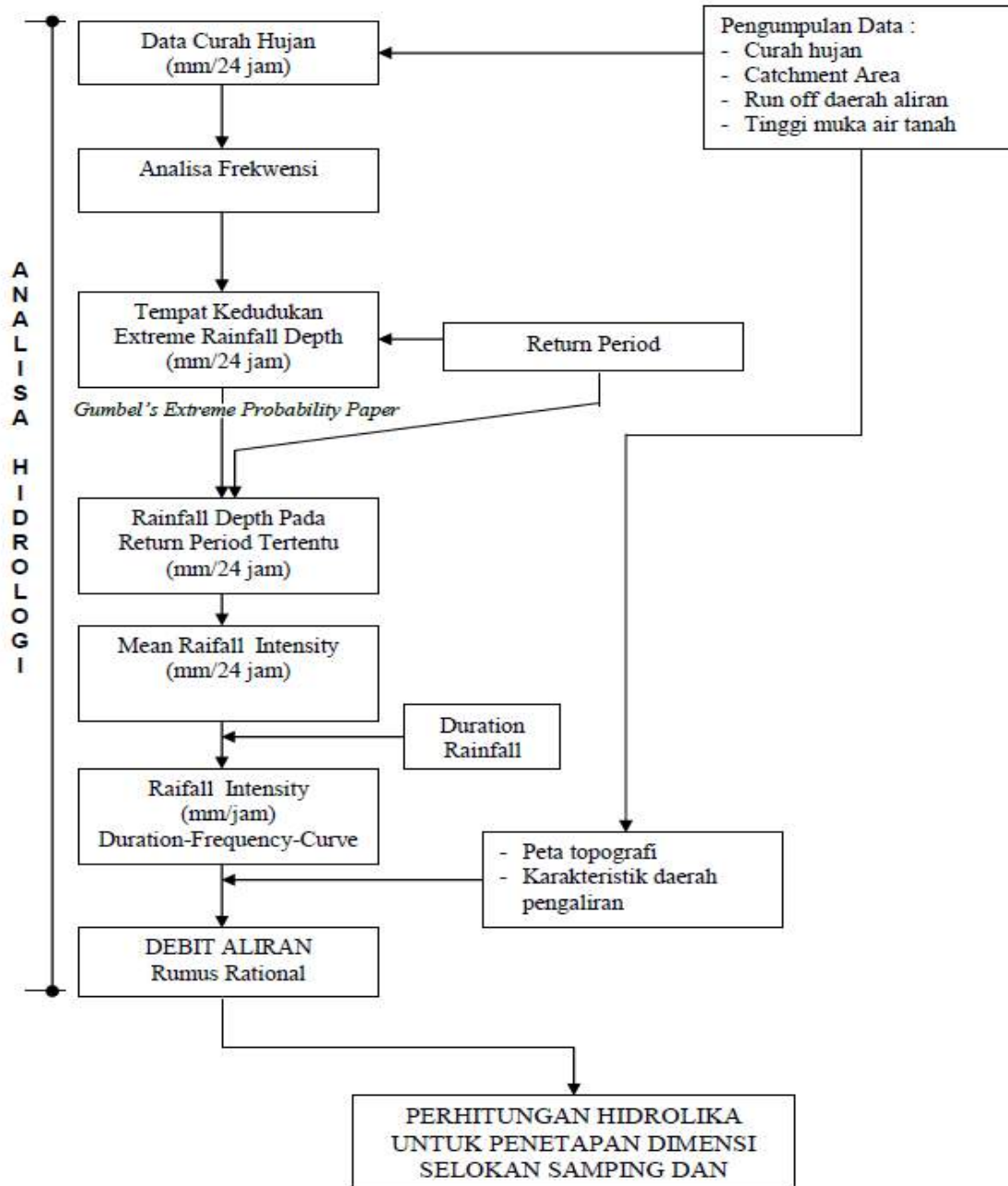
Tabel II.5 Hirarki Saluran



### BAB III

## ANALISA HIDROLOGI

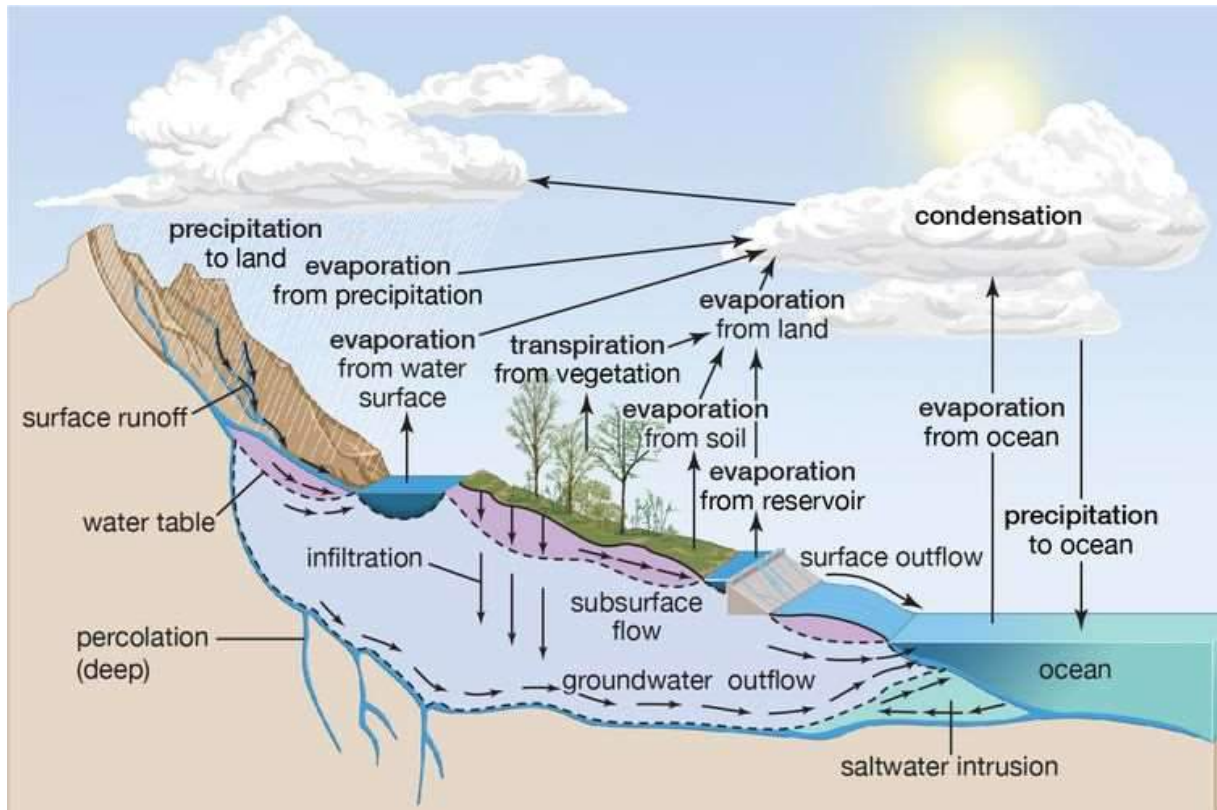
Gambaran Umum analisa hidrologi drainase perkotaan :



Gambar III.1 Bagan alir analisa hidrologi drainase perkotaan



### 3.1. SIKLUS HIDROLOGI



Gambar III.2 diagram siklus hidrologi

Siklus hidrologi terdiri dari beberapa tahapan. Dikutip dari Mengenal Hidrosfer (2016), berikut tahapan siklus hidrologi:

#### 1. Transpirasi

Transpirasi adalah penguapan atau hilangnya uap air dari permukaan tumbuhan. Pada proses ini, tumbuhan mengeluarkan uap H<sub>2</sub>O dan CO<sub>2</sub> pada siang hari yang panas. Transpirasi berlangsung melalui pori-pori daun yang berhubungan dengan udara luar. Faktor yang memengaruhi transpirasi antara lain bentuk disik daun, sinar matahari, temperatur udara, kelembapan udara, angin, dan keadaan air tanah.

#### 2. Intersepsi

Intersepsi adalah proses tertahannya air hujan pada permukaan tanaman yang kemudian diuapkan kembali ke atmosfer. Air hujan yang jatuh di atas tanaman tidak langsung sampai ke permukaan tanah. Air ditampung dulu oleh tajuk atau kanopi, batang, dan cabang tanaman. Akibatnya, ada air hujan yang tidak pernah sampai ke tanah. Air langsung menguap setelah terkena sinar matahari. Air itu disebut air intersepsi.

#### 3. Run off

Kebalikan dari air intersepsi adalah air run off. Run off adalah pergerakan aliran air di permukaan tanah melalui sungai dan anak sungai.



## TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN BESERTA STUDI KASUS IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO

### 4. Evaporasi

Evaporasi adalah proses penguapan air dari tubuh perairan. Tubuh perairan di bumi ada perairan darat seperti sungai, danau, dan rawa, serta perairan laut (asin). Proses evaporasi sangat dipengaruhi faktor iklim seperti radiasi matahari, temperatur udara, kelembapan udaran, dan kecepatan angin.

### 5. Evapotranspirasi

Evapotranspirasi adalah penguapan air yang dihasilkan dari proses transpirasi dan evaporasi. Dua proses ini merupakan salah satu komponen penting dalam siklus hidrologi karena mampu mengurangi simpanan air di dalam tubuh air, tanah, dan tanaman.

### 6. Infiltrasi

Infiltrasi adalah proses peresapan air ke dalam tanah. Ketika air hujan menyentuh permukaan tanah, sebagian atau seluruh air hujan masuk ke dalam tanah melalui pori-pori permukaan tanah. Proses peresapan air hujan ke dalam tanah ini disebabkan oleh gaya gravitasi dan gaya kapiler.

### 7. Perkolasi

Perkolasi adalah tahap selanjutnya setelah infiltrasi. Dalam tahap ini, air yang diserap melalui pori-pori tanah, bergerak secara vertikal maupun horizontal menuju muka air tanah.

### 8. Kondensasi

Kondensasi adalah proses perubahan wujud zat dari gas (uap air) menjadi cair. Kondensasi juga berarti pengembunan. Dalam kondensasi, molekul-molekul air yang berbentuk uap membesar dan menyatu membentuk butir-butir air dan menjadi awan.

### 9. Presipitasi

Presipitasi adalah hujan yang turun dari atmosfer ke permukaan bumi dalam bentuk titik-titik air atau salju. Presipitasi terjadi ketika awan sudah tidak mampu menahan massa air yang dikandungnya. Awan kemudian menurunkan air hujan.

### 3.2. **Intensitas Curah Hujan**

Adalah ketinggian curah hujan yang terjadi pada suatu kurun waktu dimana air tersebut berkonsentrasi. Intensitas curah hujan ( $I$ ) mempunyai satuan mm/jam, berarti tinggi air persatuan waktu, misalnya mm dalam kurun waktu menit, jam, atau hari. Perhitungan ini dilakukan sesuai SNI 03-2415-1991 Metode perhitungan Debit Banjir. Sifat umum hujan :

- Makin singkat hujan berlangsung intensitas cenderung makin tinggi
- Makin besar periode ulangnya, intensitas hujan makin tinggi

Adapun rumus sederhana dari intensitas hujan adalah sebagai berikut :



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

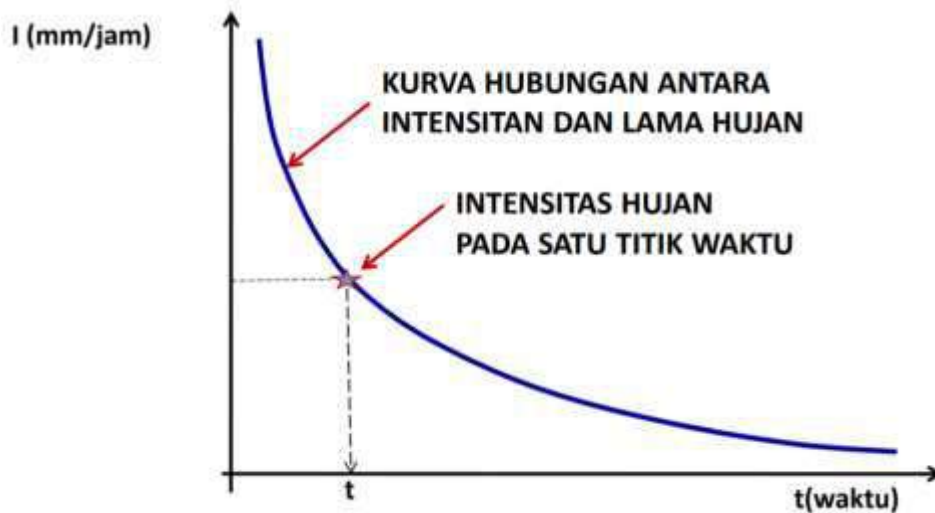
$$I = \frac{R}{t}$$

dengan :

I = intensitas hujan (mm/jam),

R = tinggi hujan (mm),

t = lamanya hujan (jam).



**Gambar III.3 Grafik Hubungan Intensitas Hujan, lama hujan dan frekuensi hujan dinyatakan dalam kurva IDF (CURVA IDF (INTENCITY DURATION FREQUENCY))**

**1. Hubungan antara Intensitas hujan – Durasi dan Kurva Frekuensi**

Output akhir dari analisa curah hujan ialah kurva

hubungan antara rainfall intensity (mm/24 jam), duration (jam) dan frequency atau return period (tahun). Kesulitan yang paling pokok dalam membuat kurva tersebut adalah:

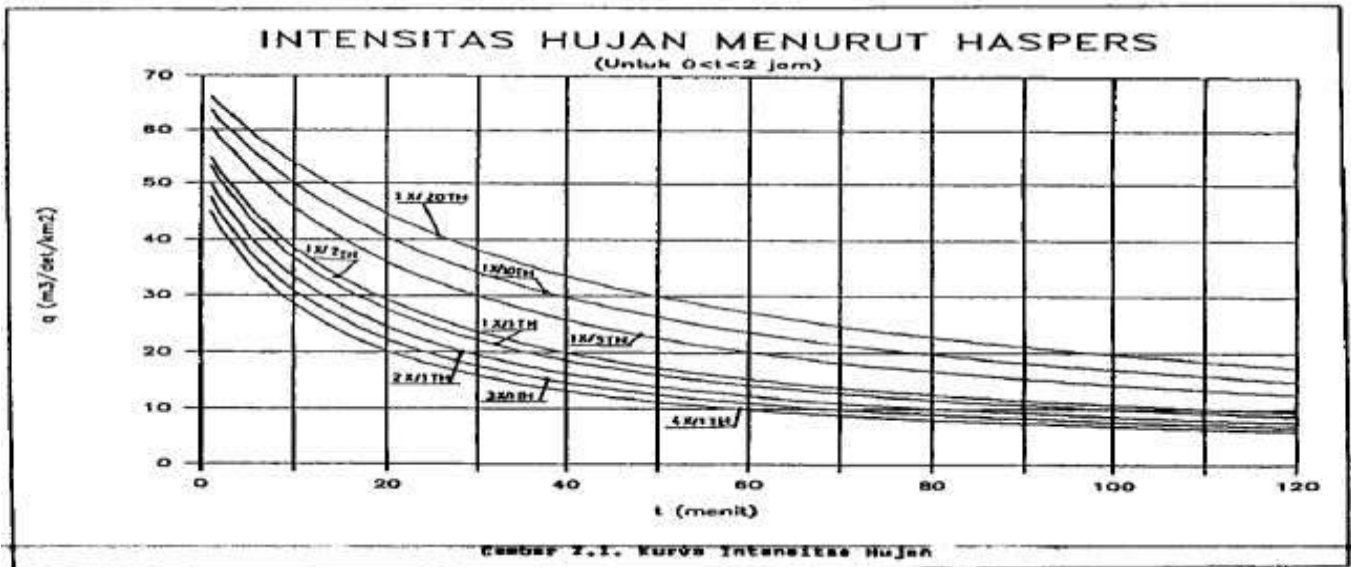
- Data yang tersedia hanyalah berupa curah hujan maximum dalam mm/24 jam pada suatu periode waktu pengamatan.
- catatan lapangan yang menunjukkan hubungan antara lamanya hujan (duration) dengan total daily rainfall

Lengkung intensitas adalah hubungan grafik antara intensitas hujan dan durasi hujan dengan kala hujan tertentu.



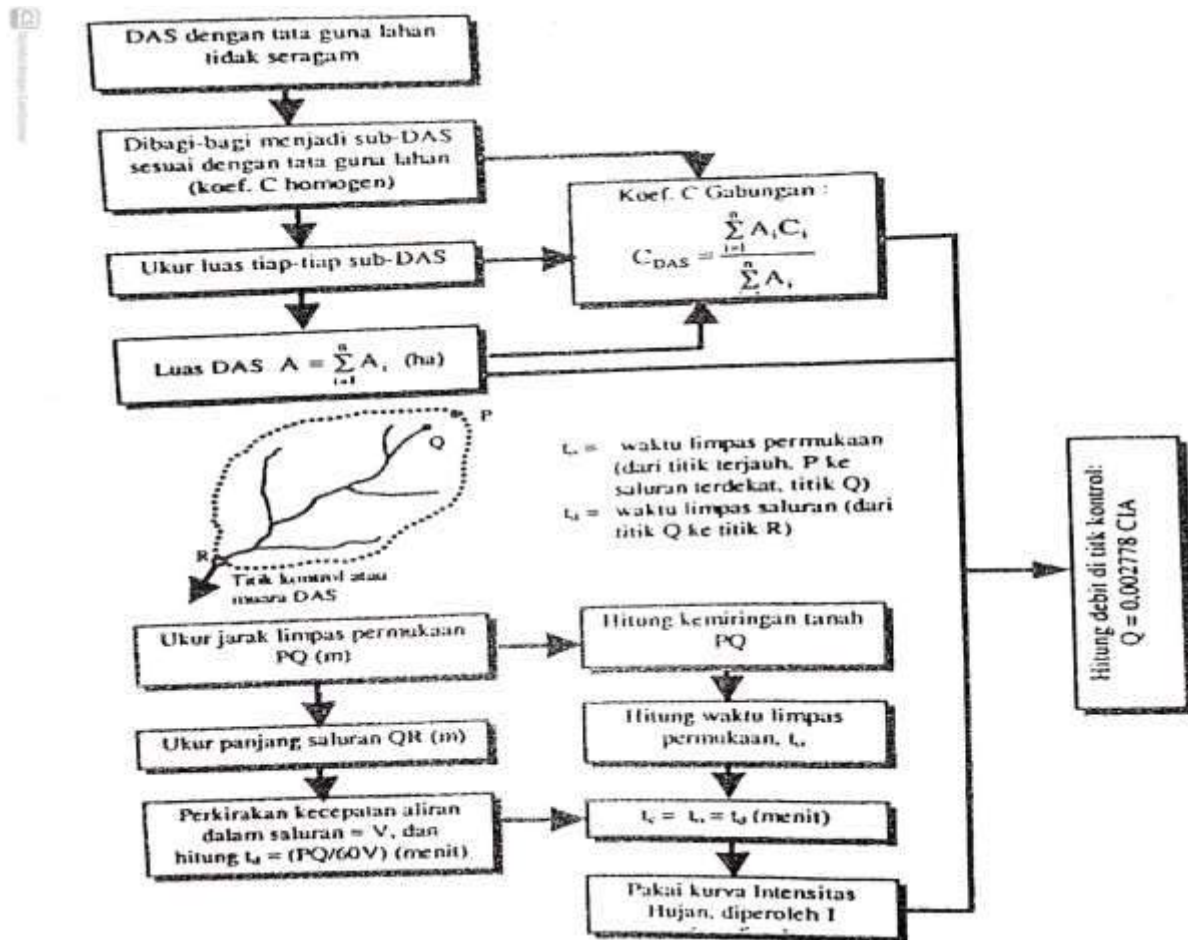


**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**



Gambar III.4 Grafik Lengkung intensitas hujan menurut Haspers

Konsep dasar perhitungan :





**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Beberapa pendekatan terkait analisa data curah hujan :

**a. Hasil Pengamatan Weduwen**

Pengamatan yang dilakukan oleh Ir. JP der Weduwen (1937) untuk Provinsi DKI Jakarta memberikan hubungan antara duration (dalam jam) dengan prosentase total daily rainfall sebagai berikut :

Durasi hujan (dalam jam)	Prosentase terhadap 24 jam curah hujan
1	40
2	56
3	67.5
4	76
5	81.5
6	83.5
9	87.5
12	89
15	90
21	92
23	100

**Tabel III.1 Rekapitulasi hasil pengamatan hujan menurut Ir. JP Widuwen**

**b. Rumus Rational**

Data hujan harian  $R_{24}$  (jumlah hujan dalam 1 hari atau 24 jam). Apabila data hujan jangka pendek tidak tersedia, yang ada hanya data hujan harian, maka intensitas dapat dihitung dengan rumus Mononobe

Pakai rumus :

$$: I = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t_c} \right) t_c \text{ dalam jam}$$

Keterangan :

$t_c$  = waktu konsentrasi .

$I$  = intensitas hujan (mm/jam)

$R_{24}$  = tinggi hujan (mm)



c. Rumus Prof. Talbot

Rumus Talbot (1881), rumus ini banyak digunakan karena mudah diterapkan dan tetapan-tetapan a dan b di tentukan dengan harga-harga yang terukur

$$: I = \frac{a}{t + b} t_c \text{ dalam menit}$$

$$a = \frac{\sum(I_i t_i) \sum(I_i^2) - \sum(I_i^2 t_i) \sum(I_i)}{N \sum(I_i^2) - \sum(I_i) \sum(I_i)}$$
$$b = \frac{\sum(I_i) \sum(I_i t_i) - N \sum(I_i^2 t_i)}{N \sum(I_i^2) - \sum(I_i) \sum(I_i)}$$

N = banyaknya data.

Dimana :

I = Intensitas hujan (mm/jam)

t = Lamanya hujan

a dan b = konstanta yang tergantung pada lamanya hujan yang terjadi di DAS

d. Rumus Sherman

Rumus Sherman (1905), rumus ini mungkin cocok untuk jangka waktu curah hujan yang lamanya lebih dari 2 jam

$$: I = \frac{a}{t^n} t_c \text{ dalam menit}$$

Dimana :

I = intensitas hujan (mm/jam),

$$A = \left[ \frac{\sum(\log I) \sum(\log t)^2 - \sum(\log t \cdot \log I) \sum(\log t)}{N \sum(\log t)^2 - \sum(\log t) \sum(\log t)} \right]^{10}$$

$$n = \frac{\sum(\log I) \sum(\log t) - N \sum(\log t \cdot \log I)}{N \sum(\log t)^2 - \sum(\log t) \sum(\log t)}$$

t = lamanya hujan (jam),

N = banyaknya data.

e. Rumus Ishiguro

Rumus Ishiguro ini dikemukakan oleh Dr. Ishiguro tahun 1953. Adapun rumus tersebut

$$I = \frac{a}{\sqrt{t + b}} t_c \text{ dalam menit}$$

Dimana :



$I$  = intensitas hujan (mm/jam),

$$a = \frac{\sum(I\sqrt{t})\sum(I^2) - \sum(I^2\sqrt{t})\sum(I)}{N\sum(I^2) - \sum(I)\sum(I)}$$

$$b = \frac{\sum(I)\sum(I\sqrt{t}) - N\sum(I^2\sqrt{t})}{N\sum(I^2) - \sum(I)\sum(I)}$$

$t$  = lamanya hujan (jam),

$N$  = banyaknya data.

### 3.3. Pengolahan data hujan

Pengolahan data hujan melibatkan angka rainfall intensity yang telah dinilai untuk mewakili rainfall intensity yang telah dihitung untuk sejumlah stasion pengamat. Angka tersebut merupakan harga rata-rata yang dihitung dengan:

#### a. Metode Aritmatik

Metode ini dipakai untuk daerah datar dimana stasion pengamat hujan tersebar dengan merata dan masing-masing memberikan hasil pengamatan yang tidak jauh berbeda dengan hasil rata-ratanya. Persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:

$$(I_{rd})_{rata - rata} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (I_{rd})_i}{n}$$

dimana:

$(I_{rd})_{rata - rata}$  = mean rainfall intensity, dalam mm/24 jam

$(I_{rd})_i$  = rainfall intensity untuk masing-masing stasion pengamat, dalam mm/24 jam

(kode  $i$  = index nomor stasion pengamat)

$n$  = banyaknya stasion pengamat

#### b. Metode Thiessen

Metode ini dipakai apabila distribusi dari lokasi stasion pengamat hujan tidak tersebar rata. Pada perhitungan dengan metode ini pertama-tama harus ditetapkan batas-batas daerah pengaliran. Kemudian kedudukan stasion pengamat diplot di atas peta dan ditarik garis-garis penghubungnya sehingga terbentuk rangkaian-rangkaian segitiga. Garis-garis yang tegak lurus garis-garis penghubung tersebut akan membentuk polygon yang mengelilingi tiap stasion. Sisi dari garis polygon dan batas daerah pengaliran yang dipotongnya akan



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

merupakan wilayah pengaliran yang langsung di bawah pengaruh stasion pengamat hujan yang berada di dalamnya. Luas wilayah tersebut kemudian dihitung dengan planimeter dan dinyatakan dalam prosen terhadap luas total

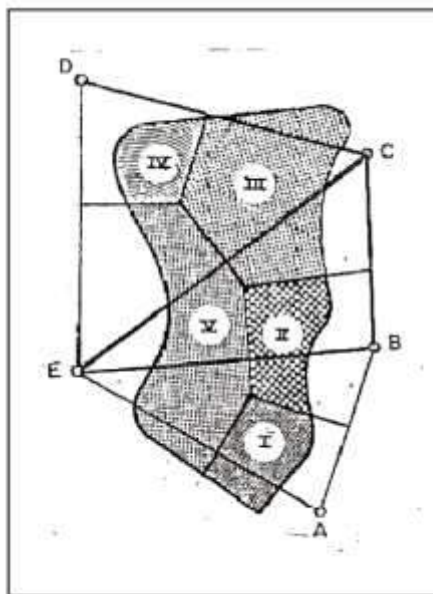
$$R = \frac{A_1R_1 + A_2R_2 + \dots + A_nR_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

Dimana :

R = Curah hujan daerah

R<sub>1</sub>, R<sub>2</sub>, R<sub>n</sub>= curah hujan pada tiap pos pengamatan

A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>n</sub>= luas daerah pada tiap pos pengamatan



- A, B, C, D, E adalah stasion pengamat hujan
- Total luas daerah pengaliran = L
- Dibuat garis-garis hubung stasion pengamat sehingga membentuk rangkaian segitiga serta garis-garis tegak lurus dari tengah-tengah sisi segitiga yang membentuk polygon.

- Wilayah I, langsung di bawah pengaruh stasion A, luas L<sub>1</sub>
- Wilayah II, langsung di bawah pengaruh stasion A, luas L<sub>2</sub>
- Wilayah III, langsung di bawah pengaruh stasion A, luas L<sub>3</sub>
- Wilayah IV, langsung di bawah pengaruh stasion A, luas L<sub>4</sub>

Menghitung rata2 curah hujan :



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Stasiun Pengamat	Luas Wilayah Yang Dipengaruhi	% Terhadap Luas Total	Extreme Rainfall Depth Untuk Return Peroid Yang Ditentukan (mm/24 jam)	Komponen Average Rainfall Depth (mm/24 jam)
A	L1	$(L1/L) \times 100\% = 11\%$	$(x_r)_A$	$11\% \cdot (x_r)_A$
B	L2	$(L2/L) \times 100\% = 12\%$	$(x_r)_B$	$12\% \cdot (x_r)_B$
C	L3	$(L3/L) \times 100\% = 13\%$	$(x_r)_C$	$13\% \cdot (x_r)_C$
D	L4	$(L4/L) \times 100\% = 14\%$	$(x_r)_D$	$14\% \cdot (x_r)_D$
E	L5	$(L5/L) \times 100\% = 15\%$	$(x_r)_E$	$15\% \cdot (x_r)_E$
	Total = L	Total = 100%	Average rainfall depth = $11\% \cdot (x_r)_A + 12\% \cdot (x_r)_B + 13\% \cdot (x_r)_C + 14\% \cdot (x_r)_D + 15\% \cdot (x_r)_E$	

Jadi  $I_{rd} = 11\% \cdot (x_r)_A + 12\% \cdot (x_r)_B + 13\% \cdot (x_r)_C + 14\% \cdot (x_r)_D + 15\% \cdot (x_r)_E$

**c. Metode Isohyet**

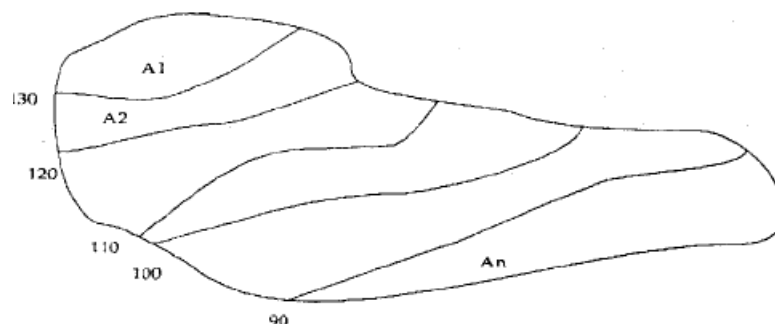
Peta isohyet digambar pada peta topografi dengan perbedaan 10 mm sampai dengan 20 mm berdasarkan data curah hujan pada titik pengamatan didalam dan disekitar daerah yang dimaksud. Luas bagian daerah antara 2 garis isohyet yang berdekatan diukur dengan planimeter. Demikian pula harga rerata dari garis isohyet yang berdekatan termasuk daerah itu dapat dihitung dengan persamaan :

$$R = \frac{A1R1 + A2R2 + \dots + AnRn}{A1 + A2 + \dots + An}$$

Dengan :

R1, R2, Rn= curah hujan rerata pada path area A1, A2, An

A1, A2, An= luas daerah antara garis isohyet



Cara ini adalah cara terbaik jika digambar dengan teliti. Tetapi jika titik pengamatan yang dilakukan banyak maka variasi curah hujan besar & memungkinkan adanya kesalahan



### 3.4. Curah hujan Rancangan

Curah hujan rancangan adalah analisis berulangnya satu peristiwa hujan dengan besaran tertentu, baik frekuensi persatuan waktu maupun kala ulangnya (Soemarto, 1987). Pemilihan distribusi ditetapkan berdasarkan nilai koefisien kepengcengan (*skewness*) dan koefisien sepuncakan (*kurtosis*) yang dirumuskan sebagai berikut :

$$C_s = \frac{n \sum (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3}$$

$$C_k = \frac{n^2 \sum (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4}$$

Di mana:

Cs = Koefisien kepengcengan

Ck = Koefisien kepuncakan

Xi = Data hujan ke-i

n = Jumlah data

S = Standar deviasi

a. Distribusi Gumbel

Jenis Sebaran	Syarat
Normal	Cs ≈ 0 Ck = 3
Gumbel Tipe I	Cs ≤ 1,1396 Ck ≤ 5,4002
Log Pearson Tipe III	Cs ≠ 0
Log normal	Cs ≈ 3Cv + Cv <sup>2</sup> = 3 Ck = 5,383

$$X_{ranc} = \bar{X} + \left( \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \right) S$$

Dimana :

X<sub>ranc</sub> = Curah hujan rancangan

X = Rata-rata hujan

Y<sub>t</sub> = Reduced variate =

Y<sub>n</sub> = Reduced mean yang tergantung pada n (tabel)

S<sub>n</sub> = Reduced standard deviation tergantung pada n (tabel)

Tr = Kala ulang hujan

b. Distribusi Normal

Distribusi normal atau kurva normal disebut juga distribusi Gauss.

$$X_{ranc.} = X + KT S$$

Di mana:

X<sub>ranc.</sub> = Curah hujan rancangan (mm/hari)

X = Data curah hujan (mm/hari)

S = Standar deviasi (mm/hari)

KT = Faktor frekuensi (tabel)



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Tr	Peluang	KT
1.0014	0.999	-3.05
1.005	0.995	-2.58
1.01	0.99	-2.33
1.05	0.95	-1.64
1.11	0.9	-1.28
1.25	0.8	-0.84
1.33	0.75	-0.67
1.43	0.7	-0.52
1.67	0.6	-0.25
2	0.5	0
2.5	0.4	0.25
3.33	0.3	0.52
4	0.25	0.67
5	0.2	0.84
10	0.1	1.28
20	0.05	1.64
50	0.02	2.05
100	0.01	2.33
200	0.005	2.58
500	0.002	2.88
1000	0.001	3.09

**Tabel III.2 Nilai Faktor Frekuensi (KT)**

c. Distribusi Log Pearson Tipe 3

Pada distribusi ini, semua data terlebih dahulu diubah ke dalam bentuk logaritma.

$$\text{Log } x_{ranc} = \text{Log } x + G \cdot S$$

Di mana:

$x_{ranc}$  = Curah hujan rancangan (mm/hari)

$x$  = Data curah hujan (mm/hari)

$\bar{x}$  = Rata-rata data curah hujan (mm/hari)

$G$  = Nilai konstanta berdasarkan kala ulang dan  $C_s$  (tabel)

$S$  = Standar deviasi (mm/hari)

$C_s$  = Koefisien kepercengan





**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Cs	Kala Ulang							
	1,0101	1,2500	2	5	10	25	50	100
	Peluang (%)							
	99	80	50	20	10	4	2	1
3,0	-0,667	-0,636	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,501
2,8	-0,714	-0,666	-0,384	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973
2,6	-0,769	-0,696	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	2,889
2,4	-0,832	-0,725	-0,351	0,537	1,262	2,256	3,023	3,800
2,2	-0,905	-0,752	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705
2,0	-0,990	-0,777	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,192	3,605
1,8	-1,087	-0,799	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499
1,6	-1,197	-0,817	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388
1,4	-1,318	-0,832	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271
1,2	-1,449	-0,844	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149
1,0	-1,588	-0,852	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022
0,8	-1,733	-0,856	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891
0,6	-1,880	-0,857	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755
0,4	-2,029	-0,855	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615
0,2	-2,178	-0,850	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472
0,0	-2,326	-0,842	0,000	0,842	1,282	1,751	2,051	2,326
-0,2	-2,472	-0,830	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178
-0,4	-2,615	-0,816	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029
-0,6	-2,755	-0,800	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880
-0,8	-2,891	-0,780	0,132	0,856	1,166	1,448	1,606	1,733
-1,0	-3,022	-0,758	0,164	0,852	1,128	1,366	1,492	1,588
-1,2	-2,149	-0,732	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449
-1,4	-2,271	-0,705	0,225	0,832	1,041	1,198	1,270	1,318
-1,6	-2,388	-0,675	0,254	0,817	0,994	1,116	1,166	1,197
-1,8	-3,499	-0,643	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087
-2,0	-3,605	-0,609	0,307	0,777	0,895	0,959	0,980	0,990
-2,2	-3,705	-0,574	0,330	0,752	0,844	0,888	0,900	0,905
-2,4	-3,800	-0,537	0,351	0,725	0,795	0,823	0,830	0,832
-2,6	-3,889	-0,490	0,368	0,696	0,747	0,764	0,768	0,769
-2,8	-3,973	-0,469	0,384	0,666	0,702	0,712	0,714	0,714
-3,0	-7,051	-0,420	0,396	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667

Sumber: Suripin, 2003

**Tabel III.3 Distribusi nilai G**

- d. Distribusi Log Normal  
Distribusi Log Normal 2 Parameter mempunyai persamaan transformasi

$$P(X) = \frac{1}{(X)(S)(\sqrt{2\pi})} * \exp \left\{ -\frac{1}{2} \left( \frac{\log(X) - (\overline{X})}{S} \right)^2 \right\}$$

dimana :

P(X) : Peluang terjadinya distribusi log normal sebesar X

X : Nilai variat pengamatan

X : Nilai rerata logaritmik variat X, umumnya dihitung nilai rerata geometriknya

S : Deviasi standar dari logaritmik nilai variat X (Soewarno, 1995, Hidrologi)



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Soewarno, 1995, Hidrologi) Aplikasi distribusi log normal dua parameter untuk menghitung nilai variat  $x$  yang mempunyai kala ulang  $t$  tahun mempunyai persamaan, sebagai berikut :

$$\log(X_t) = \overline{\log(X)} + k * S \log(X) .$$

dimana :

$\log(X_t)$  = Nilai  $X$  yang diharapkan terjadi pada periode ulang  $t$  tahun

$\overline{\log(X)}$  = Rata-rata nilai  $\log(X)$

$S \log(X)$  = Deviasi standar logaritmik nilai  $\log(X)$

$k$  = Karakteristik dari distribusi log normal dua parameter.

Nilai  $k$  dari dapat diperoleh dari tabel yang merupakan fungsi dari periode ulang dan nilai koefisien variasinya (lihat tabel 3.2.) (Soewarno, 1995, Hidrologi)

Koef. Variasi (CV)	Periode Ulang (tahun)					
	2	5	10	20	50	100
0,0500	-0,0250	0,8334	1,2965	1,6863	2,1341	2,4570
0,1000	-0,0496	0,8222	1,3078	1,7247	2,2130	2,5489
0,1500	-0,0738	0,8085	1,3156	1,7598	2,2899	2,2607
0,2000	-0,0971	0,7926	1,3200	1,7911	2,3640	2,7716
0,2500	-0,1194	0,7746	1,3209	1,8183	2,4318	2,8805
0,3000	-0,1406	0,7647	1,3183	1,8414	2,5015	2,9866
0,3500	-0,1604	0,7333	1,3126	1,8602	2,5638	3,0890
0,4000	-0,1788	0,7100	1,3037	1,8746	2,6212	3,1870
0,4500	-0,1957	0,6870	1,2920	1,8848	2,6731	3,2799
0,5000	-0,2111	0,6626	1,2778	1,8909	2,7202	3,3673
0,5500	-0,2251	0,6379	1,2613	1,8931	2,7613	3,4488
0,6000	-0,2375	0,6129	1,2428	1,8915	2,7971	3,5211
0,6500	-0,2185	0,5879	1,2226	1,8866	2,8279	3,3930
0,7000	-0,2582	0,5631	1,2011	1,8786	2,8532	3,3663
0,7500	-0,2667	0,5387	1,1784	1,8677	2,8735	3,7118
0,8000	-0,2739	0,5118	1,1548	1,8543	2,8891	3,7617
0,8500	-0,2801	0,4914	1,1306	1,8388	2,9002	3,8056
0,9000	-0,2852	0,4686	1,1060	1,8212	2,9071	3,8137
0,9500	-0,2895	0,4466	1,0810	1,8021	2,9103	3,8762
1,0000	-0,2928	0,4254	1,0560	1,7815	2,9098	3,9035

(Soewarno, 1995, Hidrologi)

**Tabel III.4 Rekapitulasi Nilai Faktor Frekuensi (KT)**

### 3.5. Uji Distribusi Hujan

Uji keselarasan dimaksudkan untuk menentukan persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili distribusi statistik sampel data yang dianalisis. Ada dua jenis uji keselarasan, yaitu



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Chi Square dan Smirnov Kolmogorof. Pada tes ini yang diamati adalah nilai hasil perhitungan yang diharapkan.

a. Uji Chi – Square

Uji sebaran ini dimaksudkan untuk mengetahui distribusi-distribusi yang memenuhi syarat untuk dijadikan dasar dalam menentukan debit air rencana dengan periode ulang tertentu. Metode Chi Square ini dapat dijelaskan sebagai berikut : 31 - Penggambaran distribusi curah hujan dilakukan untuk setiap metode distribusi. - Penggambaran distribusi ini dilakukan untuk mengetahui beda antara frekuensi yang diharapkan ( $E_f$ ) dengan frekuensi terbaca. Sebelum penggambaran, dihitung peluang ( $P$ ) masing-masing curah hujan rata-rata dengan rumus :

$$P = \frac{m}{n+1}$$

dimana :

$P$  : Peluang terjadinya curah hujan tertentu

$m$  : Nomor ranking curah hujan

$n$  : Jumlah data

Setelah plotting data selesai maka dibuat garis yang memotong daerah rata-rata titik tersebut, nilai titik-titik merupakan nilai frekuensi yang terbaca ( $O_f$ ), dan nilai pada garis adalah frekuensi yang diharapkan ( $E_f$ ) Menentukan parameter uji Chi Square hasil plotting data dengan rumus :

$$X^2 = \sum_i^k \frac{(O_f - E_f)^2}{E_f}$$

dimana :

$X^2$  = Harga Chi Square

$k$  = Jumlah data

$O_f$  = Frekuensi yang dibaca pada kelas yang sama

$E_f$  = Frekuensi yang idharapkan sesuai dengan pembagian kelasnya

Menentukan parameter Uji Chi Square berdasarkan nilai derajat kepercayaan sebesar 0,95% atau 95% ( $\alpha = 0,05$  atau 5% ) dan derajat kebebasan ( $dk$ ) di mana :

$dk = K - (p+1)$

dimana :

$K$  : Jumlah data

$P$  : Probabilitas

(Suripin, Dr, Ir, M.Eng., 2004, "Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan")



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

dk	derajat kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,0000393	0,000157	0,000982	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,0100	0,0201	0,0506	0,103	5,991	7,378	9,210	10,597
3	0,0717	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,070	12,832	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,690	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,180	2,733	15,507	17,535	20,090	21,955
9	1,735	2,088	2,700	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,940	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,920	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,300
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,660	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32,000	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,390	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,144	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,260	9,591	10,851	31,410	34,170	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479	38,932	41,401

**Tabel III.5 Nilai Kritis untuk Distribusi Chi Square (Uji Satu Sisi)**

b. Uji Smirnov – Kolmogorov

Dikenal dengan uji kecocokan non parametric karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Prosedurnya sebagai berikut :

- Urutkan data dari besar ke kecil atau sebaliknya dan tentukan peluangnya dari masing-masing data tersebut.
- Tentukan nilai variabel reduksi

$$f(t) = \frac{(X - \bar{X})}{S}$$

- Tentukan peluang teoritis {P'(Xi)} dari nilai f(t) dengan tabel.
- Dari kedua nilai peluang tersebut tentukan selisih antara pengamatan dan peluang teoritis. D maks = Maks {P(Xi) – P'(Xi)}

	$\alpha=0,05$	t	$\alpha=0,05$	t	$\alpha=0,05$	t	$\alpha=0,05$
-3,4	0,0003	-1,4	0,0735	0,5	0,7088	2,5	0,9946
-3,3	0,0004	-1,3	0,0885	0,6	0,7422	2,6	0,9960
-3,2	0,0006	-1,2	0,1056	0,7	0,7734	2,7	0,9970
-3,1	0,0008	-1,1	0,1251	0,8	0,8023	2,8	0,9978
-3,0	0,0011	-1,0	0,1469	0,9	0,8289	2,9	0,9984
-2,9	0,0016	-0,9	0,1711	1,0	0,8591	3,0	0,9989
-2,8	0,0022	-0,8	0,1977	1,1	0,8749	3,1	0,9992
-2,7	0,0030	-0,7	0,2266	1,2	0,8944	3,2	0,9994
-2,6	0,0040	-0,6	0,2578	1,3	0,9115	3,3	0,9996
-2,5	0,0054	-0,5	0,2912	1,4	0,9265	3,4	0,9997
-2,4	0,0071	-0,4	0,3264	1,5	0,9394		
-2,3	0,0094	-0,3	0,3632	1,6	0,9505		
-2,2	0,0122	-0,2	0,4013	1,7	0,959		
-2,1	0,0158	-0,1	0,4404	1,8	0,9678		



Tabel III.6 Wilayah Luas di bawah Kurva Normal Uji Smirnov Kolmogorov

N	$\alpha$			
	0,2	0,1	0,05	0,01
5	0,45	0,51	0,546	0,67
10	0,32	0,37	0,41	0,49
15	0,27	0,3	0,34	0,4
20	0,23	0,26	0,29	0,36
25	0,21	0,24	0,27	0,32
30	0,19	0,22	0,24	0,29
35	0,18	0,20	0,23	0,27
40	0,17	0,19	0,21	0,25
45	0,16	0,18	0,20	0,24
50	0,15	0,17	0,19	0,23
n>50	1,07/n	1,22/n	1,36/n	1,63/n

Tabel III.7 Nilai Kritis (Do) Smirnov Kolmogorov

### 3.6. Perhitungan Debit Rencana Saluran

Beberapa istilah penting :

#### Data curah hujan

- Merupakan data curah hujan harian maksimum dalam setahun dinyatakan dalam mm/hari. Data curah hujan ini diperoleh dari (BMKG) yaitu stasiun curah hujan pada daerah layanan saluran
- Jika daerah layanan tidak memiliki data curah hujan, maka dapat digunakan data dari stasiun di luar daerah layanan yang dianggap masih dapat mewakili. Jumlah data curah hujan yang diperlukan minimal 10 tahun terakhir.

#### Periode ulang

Karakteristik hujan menunjukkan bahwa hujan yang besar tertentu mempunyai periode ulang tertentu. Periode ulang untuk pembangunan saluran drainase ditentukan 5 tahun, disesuaikan dengan peruntukannya. Kala ulang debit/curah hujan adalah kurun waktu berulang dimana debit/curah hujan yang terjadi dilampaui atau disamai oleh curah hujan desain. Sebagai contoh, hujan dengan kala ulang 5 tahun bermakna besaran akan terlampaui satu kali dalam 5 tahun / peluang 1/5. Dengan demikian nilai curah hujan rancangan akan semakin besaran dengan untuk kala ulang yang semakin besar.

**Perlu dicatat bahwa** : makna kala ulang bukan berarti hujan yang terjadi setiap beberapa tahun sekali dan juga tidak berkenaan dengan usia konstruksi bangunan air. Hal ini menunjukkan hujan yang besar tertentu mempunyai periode ulang tertentu



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

No.	Jenis Saluran/Bangunan	Kala Ulang
1.	Saluran Mikro pada daerah:	
	- Lahan rumah, taman, kebun, kuburan, tak terbangun	2
	- Kesibukan dan Perkantoran	3
	- Perindustrian: ringan	5
	- Perindustrian: menengah	10
	- Perindustrian: Berat	25
	- Perindustrian: Super berat/proteksi negara	50
2.	Saluran Tersier: resiko kecil	2
	Saluran Tersier: resiko besar	5
3.	Saluran Sekunder: tanpa resiko	2
	Saluran Sekunder: resiko kecil	5
4.	Saluran Sekunder: resiko besar	10
	Saluran Primer: tanpa resiko	5
	Saluran Primer: resiko kecil	10
	Saluran Primer: resiko besar	25
	Luas DAS: 25 – 50 ha	5
	Luas DAS: 50 – 100 ha	5 - 10
5.	Luas DAS: 100 – 130 ha	10 – 25
6.	Luas DAS: 130 – 6500 ha	25 – 50
	Pengendalian banjir makro	100
7.	Gorong-gorong: Jalan Raya Biasa	10
	Gorong-gorong: Jalan Raya By pass	25
	Gorong-gorong: free ways (toll)	50
	Saluran tepi: Jalan Raya Biasa	5 – 10
	Saluran tepi: Jalan Raya By pass	10 – 25
	Saluran tepi: free ways (toll)	25 – 50

**Tabel III.8 Daftar periode ulang berdasarkan pada jenis bangunan**

Sumber : Hartono, 1996

### Perhitungan Debit Rancangan Saluran

**Rumus Rasional :**

$$Q = 0,278 C i A \text{ m}^3/\text{detik}$$

dengan :

Q = debit aliran air (m<sup>3</sup>/ detik)

C = koefisien pengaliran rata-rata dari C1, C2, C3

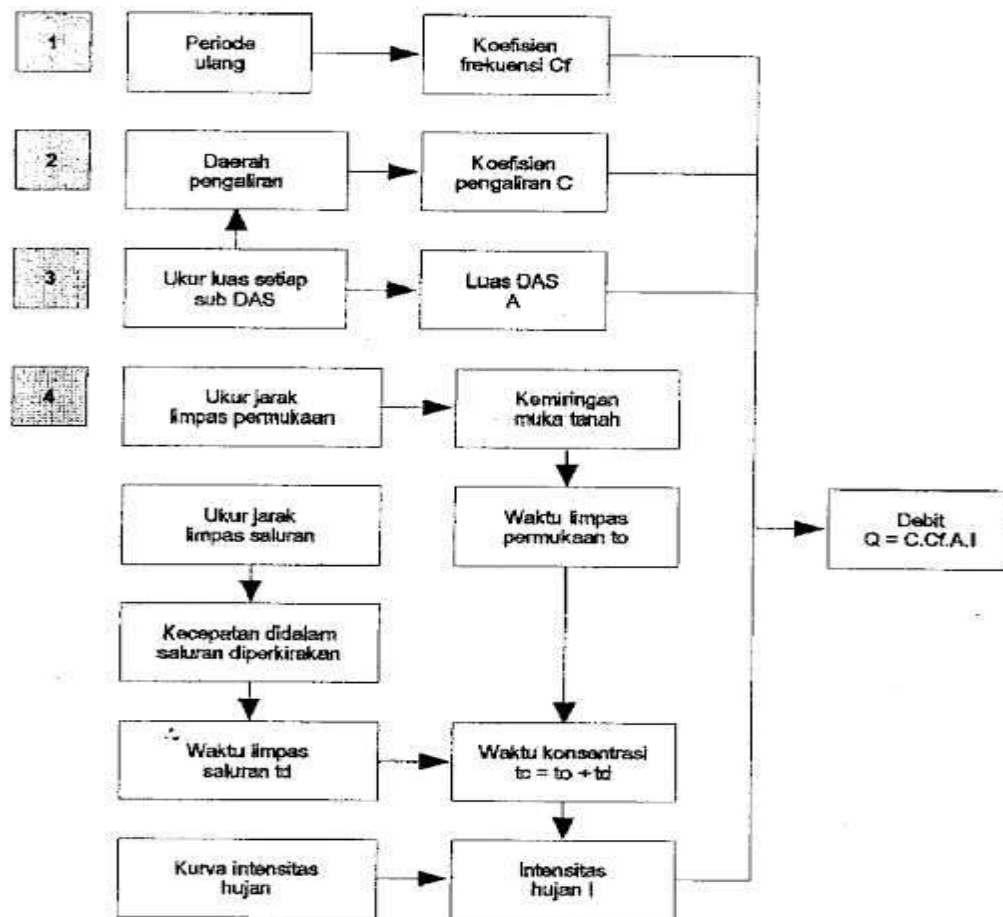
I = intensitas curah hujan (mm/jam)

A = luas daerah pengaliran (km<sup>2</sup>) terdiri atas A1, A2, A3

**Prosedur pemakaian Rumus Rasional :**



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**



Rumus yang dipakai untuk mengitung debit aliran tergantung pada besarnya catchment area, pada umumnya ditentukan sebagai berikut:

- Untuk catchment area < 25 km<sup>2</sup> dipakai Rumus Rational
- Untuk catchment area 25 - 100 km<sup>2</sup> dipakai Cara Weduwen
- Untuk catchment area > 100 km<sup>2</sup> dipakai Cara Melchior

Perhitungan debit aliran untuk selokan samping dan gorong-gorong pada umumnya mencakup catchment area < 25 km<sup>2</sup>, jadi yang digunakan adalah Rumus Rational.

### 1. Koefisien Pengaliran (C)

Koefisien pengaliran (C) dipengaruhi kondisi permukaan tanah (tata guna lahan) pada daerah layanan dan kemungkinan perubahan tata guna lahan. Angka ini akan mempengaruhi debit yang mengalir sehingga dapat diperkirakan daya tampung saluran. Untuk itu diperlukan peta topografi dan melakukan survey lapangan agar corak topografi daerah proyek dapat lebih diperjelas. Diperlukan pula jenis sifat erosi dan tanah pada daerah sepanjang trase jalan rencana antara lain tanah dengan permeabilitas tinggi (sifat lulus air) atau tanah dengan tingkat erosi permukaan. Secara visual akan nampak pada daerah yang menunjukkan alur-alur pada permukaan. Koefisien pengaliran C merupakan perbandingan komponen berikut ini :



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

$$C = \frac{\text{Volume air yang berhasil mencapai muara DAS}}{\text{Volume air hujan yang jatuh diatas DAS}}$$

Berkurangnya volume air yang berhasil melewati muara daerah aliran disebabkan oleh Aliran tertahan oleh akar dan daun dari tanaman, tertahan diantara rerumputan atau semak belukar yang lebat, Air meresap kedalam lapisan tanah. Dalam prakteknya terdapat berbagai tipe tata guna lahan bercampur baur dalam sebuah daerah aliran. Oleh karena itu, untuk mendapatkan Koefisien pengaliran gabungan  $C_w$  dapat mempergunakan rumus komposit berikut :

$$C_w = \frac{A_1 \cdot C_1 + A_2 \cdot C_2 + A_n \cdot C_n}{A_1 + A_2 + A_n}$$

dimana :

$C_w$  = Koefisien pengaliran gabungan.

$A_1, A_2, A_n$  = Bagian luasan daerah aliran sebanyak n buah, dengan tata guna lahan yang berbeda.

$C_1, C_2, C_n$  = Koefisien pengaliran daerah aliran sebanyak n buah, dengan tata guna lahan yang berbeda.

Sebagai acuan, koefisien pengaliran dapat diambil dari sumber referensi sebagai berikut :

- BINKOT, Bina Marga : Tabel 7.
- Drainase perkotaan, Ir. S. Hindarko : Tabel 8.
- Hidrologi, Imam Subarkah : Tabel 9.

No.	Kondisi permukaan tanah	Koefisien pengaliran (C)
1.	Jalan beton dan jalan aspal	0,70 – 0,95
2.	Jalan kerikil dan jalan tanah	0,40 – 0,70
3.	Bahu jalan :	
	- Tanah berbutir halus	0,40 – 0,65
	- Tanah berbutir kasar	0,10 – 0,20
	- Batuan masif keras	0,70 – 0,85
	- Batuan masif lunak	0,60 – 0,75
4.	Daerah perkotaan	0,70 – 0,95
5.	Daerah pinggir kota	0,60 – 0,70
6.	Daerah industri	0,60 – 0,90
7.	Permukiman padat	0,60 – 0,80
8.	Permukiman tidak padat	0,40 – 0,60
9.	Taman dan kebun	0,20 – 0,40
10.	Persawahan	0,45 – 0,60
11.	Perbukitan	0,70 – 0,80
12.	Pegunungan	0,75 – 0,90

Sumber : Petunjuk desain drainase permukaan jalan No. 008/T/BNKT/1990, Binkot, Bina Marga, Dep. PU, 1990.





**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Kawasan	Tata guna lahan	C
Perkotaan	Kawasan pemukiman :	
	- Kepadatan rendah	0,25 – 0,40
	- Kepadatan sedang	0,40 – 0,70
	- Kepadatan tinggi	0,70 – 0,80
	- Dengan sumur peresapan	0,20 – 0,30
	Kawasan perdagangan	0,90 – 0,95
	Kawasan industri	0,80 – 0,90
Pedesaan	Taman, jalur hijau, kebun, dll	0,20 – 0,30
	Perbukitan, kemiringan < 20 %	0,40 – 0,60
	Kawasan jurang, kemiringan > 20 %	0,50 – 0,60
	Lahan dengan terasering	0,25 – 0,35
	Persawahan	0,45 – 0,55

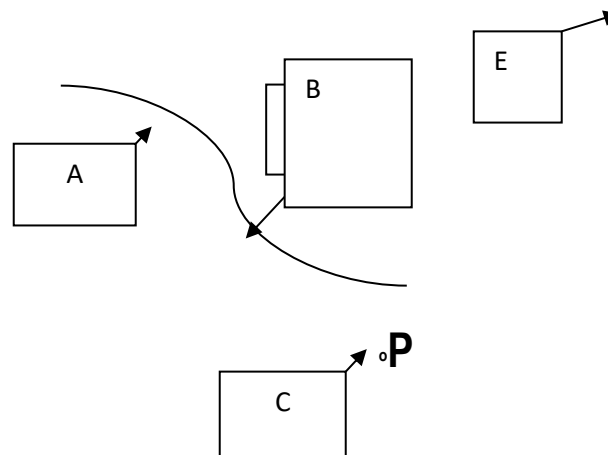
Sumber : Drainase perkotaan, Ir. S. Hindarko.

Type daerah aliran	C	
Perumputan	Tanah pasir, datar, 2 %	0,05 - 0,10
	Tanah pasir, rata-rata 2 - 7 %	0,10 - 0,15
	Tanah pasir, curam, 7 %	0,15 - 0,20
	Tanah gemuk, datar, 2 %	0,13 - 0,17
	Tanah gemuk, rata-rata 2 - 7 %	0,18 - 0,22
	Tanah gemuk, curam, 7 %	0,25 - 0,35
	Business	Daerah kota lama
Daerah pinggiran		0,50 - 0,70
Perumahan	Daerah "single family"	0,30 - 0,50
	"Multi units", terpisah-pisah	0,40 - 0,60
	"Multi units", tertutup	0,60 - 0,75
	"Suburban"	0,25 - 0,40
	Daerah rumah-rumah apartemen	0,50 - 0,70
Petamanan, kuburan	0,10 - 0,25	
Tempat bermain	0,20 - 0,35	
Halaman kereta api	0,20 - 0,40	
Daerah yang tidak dikerjakan	0,10 - 0,30	
Jalan	Beraspal	0,70 - 0,95
	Beton	0,80 - 0,95
	Batu	0,70 - 0,85

Sumber : Hidrologi, Imam Subarkah.

**Tabel III.9 Koefisien Pengaliran (C) dari beberapa sumber**

**CATATAN :**





$C$  gabungan atau  $C_{rata2}$  dihitung terhadap suatu titik yang dilalui aliran.

Contoh  $C_{gab}$  di titik P mencakup lahan A, B, C.

Lahan E di luar system → harga C tidak digabungkan.

## 2. Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi  $t_c$  » waktu yang diperlukan oleh titik air air untuk mengalir dari tempat yang hidrolis terjauh di daerah alirannya ke suatu titik yang ditinjau (inlet), sehingga  $t_d = t_c$ , dengan pengertian pada saat itu seluruh daerah aliran memberikan kontribusi aliran di titik tersebut » pada saat itu debit adalah maksimum. Air hujan akan mengalir menuju saluran yang terdekat, waktu ini disebut  $t_o$  yaitu *waktu limpas permukaan*. Dari sini air mengalir menuju muara DAS, dan waktu yang diperlukan untuk mengalir didalam saluran drainase sampai muara daerah aliran disebut *waktu limpas saluran* atau  $t_d$ . Penjumlahan waktu tersebut merupakan *waktu konsentrasi* atau  $t_c$ .

$$t_c = t_o + t_d$$

$$t_o = \left[ \frac{2}{3} \times 3,28 \times L_o \times \frac{n}{\sqrt{s}} \right]^{0,167}$$
$$t_d = \frac{L_d}{60V}$$

di mana:

$L_o$  = panjang lintasan aliran di atas permukaan lahan (m)

$n$  = angka kekasaran Manning

$s$  = kemiringan medan limpasan

$L_d$  = panjang saluran/sungai (m)

$V$  = kecepatan aliran ideal pada saluran (m/detik)

Kemiringan medan limpasan pada jalan adalah 2% (Desain Drainase Permukaan Jalan PU Bina Marga, 1990). Sedangkan untuk kemiringan medan limpasan, jika tidak ditentukan berdasarkan kontur maka nilainya adalah 0,5%. Untuk jenis penggunaan lahan yang lain, kemiringan lahan disesuaikan dengan topografinya. Rumus lain yang dapat digunakan :

**Rumus Kirpich**

$$T_c = 0.0195 L^{0.775} S^{-0.385}$$

Dimana

$T_c$  = waktu konsentrasi (min)



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

L = panjang aliran maksimum (meter)

S = kemiringan DAS beda elevasi antara hulu dan hilir dibagi panjang

**SCS Lag Formula**

$$T_c = 0.00526 L^{0.8} (1000/CN - 9)^{0.7} S^{-0.5}$$

Dimana

L = panjang DAS (ft),

S = kemiringan DAS (ft/ft),

CN = curve number

Selain rumus diatas terdapat rumus lain yang telah dikembangkan :

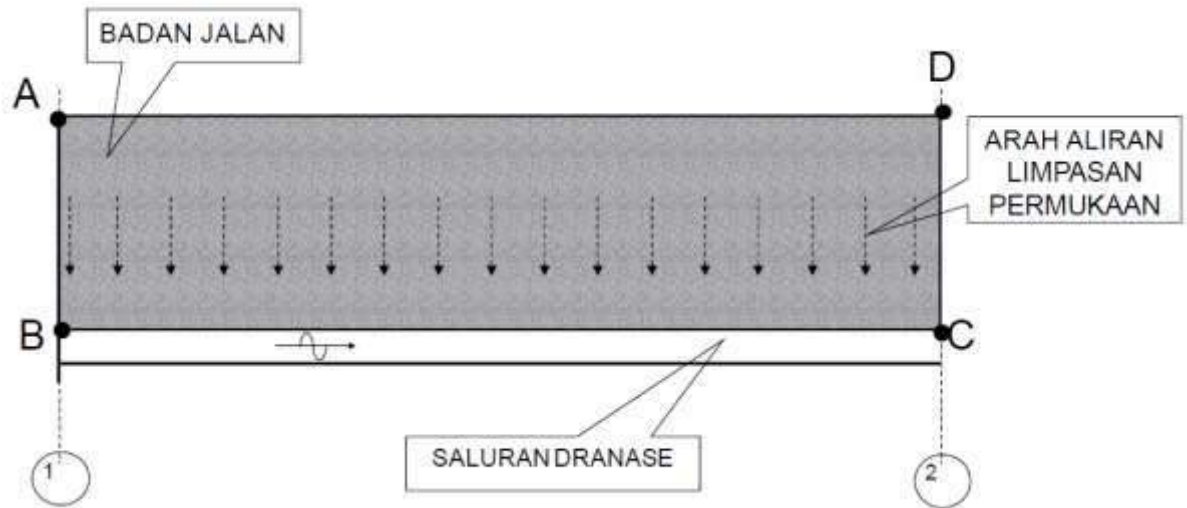
Metode	Persamaan	Keterangan
California (1942)	$t_c = 60 \left( 11.9 \frac{L^2}{H} \right)^{0.385}$ <p>L = saluran air terpanjang, mil H = perbedaan elevasi antara batas DAS dan pengurusan</p>	Secara prinsip sama dengan metode Kirpich, dikembangkan untuk DAS berbukit di California (USBR, 1973)
Federal Aviation Administration (FAA, 1970)	$t_c = \frac{41,025(0,0007i + c)L^{0,33}}{S^{0,33}i^{0,667}}$ <p>i = intensitas hujan, in/jam c = koefisien retardasi L = panjang lintasan aliran, ft S = kemiringan lintasan aliran</p>	Dikembangkan di laboratorium oleh Bureau of Public Roads, USA. Nilai c berkisar antara 0,007 untuk permukaan sangat halus, sampai 0,012 untuk permukaan beton, dan 0,06 untuk turf. Penyelesaian memerlukan iterasi, hasil kali i dan L < 500.
Kinematic wave formulas (1965)	$t_c = \frac{0,94L^{0,6}L^{0,6}}{i^{0,4}S^{0,3}}$ <p>L = panjang lintasan aliran, ft n = koefisien kekasaran Manning i = intensitas hujan, in/jam S = kemiringan lintasan aliran</p>	Persamaan limpasan permukaan dikembangkan dari analisis gelombang kinematik. Metode ini memerlukan iterasi mengingat i dan te belum diketahui. Grafik intensitas-duration-frequency memberikan solusi langsung untuk te.
SCS lag equation (1973)	$t_c = \frac{100L^{0,8} \left[ \left( \frac{100}{CN} \right) - 9 \right]^{0,7}}{1900S^{0,5}}$ <p>L = panjang lintasan terpanjang, ft CN = nomor lengkung SCS S = kemiringan rata-rata, %</p>	Dikembangkan oleh SCS untuk daerah pertanian.
SCD average velocity charts (1975, 1986)	$t_c = \frac{1}{60} \sum \frac{L}{V}$ <p>L = panjang lintasan aliran, ft V = kecepatan rata-rata, ft/dt</p>	Menggunakan grafik limpasan permukaan.

Sumber : Chow, Maidment, dan Mays, 1988.

Pada sketsa berikut ini dijelaskan pengertian waktu konsentrasi pada suatu daerah pengaliran :



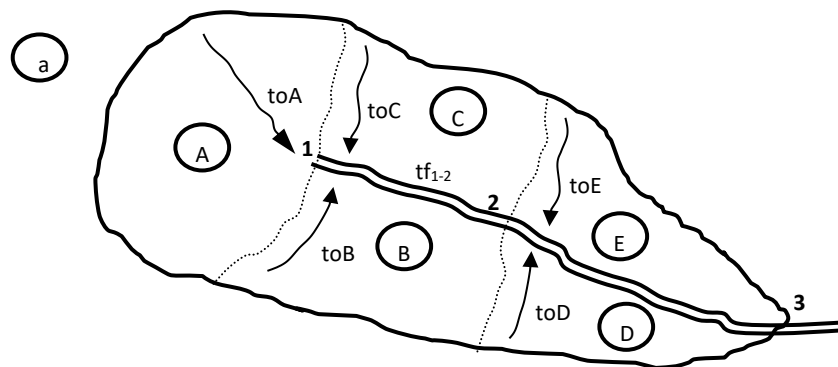
**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**



**Gambar III.5 Waktu Konsentrasi Daerah Pengaliran**

Hujan yang turun di atas badan jalan A-B-C-D akan menjadi limpasan permukaan. Limpasan permukaan yang terjadi akan ditampung oleh saluran 1-2. Badan jalan A-B-C-D disebut daerah pengaliran dari saluran 1-2. Proses limpasan dimulai dari titik A ke Titik B ( $t_0$ ) sampai di Titik C ( $t_d$ ).

Contoh lain menentukan  $t_c$  :



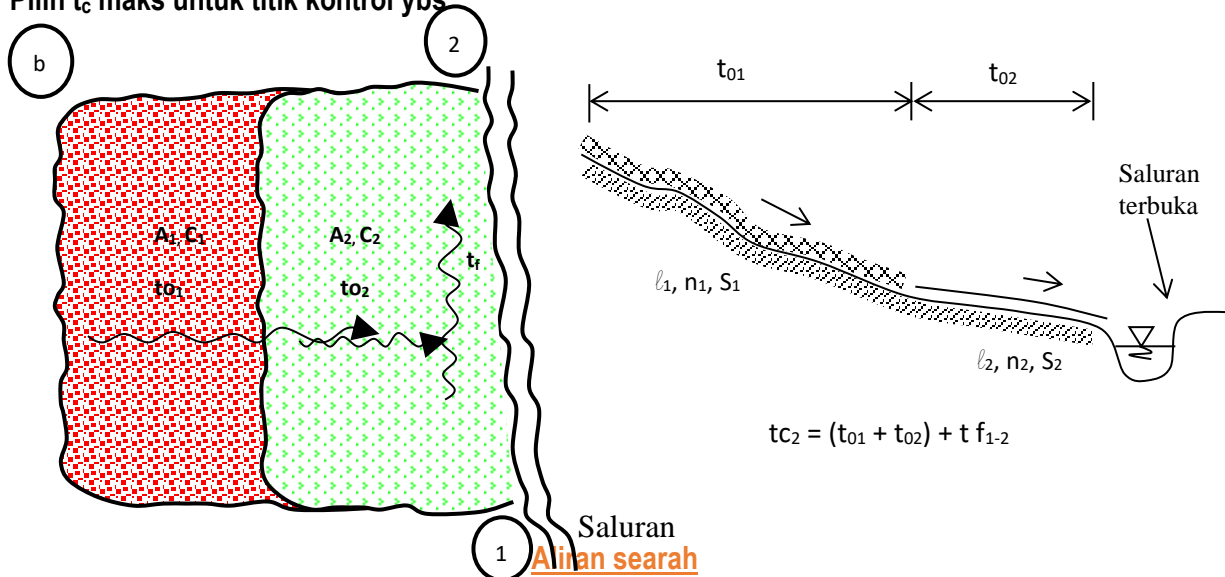
Lahan	Panjang alur (m)	Kemiringan	Koef. Hamb ( $n_d$ )
A	$L_1$	$i_1$	$n_1$
B	$L_2$	$i_2$	$n_2$
C	$L_3$	$i_3$	$n_3$
D	$L_4$	$i_4$	$n_4$
E	$L_5$	$i_5$	$n_5$



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Titik kontrol	Lahan	$t_o$	$t_f$	$t_c$	$t_{c\text{maks}}$
1	A	$t_{oA}$	--		$t_{oA} = t_{c1\text{maks}}$
2	B	$t_{oB}$	$t_{f1-2}$	$t_{o2} + t_{f1-2}$	
	C	$t_{oC}$	$t_{f1-2}$	$t_{o3} + t_{f1-2}$	$t_{c2\text{maks}}^*)$
3	A	$t_{cA\text{maks}}$	$t_{f1-2}$	$t_{c1\text{maks}} + t_{f1-2}$	
	D	$t_{oD}$	$t_{f2-3}$	$t_{o4} + t_{f2-3}$	
	E	$t_{oE}$	$t_{f2-3}$	$t_{o5} + t_{f2-3}$	$t_{c3\text{maks}}^*)$
	A,B,C	$t_{c2\text{maks}}$	$t_{f2-3}$	$t_{c2\text{maks}} + t_{f2-3}$	

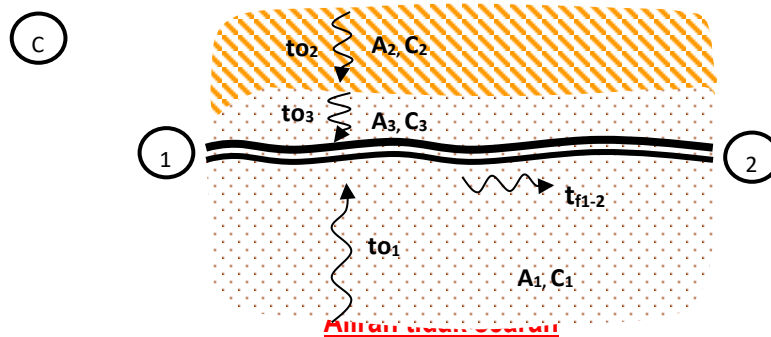
Pilih  $t_c$  maks untuk titik kontrol ybs



Dari lahan  $A_1 \rightarrow t_{o1}$

Dari lahan  $A_2 \rightarrow t_{o2}$

Masuk saluran  $t_o = t_{o1} + t_{o2} \rightarrow t_c = t_o + t_f$



Dari lahan kiri :  $t_{okiri} = t_{o2} + t_{o3}$

$t_c = t_{okiri} + t_{f1-2}$

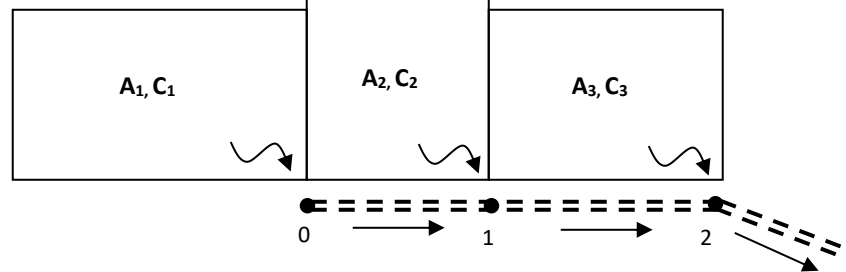
Dari lahan kanan :  $t_{okanan} = t_c = t_{o1}$

Misalnya  $t_{okiri} > t_{okanan}$ , maka  $t_c = t_{okiri} + t_{f1-2} \rightarrow t_c = t_o + t_f$



TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATTINGALOGO

d



**Aliran dalam pipa**

Di titik 0:  $t_{c0} = t_{oA1} = t_{c0max}$

Di titik 1:  $t_{c1} = t_{c0max} + t_{f0-1}$

$t_{c1} = t_{oA2}$

Pilih yang terbesar  $\rightarrow t_{c1max}$

Di titik 2:  $t_{c2} = t_{oA3}$

$t_{c2} = t_{c1max} + t_{f1-2}$

Pilih yang terbesar  $\rightarrow t_{c2max}$

Di titik 3:  $t_{c3} = t_{c2max} + t_{f2-3}$

**CATATAN :**

**Waktu limpas permukaan  $t_o$**

Besarnya tergantung pada beberapa faktor penentu, seperti :

- Jarak aliran sampai saluran terdekat.
- Kemiringan permukaan daerah aliran.
- Koefisien pengaliran daerah aliran.

Beberapa sifat waktu limpas permukaan sebagai berikut :

- Semakin curam daerah aliran semakin kecil  $t_o$ .
- Semakin besar resapan kedalam daerah aliran, atau semakin kecil koefisien pengaliran, maka semakin besar  $t_o$ .
- Semakin jauh jarak limpasan permukaan, maka semakin besar  $t_o$ .

**Waktu limpas saluran  $t_d$**

- Setelah melimpas pada permukaan daerah aliran, maka aliran air masuk kedalam saluran drainase dan mengalir menuju muara daerah aliran. Waktu limpas saluran ini tergantung pada : ukuran, jenis, bentuk, kemiringan dasar dan bahan saluran.
- Sebagai prakiraan sementara dapat dipakai pedoman berikut ini :
  - Kecepatan aliran saluran ber dinding tanah : 0,70 – 1,10 m/det.



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

□ Kecepatan aliran saluran pasangan batu : 1,00 – 1,50 m/det.

Koef Manning

Jenis penutup lahan	Min.	Normal	Maks.
Padang rumput tanpa belukar			
Rumput pendek	0.025	0.030	0.035
Rumput tinggi	0.030	0.035	0.050
Daerah pertanian			
Tanpa tanaman	0.020	0.030	0.040
Tanaman dibariskan	0.025	0.035	0.045
Tanaman tidak dibariskan	0.030	0.040	0.050
Belukar			
Belukar terpencair, banyak tanaman pengganggu	0.035	0.050	0.070
Belukar jarak dan pohon, musim dingin	0.035	0.050	0.060
Belukar jarak dan pohon, musim semi	0.040	0.060	0.080
Belukar sedang sampai rapat, musim dingin	0.045	0.070	0.110
Belukar sedang sampai rapat, musim semi	0.070	0.100	0.160
Pohon-pohon			
Rapat	0.013	0.150	0.200
Telah ditebang, tidak ada akar tersisa	0.030	0.040	0.050
Telah ditebang, akar masih tersisa	0.050	0.060	0.080
Dengan batang kayu yang besar, tinggi banjir rendah	0.080	0.100	0.120
Dengan batang kayu yang besar, tinggi banjir tinggi	0.100	0.120	0.160
Paving stone	0.013	0.015	0.017
Aspal			
Halus	0.013	0.013	
Kasar	0.016	0.016	
Semen	0.011	0.013	0.015
Kerikil	0.023	0.033	0.036

Sumber: Chow, 1985

**Tabel III.10 Rekapitulasi koefisien kekasaran Manning**

Kemiringan dasar saluran (%)	Kecepatan (m/detik)
0-1	0,4
1-2	0,6
2-4	0,9
4-6	1,2
6-10	1,5
10-15	2,4

**Tabel III.11 Rekapitulasi perkiraan kecepatan saluran pada berbagai kemiringan**

### 3.7. Hidrograf Satuan

#### 1. DEFINISI HIDROGRAF UNIT

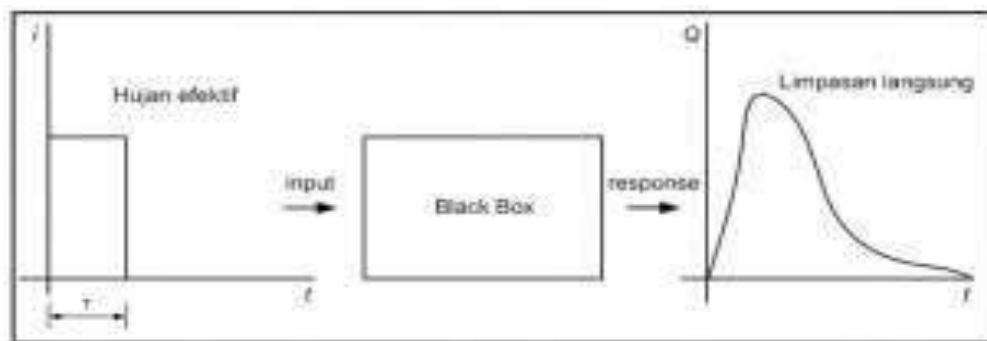
Hidrograf adalah diagram yang menggambarkan variasi debit atau permukaan air menurut waktu. Kurva tersebut memberikan gambaran mengenai berbagai kondisi yang ada di daerah tersebut. Kalau karakteristik daerah aliran itu berubah maka bentuk hidrograf juga akan mengalami perubahan. Kegunaan utama hidrograf satuan adalah untuk menganalisis proyek-



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

proyek pengendalian banjir. Faktor utama untuk menentukan bentuk hidrograf adalah karakteristik DAS dan iklim. Unsur iklim yang perlu diketahui adalah jumlah curah hujan total, intensitas hujan, lama waktu hujan, penyebaran hujan dan suhu.

Hidrograf satuan adalah hidrograf limpasan langsung yang dihasilkan oleh hujan efektif (hujan netto) yang terjadi merata di seluruh DAS dan dengan intensitas tetap selama satu satuan waktu yang ditetapkan, yang disebut hujan satuan. Hujan satuan adalah curah hujan yang lamanya sedemikian rupa sehingga lamanya limpasan permukaan tidak menjadi pendek, meskipun curah hujan itu menjadi pendek. Jadi hujan satuan yang dipilih adalah yang lamanya sama atau lebih pendek dari periode naik hidrograf (waktu dari titik permulaan aliran permukaan sampai puncak, *time to peak*). Periode limpasan dari hujan satuan semuanya adalah kira-kira sama dan tidak ada sangkut pautnya dengan intensitas hujan (Suripin, 2003).



**Gambar III.6 “ hubungan antara hujan efektif dan limpasan langsung“**

Tujuan dari hidrograf satuan adalah untuk memperkirakan hubungan antara hujan efektif dan aliran permukaan. Konsep hidrograf satuan pertama kali dikemukakan oleh Sherman pada tahun 1932. Dia menyatakan bahwa suatu sistem DAS mempunyai sifat khas yang menyatakan respon DAS terhadap suatu masukan tertentu yang berdasarkan pada tiga prinsip:

- Pada hujan efektif berintensitas seragam pada suatu daerah aliran tertentu, intensitas hujan yang berbeda tetapi memiliki durasi sama, akan menghasilkan limpasan dengan durasi sama, meskipun jumlahnya berbeda. Ini merupakan aturan empiris yang mendekati kebenaran.
- Pada hujan efektif berintensitas seragam pada suatu daerah aliran tertentu, intensitas hujan yang berbeda tetapi memiliki durasi sama, akan menghasilkan hidrograf limpasan, di mana ordinatnya pada sembarang waktu memiliki proporsi yang sama dengan proporsi intensitas



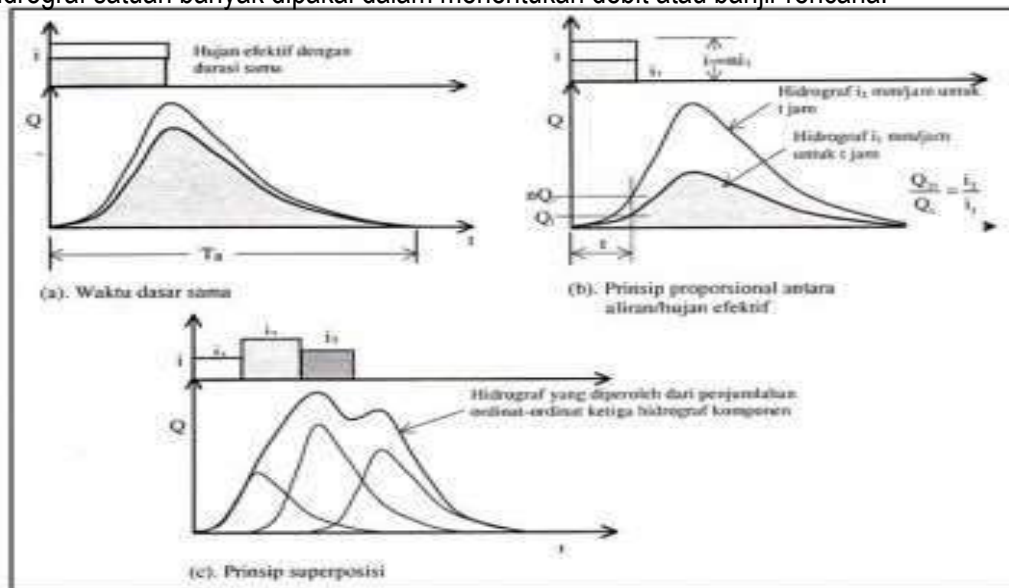


**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

hujan efektifnya. Dengan kata lain, ordinat hidrograf satuan sebanding dengan volume hujan efektif yang menimbulkannya. Hal ini berarti bahwa hujan sebanyak  $n$  kali lipat dalam suatu waktu tertentu akan menghasilkan suatu hidrograf dengan ordinat sebesar  $n$  kali lipat.

- Prinsip superposisi dipakai pada hidrograf yang dihasilkan oleh hujan efektif berintensitas seragam yang memiliki periode-periode yang berdekatan atau tersendiri. Jadi, hidrograf yang merepresentasikan kombinasi beberapa kejadian aliran permukaan adalah jumlah dari ordinat hidrograf tunggal yang memberi kontribusi

Ketiga asumsi ini secara tidak langsung menyatakan bahwa tanggapan DAS terhadap hujan adalah linier, walaupun sebenarnya kurang tepat. Namun demikian, penggunaan hidrograf satuan telah banyak memberikan hasil yang memuaskan untuk berbagai kondisi. Sehingga, teori hidrograf satuan banyak dipakai dalam menentukan debit atau banjir rencana.



**Gambar III.7 Hidrograf Satuan**

Dalam bentuk definisi yang lebih sederhana hidrograf satuan suatu DAS adalah suatu limpasan langsung yang diakibatkan oleh satu satuan hujan efektif, yang terbagi rata dalam waktu dan ruang (Soemarto, 1999).

Prinsip penting penggunaann hidrograf unit yakni ;

- Lumped response: Hidrograf menggambarkan semua kombinasi dari karakteristik fisik DAS yang meliputi (bentuk, ukuran, kemiringan, sifat tanah) dan karakteristik hujan.



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

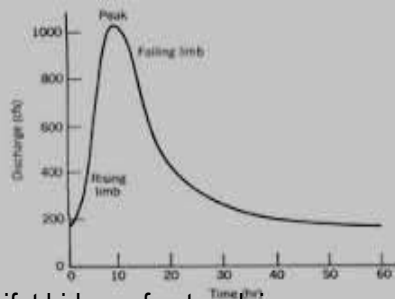
- Time Invariant: Hidrograf yang dihasilkan oleh hujan dengan durasi dan pola yang serupa memberikan bentuk dan waktu dasar yang serupa pula.
- Linear Response: Repons limpasan langsung dipermukaan (*direct runoff*) terhadap hujan efektif bersifat linear, sehingga dapat dilakukan superposisi hidrograf.

Ciri – ciri hidrograf satuan antara lain :

- Lama satuan hujan
- Puncak hidrograf satuan  $Q_p$  dalam  $m^3/det$  dan  $q_p$  dalam  $m^3/det/km^2$
- Lama waktu  $t_p$  dari pusat hujan sampai puncak
- Lama waktu  $t_v$  dari pusat hujan sampai 50% dari volume aliran.

Hidrograf terdiri dari 3 bagian:

- a. Sisi naik (rising limb or concentration curve)
- b. Puncak (crest or peak discharge)
- c. Sisi turun (falling limb or recession curve)



Sifat-sifat hidrograf antara lain :

- Time Lag (L): waktu dari titik berat hujan sampai puncak hidrograf.
- Waktu naik (rising time)  $t_p$  : waktu mulai hujan sampai puncak.
- Waktu konsentrasi  $t_c$ : waktu dari akhir hujan sampai titik belok pada sisi turun.
- Waktu turun (recession time)  $t_r$  : waktu dari puncak sampai akhir limpasan permukaan.
- Waktu dasar (base time)  $t_b$ : waktu dari awal sampai akhir limpasan permukaan.

Biasanya air itu dapat mencapai sungai melalui tiga jalan, yaitu :

- i. Curah hujan disaliran

Adalah curah hujan yang jatuh langsung pada sungai utama dan anak sungai yang umumnya termasuk dalam limpasan permukaan dan tidak dipisahkan sebagai komponen hidrograf

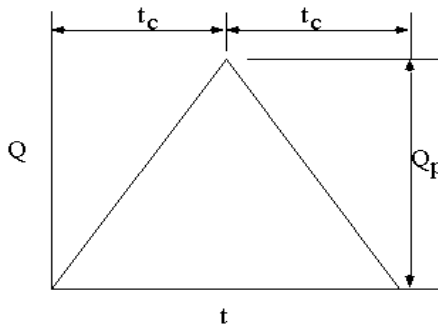


**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

- ii. Limpasan permukaan  
Yaitu aliran air yang mencapai sungai dengan tanpa melalui permukaan air tanah.  
Disini curah hujan berkurang oleh sebagian dari besarnya infiltrasi, serta besarnya air yang tertahan dan juga dalam genangan.
- iii. Aliran air tanah  
Adalah air yang menginfiltrasi kedalam tanah, mencapai permukaan tanah dan menuju sungai dalam beberapa hari atau lebih.

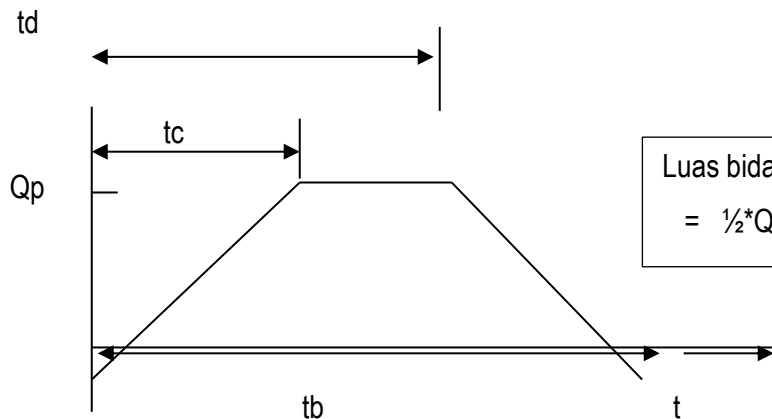
Studi Kasus :

Untuk  $t_c = t_d$



$$\text{Luas bidang segitiga} = \text{volume aliran} = t_c * Q_p$$

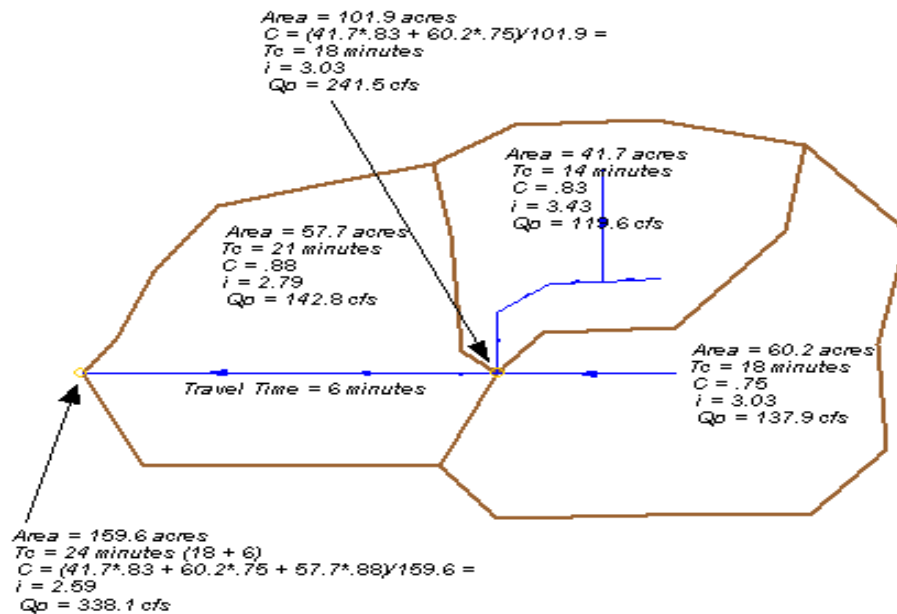
Untuk  $t_c < t_d$



$$\begin{aligned} \text{Luas bidang trapesium} &= \text{volume aliran} \\ &= \frac{1}{2} * Q_p * (t_d - t_c + t_b) = \frac{1}{2} * Q_p * (t_d - t_c + t_d + t_c) = t_d * Q_p \end{aligned}$$



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**



**Catatan : debit di titik outlet dihitung berdasar  $t_c$  terpanjang !!!**

2. Hidrograf Satuan Sintetis (HSS)

Di daerah di mana data hidrologi tidak tersedia untuk menurunkan hidrograf satuan, maka dibuat hidrograf satuan sintetis yang didasarkan pada karakteristik fisik dari DAS. Berikut ini diberikan beberapa metode yang biasa digunakan.

a. Metode Snyder

Gupta pada tahun 1989 (dalam Triatmodjo 2006) empat parameter yaitu waktu kelambatan, aliran puncak, waktu dasar, dan durasi standar dari hujan efektif untuk hidrograf satuan dikaitkan dengan geometri fisik dari DAS dengan hubungan berikut.

$$T_p = C_t (L L_c)^{0,3}$$

$$Q_p = C_p A / t_p$$

$$T = 3 + (t_p / 8)$$

$$T_D = t_p / 5,5$$

Apabila durasi hujan efektif  $t_r$  tidak sama dengan durasi standar  $t_D$ , maka:

$$T_{pR} = t_p + 0,25 (t_r - t_D)$$

$$Q_{pR} = Q_p t_p / t_{pR}$$



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

dengan:

$t_D$ : durasi standar dari hujan efektif (jam)

$t_r$ : durasi hujan efektif (jam)

$t_p$ : waktu dari titik berat durasi hujan efektif  $t_D$  ke puncak hidrograf satuan (jam)

$t_{pR}$ : waktu dari titik berat durasi hujan  $t_r$  ke puncak hidrograf satuan (jam)

$T$ : waktu dasar hidrograf satuan (hari)

$Q_p$ : debit puncak untuk durasi  $t_D$

$Q_{pR}$ : debit puncak untuk durasi  $t_r$

$L$ : panjang sungai utama terhadap titik kontrol yang ditinjau (km)

$L_c$ : jarak antara titik kontrol ke titik yang terdekat dengan titik berat DAS (km)

$A$ : luas DAS (km<sup>2</sup>)

$C_i$ : koefisien yang tergantung kemiringan DAS, yang bervariasi dari 1,4 sampai 1,7

$C_p$ : koefisien yang tergantung pada karakteristik DAS, bervariasi antara 0,15 - 0,19

Untuk memudahkan penggambaran, berikut ini diberikan beberapa rumus:

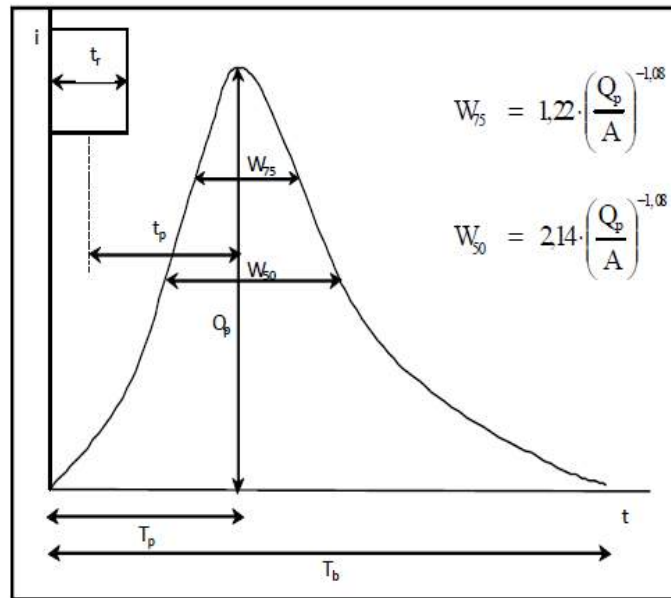
$$W_{50} = \frac{0,23 A^{1,08}}{Q_{pR}^{1,08}}$$

$$W_{75} = \frac{0,13 A^{1,08}}{Q_{pR}^{1,08}}$$

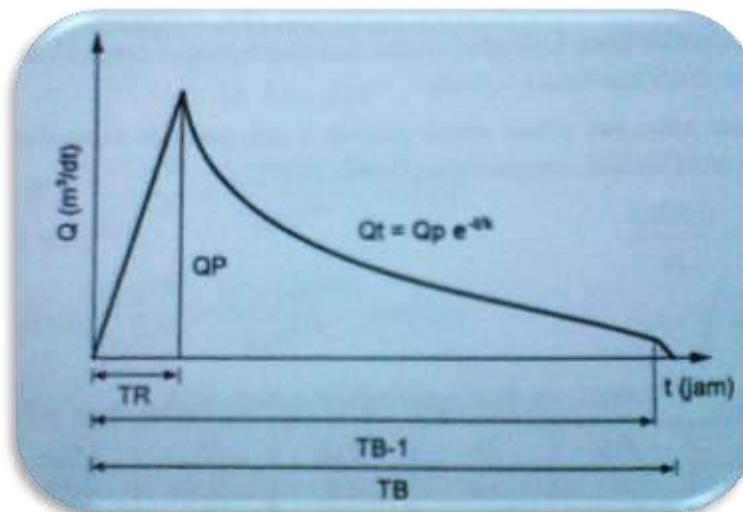
Dengan  $W_{50}$  dan  $W_{75}$  adalah lebar unit hidrograf pada debit 50% dan 75% dari debit puncak, yang dinyatakan dalam jam. Sebagai acuan, lebar  $W_{50}$  dan  $W_{75}$  dibuat dengan perbandingan 1:2; dengan sisi pendek di sebelah kiri dari hidrograf satuan (Trianmodjo, 2006)



Gambar III.8 Grafik Bentuk Umum HSS Snyder (sumber: Chow, et al, 1988), (Bedient-Huber, 1992)



b. Metode GAMA I



Gambar III.9 Hidrograf satuan sintetik GAMA I

(sumber: Triatmodjo 2006)

Hidrograf satuan sintesis Gama I dikembangkan oleh Sri Harto (1993) berdasar perilaku hidrologis 30 DAS di Pulau Jawa. Meskipun diturunkan dari data DAS di Pulau Jawa, ternyata hidrograf satuan sintesis Gama I berfungsi baik untuk berbagai daerah lain di Indonesia. HSS Gama I terdiri dari tiga bagian pokok yaitu sisi naik (*rising limb*), puncak (*crest*) dan sisi turun/resesi (*recession limb*). Gambar 3.4 menunjukkan HSS Gama I. Dalam gambar tersebut



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

tampak ada patahan dalam sisi resesi. Hal ini disebabkan sisi resesi mengikuti persamaan eksponensial yang tidak memungkinkan debit sama dengan nol. Meskipun pengaruhnya sangat kecil namun harus diperhitungkan mengingat bahwa volume hidrograf satuan harus tetap satu.

HSS Gama I terdiri dari empat variabel pokok, yaitu naik (*time of rise - TR*), debit puncak ( $Q_p$ ), waktu dasar ( $TB$ ), dan sisi resesi yang ditentukan oleh nilai koefisien tumpungan ( $K$ ) yang mengikuti persamaan berikut:

$$Q_t = Q_p e^{-(t-tp)/K}$$

dengan:

$Q_t$ : debit pada jam ke  $t$  ( $m^3/d$ )

$Q_p$ : debit puncak ( $m^3/d$ )

$t$ : waktu dari saat terjadinya debit puncak (jam)

$K$ : koefisien tumpungan

Selanjutnya hidrograf satuan dijabarkan dengan empat variabel pokok, yaitu waktu naik ( $Tr$ ), debit puncak ( $Qp$ ), waktu dasar ( $Tb$ ) dan koefisien tumpungan ( $k$ ) persamaan tersebut:

✚ Waktu puncak HSS Gama I ( $TR$ )

$$TR = 0.43 \left( \frac{L}{100.SF} \right)^3 + 1.0665 SIM + 1.2775$$

✚ Waktu dasar ( $TB$ )

$$TB = 27.4132 Tr^{0.1457} S^{-0.0986} SN^{0.7344} RUA^{0.2574}$$

✚ Debit puncak banjir ( $QP$ )

$$QP = 0.1836 A^{0.5886} Tr^{0.4008} JN^{0.2381}$$

✚ Koefisien resesi

$$K/C = 0.5617 A^{0.1798} S^{-0.1446} SF^{-1.0897} D^{0.0452}$$

✚ Aliran dasar

$$QB = 0,4715 A^{0,6444} D^{0,943}$$

Dengan :

A: luas DAS ( $km^2$ )

L: panjang sungai utama (km)

S: kemiringan dasar sungai



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

*SF*: faktor sumber, perbandingan antara jumlah panjang sungai tingkat satu dengan jumlah panjang sungai semua tingkat

*SN*: frekuensi sumber, perbandingan antara jumlah pangsa sungai tingkat satu dengan jumlah pangsa sungai semua tingkat

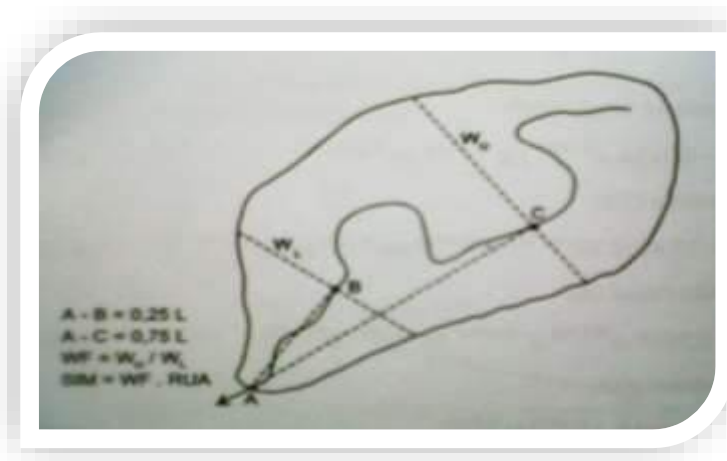
*WF*: faktor lebar, perbandingan antara lebar DAS yang diukur di titik sungai yang berjarak 0,75 *L* dengan lebar DAS yang diukur di sungai yang berjarak 0,25 *L* dari stasiun hidrometri

*JN*: jumlah pertemuan sungai

*SIM*: faktor simetri, hasil kali antara faktor lebar (*WF*) dengan luas DAS sebelah hulu (*RUA*)

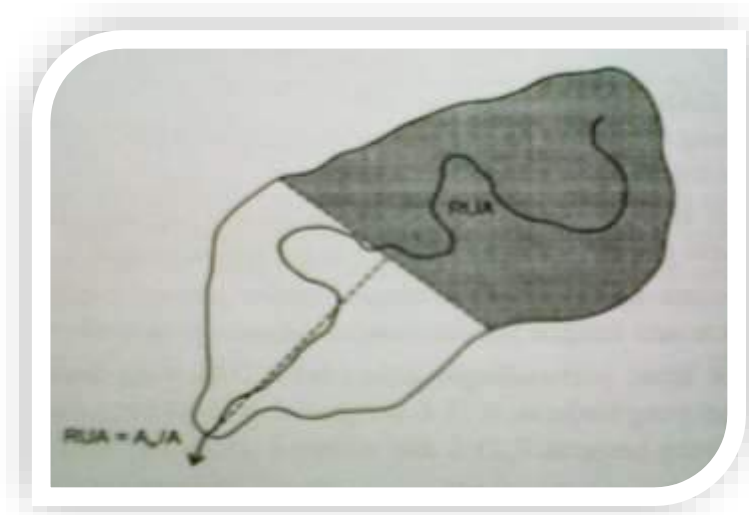
*RUA*: luas DAS sebelah hulu, perbandingan antara luas DAS yang diukur di hulu garis yang ditarik tegak lurus garis hubung antara stasiun hidrometri dengan titik yang paling dekat dengan titik berat DAS, melalui titik tersebut

*D*: kerapatan jaringan kurus, jumlah panjang sungai semua tingkat tiap satuan luas DAS



Gambar III.10 Sketsa Penetapan WF (sumber: Triatmodjo 2006)





Gambar III.11 Sketsa Penetapan RUA (sumber: Triatmodjo 2006)

Persamaan tambahan yang terkait dengan HSS Gama I adalah indeks infiltrasi atau  $\Phi$  indeks. Besarnya  $\Phi$  indeks dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\Phi = 10,4903 - 3,859 \cdot 10^{-6} A^2 + 1,6985 \cdot 10^{-13} \left(\frac{A}{SN}\right)^4$$

dengan:

$\Phi$  indeks: indeks infiltrasi (mm/jam)

A: luas DAS (km<sup>2</sup>)

SN: frekuensi sumber

c. **Metode ITB 1 dan ITB 2**

**HSS ITB-1** yang tak berdimensi memiliki persamaan lengkung naik dan lengkung turun seluruhnya yang dinyatakan dengan satu persamaan yang sama yaitu

$$q(t) = 2 \left[ \frac{(1-t)^2}{t} \right]$$

**HSS ITB-2** yang tak berdimensi memiliki persamaan lengkung naik dan lengkung turun yang dinyatakan dengan dua persamaan yang berbeda yaitu

Lengkung Naik :  $q(t) = t^{1,2}$

Lengkung Turun :  $q(t) = e^{(1-t)}$



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Pada persamaan bentuk drograph diatas variable  $t=(T/Tp)$  dan  $q=(Q/Qp)$ , sehingga debit puncak berharga 1. Jika digambarkan bentuk hydrograph satuan **HSS ITB-1** dan **HSS ITB-2** ditunjukkan pada **Gambar 3.8** Pada **Gambar 3.8** sumbu horizontal (sumbu-x) yang menunjukkan satuan waktu (jam) yang telah dinormalkan  $t=(T/Tp)$  sedang sumbu vertical (sumbu-y) menunjukkan debit yang telah dinormalkan  $q=(Q/Qp)$ . Jika  $h$  adalah tinggi hujan efektif satu satuan ( $h = 1 \text{ mm}$ ) dan  $A$  adalah luas DAS ( $\text{km}^2$ ), maka volume hujan efektif satu satuan yang jatuh merata diseluruh DAS dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$VDAS = 1000 h A \text{ (m}^3\text{)}$$

Bentuk Dasar Hidrograph Satuan diketahui, dan harga waktu puncak dan waktu dasar diketahui, maka debit puncak pada hidrograph satuan sintesis akibat tinggi hujan satu satuan  $h=1 \text{ mm}$  yang jatuh selama durasi hujan satu satuan  $Tr=1 \text{ jam}$ , dapat dihitung sbb :

$$Qp = \frac{R}{3.6 Tp} \frac{ADAS}{AHSS}$$

Dimana :

$Qp$  = Debit puncak hidrograph satuan ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$R$  = Curah Hujan satuan ( $\text{mm}$ )

$Tp$  = waktu mencapai puncak (jam)

$ADAS$  = Luas DAS ( $\text{km}^2$ )

$AHSS$  = Luas kurva hidrograph satuan tak berdimensi (dimensionless unit hydrograph)

Catatan :

✚ Harga analitik luas hidrograph HSS ITB-1 dan HSS ITB-2 mulai dari  $t=0$  s/d  $t=10$  adalah sbb

□ HSS ITB-1 :  $VHSS = 16/11 = 1.45454545454545$

□ HSS ITB-2 :  $VHSS = 1.691017317056$

✚ Untuk menghindarkan koreksi volume atau tinggi limpasan, sebaiknya luas hidrograph dihitung secara numerik dengan cara trapezium sedang harga luas analitik digunakan untuk menilai hasil numerik.

Perhitungan dilakukan dengan **tabel perhitungan hidrograph satuan** berikut terdiri dari enam kolom sbb ::



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

- ✚ **Kolom pertama** menunjukkan absis kurva hidrograph satuan untuk setiap satu satuan waktu (jam) yang sebenarnya dimana didalamnya termasuk termasuk waktu puncak.
- ✚ **Kolom kedua** menunjukkan absis kurva hidrograph satuan tak berdimensi yaitu ( $t=T/T_p$ ) yang didalamnya termasuk waktu puncak  $t=1$ .
- ✚ **Kolom ketiga** merupakan ordinat hidrograph satuan tak berdimensi yang ditentukan dengan menggunakan persamaan bentuk **HSS ITB-1** dan **HSS ITB-2**. Kolom ini diperlukan untuk menghitung ordinat hidrograph satuan berdimensi.
- ✚ **Kolom keempat** merupakan luas areal dibawah kurva hidrograph satuan tak berdimensi pada **Gambar 3.8** yang dihitung dengan rumus trapezium. Perlu dicatat bahwa volume yang dihitung harus mencakup volum pada interval sebelum dan sesudah debit puncak  $Q_p$

$$A_i = \frac{3600}{2} (q_{i+1} + q_i) (t_{i+1} - t_i) \quad \text{(TANPA SATUAN)}$$

- ✚ Jumlah seluruh **kolom keempat** merupakan luas keseluruhan areal dibawah kurva hidrograph satuan tak berdimensi. Sebagai pembanding digunakan harga analitik luas HSS ITB-1 : AHSS = 1.691017317056 dan HSS ITB-2 : AHSS = 1.45454545454545

$$A_{HSS} = \sum_{i=1}^N A_i \quad \text{(TANPA SATUAN)}$$

- ✚ Setelah Luas hydrograph satuan tak berdimensi AHSS diketahui, berdasarkan prinsip konservasi massa, maka debit puncak hidrograph satuan sebelum normalisasi dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$Q_p = \frac{R \cdot A_{DAS}}{3.6 T_p \cdot A_{HSS}} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

- ✚ **Kolom kelima** merupakan Ordinat hidrograph satuan yang sebenarnya ditentukan dengan mengalikan ordinat kurva hidrograph satuan yang telah dinormalisasi dengan factor pengali debit puncak, yaitu

$$Q_i = Q_p q_i \quad (\text{m}^3/\text{sec})$$



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

- ✚ Jika Kolom pertama digunakan sebagai absis dan kolom kelima sebagai ordinat maka jika digambarkan akan didapat bentuk hidrograph satuan yang sebenarnya, 9) Kolom
- ✚ Keenam merupakan luas areal dibawah kurva hidrograph satuan pada **Gambar 4** terhadap waktu yang sebenarnya ( $T$ ) yang dihitung dengan rumus trapezium. Perlu dicatat bahwa volume yang dihitung harus mencakup vulum pada interval sebelum dan sesudah debit puncak  $T_p$

$$V_i = \frac{3600}{2} (Q_i + Q_{i+1})(T_{i+1} - T_i) \quad (m3)$$

- ✚ Jumlah seluruh **kolom keenam** merupakan luas keseluruhan areal dibawah kurva ini yang merupakan volume aliran permukaan akibat hujan efektif satu satuan yang jatuh di DAS setelah dikoreksi.

$$V_{HSS} = \sum_{i=1}^N V_i \quad (m3)$$

- ✚ Berdasarkan prinsip konservasi massa, maka volume dibawah kurva hidrograph satuan setelah dikoreksi harus sama dengan volume hujan efektif satu satuan yang jatuh merata diseluruh DAS

d. **Metode Nakayasu**

Hidrograf satuan sintetis Nakayasu dikembangkan berdasarkan beberapa sungai di Jepang (Soemarto, 1987). Penggunaan metode ini memerlukan beberapa karakteristik parameter daerah alirannya, seperti :

- ✚ Tenggang waktu dari permukaan hujan sampai puncak hidrograf (*time of peak*)
- ✚ Tenggang waktu dari titik berat hujan sampai titik berat hidrograf (*time lag*)
- ✚ Tenggang waktu hidrograf (*time base of hydrograph*)
- ✚ Luas daerah aliran sungai
- ✚ Panjang alur sungai utama terpanjang (*length of the longest channel*)

Bentuk persamaan HSS Nakayasu adalah

$$Q_p = \frac{CA \cdot R_o}{3,6(0,3T_p + T_{0,3})}$$



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

dengan :

$Q_p$  = debit puncak banjir ( $m^3/dt$ )

$R_o$  = hujan satuan (mm)

$T_p$  = tenggang waktu dari permulaan hujan sampai puncak banjir (jam)

$T_{0,3}$  = waktu yang diperlukan oleh penurunan debit, dari puncak sampai 30% dari debit puncak (jam)

$CA$  = luas daerah pengaliran sampai outlet ( $km^2$ )

Untuk menentukan  $T_p$  dan  $T_{0,3}$  digunakan pendekatan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} T_p &= t_g + 0,8 t_r \\ T_{0,3} &= \alpha t_g \\ T_r &= 0,5 t_g \text{ sampai } t_g \end{aligned}$$

$t_g$  adalah time lag yaitu waktu antara hujan sampai debit puncak banjir (jam).  $t_g$  dihitung dengan ketentuan sebagai berikut :

✓ sungai dengan panjang alur  $L > 15$  km :  $t_g = 0,4 + 0,058 L$

✓ sungai dengan panjang alur  $L < 15$  km :  $t_g = 0,21 L^{0,7}$

Perhitungan  $T_{0,3}$  menggunakan ketentuan:

$\alpha = 2$  pada daerah pengaliran biasa

$\alpha = 1,5$  pada bagian naik hidrograf lambat, dan turun cepat

$\alpha = 3$  pada bagian naik hidrograf cepat, dan turun lambat

✓ Pada waktu naik :  $0 < t < T_p$

$$Q_a = (t/T_p)^{2,4}$$

dimana  $Q_a$  adalah limpasan sebelum mencapai debit puncak ( $m^3/dt$ )

✓ Pada kurva turun (*decreasing limb*)

a. selang nilai :  $0 \leq t \leq (T_p + T_{0,3})$

$$Q_{d1} = Q_p \cdot 0,3^{\frac{(t-T_p)}{T_{0,3}}}$$

b. selang nilai :  $(T_p + T_{0,3}) \leq t \leq (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$

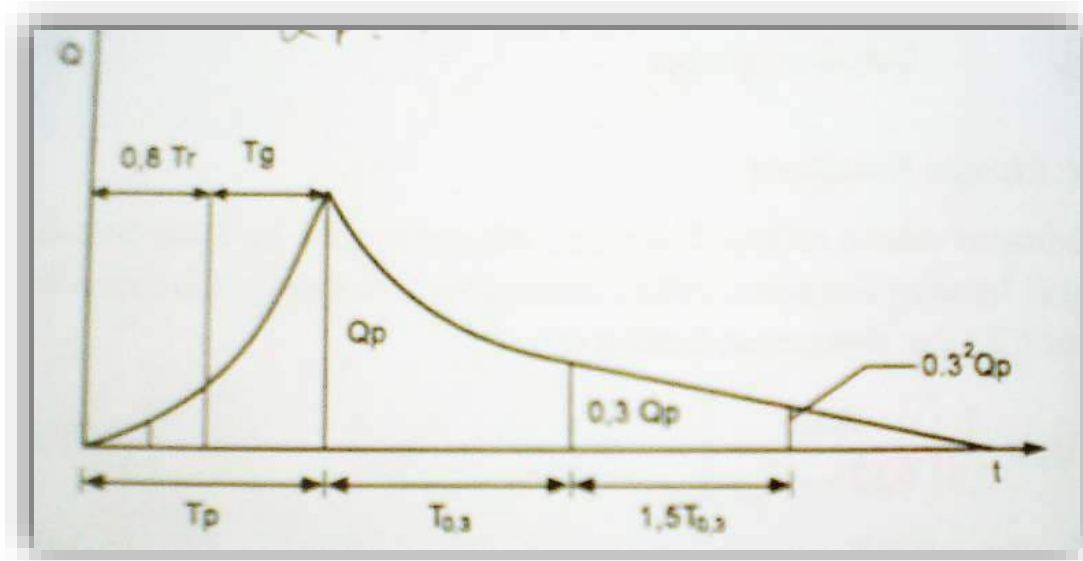
$$Q_{d2} = Q_p \cdot 0,3^{\frac{(t-T_p+0,5T_{0,3})}{1,5T_{0,3}}}$$



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

c. selang nilai :  $t > (T_p + T_{0,3} + 1,5 T_{0,3})$

$$Q_{d3} = Q_p \cdot 0,3^{\frac{(t - T_p + 1,5 T_{0,3})}{2 T_{0,3}}}$$



Gambar III.12 Hidrograf satuan sintetik Nakayasu (sumber: Triatmodjo 2006)

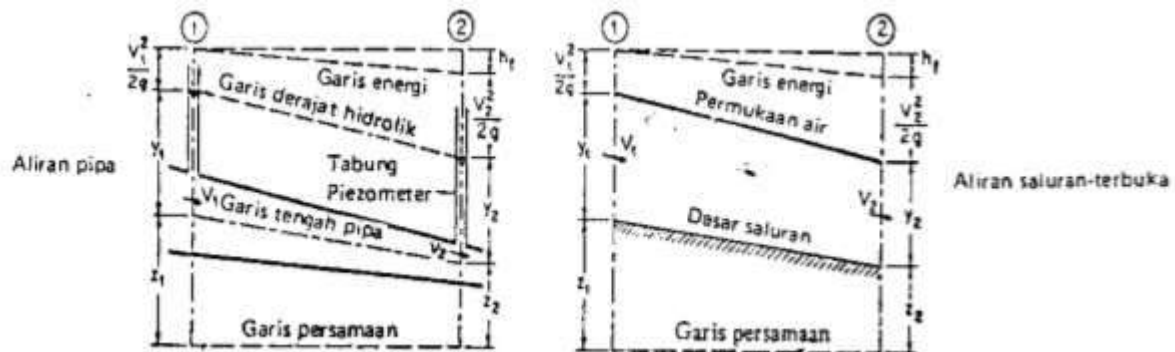


## BAB IV ANALISA HIDROLIKA

### 4.1. Umum

Aliran air dalam suatu saluran dapat berupa aliran saluran terbuka (*open channel flow*) maupun aliran saluran tertutup (*pipe flow*).

Pada aliran saluran terbuka terdapat permukaan air yang bebas (*free surface*), permukaan bebas ini dapat dipengaruhi oleh tekanan udara luar secara langsung. Sedangkan pada aliran saluran tertutup tidak terdapat permukaan air yang bebas, karena seluruh saluran terisi oleh air. Pada aliran saluran tertutup permukaan air secara langsung tidak dipengaruhi oleh tekanan udara luar, tetapi hanya dipengaruhi oleh tekanan hidrolis yang ada dalam aliran saja.



Gambar IV.1 Perbandingan Aliran Pipa Dengan Aliran Saluran Terbuka

Pada aliran pipa dua tabung piezometer dipasang pada penampang 1 dan 2. Permukaan air dalam tabung diatur dengan tekanan dalam pipa pada ketinggian yang disebut garis derajat hidrolis (*Hydraulic Grade Line*). Tekanan yang ditimbulkan oleh air pada setiap penampang ditunjukkan dalam tabung yang bersesuaian dengan kolom air setinggi  $y$  di atas garis tengah pipa. Jumlah energi dalam aliran di penampang berdasarkan suatu garis persamaan yang disebut Garis Derajat Energi (*Energy Line*), yaitu jumlah dari tinggi tempat  $z$  diukur dari garis tengah pipa, tinggi tekanan  $y$  dan tinggi



kecepatan  $V^2/2g$ , dimana  $V$  adalah kecepatan rata-rata aliran dalam pipa. Energi yang hilang ketika air mengalir dari penampang 1 ke penampang 2 dinyatakan dengan  $h_f$ .

Pada aliran saluran terbuka untuk penyederhanaan dianggap bahwa aliran sejajar, kecepatannya beragam dan kemiringan kecil. Dalam hal ini permukaan air merupakan merupakan garis derajat hidrolis dan dalamnya air sama dengan tinggi tekanan. Meskipun kedua jenis aliran hampir sama, penyelesaian masalah aliran dalam saluran terbuka jauh lebih sulit dibandingkan dengan aliran dalam saluran tertutup, oleh karena kedudukan permukaan air bebas cenderung berubah sesuai dengan waktu dan ruang, dan juga bahwa kedalaman air, debit, kemiringan dasar saluran dan kedudukan permukaan bebas saling bergantung satu sama lain.

Aliran dalam suatu saluran tertutup tidak selalu bersifat aliran pipa. Apabila terdapat permukaan bebas, harus digolongkan sebagai aliran saluran terbuka, sebagai contoh, saluran drainase air hujan yang merupakan saluran tertutup, biasanya dirancang untuk aliran saluran terbuka sebab aliran saluran drainase diperkirakan hampir setiap saat memiliki permukaan bebas.

## **4.2. Aliran Pada Saluran Terbuka**

### **4.2.1 Jenis Aliran**

Penggolongan jenis aliran berdasarkan perubahan kedalaman aliran sesuai dengan perubahan ruang dan waktu.

#### **A. Aliran Tunak (Steady Flow)**

Aliran tunak adalah aliran yang mempunyai kedalaman tetap untuk selang waktu tertentu. Aliran tunak diklasifikasikan menjadi :

##### **1. Aliran Seragam (Uniform Flow)**

Aliran saluran terbuka dikatakan seragam apabila kedalaman air sama pada setiap penampang saluran.





## **2. Aliran Berubah (Varied Flow)**

Aliran saluran terbuka dikatakan berubah apabila kedalaman air berubah di sepanjang saluran.

### **a.) Aliran berubah lambat laun**

Aliran saluran terbuka dikatakan berubah lambat laun apabila kedalaman aliran berubah secara lambat laun.

### **b.) Aliran berubah tiba-tiba**

Aliran saluran terbuka dikatakan berubah tiba-tiba apabila kedalaman aliran berubah secara tiba-tiba.

## **B. Aliran Tidak Tunak (Unsteady Flow)**

Aliran tidak tunak adalah aliran yang mempunyai kedalaman aliran yang berubah tidak sesuai dengan waktu. Banjir merupakan salah satu contoh aliran tidak tunak. Aliran tidak tunak diklasifikasikan sebagai berikut :

### **1. Aliran Seragam Tidak Tunak (Unsteady Uniform Flow)**

Aliran saluran terbuka dimana alirannya mempunyai permukaan yang berfluktuasi sepanjang waktu dan tetap sejajar dengan dasar saluran. Aliran ini jarang dijumpai dalam kenyataannya.

### **2. Aliran Berubah Tidak Tunak (Unsteady Varied Flow)**

Aliran saluran terbuka dimana kedalaman aliran berubah sepanjang waktu dan ruang.

#### **a.) Aliran tidak tunak berubah lambat laun**

Aliran saluran terbuka dimana kedalaman aliran berubah sepanjang waktu dan ruang dengan perubahan kedalaman secara lambat laun.

#### **b.) Aliran tidak tunak berubah tiba-tiba**

Aliran saluran terbuka dimana kedalaman aliran berubah sepanjang waktu dan ruang dengan perubahan kedalaman secara tiba-tiba.



#### **4.2.2 SIFAT-SIFAT ALIRAN**

Kekentalan dan gravitasi mempengaruhi sifat atau perilaku aliran pada saluran terbuka. Tegangan permukaan air dalam keadaan tertentu dapat pula mempengaruhi perilaku aliran, tetapi pengaruh ini tidak terlalu besar dalam masalah saluran terbuka pada umumnya yang ditemui di lapangan.

##### **a. Aliran Laminer**

Aliran saluran terbuka dikatakan laminer apabila gaya kekentalan (*Viscosity*) relatif sangat besar dibandingkan dengan gaya inersia sehingga kekentalan berpengaruh besar terhadap perilaku aliran. Butir-butir air bergerak menurut lintasan tertentu yang teratur atau lurus, dan selapis cairan tipis seolah-olah menggelincir diatas lapisan lain.

##### **b. Aliran Turbulen**

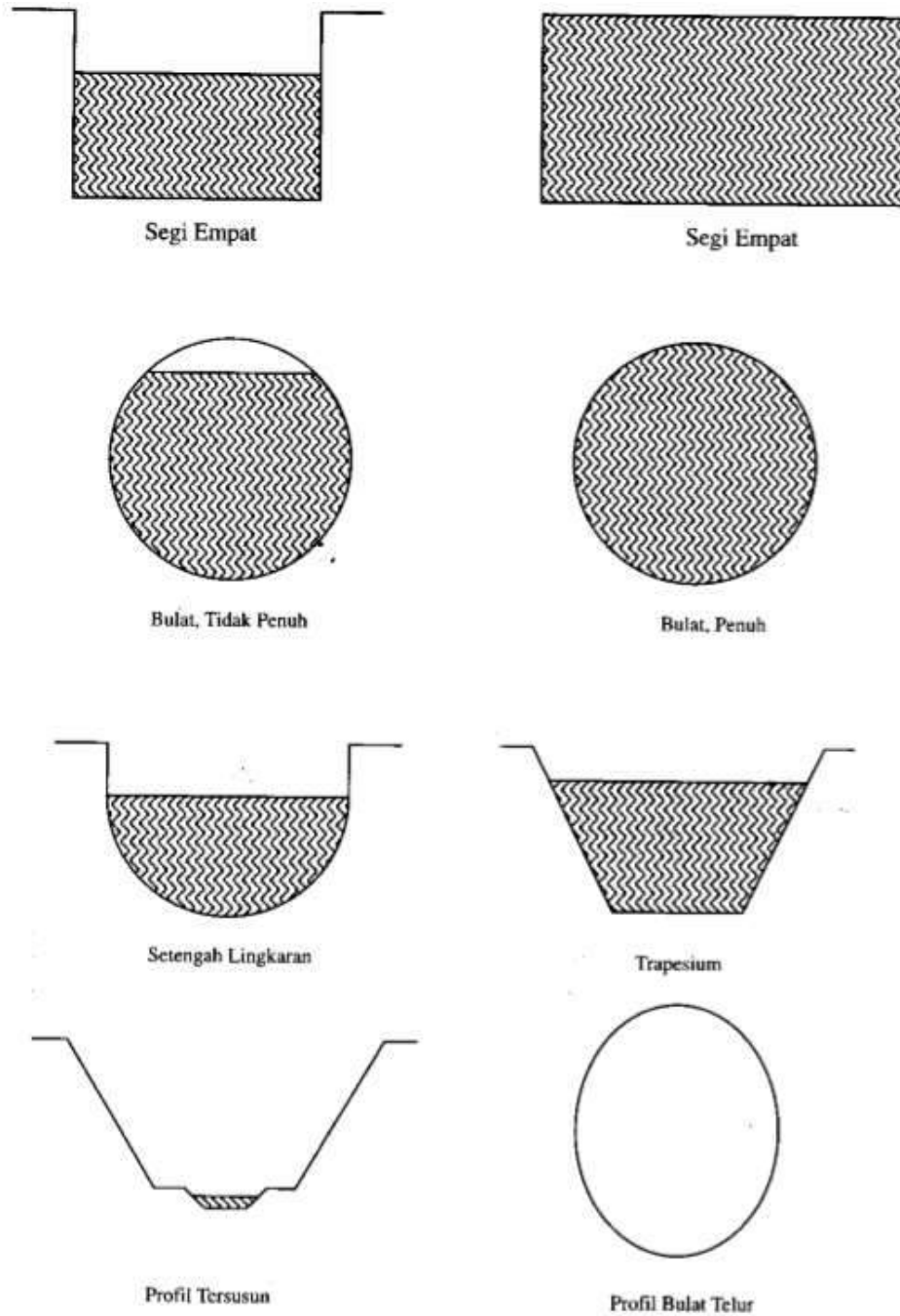
Aliran saluran terbuka dikatan turbulen apabila gaya kekentalan relatif lemah dibandingkan dengan gaya inersia. Butir-butir air bergerak menurut lintasan yang tidak teratur, tidak lancar dan tidak tetap, walaupun butir-butir tersebut tetap bergerak maju didalam aliran secara keseluruhan.

Aliran laminer akan terjadi dalam aliran saluran terbuka untuk harga-harga bilangan Reynold  $Re$  yang besarnya 2000 atau kurang. Aliran bisa menjadi laminer sampai ke  $Re = 10.000$ . Untuk aliran saluran terbuka,  $Re = 4RV/v$ , dimana  $R$  adalah jari-jari hidrolis.



### 4.2.3 BENTUK-BENTUK PENAMPANG MELINTANG

Ada beberapa macam bentuk penampang melintang saluran yang biasa digunakan dalam perencanaan saluran drainase. Macam-macam bentuk penampang saluran dapat dilihat pada gambar-gambar berikut.



Gambar IV.2 bentuk-bentuk penampang melintang



### 4.3 Analisis Hidrolika

Analisis hidrolika bertujuan untuk mengetahui kemampuan penampang dalam menampung debit rencana. Sebagaimana telah dijelaskan dalam bab II, bahwa salah satu penyebab banjir adalah karena ketidakmampuan penampang dalam menampung debit banjir yang terjadi. Maka untuk mendimensi saluran drainase dengan menggunakan analisa hidrolika harus minimal sama dengan debit analisa hidrologi.

#### 3.3.1 Rumus-Rumus

##### Kecepatan dalam saluran

- a. Manning (untuk aliran seragam)

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

Dengan :  $R = \frac{A}{P}$

- b. Chezy (untuk aliran seragam)

$$V = C (RS)^{1/2}$$

dimana :

V = kecepatan rata-rata (m/s)

A = luas penampang basah (m<sup>2</sup>)

P = keliling penampang basah (m)

C = koefisien Chezy

R = jari jari hidrolis (m)

S = kemiringan dari permukaan air atau dari gradien energi atau dari dasar saluran, garis-garisnya sejajar untuk aliran yang merata.

- c. Hubungan antara koefisien Chezy dan Manning

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6}$$



TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO

d. Harga n

Material saluran	Manning n
<i>Saluran tanpa pemasangan</i>	
Tanah	0.020-0.025
Pasir dan kerikil	0.025-0.040
Dasar saluran batuan	0.025-0.035
<i>Saluran dengan pemasangan</i>	0.015-0.017
Semen mortar	0.011-0.015
Beton	
Pasangan batu adukan basah	0.022-0.026
Pasangan batu adukan kering	0.018-0.022
<i>Saluran pipa:</i>	
Pipa beton sentrifugal	0.011-0.015
Pipa beton	
Pipa beton bergelombang	0.011-0.015
<i>Saluran dengan plengsengan :</i>	
a. Aspal	0.013-0.017
b. Pasangan bata	0.012-0.018
c. Beton	0.011-0.020
c. Riprap	0.020-0.035
d. Tumbuhan	0.030-0.40 <sup>+</sup>
<i>Saluran galian:</i>	
Earth, straight and uniform	0.020-0.30
Tanah, lurus dan seragam	0.025-0.040
Tanah cadas	0.030-0.45
Saluran tak terpelihara	0.050-0.14
<i>Saluran alam (sungai kecil, lebar atas saat banjir &lt; 30 m) :</i>	
Penampang agak teratur	0.03-0.07
Penampang tak teratur dengan palung sungai	0.04-0.10

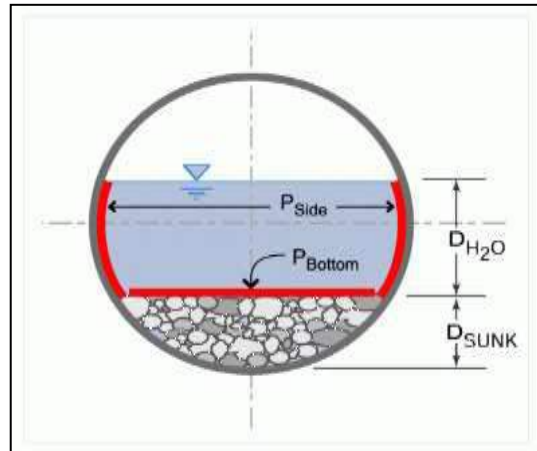
Tabel IV.1 nilai koefisien Manning



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

- e. Kofisien Manning untuk material penampang saluran yang berbeda

Untuk culvert :



**Gambar IV.3 Material penampang saluran yang berbeda**

$$n_{\text{composite}} = \left( \frac{P_{\text{side}} (n_{\text{culvert}})^{1.5} + P_{\text{bottom}} (n_{\text{bottom}})^{1.5}}{P_{\text{side}} + P_{\text{bottom}}} \right)^{\frac{2}{3}}$$

dimana :

$n_{\text{composite}}$  = koefisien kekasaran Manning untuk material yang berbeda

$P_{\text{side}}$  = keliling material samping (m)

$n_{\text{culvert}}$  = koefisien kekasaran Manning untuk material culvert

$P_{\text{bottom}}$  = keliling material bawah (m)

$n_{\text{bottom}}$  = koefisien kekasaran Manning untuk material bawah

( berlaku untuk semua bentuk penampang )

### Debit Pembuangan

- a. Untuk kedalaman normal

$$Q = V \cdot A$$
$$Q = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} A$$

dimana :

$Q$  = debit pembuangan ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$V$  = kecepatan aliran dalam saluran ( $\text{m/s}$ )



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

A = luas penampang basah ( $m^2$ )

n = koefisien kekasaran Manning

R = jari jari hidrolis (m)

S = kemiringan dari permukaan air atau dari gradien energi atau dari dasar saluran,  
garis-garisnya sejajar untuk aliran yang merata.

b. Untuk kedalaman kritis

Kedalaman kritis aliran terdapat pada kondisi angka Froude 1 ( $Fr = 1$ )

$$\frac{V}{\sqrt{gD}} = 1$$
$$V = \sqrt{gD}$$

dengan :  $D = \frac{A}{T}$  dan  $V = \frac{Q}{A}$

maka :  $V = \sqrt{g \frac{A}{T}}$

$$\frac{Q}{A} = \sqrt{g \frac{A}{T}}$$

$$\frac{Q^2}{A^2} = g \frac{A}{T} \text{ atau } \frac{Q^2}{g} = \frac{A^3}{T}$$

dimana :

V = kecepatan rata-rata (m/s)

g = percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

D = kedalaman hidrolis rata-rata (m)

A = luas penampang basah ( $m^2$ )

T = lebar sisi atas penampang basah saluran (m)

Q = debit pembuangan ( $m^3/s$ )



### Geometri Penampang Saluran

	Rectangle	Trapezoid	Circle
Area, A	$by$	$(b+xy)y$	$\frac{1}{8}(\phi - \sin \phi)D^2$
Wetted perimeter P	$b + 2y$	$b + 2y\sqrt{1+x^2}$	$\frac{1}{4}\phi D$
Top width B	$b$	$b + 2xy$	$(\sin \phi / 2)D$
Hydraulic radius R	$by / (b + 2y)$	$\frac{(b+xy)y}{b + 2y\sqrt{1+x^2}}$	$\frac{1}{4} \left( 1 - \frac{\sin \phi}{\phi} \right) D$
Hydraulic mean depth $D_m$	$y$	$\frac{(b+xy)y}{b + 2xy}$	$\frac{1}{8} \left( \frac{\phi - \sin \phi}{\sin(1/2\phi)} \right) D$

Tabel IV.2 rumus dimensi saluran drainase

dimana :

A = luas penampang basah ( $m^2$ )

P = keliling penampang basah (m)

B = T = lebar sisi atas penampang basah saluran (m)

R = jari-jari hidrolik (m)

D = kedalaman hidrolik rata-rata (m)

#### 4.4 Analisis Pintu Air

Bsaluran =  $n \times \text{bpintu} + (n-1) \times \text{bpilar}$

Direncanakan pintu ada 1 pintu, sehingga debit yang melewati tiap pintu adalah

$$Q = \mu a b \sqrt{2gz}$$

Dimana :

Q = Debit per pintu ( $m^3/\text{detik}$ )

b = lebar pintu





**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

$z =$  Kehilangan energi,  $z = 0,2$  m (asumsi)

$\mu =$  koef kontraksi,  $\mu = 0,8$

Maka berikut merupakan perhitungannya :

- Buka an pintu air :

$$Q = \mu a b \sqrt{2 g z}$$

- Tinggi daun pintu ( $H_p$ )

$$H_p = a + 0,1$$

- Lebar Bruto Pintu,

$$B_{bruto} = B_{pintu} + sponeng$$

- Perencanaan Dimensi Pintu Air

Beban Air :

$$x = h_{sal} - h_p$$

$$P_1 = h_{sal} \times \gamma_{air}$$

$$P_2 = x \times \gamma_{air}$$

$$F_{air} = \frac{P_1 + P_2}{2 \times h_p}$$

- Endapan :

Endapan direncanakan setinggi daun pintu dan diasumsikan endapan adalah tanah lumpur

$$\gamma_{endapan} = 1600 \text{ kg/m}^2$$

Maka,

$$P_e = h_p \times \gamma_{endapan}$$

$$F_{endapan} = \frac{P_e}{2 \times h_p}$$

Sehingga total Beban merata yang diterima oleh pintu adalah

$$q = F_{air} + F_{endapan}$$



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Momen maximum yang bekerja pada papan adalah :

$$M_{\max} = \frac{1}{8} q b^2$$

Tebal pelat yang diperlukan,

$$M_{\max} = \frac{1}{8} q b^2, W = \frac{1}{6} b t^2$$

$$\frac{M}{w} \leq \sigma_{\text{baja}}, \sigma_{\text{baja}} = 1600 \text{ t/m}^3$$

Maka didapatkan tebal pintu sebesar 1 cm

- Perencanaan Diameter Stang

Pintu menggunakan baja, maka berat jenis nya,  $\gamma = 7850 \text{ kg/m}^3$

$$P_{\text{pintu}} = \left( hp \times b \text{ bruto} \times \frac{t \text{ pakai}}{100} \right) \times 7850 = \left( 0,98 \times 1,5 \times \frac{1}{100} \right) \times 7850 = 130,41 \text{ kg}$$

$$P_u = 130,41 \text{ kg}$$

$$A_g = \frac{P_u}{0,9 F_y}, \text{ dengan } F_y 37 = 2400 \text{ kg/cm}^3$$

$$A_g = \frac{1}{4} \pi d^2$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot A_g}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,06}{\pi}}$$



## BAB V

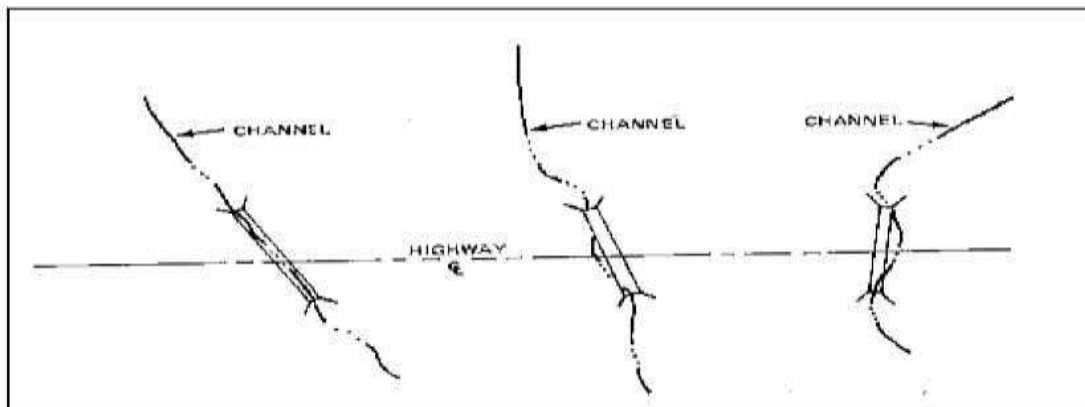
### BANGUNAN PELENGKAP DRAINASE

#### 5.1. GORONG – GORONG

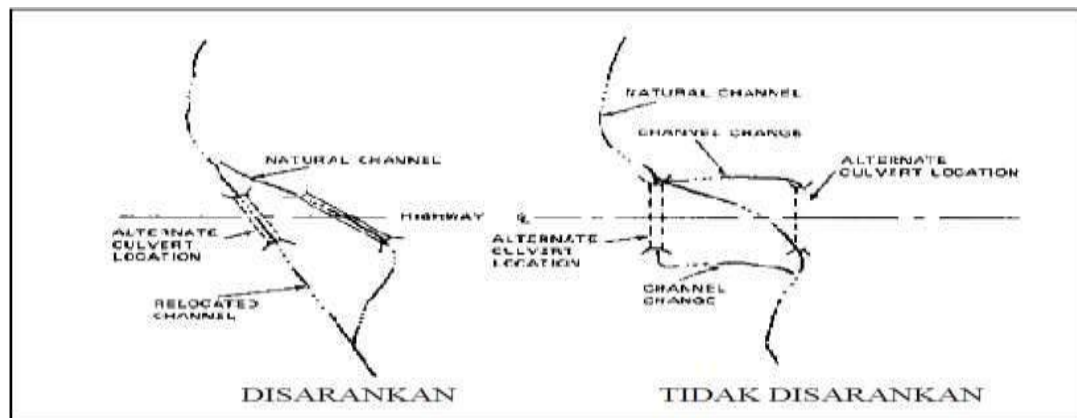
Gorong-gorong adalah bangunan drainase yang berfungsi untuk :

- Memberi jalan kepada air yang mengalir dari parit atau sungai kecil yang mengalir melintasi jalan.
- Mengalirkan air yang telah terkumpul di dalam bak-bak penampung selokan samping untuk dibuang keluar ke tempat pembuangan.

Gorong – gorong menggunakan saluran tertutup. Berikut adalah contoh penempatan gorong-gorong yang berfungsi mengalirkan air dari saluran air yang memotong jalan :



Gambar V.1 Penempatan gorong – gorong mengikuti sumbu air



Gambar V.2 Penempatan gorong – gorong tidak melalui sumbu air



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

<b>Tipe Gorong Gorong</b>	<b>Kelebihan</b>	<b>Kekurangan</b>
Pipa beton	<ul style="list-style-type: none"><li>• Dapat menahan beban kendaraan yang agak berat.</li><li>• Tersedia beragam ukuran diameter di pasaran (utamanya ukuran kecil)</li><li>• Pengecoran cast in situ</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Pengangkutan ke lokasi cukup sulit</li><li>• Tidak bisa mengalirkan debit yang besar.</li><li>• Pemeliharaan cukup sulit karena ukuran diameter yang relatif kecil.</li></ul>
Pipa baja bergelombang	<ul style="list-style-type: none"><li>• Dapat dipasang ditempat</li><li>• Pengangkutan lebih mudah dan ringan dari pipa beton</li><li>• Dapat mengalirkan debit yang besar</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Harus pesan dipabrik terlebih dahulu.</li><li>• Dapat terjadi korosi</li><li>• Pemasangan mahal dan butuh keahlian khusus.</li></ul>
Persegi / box Culvert	<ul style="list-style-type: none"><li>• Tidak ada kendala dalam menampung debit aliran yang besar</li><li>• Dapat menampung beban timbunan yang tinggi diatas gorong – gorong.</li><li>• Pemeliharaan mudah</li><li>• Dapat menggunakan sistem precast / cast in situ</li><li>• Dapat dilalui kendaraan berat</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Pekerjaan dilaksanakan dengan pengawasan ketat dan ahli</li><li>• Sulit mendapat material / pengangkutan untuk lokasi terpencil</li><li>• Apabila menggunakan cast in situ, untuk dapat dilalui kendaraan berat maka harus menunggu sampai beton kering</li></ul>

**Tabel V.1 Tipe Gorong - Gorong**

1. Penampang Melintang Gorong-gorong

Penampang melintang gorong-gorong yang lazim digunakan antara lain :

a. Lingkaran (circular)

- ❖ Bentuk ini paling sering dipakai
- ❖ Ditinjau dari segi struktur, relative efisien untuk kebanyakan kondisi muatan
- ❖ Bisa dibuat dari beton tulang (antara lain  $\varnothing$  60 cm, 80 cm, 100 cm, 120 cm, 140 cm) atau dari baja (corrugated metal pipe  $\varnothing < 2.00$  m)



- ❖ Penampang melintang :

b. Elips



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

- ❖ Biasanya dipakai sebagai pengganti bentuk circular jika terdapat keterbatasan tinggi timbunan.
- ❖ Dibandingkan dengan bentuk circular, bentuk pipa lengkung maupun ellips lebih mahal (pada kondisi debit yang harus ditampung sama).



- ❖ Potongan melintang :

c. Box (rectangular)

- ❖ Direncanakan untuk menampung debit yang relative besar
- ❖ Bentuk ini biasanya paling cocok digunakan jika posisi tinggi muka air yang diijinkan (allowable headwater depth) rendah.



- ❖ Penampang melintang :

d. Lengkung (arch)

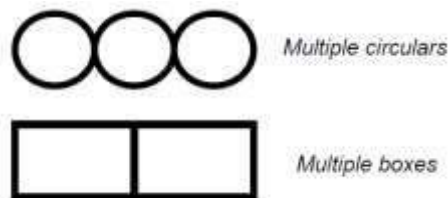
- ❖ Bentuk ini dipakai jika kondisi tanah cukup baik.
- ❖ Perlu pertimbangan desain yang lebih teliti untuk menghindari scouring



- ❖ Potongan melintang :

e. Multiple barrels

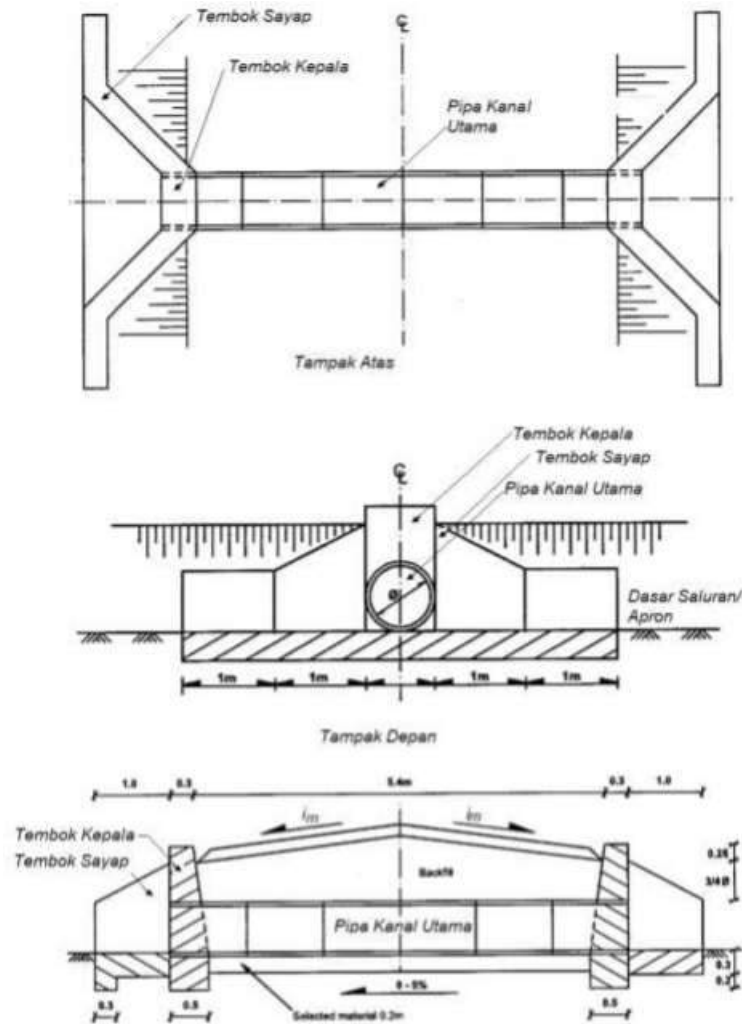
- ❖ Dipakai pada kondisi kanal yang agak lebar melintasi jalan
- ❖ Terdiri dari 2 (dua) atau lebih barrels
- ❖ Barrels bisa berupa circular atau box
- ❖ Penampang melintang :



2. Konstruksi gorong – gorong



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**



**Gambar V.3 Contoh gambar konstruksi gorong - gorong**

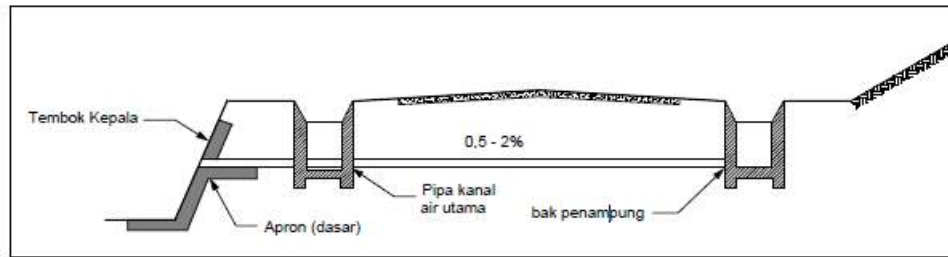
Umumnya ditempatkan melintang jalan yang berfungsi untuk menampung air dari hulu saluran drainase dan mengalirkannya. Harus cukup besar untuk melewati debit air secara maksimum dari daerah pengaliran secara efisien. Harus dibuat dengan tipe permanen. Adapun pembangunan gorong-gorong terdiri dari tiga konstruksi utama, yaitu :

- **pipa kanal air utama** yang berfungsi untuk mengalirkan air dari bagian hulu ke bagian hilir secara langsung;
- **apron (dasar)** dibuat pada tempat masuk untuk mencegah terjadinya erosi dan dapat berfungsi sebagai dinding penyekat lumpur
- **bak penampung** diperlukan pada kondisi:
  - pertemuan antara gorong-gorong dan saluran tepi



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

- pertemuan lebih dari dua arah aliran



**Gambar V.4 Contoh penampang melintang gorong - gorong**

Jarak gorong-gorong pada daerah datar maksimum 100 meter. Untuk daerah pegunungan besarnya bisa dua kali lebih besar. Kemiringan gorong-gorong antara 0,5% – 2% dengan pertimbangan faktor lain yang dapat mengakibatkan terjadinya pengendapan erosi di tempat air masuk dan pada bagian pengeluaran. Dimensi gorong-gorong minimum dengan diameter 80 cm; Kedalaman gorong-gorong yang aman terhadap permukaan jalan, tergantung tipe dengan kedalaman minimum 1m -1,5 m dari permukaan jalan.

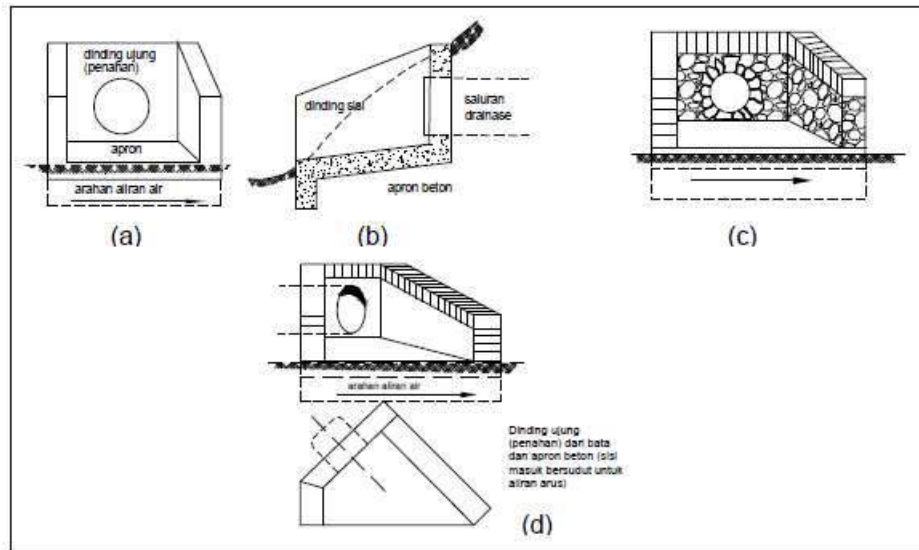
Tipe dan bahan gorong-gorong yang permanen (lihat Tabel 15) dengan disain umur rencana untuk periode ulang atau kala ulang hujan untuk perancangan gorong-gorong disesuaikan dengan fungsi jalan tempat gorong-gorong berlokasi

- Jalan Tol : 25 tahun
- Jalan Arteri : 10 tahun
- Jalan Kolektor : 7 tahun
- Jalan Lokal : 5 tahun

Tebal bantalan untuk pemasangan gorong-gorong, tergantung pada kondisi tanah dasar dan berat gorong-gorong dan beban yang bekerja di atasnya. Bantalan dapat dibuat dari beton non struktural ataupun pasir urug. Urugan minimum di atas gorong-gorong yang diijinkan tergantung dari kekuatan ijin bahan konstruksi gorong-gorong dan beban yang bekerja di atasnya. Pemasangan wing wall dan kepala pada gorong-gorong dimaksudkan untuk melindungi gorong - gorong dari bahaya longsor tanah yang terjadi di atas dan samping gorong-gorong akibat adanya erosi air atau beban lalu lintas di atas gorong-gorong.



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**



**Gambar V.5 Contoh konstruksi wing wall dan head wall**

Single Box Culvert			Double Box Culvert			Triple Box Culvert		
L (cm)	T (cm)	h (cm)	L (cm)	T (cm)	h (cm)	L (cm)	T (cm)	h (cm)
100	100	16	150	100	20	150	100	16
100	150	17	200	100	24	150	250	17
100	200	18	200	150	24	150	200	18
200	100	22	200	200	24	150	250	22
200	150	23	200	250	25	150	300	26
200	200	25	200	300	26	200	100	20
200	250	26	250	150	26	200	150	22
300	300	28	250	200	26	200	200	25
300	150	28	250	250	26	200	250	26
300	200	30	250	300	28	200	300	30
300	250	30	300	150	30	250	150	28
300	300	30	300	200	30	250	200	28
			300	250	30	250	250	28
			300	300	30	250	300	30
						300	150	30
						300	200	30
						300	250	30
						300	300	30

**Tabel V.2 Contoh dimensi box culvert standar Bina Marga**

Material saluran	V max (m/s)
------------------	-------------





**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Lumpur	< 0.3
Pasir halus	< 0.3
Pasir kasar	0.4 – 0.6
Kerikil / Gravel	
>6 mm	0.6 – 0.9
>25 mm	1.3 – 1.5
>100 mm	2 - 3
Lempung	
Lunak	0.3 – 0.9
Kenyal	1 – 1.2
Keras	1.5 - 2
Batuan	
>150 mm	2.5 - 3
>300 mm	4 - 5

**Tabel V.3 Kecepatan untuk setiap material saluran**

**3. Merancang Ujung Gorong – Gorong**

Ujung-ujung gorong-gorong direncanakan dengan pertimbangan sebagai berikut :

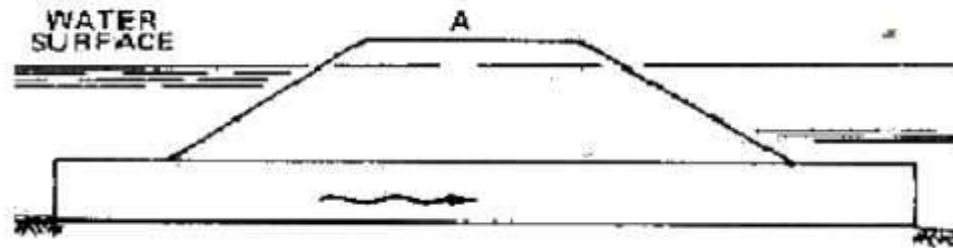
- Mengurangi erosi
- Menahan seepage
- Menahan timbunan agar tidak longsor
- Memperbaiki karakteristik hidrolik gorong-gorong
- Agar ujung-ujung gorong-gorong tersebut stabil di posisinya

Dalam perencanaan drainase jalan, dikenal pengakhiran ujung-ujung gorong – gorong sebagai berikut :

- Ujung-ujung gorong-gorong diletakkan melebihi posisi kaki timbunan (projecting end)



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**



Karakteristik :

- ✚ Gorong-gorong barrel diperpanjang sehingga melewati batas timbunan
  - ✚ Tidak dipersiapkan untuk mengantisipasi keruntuhan konstruksi
  - ✚ Relatif ekonomis, akan tetapi bentuknya tidak menarik
  - ✚ Terbatas untuk gorong-gorong kecil
  - ✚ Jika yang digunakan untuk gorong-gorong adalah "corrugated metal pipe" sedangkan konsep perencanaan drainase yang dipilih adalah perencanaan dengan inlet control, maka pilihan ini adalah tidak tepat ditinjau dari sudut pandang hidrolika.
- Ujung-ujung gorong-gorong diletakkan mengikuti bidang talud timbunan (mitered end)

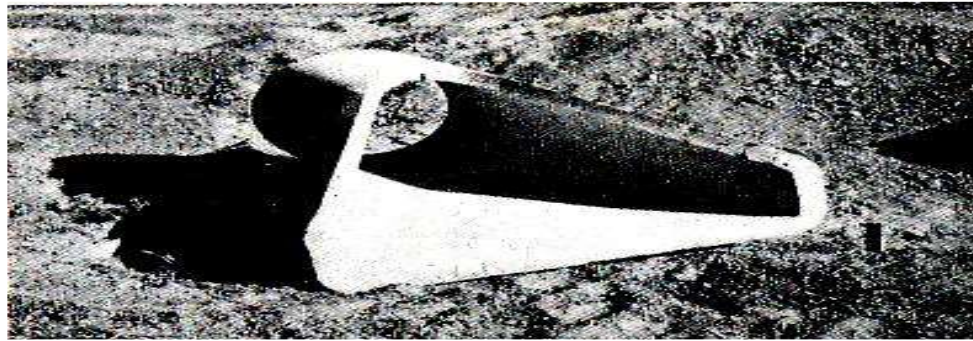


Karakteristik :

- ✚ Biasanya dipakai untuk "metal gorong-gorong" ukuran besar, untuk memperbaiki estetika gorong-gorong
  - ✚ Ditinjau dari segi struktur, tidak cukup untuk menahan gaya-gaya yang timbul karena beban tanah kecuali jika diberi angker atau diproteksi.
- Pengakhiran ujung-ujung pipe gorong-gorong (terminal end)



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**



Karakteristik :

- ✚ Khusus untuk circular gorong-gorong
- ✚ Prefabricated metal atau precast concrete yang ditempatkan sebagai ujung gorong-gorong
- ✚ Untuk mencegah erosi dan memperbaiki estetika.

4. Kehilangan energi gorong – gorong

nilai kehilangan tekanan pada gorong – gorong :

Pada pemasukan (inlet)	Sepanjang gorong - gorong	Pada pengeluaran (outlet)
$h_e = \xi_{\text{masuk}} \times \frac{V^2}{2g}$	$h_f = \frac{f \times (L \times V^2)}{2 \times g \times D}$	$h_e = \xi_{\text{keluar}} \times \frac{V^2}{2g}$
<p>Dengan :</p> <p>He = tinggi tekanan pada pemasukan</p> <p>V = kecepatan rata-rata (m/det)</p> <p>g = kecepatan gravitasi = 9,81 m/det<sup>2</sup></p>	<p>dengan pengertian :</p> <p>hf = tinggi tekanan yang hilang (m)</p> <p>f = faktor kekasaran (Grafik Moody)</p> <p>L = panjang pipa (m)</p> <p>V = kecepatan rata-rata (m/det)</p> <p>g = kecepatan gravitasi = 9,81 m/det<sup>2</sup></p> <p>D = diameter pipa (m)</p>	<p>Dengan :</p> <p>He = tinggi tekanan pada pengeluaran</p> <p>V = kecepatan rata-rata (m/det)</p> <p>g = kecepatan gravitasi = 9,81 m/det<sup>2</sup></p>

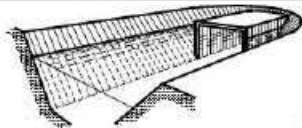
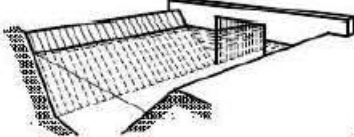

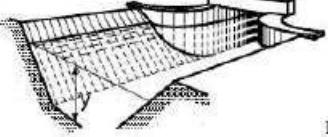
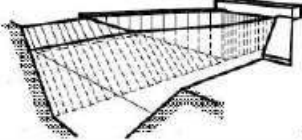
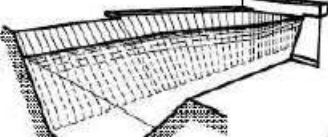
**Tabel V.4 Kehilangan energi gorong - gorong**

Kehilangan energi total yang terjadi pada gorong – gorong :

$$\Delta H = \Delta H_{\text{masuk}} + \Delta H_f + \Delta H_{\text{keluar}}$$



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

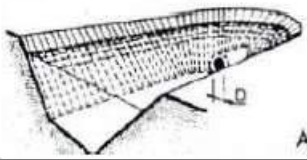
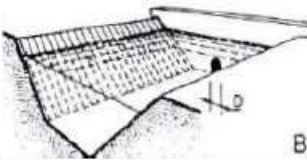

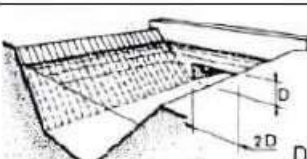
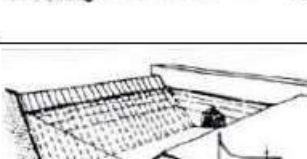
Deskripsi Peralihan	Gambar Ilustrasi	Kehilangan Energi	
		$\epsilon_{masuk}$	$\epsilon_{keluar}$
Pipa gorong-gorong sampai ke Peralihan Samping Saluran	 I	0,50	1,00
Pipa gorong-gorong sampai di dinding hulu melalui saluran (Dianjurkan)	 II	0,50	1,00
peralihan punggung patah dengan sudut pelebaran 1:1 atau 1:2	 III	0,30	0,60
Dinding hulu dengan peralihan yang di bulatkan dengan jari-jari lebih dari 0,1 y. (Dianjurkan)	 IV	0,25	0,50
Peralihan punggung patah dengan sudut pelebaran sekitar 1:5 (Dianjurkan)	 V	0,20	0,40
Peralihan berangsur antara potongan melintang segi empat dan trapesium	 VI	0,10	0,20

Dianjurkan: Dipandang dari segi konstruksi tipe-tipe itu mudah dibuat dan kuat.

**Tabel V.5 Koefisien kehilangan tinggi energi untuk peralihan saluran dari bentuk trapesium ke segi empat dengan permukaan air bebas dan sebaliknya (Bos & Reinink, 1981; Idel'Chik, 1960; DPU, 1986)**



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Deskripsi Peralihan	Gambar Ilustrasi	Kehilangan Energi	
		$E_{masuk}$	$E_{keluar}$
Saluran Pipa sampai ke Peralihan Samping Saluran (Dianjurkan)		0,65	1,00
Barel Saluran pipa dihubungkan dengan dinding hulu melalui saluran (Dianjurkan)		0,55	1,10
Barel Saluran pipa dihubungkan dengan peralihan punggung patah dengan sudut pelebaran 1:4		0,50	0,65
Peralihan pipa panjang 6D menghubungkan saluran pipa dengan dinding hulu melalui saluran (bulat sampai segi empat) (Dianjurkan)		0,40	0,10
Barel saluran pipa dihubungkan dengan peralihan mulut teropet, elips dengan sumbu D:1,5D		0,10	0,30

**Tabel V.6 Koefisien kehilangan tinggi energi untuk peralihan saluran dari saluran trapesium ke pipa dan sebaliknya dengan aliran tekan (Simmons, 1964; Idel'Cik, 1960; DPU, 1986)**

5. Langkah perhitungan dimensi gorong – gorong

- Perhitungan dimensi saluran dapat disesuaikan dengan kondisi yang ada yaitu berdasarkan penentuan bahan yang digunakan, sehingga terdapat batasan kecepatan ( $V$ ) dan kemiringan saluran ( $i_s$ ) yang diijinkan dan ketersediaan ruang di tepi jalan, sehingga perhitungan dimulai dengan penentuan dimensi
- Penentuan awal bahan saluran :
  - Dapat ditentukan dengan koefisien Manning, kecepatan yang diijinkan bentuk gorong – gorong serta kemiringan gorong – gorong. Tinggi jagaan gorong – gorong ( $W$ ) =  $0.2 \times d$



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

- Tentukan kemiringan gorong - gorong berdasarkan bahan atau kemiringan perkerasan jalan untuk menentukan kecepatan saluran.
- Kecepatan minimum dalam gorong-gorong 0,7 m/detik agar tidak terjadi sedimentasi. Kecepatan maksimum yang keluar dari gorong-gorong, untuk berbagai macam kondisi material saluran di hilir gorong-gorong agar tidak terjadi erosi pada saluran ditunjukkan pada Tabel berikut ini. Kecepatan keluaran rata-rata yang melebihi kecepatan maksimum yang diijinkan seperti pada Tabel di atas ini maka harus diberikan beberapa jenis perlindungan keluaran atau dengan bangunan peredam energi ataupun pencegah erosi pada daerah hilir gorong-gorong. Faktor utama yang mempengaruhi kecepatan keluaran adalah kemiringan dan kekasaran gorong - gorong.
- Tebal lapisan tanah penutup di atas gorong-gorong pipa yang terletak di bawah jalan atau tanggul yang menahan beban berat kendaraan paling tidak harus sama dengan diameternya, dengan batas minimum ketebalan lapisan tanah penutup. Apabila tebal minimum lapisan tanah penutup tersebut diperkirakan tidak akan terpenuhi, maka pertimbangkan untuk menaikkan timbunan badan jalan.

Jenis gorong - gorong	Tebal penutup minimum
Pipa beton tak bertulang	1 m
Pipa beton bertulang	0.7 m
Pipa baja bergelombang	0.6 m

**Tabel V.7 Lapisan penutup gorong - gorong**

- Menentukan kecepatan gorong – gorong :

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{i}$$

$$\text{Sehingga } I = \left( \frac{V \times n}{R^{\frac{2}{3}}} \right)^2$$

- Cek debit gorong - gorong harus < dari debit aliran perhitungan dimensi harus di ulang.  
Pada kontrol pemasukan



Pemasukan tidak tenggelam atau $H < 1,2 D$	Pemasukan tenggelam atau $H > 1,2 D$
$Q = \frac{2}{3}CBH \sqrt{\frac{2}{3}gH}$ Dengan : B = lebar gorong – gorong C = Koef. Kontraksi pada sisi permukaan. C = 0.9 untuk ujung persegi dan C = 1 untuk ujung berbentuk bulst	$Q = CBD \sqrt{2g(H - CD)}$ Dengan : D = diameter gorong – gorong C = Koef. Kontraksi pada sisi permukaan. C = 0.6 untuk ujung persegi dan C = 0.8 untuk ujung berbentuk bulst

- Periksa kemiringan tanah dilokasi yang akan dibangun saluran

$$Is = \frac{elevasi\ 1 - elevasi\ 2}{L} \times 100\%$$

## 5.2. SALURAN TERTUTUP

Saluran tertutup merupakan bagian dari saluran sistem drainase yang dapat digunakan di tempat yang tidak memungkinkan untuk dibuat saluran terbuka. Pada saluran tertutup dapat dibedakan menjadi 2 macam yaitu:

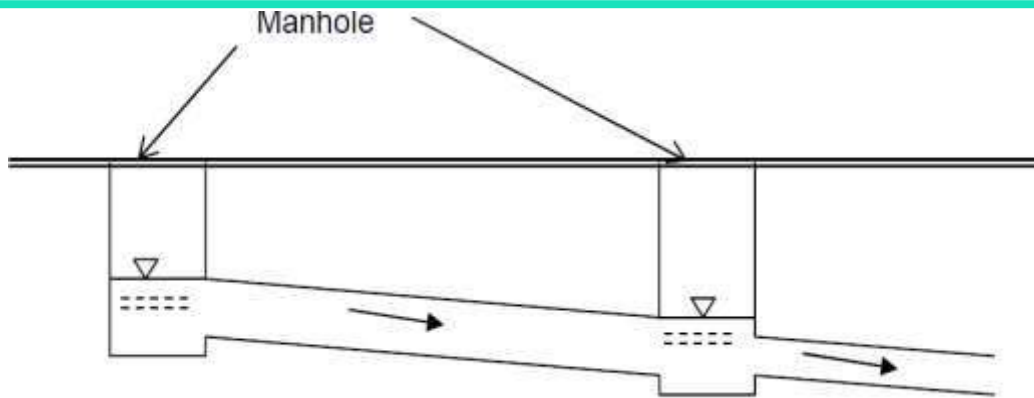
- Saluran tertutup
- Saluran terbuka yang ditutup

Keuntungan dan kerugian saluran tertutup adalah:

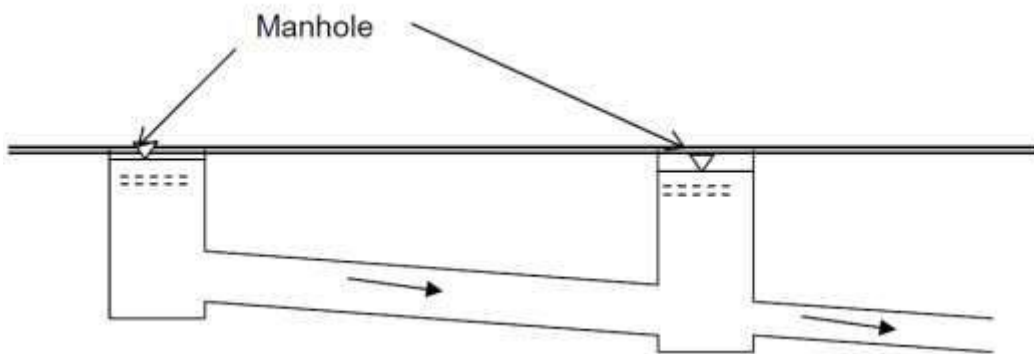
- Keuntungan yang diperoleh adalah bagian atas saluran tertutup dapat dimanfaatkan untuk berbagai keperluan.
- Kerugian yang diperoleh adalah pemeliharaan saluran tertutup jauh lebih sukar dan terutama kondisi kesadaran masyarakat Indonesia masih rendah dalam hal pembuangan sampah.
- Fasilitas penunjang yang ada adalah pada saluran dilengkapi dengan lubang kontrol (manhole) dan terdapat saringan sampah di mulut saluran sebelah hulu.

Jenis saluran tertutup direncanakan sesuai dengan kala ulang curah hujan:

- Curah hujan dengan kala ulang 5 tahun: luas penampang basah yang penuh tetapi tanpa adanya pengaruh tekanan akibat perbedaan tinggi muka air (lihat Gambar 15)
- Curah hujan dengan kala ulang 50 tahun: saluran akan beroperasi dalam kondisi dengan tinggi tekanan akibat perbedaan tinggi muka air dan Manhole akan terendam penuh



Gambar V.6 Kondisi Pengaliran Luas Tampang Penuh dan Tanpa Tekanan



Gambar V.7 Kondisi Pengaliran Luas Tampang Penuh dan Dengan Tekanan

6. Perhitungan jumlah lubang pemasukan pada pengaliran pipa
- a. Penentuan jumlah lubang pemasukan yang dipasang untuk mengalirkan air ke dalam saluran tertutup dari *side inlet* atau dari *manhole*.

$$\text{Jumlah lubang side inlet} = \frac{\text{debit kapasitas gutter}}{80\% \text{ kapasitas inlet}}$$

dengan pengertian:

debit kapasitas *gutter* diperoleh dari Diagram debit aliran pada saluran bentuk segitiga  
Kapasitas *inlet* diperoleh dari Kapasitas lubang pemasukan samping

- b. Pada kondisi pengaliran pipa:

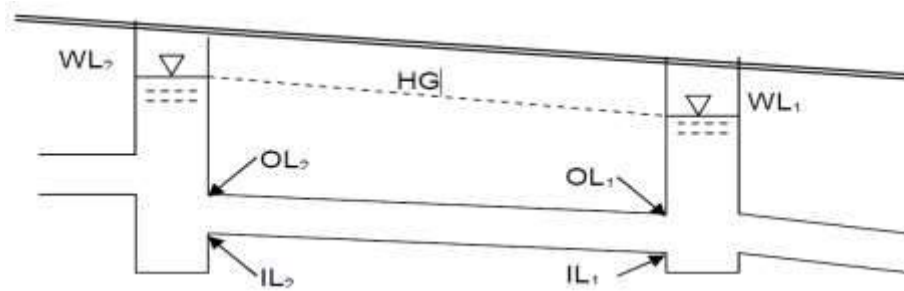
- ✚ Kapasitas pipa direncanakan dengan asumsi pipa akan terisi penuh pada saat banjir rencana (R5 tahun).
- ✚ Kondisi tertentu/banjir besar (R50 th), *manhole* akan penuh dan aliran dalam pipa akan beroperasi dengan tekanan (*under pressure*) dalam waktu yang singkat.





c. Langkah Perancangan

1. Hitung debit rencana dengan R50 th.
2. Tentukan elevasi dasar pipa bagian hilir (IL1) dan hulu (IL2)
3. Tentukan elevasi muka air di *outlet* saluran atau *manhole* hilir (WL1)
4. Tentukan diameter pipa (D) dan panjang pipa (L)

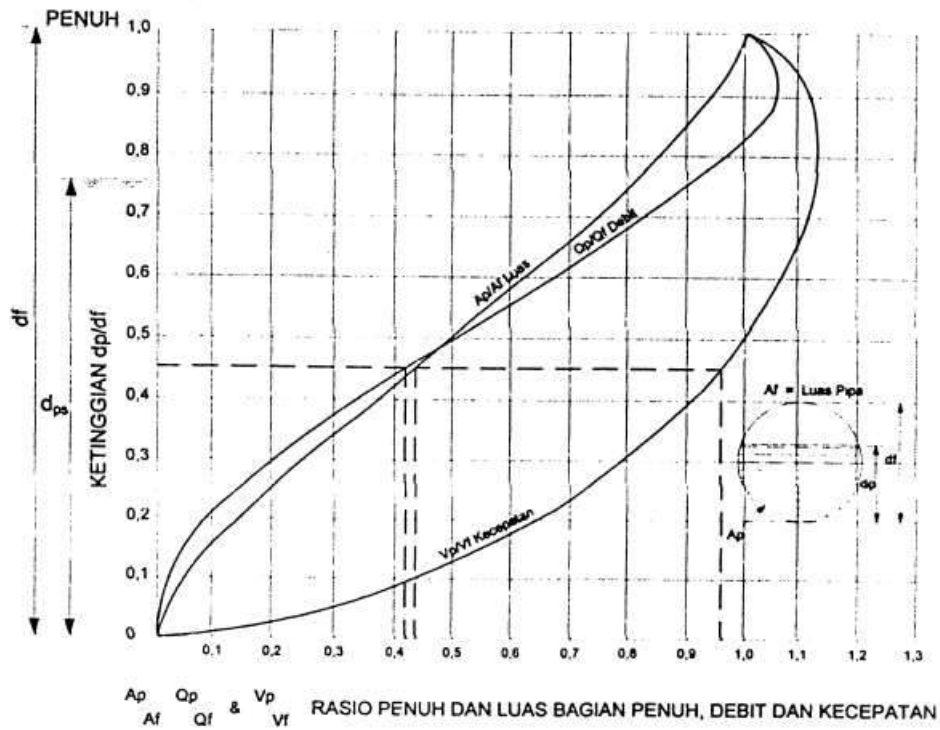


Gambar V.8 Komponen saluran tertutup

Pada daerah berbukit-bukit gorong - gorong direncanakan dengan grafik debit dan atau kemiringan tanah yang sangat Guram, kadang-kadang penampang yang terisi sebagian dengan menggunakan kecepatan air dalam pipa yang terisi sebagian



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**



- Catatan :
- Af = Luas pipa
  - Ap = Luas arus saat sebagian penuh
  - Qf = Debit saat pipa penuh
  - Qp = Debit saat pipa penuh sebagian
  - Vf = Kecepatan arus saat pipa penuh
  - Vp = Kecepatan arus saat pipa sebagian penuh
  - df = diameter pipa atau ketinggian arus penuh
  - dp = Ketinggian arus ketika pipa penuh sebagian

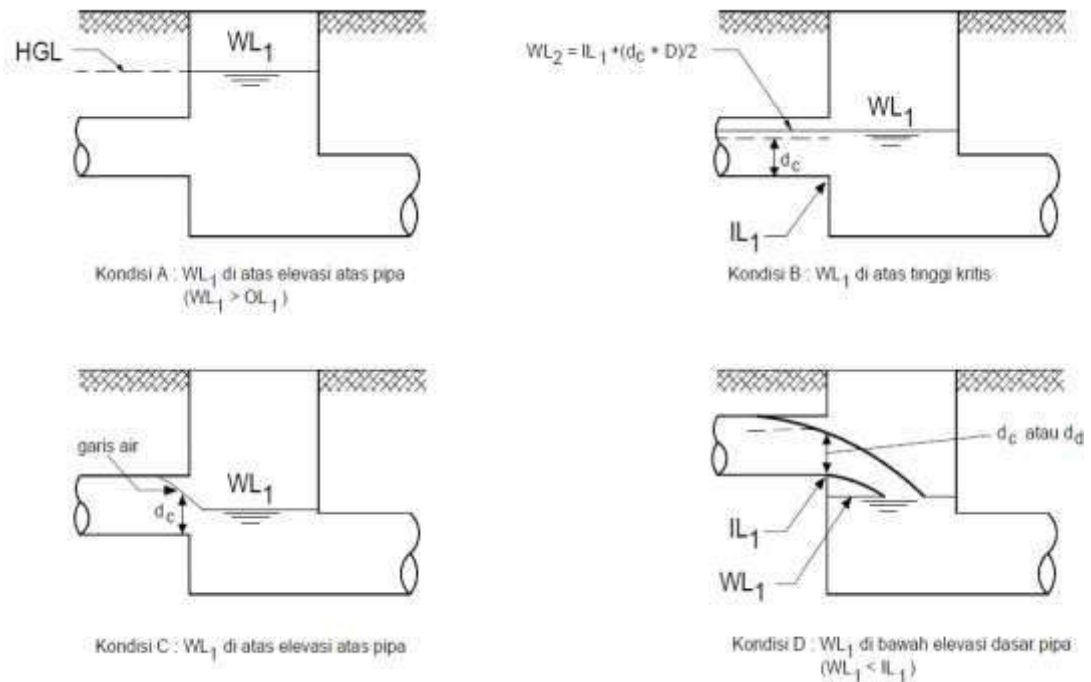
**Gambar V.9 Grafik saluran terisi sebagian**

**7. Perhitungan HGL**

Prosedur perhitungan *Hydraulic Grade Line* (HGL) adalah sebagai berikut dengan memperhatikan Gambar di bawah ini :



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**



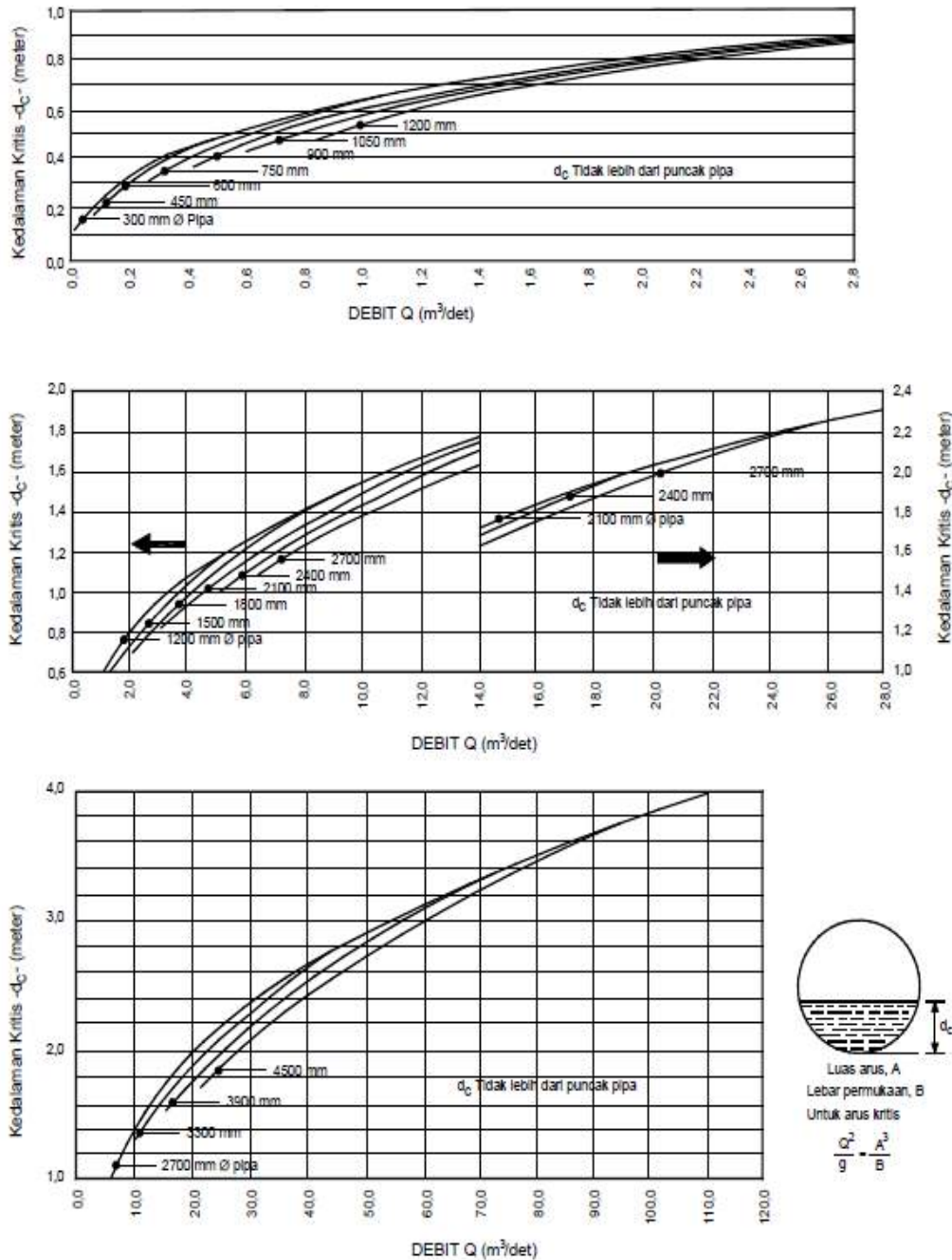
**Gambar V.10 Kondisi HGL di hilir pipa**

- Kondisi A :
  - ✚  $WL_1$  di atas elevasi atas pipa ( $WL_1 > OL_1$ )
  - ✚ Nilai  $WL_1$  sebagai HGL hilir
- Kondisi B :
  - ✚  $WL_1$  di atas tinggi kritis
  - ✚ Menggunakan gambar, Tinggi kritis aliran dalam pipa dan atau dalam *box culvert*
  - ✚ Jika  $WL_1$  di atas ( $IL_1 + d_c$ ), hitung nilai elevasi
$$WL_2 = IL_1 + \frac{d_c + D}{2}$$
  - ✚ Nilai HGL hilir diambil dari nilai terbesar  $WL_1$  atau  $WL_2$
- Kondisi C :
  - ✚  $WL_1$  di bawah tinggi kritis
  - ✚ Hitung nilai  $d_c$  dari gambar Tinggi kritis aliran dalam pipa dan atau dalam *box culvert*
  - ✚ Jika  $WL_1$  di bawah  $WL_2 = IL_1 + d_c$ , maka nilai  $HGL = WL_2$
- Kondisi D :
  - ✚  $WL_1$  di bawah elevasi dasar pipa ( $WL_1 < IL_1$ )

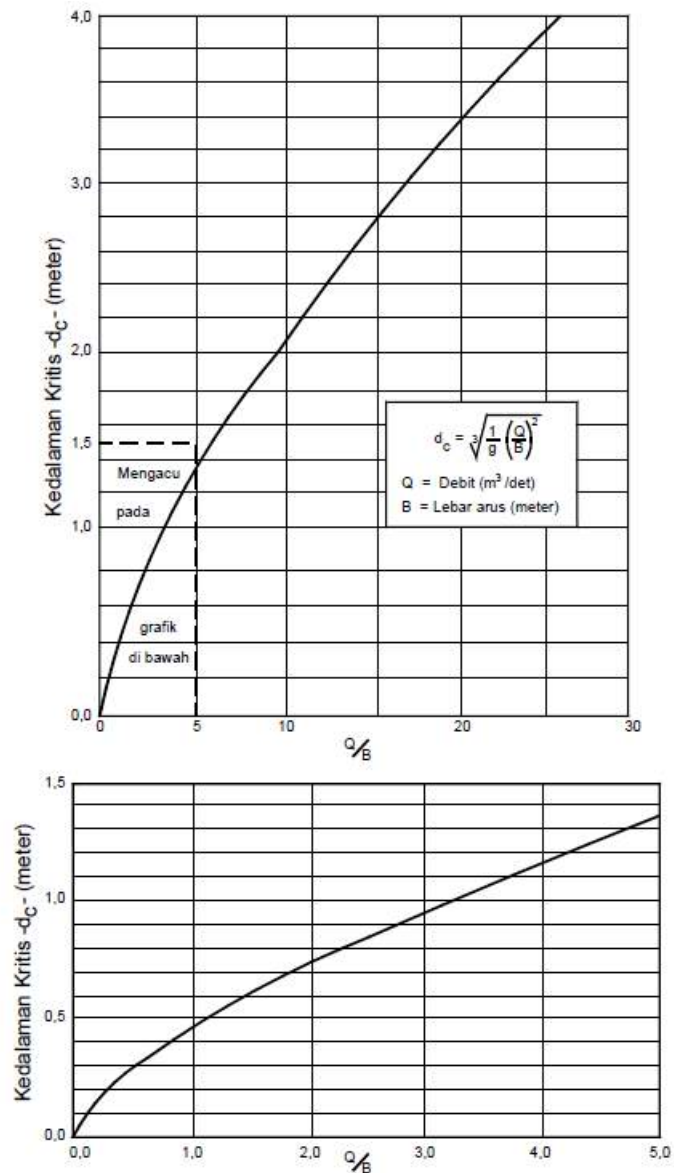


**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

- ✚ Hitung nilai  $d_c$  dari Gambar Tinggi kritis aliran dalam pipa dan atau dalam box culvert
- ✚ Ambil nilai  $HGL = IL1 + d_c$ , kecuali jika kondisi pengaliran pada pipa yang dicek pada langkah ke-2, beroperasi tanpa tekanan, dan kedalaman air  $d_p$  di bawah  $d_c$ , nilai  $HGL = IL1 + d_p$



Gambar V.11 tinggi kritis air dalam pipa



Gambar V.12 Tinggi kritis aliran air dalam box culvert

8. Perhitungan Kehilangan Energi Dalam Pipa

Hitung nilai kekasaran relatif dan angka Reynold dari pipa dengan rumus :

$$e = \frac{kp}{D}$$
$$Nr = \frac{D \times V}{\nu}$$

dengan pengertian:  
d = diameter pipa (m)  
e = kekasaran relatif (m/m)  
kp = angka kekasaran pipa  
Nr = angka Reynold  
V = rata-rata kecepatan aliran (m/det)  
n *kinetic viscositas* dari air = 1,0 x 10<sup>-6</sup> m/det

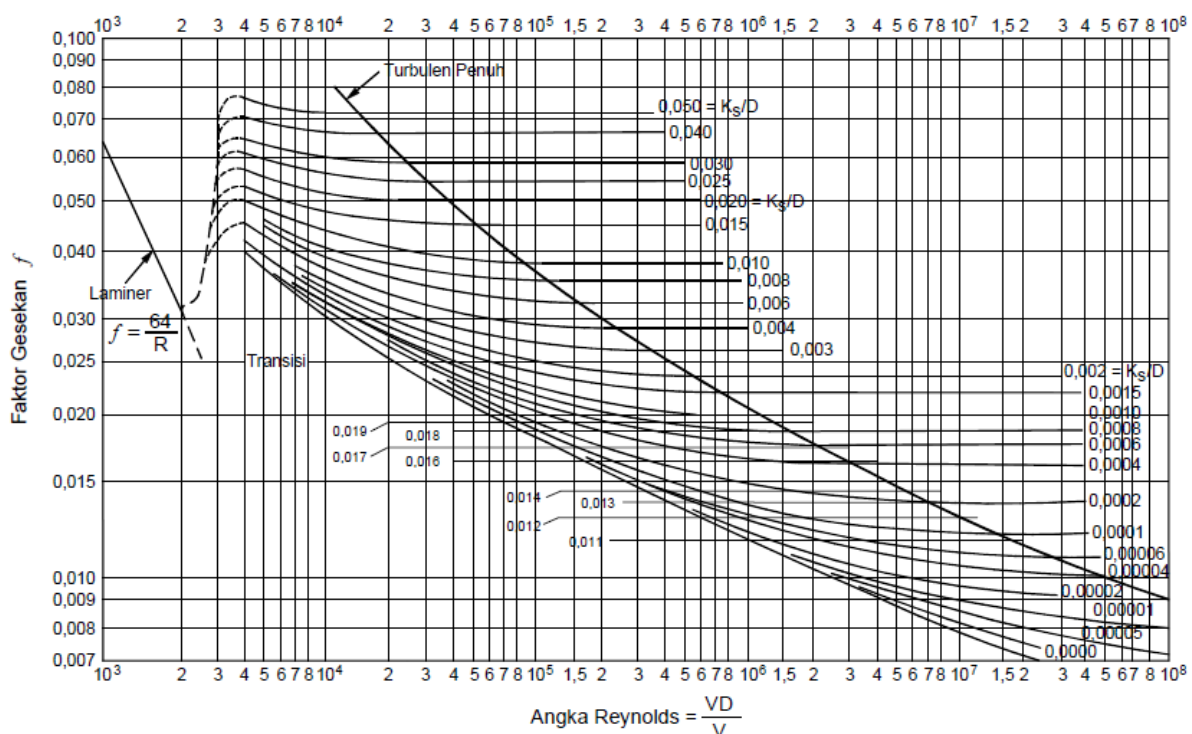


**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Jenis Bahan & Kondisi	Nilai kekasaran pipa (kp)
<b>Beton</b>	
Baik	$60 \times 10^{-6}$
Normal	$150 \times 10^{-6}$
Buruk	$600 \times 10^{-6}$
<b>Beton Fibre-Reinforced</b>	
Baik	$15 \times 10^{-6}$
Normal	$30 \times 10^{-6}$
<b>Plastik</b>	
Sambungan semen	$30 \times 10^{-6}$
Spigot & socket	$60 \times 10^{-6}$

**Tabel V.8 Nilai kekasaran pipa (Kp)**

Selanjutnya, baca nilai faktor kekasaran  $e$  dari Gambar 21 Grafik diagram *Moody* nilai kekasaran pipa tertekan.



**Gambar V.13 Moody Diagram**

- Selanjutnya bandingkan kemiringan gorong – gorong hasil perhitungan ( $i_{renc}$ ) dengan kemiringan tanah yang diukur dilapangan ( $i_{lap}$ ). Jika  $i_{lap} < i_{renc}$  artinya kemiringan saluran sesuai dengan  $i_{renc}$ . Jika sebaliknya, maka saluran harus dibuatkan pematah arus



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

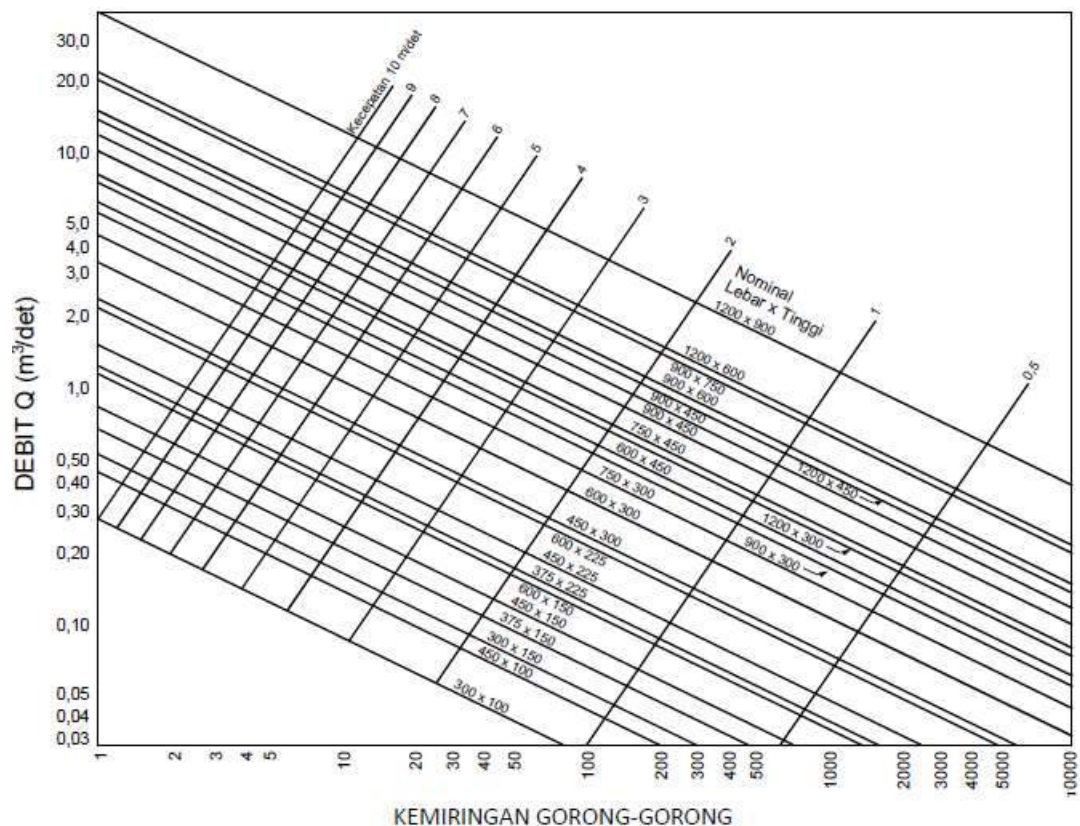
- Hitung elevasi muka air pada hulu pipa

$$WL_2 = WL_1 + hf \quad (13)$$

Jika nilai  $WL_2 < IL_2$ : kondisi yang terjadi adalah pengaliran pipa tanpa tekanan

- menggunakan Gambar Diagram Debit Aliran box culvert dan atau pipa untuk menghitung nilai  $Q_p$  (penampang penuh).
- menggunakan rasio  $Q/Q_p$  untuk menghitung  $dp$ , dari Gambar .... Debit dan kecepatan air dalam pipa yang terisi sebagian.
- Selanjutnya hitung :

$$WL_2 = IL_2 + dp$$



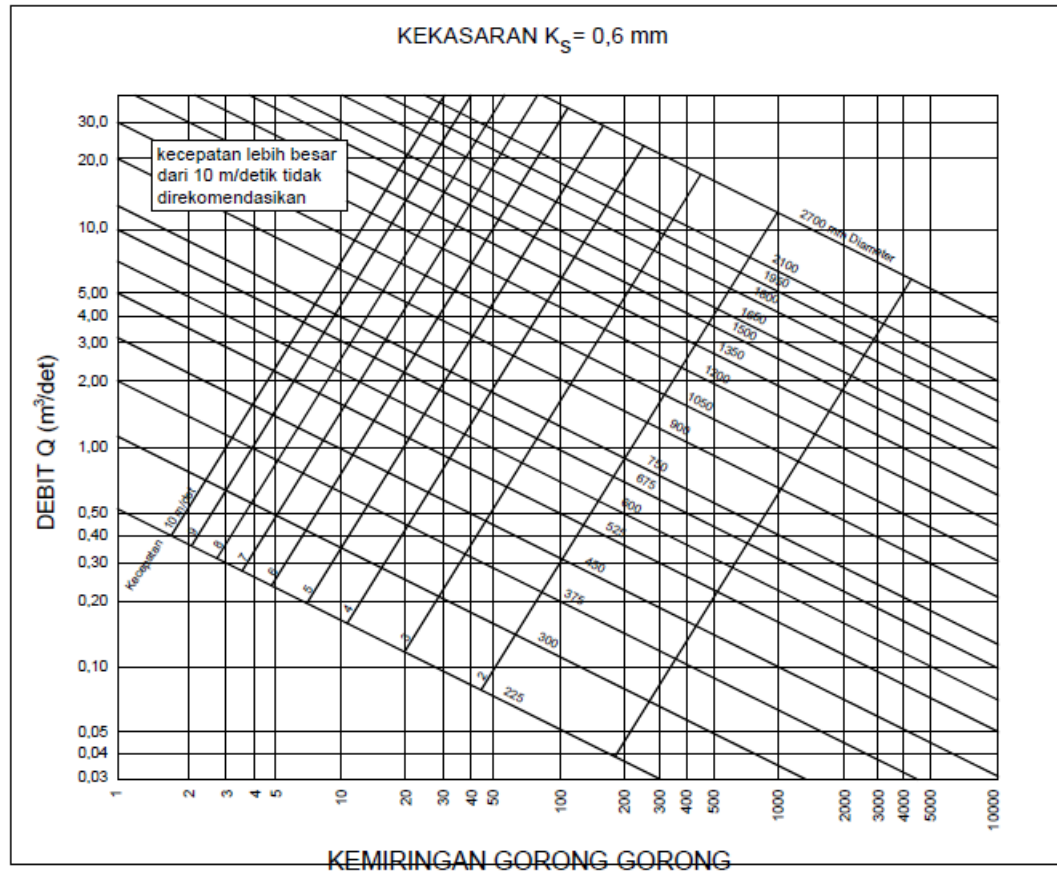
Keterangan

Contoh: kemiringan gorong-gorong 1/z (seperti ., 1/100, 1/1000), maka koordinat X adalah angka z. Untuk gorong-gorong kotak yang aliran mengalir penuh tetapi tidak di bawah tekanan.

**Gambar V.14 Diagram Debit Aliran pada Box Culvert**



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**



Keterangan :

Contoh: kemiringan gorong-gorong 1/z (seperti ., 1/100, 1/1000), maka koordinat X adalah angka z. Untuk gorong-gorong pipa yang aliran mengalir penuh tetapi tidak di bawah tekanan

### 5.3. BANGUNAN TERJUN

Bangunan terjun dibangun untuk mengatasi kemiringan medan yang terlalu curam, sementara kemiringan yang dibutuhkan oleh saluran tergolong landai. Bangunan terjun biasanya dibangun pada daerah yang kondisi topografinya memiliki kelereng yang curam.

Rumus umum perhitungan :

$$N = \frac{L \times S}{h}$$

Dengan :

N = Jumlah bangunan terjun

L = Panjang saluran drainase





**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

S = Kemiringan saluran drainase

H= tinggi dari 1 terjunan



**Gambar V.15 Contoh bangunan terjun**

Ada empat bagian dalam bangunan terjun yang dijelaskan sebagai berikut:

1. Bagian pengontrol

Bagian ini berada di hulu sebelum terjunan, berfungsi untuk mencegah penurunan muka air yang berlebihan. Bagian ini terletak sebelah hulu (sebelum terjunan), dengan adanya bagian pengontrol ini, maka penurunan muka air yang berlebihan bisa dicegah. Ada dua alternatif mekanisme untuk mengendalikan muka air di bagian hulu, yaitu dengan memperkecil luas penampang basah atau memasang ambang (*sill*) dengan permukaan hulu miring. Untuk saluran yang kandungan sedimennya tinggi disarankan tidak memasang ambang (*sill*), karena akan mempercepat sedimentasi di saluran bagian hulu.

2. Bagian pembawa

Fungsinya adalah penghubung antara elevasi bagian atas dengan bagian bawah. Bagian ini berupa terjunan dengan bentuk terjunan tegak (vertikal atau terjunan miring). Jika beda tinggi (tinggi terjunan) lebih dari 1,5 m, maka bagian pembawa berupa terjunan miring, jika beda tinggi (tinggi terjunan) kurang dari 1,5 m maka dipakai bangunan terjun tegak (vertikal).

3. Peredam energi

Fungsinya adalah untuk mengurangi energi yang dikandung oleh aliran sesudah mengalami terjunan sehingga tidak berpotensi merusak konstruksi bangunan terjun. Tipe peredam energi yang akan dipilih tergantung dari bilangan Froude yang terjadi di dalam aliran.

4. Perlindungan dasar bagian hilir



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Fungsinya adalah untuk melindungi dasar dan dinding saluran dari gerusan air sesudah mengalami terjunan. Segera sesudah aliran mengalami terjunan, kecepatan aliran tergolong masih tinggi meskipun sudah dipasang bangunan peredam energi, sehingga masih diperlukan perlindungan dasar saluran yang biasanya berupa pasangan bronjong (*gabion*) untuk menghindari gerusan pada dasar saluran atau pada dinding saluran. (KP04, DPU)

#### **5.4. INLET SALURAN**

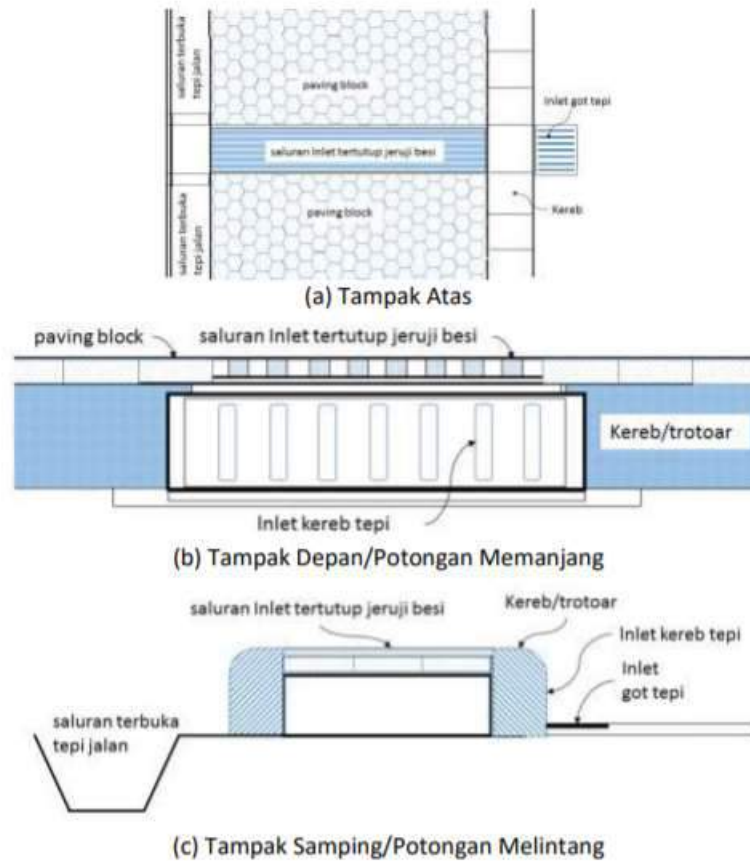
Merupakan saluran yang menghubungkan aliran air dari perkerasan jalan menuju saluran. Adapun ketentuan yang bisa dilakukan seperti yang direkomendasikan oleh *Road Drainage Design Manual, Queensland Government, Department of Main Road*, Edisi Juni 2002, adalah ditentukan berdasarkan waktu konsentrasinya. Seperti berikut :

Lokasi	Waktu (Menit)
Area perkerasan jalan	5
Area Perkotaan dan Perumahan dengan kemiringan rata-rata > 15%	5
Area Perkotaan dan Perumahan dengan kemiringan rata-rata > 10 – 15 %	8
Area Perkotaan dan Perumahan dengan kemiringan rata-rata > 6 – 10 %	10
Area Perkotaan dan Perumahan dengan kemiringan rata-rata > 3 – 6 %	13
Area Perkotaan dan Perumahan dengan kemiringan rata-rata $\leq$ 3 %	15

**Tabel V.9 Standar waktu konsentrasi inlet**



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**



**Gambar V.16 Contoh gambar kerja saluran inlet**

Jenis *Inlet* saluran :

- *Inlet* got tepi (*gutter inlet*), lubang bukaan terletak mendatar secara melintang pada dasar got tepi, berbatasan dengan batu tepi. Tipe penutup: sekat vertikal, horisontal, sekat campuran dan berkisi.
- *Inlet* kerb tepi (*curb inlet*), lubang bukaan terletak pada bidang batu/kerb tepi dengan arah masuk tegak lurus pada arah aliran got tepi, sehingga kerb tepi bekerja sebagai pelimpah samping.



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**



(a) Inlet got tepimendatar  
(b) Inlet kerb tepi

**Gambar V.17 tipe inlet**

Lokasi *inlet* saluran ditempatkan pada titik terendah dari kemiringan memanjang jalan (longitudinal) atau pada antara titik terendah dan tertinggi pada kemiringan memanjang jalan. Jika inlet saluran berbentuk *manhole* dan air pada saluran langsung jatuh ke bawah (*drop inlet*) maka kapasitas diperkirakan dengan ukuran lubang pemasukan dan Gambar 26 kapasitas lubang pemasukan samping.

Ukuran (mm) Lubang Pemasukan (Lebar x Panjang)	Pada kemiringan ( $m^3/detik$ ) 	Tempat rendah ( $m^3/detik$ ) 
1000 x 750	0,10	0,20
1000 x 1000	0,13	0,26
1000 x 1500	0,20	0,40
1000 x 2000	0,26	0,52
1000 x 2500	0,31	0,62

Keterangan : Tanda panah menunjukkan arah aliran

**Tabel V.10 ukuran lubang pemasukan**

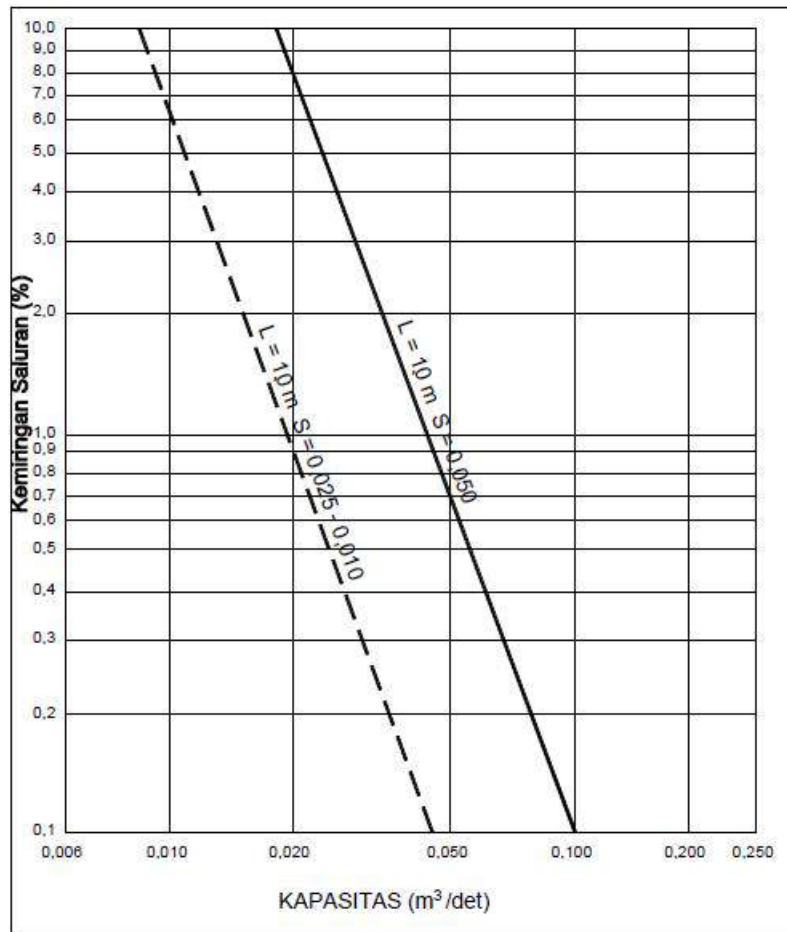
Untuk jumlah saluran *inlet* yang harus dibuat, direkomendasikan maksimal tiap 5 meter dengan lebar saluran selebar kerb. Untuk mengetahui kapasitas *inlet* samping (*side inlet*) didapat dari 80% kapasitas yang didapat dari Grafik kapasitas lubang pemasukan samping.

Data yang digunakan adalah :

- lebar bukaan ( $l$ ) = 1 meter
- kemiringan melintang ( $i_b$ ) bahu jalan/jalan
- kemiringan memanjang *gutter* yang diketahui



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

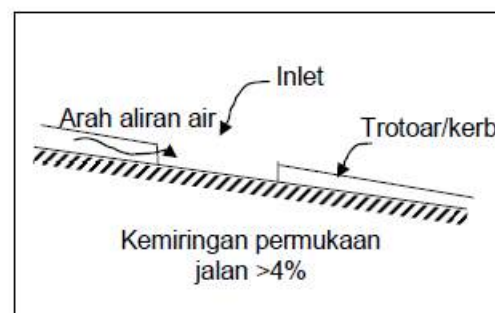
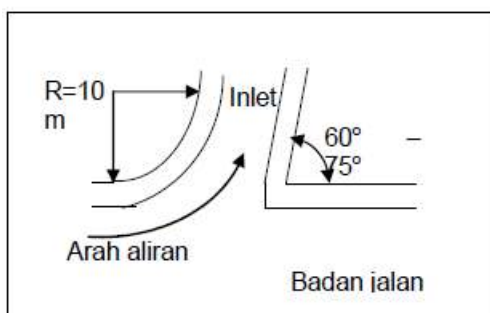


Catatan :

1.  $I = L$  (pada grafik) = Lebar bukaan inlet = 1 m
2.  $i_b = S$  (pada grafik) = kemiringan bahu = 0,05; 0,025-0,010 m/m
3. Kemiringan saluran ( $i_s$ )diperkirakan dengan interpolasi secara logaritmik

**Gambar V.18 Grafik Kapasitas pemasukan samping**

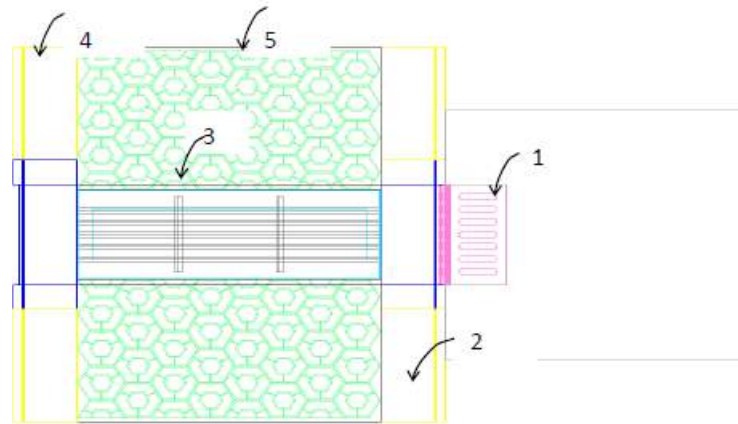
Perancangan bentuk ataupun dimensi saluran inlet tergantung kondisi lapangan (datar, turunan/tanjakan). Berikut ditampilkan beberapa contoh gambar untuk saluran inlet pada jalan menurun/ tanjakan :



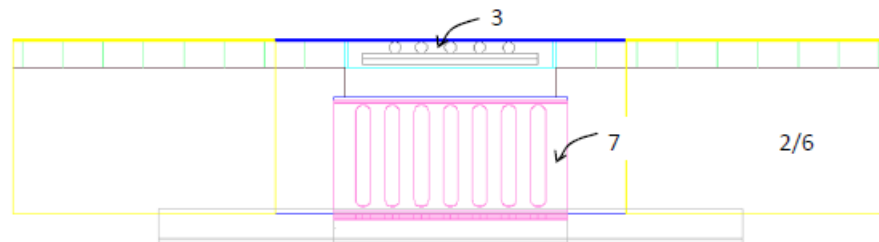


**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

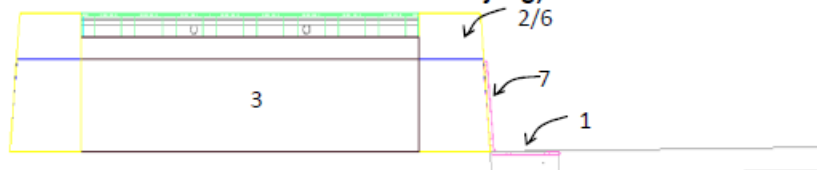
**Gambar V.19 Inlet untuk kemiringan memanjang jalan >4%  
(tampak atas dan tampak samping)**



**(a) Inlet untuk Kemiringan Memanjang Jalan <4% (tampak atas)**



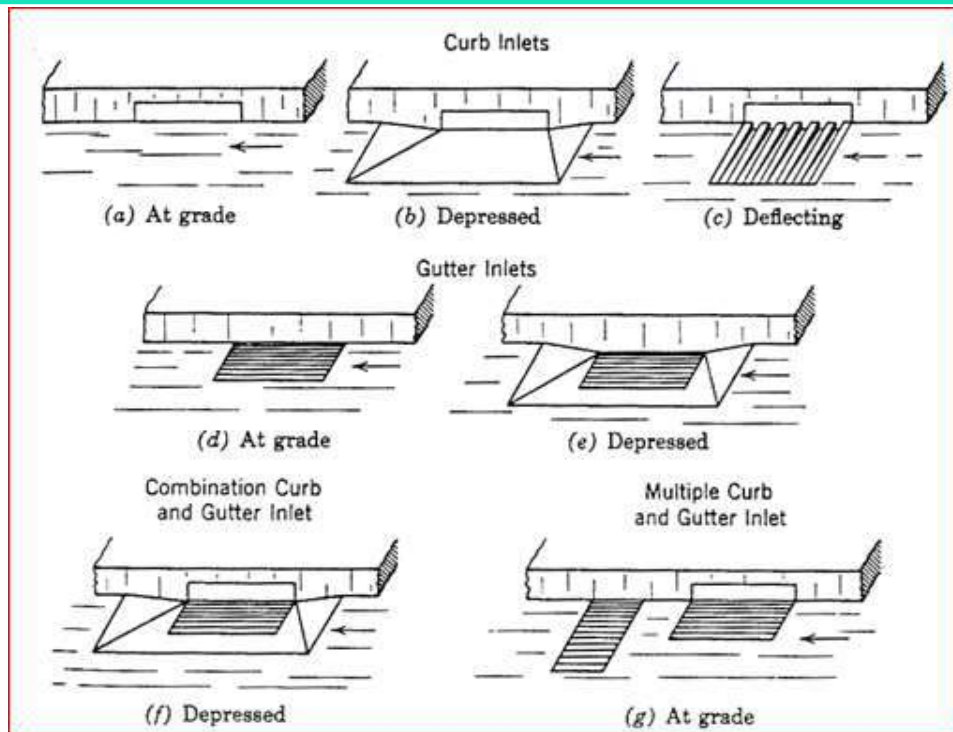
**(b) Inlet untuk Kemiringan Memanjang Jalan <4% (tampak depan/potongan memanjang)**



**(c) Inlet untuk kemiringan memanjang jalan <4% (tampak samping/potongan melintang)**

Keterangan Gambar:

- 1 Inlet got tepi
- 2 kerb
- 3 saluran Inlet tertutup jeruji besi
- 4 saluran terbuka tepi jalan
- 5 paving block
- 6 trotoar
- 7 Inlet kerb tepi



Gambar V.20 Contoh bentuk inlet

### 5.5. SALURAN PENGHUBUNG

Merupakan saluran kecil yang dibuat antara kerb dan badan jalan yang umumnya digunakan pada drainase jalan raya untuk menyalurkan air hujan yang jatuh di atas permukaan jalan ke saluran samping jalan. Kapasitas saluran yang akan menampung air tergenang pada kerb yang akan disalurkan ke saluran samping jalan dapat diperkirakan dari rumus Manning yaitu :

$$Q = 0.375 \times \frac{z}{n} \times \sqrt{i} \times d^{\frac{8}{3}}$$

Untuk nilai z adalah  $z = 1/i$

dengan :

Q = debit saluran

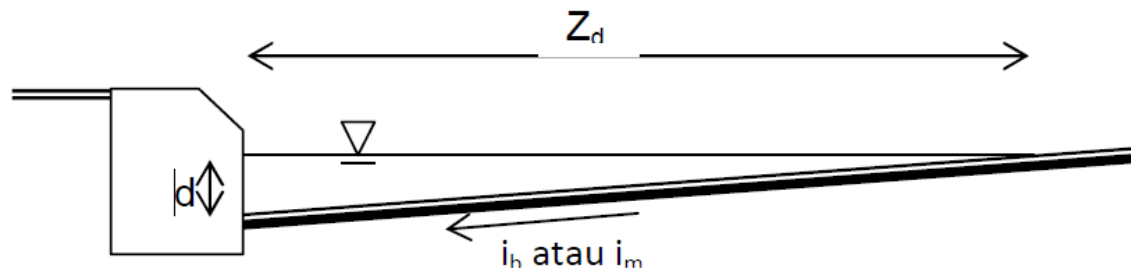
d = kedalaman genangan air di saluran

$i_m$  = kemiringan melintang jalan atau bahu jalan (ib)

$i_j$  = kemiringan memanjang jalan atau bahu jalan

n = koefisien Manning dasar saluran

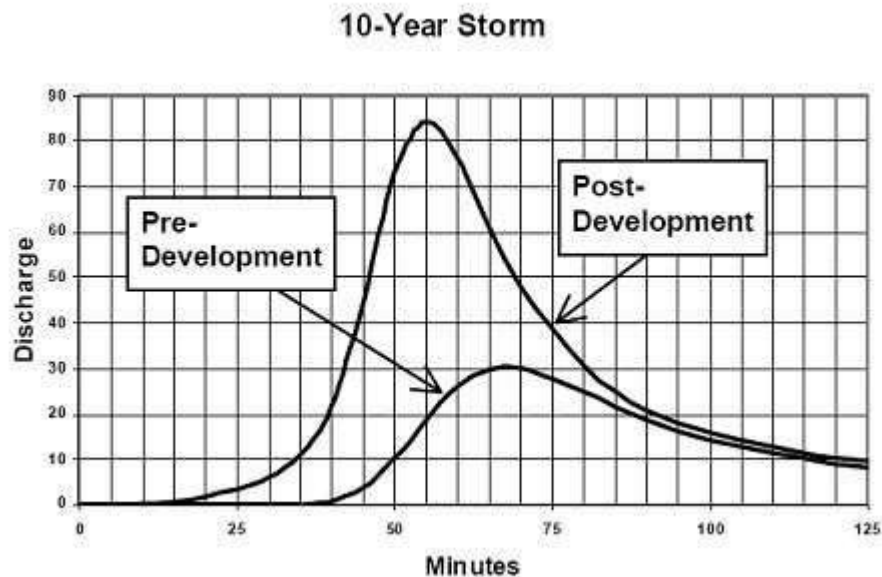
Zd = lebar genangan



Gambar V.21 Contoh kerb

### 5.6. KOLAM TAMPUNG (BOEZEM)

Ketika suatu kawasan berkembang, maka jumlah luas area yang kedap air (impervious) meningkat. Berkaitan dengan perubahan penutupan permukaan lahan, maka total limpasan permukaan dapat meningkat. Kecepatan aliran permukaan di atas lahan yang kedap juga bertambah untuk mencapai saluran yang nantinya akan menambah debit air yang akan masuk ke saluran. Dampak perubahan permukaan lahan adalah kapasitas saluran drainase yang ada tidak mampu lagi menampung limpasan permukaan dari kawasan tersebut. Dengan kata lain pengembangan suatu kawasan akan membebani saluran drainase yang ada. Perubahan hidrograf aliran berikut ini :



Gambar V.22 perubahan debit hidrograf banjir akibat perubahan tata guna lahan

Hal lain yang perlu diketahui dari perubahan penggunaan lahan, ialah bahwa limpasan permukaan juga membawa polutan dari permukaan lahan, dan partikel tanah permukaan yang subur (erosi





**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

permukaan). Masalah lain yang mendasari pemikiran perlunya kolam tampungan, adalah muka air di pembuangan akhir. Apabila muka air di pembuangan akhir lebih tinggi daripada muka air di saluran, maka pembuangan tidak dapat berjalan secara gravitasi.

Kasus yang umum terjadi :

- Suatu saluran sekunder terhambat alirannya ke saluran primer, karena muka air di saluran primer lebih tinggi daripada muka air di saluran sekunder
- Suatu saluran primer terhambat pembuangan alirannya ke sungai, saat muka air di sungai tinggi (banjir) atau pembuangannya ke laut saat muka air laut pasang.

Tertahannya aliran dalam saluran menyebabkan muka air di saluran bertambah tinggi dan kecepatan aliran berkurang. Oleh karena tidak dapat mengalir secara gravitasi, maka aliran akan tetampung di saluran-saluran yang ada. Apabila saluran tidak di desain mengatasi kondisi ini, maka dapat menyebabkan peluapan dan menggenangi lahan di sekitar saluran.

**Tujuan Pembangunan Kolam Tampungan :**

Berdasarkan kondisi tersebut di atas, maka tujuan pembuatan kolam tampungan adalah :

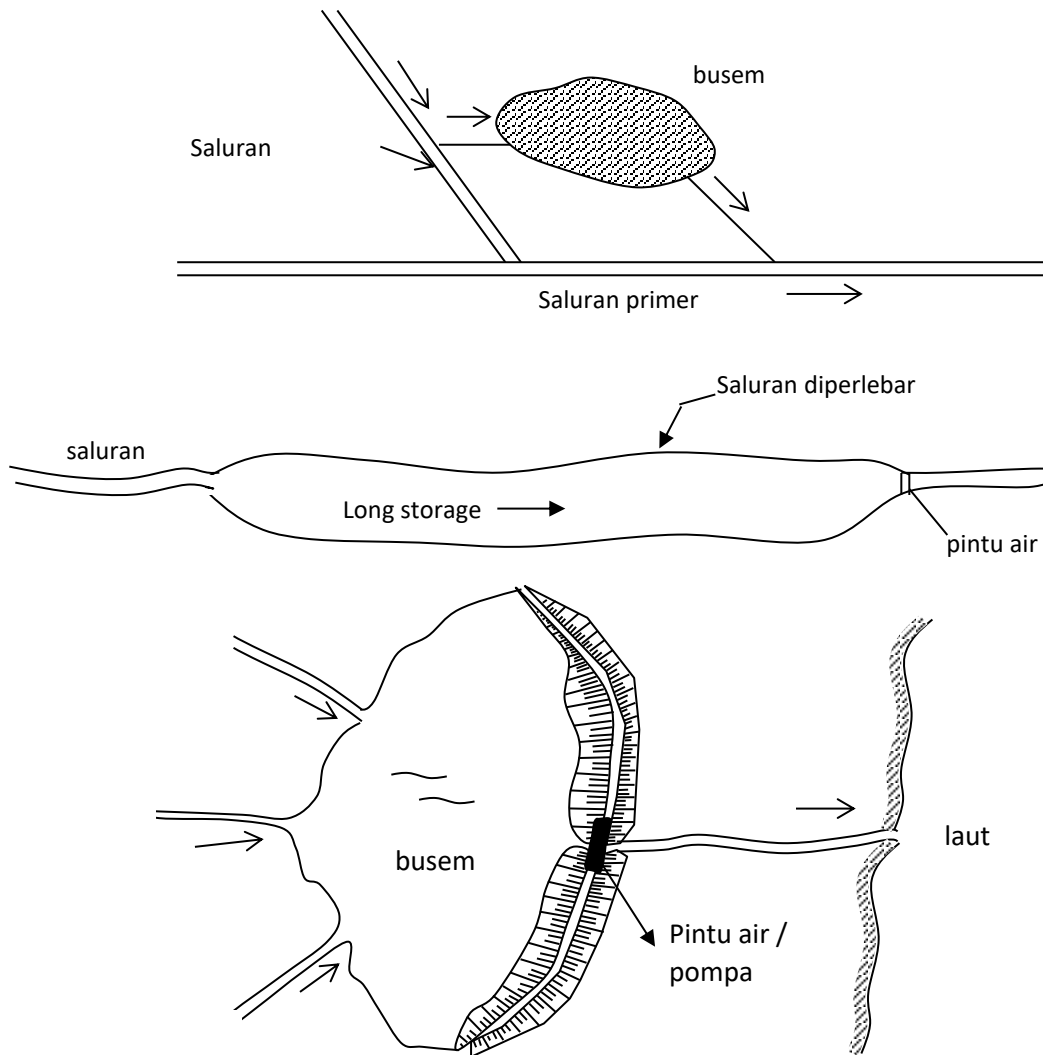
- Menurunkan debit puncak dengan cara menampung sementara limpasan hujan dan mengatur pembuangannya agar tidak membebani saluran yang ada.
- Menampung sementara limpasan hujan dengan tujuan menunggu turunnya muka air di pembuangan akhir, sampai dengan kondisi memungkinkan mengalirkan air secara gravitasi atau membuangnya segera dengan bantuan pompa.
- Tujuan lain adalah menampung aliran dan memanfaatkannya untuk berbagai kebutuhan, misalnya untuk air baku kebutuhan sehari-hari (penyiraman pekarangan, air minum dsb). Dalam hal kualitas yang lebih baik, air perlu diolah terlebih dahulu apabila ada indikasi tercemar oleh polutan.

**Konsep Perencanaan Kolam Tampungan :**

Kolam tampungan yang dibuat untuk tujuan pengendalian banjir berbeda dengan kolam tampungan biasa. Kolam tampungan biasa dibuat untuk estetika lingkungan, atau untuk pemeliharaan ikan. Pemeliharaan kolam semacam ini adalah dengan menguras dan membuang lumpur secara periodik, kemudian mengisinya kembali dengan air. Sedang kolam tampungan untuk pengendalian banjir selalu dihubungkan dengan saluran yang berhubungan dengan pembuangan akhirnya.



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**



**Gambar V.23** Gambaran umum perencanaan lokasi boezem

Konsep perencanaan kolam tampungan meliputi :

1. Volume kolam cukup untuk menerima aliran dari daerah pematusan saluran-saluran yang bermuara padanya.
2. Harus terdapat pembuangan akhir yang menerima debit outflow dari kolam atau ada saluran yang
3. Debit keluaran (outflow) tidak boleh lebih besar daripada debit yang dihasilkan area yang bersangkutan sebelum ada perubahan penggunaan lahan.

Untuk menghitung volume limpasan hujan :



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

$$V = C \times R \times A$$

Dengan :

V = Volume limpasan (m<sup>3</sup>)

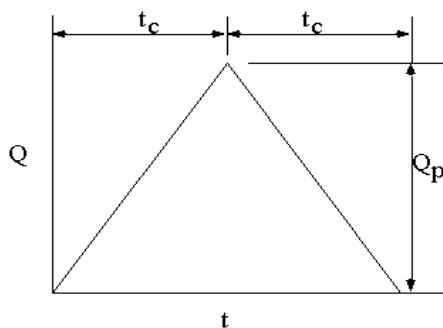
C = Koefisien Pengaliran

R = tinggi hujan untuk periode ulang tertentu (mm)

A = Luas tangkapan lahan (m<sup>2</sup>)

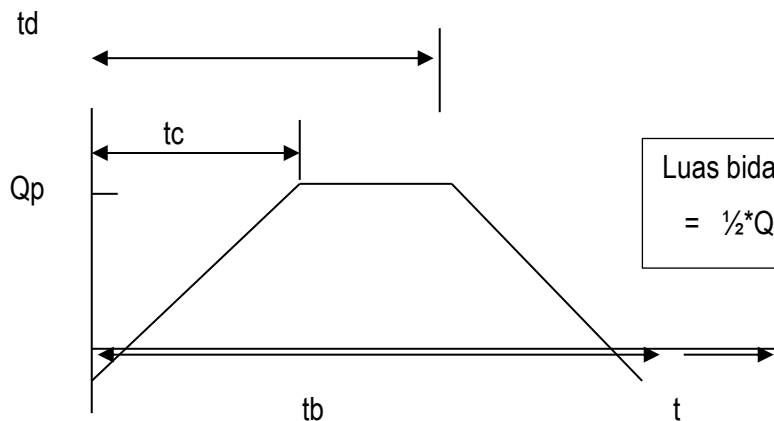
Volume yang dapat dialirkan ke kolam tampung sedangkan untuk analisis kolam tampung perhitungan menggunakan cara hidrograf rasional.

**Untuk  $t_c = t_d$**



$$\text{Luas bidang segitiga} = \text{volume aliran} = t_c \cdot Q_p$$

**Untuk  $t_c < t_d$**



$$\begin{aligned} \text{Luas bidang trapesium} &= \text{volume aliran} \\ &= \frac{1}{2} \cdot Q_p \cdot (t_d - t_c + t_b) = \frac{1}{2} \cdot Q_p \cdot (t_d - t_c + t_d + t_c) = t_d \cdot Q_p \end{aligned}$$

dengan :

Q = debit (m<sup>3</sup>/s)



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

$T_c$  = waktu konsentrasi

$T_d$  = waktu asumsi lama hujan (lama air ditampung dalam boezem)

$Q_p$  = laju aliran (debit puncak) ( $m^3/s$ )

**Zero delta Q Policy :**

- *Zero delta Q policy* adalah *zero kenaikan excess runoff*, sebagai bentuk sinergi antara upaya *ecodrain* dengan penyelenggaraan tata ruang.
- *Zero kenaikan excess runoff* diartikan sebagai konsep pembangunan dan pengembangan yang dilakukan dengan upaya untuk tidak menambah *runoff* akibat meningkatnya nilai koefisien pengaliran ( $C$ ) dari koefisien natural di DAS tersebut.
- Kondisi hidrograf *runoff* yang terjadi pada pengembangan sebuah wilayah, diilustrasikan sesuai dengan kondisi hidrograf sebelum pembangunan.



Gambar V.24 Contoh boezem



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Komponen boezem :

Komponen	Penjabaran
Fasilitas inlet dan outlet	Tergantung pada penggunaan kolam. Jika tidak ada fasilitas yang disediakan, aliran air dibendung dan aliran air mengalir ke penampungan.
Daerah penyimpanan air	Permukaan dibuat secara bertahap dan disediakan saluran untuk memindahkan air hujan.
Saluran masuk kolam	Dibuat saluran terbuka, tidak perlu inlet
Arus masuk	Melalui pipa special pts dan struktur penyebaran aliran air tidak menghasilkan erosi
Aliran yang keluar	Bawah kolam oleh pipa dan bagian tertinggi oleh pipa dan spillway
Sambungan pipa	Menggunakan karet ring
tanah	Pemadatan sesuai standar yang berlaku

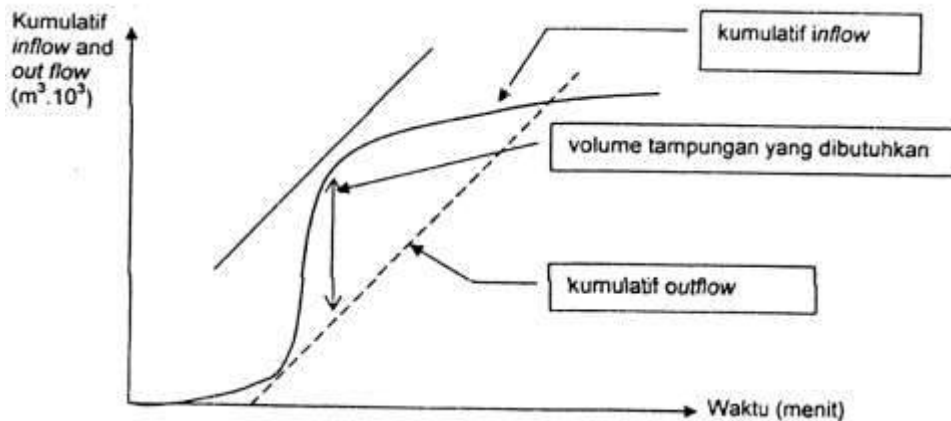
**Tabel V.11 Komponen Boezem**

Luas boezem :

- Data yang dibutuhkan untuk menentukan luas boezem dengan mengetahui volume banjir yang masuk dan volume air yang keluar dengan flood routing
- Selisih volume air yang masuk dan keluar dengan membuat double mass curve method
- Perhitungan banjir dengan metode Rational bentuk lengkungan massa hidrograf mendekati huruf S. Lengkungan massa menggambarkan jumlah kumulatif banjir vs. waktu



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**



**Gambar V.25 double curved mass method**

Langkah perencanaan :

- Hitung debit puncak banjir yang masuk dan buat hidrograf banjirnya
- Hitung volume kumulatif dengan selang waktu sebesar  $t$  menit
- Asumsikan bahwa debit yang keluar melalui saluran konstan
- Buat hidrograf keluaran saluran dan hitung volume air kumulatif dengan selang waktu  $t$  menit.
- Dengan Double curved mass method, volume air yang masuk dan keluar serta membuat garis sejajar dengan garis kumulatif air yang keluar dan bersinggungan di puncak kurva dari garis kumulatif air yang masuk didapat total volume air yang harus ditampung didalam kolam. Namun terkait perhitungan volume kolam bisa menggunakan hidrograf Rational
- Tentukan luas kolam yang dibutuhkan dengan batasan tinggi muka air maksimum yang diijinkan pada kolam
- Jika kolam dianggap berbentuk segi empat, luas kolam didapat dari volume air yang ditampung dalam kolam dibagi dengan tinggi air maximum yang diijinkan.

Tujuan utama dari bak penahan adalah untuk menyimpan limpasan dan mengurangi pelepasan puncak dengan memungkinkan aliran untuk dibuang kemudian pada tingkat yang terkendali, dan dalam waktu yang wajar. Laju pembuangan yang terkendali ini didasarkan pada kapasitas hilir yang terbatas (fasilitas regional dan lokal) atau pada batasan pada peningkatan aliran selama kondisi pra-pembangunan (hanya fasilitas lokal). Penahanan terbukti sangat bermanfaat dalam mengendalikan puncak banjir di daerah perkotaan. Penggunaan penahanan termasuk penahanan lokal seperti di saluran atau di dalam tempat parkir, dan penahanan regional, seperti danau rekreasi besar atau



waduk dan fasilitas penahanan off-line. Penting bahwa setiap penahanan yang diperpanjang (retensi) didukung oleh hak air yang valid yang memungkinkan untuk retensi tanpa memengaruhi hak air apa pun pada sistem aliran.

### **Perbedaan Antara Kolam Penahanan dan Retensi**

Jenis reservoir penyimpanan air hujan sangat banyak, tetapi pada dasarnya cocok dengan salah satu dari dua kategori: penahanan atau retensi. Kata "kolam" dan "kolam" digunakan secara bergantian saat digunakan dalam kaitannya dengan reservoir penahan dan penampung. Bak atau kolam penahan menahan air untuk sementara waktu, melepaskan air melalui pipa atau saluran melalui bendung, lubang, atau pompa. Karena kemampuannya untuk melepaskan aliran selama aliran masuk, volume keseluruhan penyimpanan yang diperlukan untuk peristiwa badai berkurang. Keuntungan lain dari kolam penahanan adalah cara positif untuk keluar, yang menghasilkan lebih sedikit masalah dengan genangan jangka panjang. Sebuah kolam retensi atau kolam menahan air tanpa pelepasan awal selama aliran masuk. Setelah peristiwa badai selesai, drainase kolam dapat terjadi karena penguapan dan perkolasi ke dalam tanah. Dalam beberapa kasus, waduk retensi mungkin juga melibatkan pipa atau pompa berpagar yang tertutup atau tidak berfungsi selama peristiwa badai. Namun, jika pipa atau pompa berpagar tersedia atau merupakan pilihan yang diinginkan, biasanya akan menguntungkan untuk melepaskan air selama aliran masuk air hujan, yang akan mengubah bak dari bak penahan menjadi bak penahan.

Perbedaan utama antara bak penahan atau bak penampung, adalah ada atau tidak adanya genangan air permanen, atau kolam. Ketinggian air dikendalikan oleh lubang aliran rendah. Dalam kebanyakan kasus, orifice adalah bagian dari struktur logam atau beton yang disebut riser. Kolam penahanan, atau kolam kering, memiliki tingkat lubang di dasar kolam dan tidak memiliki genangan air permanen. Semua air habis di antara badai dan biasanya tetap kering. Sebuah kolam retensi atau kolam memiliki riser dan orifice pada titik yang lebih tinggi dan karena itu menahan genangan air permanen. Kolam retensi terlihat seperti kolam biasa, tetapi memainkan peran penting dalam mengendalikan limpasan air hujan. Waduk penting untuk menyimpan dan memperlambat limpasan air hujan dari daerah terdekat, terutama daerah dengan aspal atau pembangunan beton. Limpasan air hujan mengalir jauh lebih cepat dari permukaan ini daripada daerah yang terjadi secara alami dan perlu dialihkan untuk memastikan limpasan terjadi pada tingkat yang diinginkan. Jumlah pembersihan dan perawatan air dibatasi. Waduk kering, atau waduk penahan, hanya mengontrol

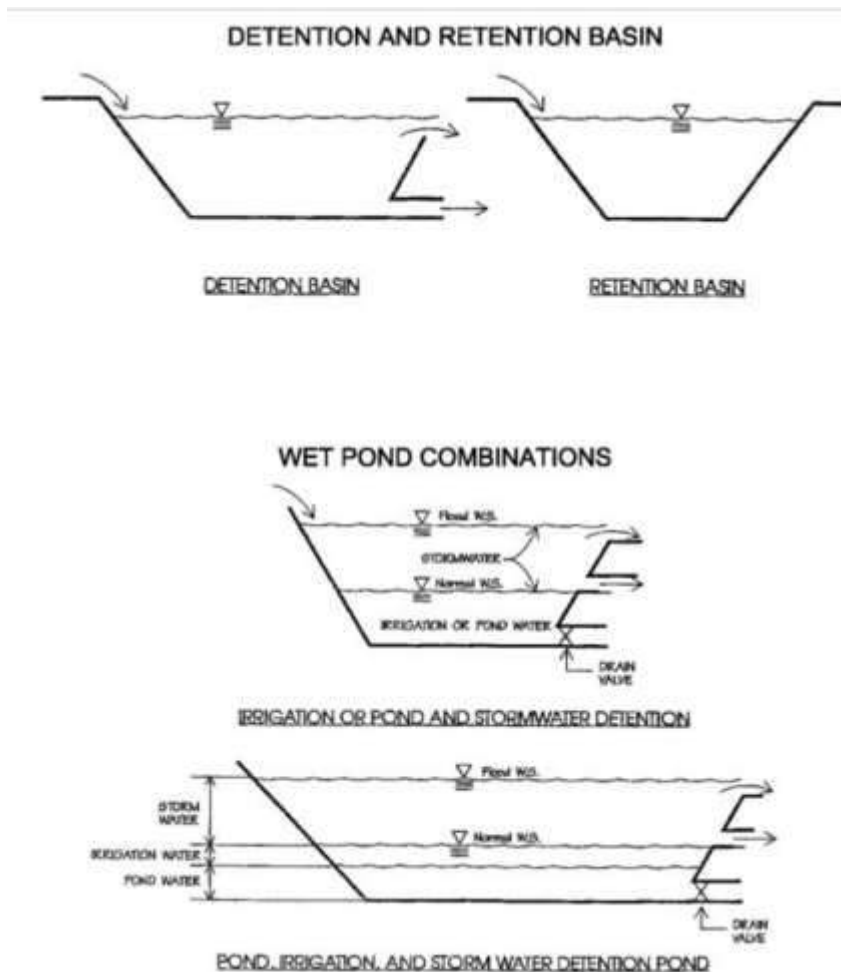


**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

aliran banjir. Kolam retensi juga dapat memberikan beberapa manfaat kualitas air dengan mengurangi polutan dan sedimen.



**Gambar V.26 Kolam Penahan dan Kolam Retensi**







**Gambar V.27 Kolam Penahan Retensi kombinasi**

### **Kolam Penahan Kering**

Kolam penahan kering paling baik digunakan di area yang memiliki lahan seluas sepuluh hektar atau lebih. Di lokasi yang lebih kecil, sulit untuk mengontrol kualitas air dan pilihan lain mungkin lebih sesuai. Kolam penahan kering umumnya menggunakan kemiringan yang sangat kecil untuk mengalirkan air. Saluran masuk harus tidak lebih dari 15% lebih tinggi dari saluran keluar untuk memastikan jumlah aliran air yang benar melalui sistem. Sistem ini bekerja dengan memungkinkan area pengumpulan yang besar, atau bak, untuk air. Air kemudian perlahan-lahan mengalir keluar melalui saluran keluar di bagian bawah bangunan. Terkadang balok beton dan bangunan lain berfungsi sebagai penghalang untuk memperlambat aliran air dan mengumpulkan puing-puing ekstra.

Kolam kering dapat dirancang untuk berbagai kondisi badai. Luas lahan yang tersedia untuk konstruksi, kemiringan situs dan area kontribusi merupakan faktor-faktor yang harus dipertimbangkan. Selain itu, saluran pelimpah darurat biasanya diperlukan untuk memberikan keamanan selama kejadian banjir. Meskipun kolam penahanan dapat bervariasi dalam ukuran dan bentuk, semuanya berfungsi untuk mengendapkan partikel air hujan dan mengurangi aliran puncak. Semua kolam dirancang terpisah dari pasokan air tanah setempat untuk mencegah pergerakan polutan terlarut dari air permukaan ke sumber air tanah



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**



kolam membantu pengelolaan banjir dan dapat meningkatkan kualitas air. Sedimen dan patogen terkait, nutrisi dan logam mengendap dari limpasan air hujan di kolam. Jika polutan memasuki sungai atau danau selama peristiwa badai, kolam mengganggu proses pengangkutan. Meskipun kedua jenis kolam memberikan manfaat kualitas air, kolam retensi memungkinkan interaksi biologis tambahan yang membantu meningkatkan kualitas air untuk nutrisi. Kolam penahanan biasanya menahan air hujan cukup lama untuk mengendapkan pasir dan partikel lanau yang lebih besar. Lumpur halus dan lempung tidak akan sempat mengendap dan akan terus menyusuri aliran air. Kolam retensi menahan air hujan untuk jangka waktu yang lebih lama dan bahkan memungkinkan sedimen halus untuk mengendap di dasar kolam

**Gambar V.28 Kolam Penahan Kering**

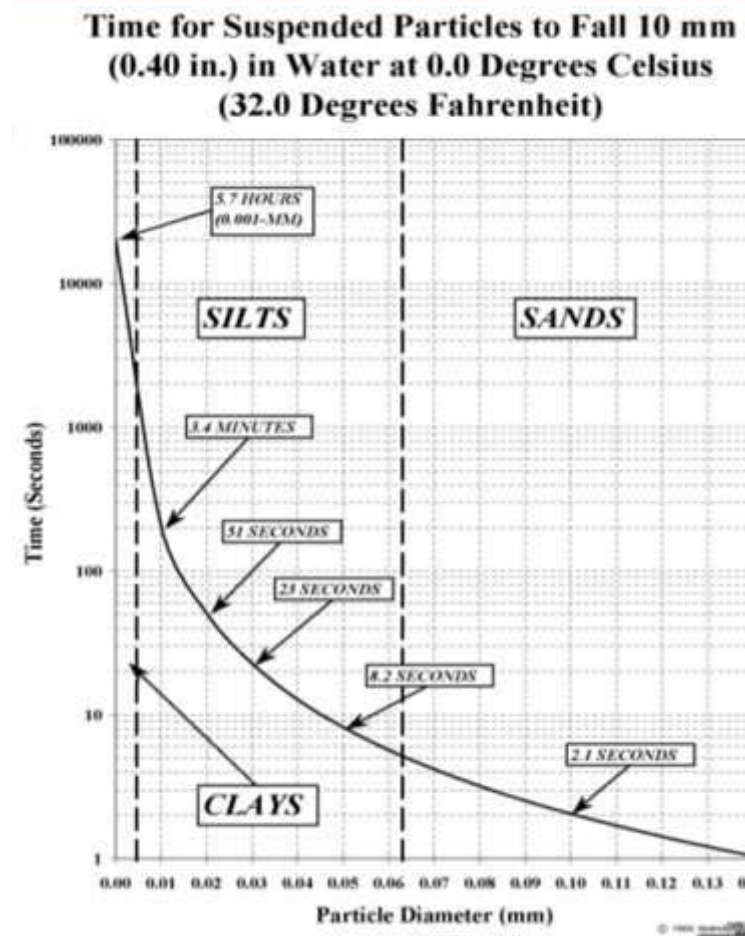
**Keuntungan**

- Daerah sekitarnya memiliki penyangga vegetatif yang tahan terhadap kondisi kering atau basah.
- Mungkin lebih murah untuk diterapkan daripada kolam retensi basah karena ukurannya umumnya lebih kecil.

**Kekurangan**

- Membutuhkan ruang yang besar.
- Tidak meningkatkan kualitas air.
- Bisa menjadi tempat berkembang biak nyamuk.
- Dapat mengurangi nilai properti, sedangkan kolam retensi dapat menambah nilai.

Protection Agency (EPA) memperkirakan tingkat penghapusan polutan berikut untuk kering kolam penahanan: Total padatan tersuspensi: 61% Total fosfor: 19% Nitrogen total: 31% Nitrat nitrogen: 9% Logam: 26 - 54%  
Sumber : <http://cfpub.epa.gov/npdes/stormwater/menuofbmps/index.cfm>. "Kolam Kering")



Gambar V.29 Tingkat penghapusan polutan Kolam Penahan Kering

### Kolam Retensi Basah

Kolam retensi basah adalah struktur pengendali air hujan yang menyediakan retensi dan penanganan limpasan air hujan yang terkontaminasi. Dengan menangkap dan menahan limpasan air hujan, kolam retensi basah mengontrol kuantitas dan kualitas air hujan. Proses alami kolam kemudian bekerja untuk menghilangkan polutan. Kolam retensi harus dikelilingi oleh vegetasi alami untuk meningkatkan stabilitas tepian dan meningkatkan manfaat estetika.

Air dialihkan ke kolam retensi basah oleh jaringan pipa bawah tanah yang menghubungkan saluran air hujan ke kolam. Sistem memungkinkan sejumlah besar air masuk ke kolam, dan saluran keluar mengeluarkan sejumlah kecil air sesuai kebutuhan untuk mempertahankan ketinggian air yang diinginkan.



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Dari sudut pandang kesehatan, selalu ada perhatian dengan genangan air. Ini bisa menjadi bahaya tenggelam, terutama pada anak-anak. Kolam juga dapat menarik nyamuk, yang dapat menyebabkan penularan beberapa penyakit.

**Keuntungan**

- Kolam retensi sederhana jika tersedia ruang.
- Mengumpulkan dan meningkatkan kualitas air.
- Mengolah air secara alami tanpa peralatan tambahan.
- Peningkatan pengumpulan air hujan dan pengendalian banjir.
- Habitat baru diciptakan.
- Dapat digunakan untuk tujuan rekreasi.

**Kekurangan**

- Bisa menjadi bahaya tenggelam.
- Dibutuhkan lahan yang luas.
- Dampak negatif kualitas air jika tidak dirancang dengan benar.
- Pertimbangan Pemeliharaan

Salah satu perawatan terpenting yang diperlukan untuk salah satu cekungan ini adalah untuk memastikan bahwa lubang tidak tersumbat atau tersumbat. Menjaga pipa bersih dari puing-puing akan memastikan kolam dan bak berfungsi dengan baik. Menjaga pemeliharaan dapat mengurangi biaya perbaikan yang mahal di masa mendatang. Perawatan lainnya meliputi:

Mengidentifikasi dan memperbaiki area erosi - Beberapa kali dalam setahun dan setelah badai besar, periksa selokan dan gangguan lain di tepi sungai.

menghilangkan sedimen dan puing-puing - Menjaga pipa bersih dari puing-puing dan menghilangkan sedimen memastikan fungsi yang tepat. Bersihkan kotoran di sekitar dan di kolam sebelum mencapai saluran keluar untuk mencegah masalah.

Pemeliharaan vegetasi - Jumlah pemeliharaan tergantung pada jenis vegetasi di sekitar DAS. Beberapa rumput perlu dipotong mingguan, dan yang lainnya dapat dipelihara beberapa kali dalam setahun.



**Gambar V.30 Retention Basin**

#### Local Detention Facilities

Fasilitas penahanan lokal biasanya dirancang dan dibiayai oleh pengembang atau pemilik properti lokal. Fasilitas tersebut dimaksudkan untuk memungkinkan pembangunan dengan melindungi situs dari kondisi banjir yang ada atau untuk melindungi properti hilir dari peningkatan limpasan yang disebabkan oleh pembangunan. Dua kelas fasilitas lokal didefinisikan di bawah ini.

(a) Local Minor : Fasilitas penahanan minor lokal didefinisikan sebagai melayani pembangunan tunggal dengan cekungan hidrologi lebih kecil dari atau sama dengan 20 hektar dan dirancang untuk mengurangi dampak peningkatan limpasan akibat pembangunan. Kapasitas saluran keluar umumnya didasarkan pada hidrologi pra-pembangunan, dan struktur penahan umumnya kecil (0,01 hingga satu acre-foot). Volume penyimpanan detensi dapat disediakan sebagai bak berlanskap kecil atau berumput, penyimpanan tempat parkir, atau kombinasi yang cocok dari semuanya.

(b) Local Mayor Fasilitas penahanan utama lokal didefinisikan sebagai melayani lebih dari satu pengembangan atau melayani cekungan hidrologi yang berukuran lebih dari 20 hektar. Fasilitas ini dapat berfungsi ganda. Mereka biasanya mengurangi masalah banjir yang ada untuk memungkinkan lebih banyak pembangunan dan / atau kontrol peningkatan limpasan yang disebabkan oleh pembangunan tambahan. Fasilitas ini mungkin menyimpan volume banjir yang signifikan dan



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

umumnya akan didanai oleh pengembang. Mereka mungkin menangani arus off-site dan on-site. Karena ukurannya yang lebih besar, bak-bak ini dirancang hampir sama dengan fasilitas penahanan regional.

#### Regional Detention Facilities

Fasilitas penahanan regional adalah yang diidentifikasi dalam rencana Pengelolaan Induk Stormwater Grand Valley saat ini atau sebagaimana ditetapkan oleh yurisdiksi lokal. Umumnya, fasilitas ini mengontrol aliran di saluran drainase utama, berukuran besar, dan dimiliki serta dipelihara oleh badan publik. Tujuan dari fasilitas ini adalah untuk secara signifikan mengurangi aliran hilir untuk memaksimalkan kapasitas sistem yang ada dan mempertahankan aliran pada atau di bawah laju historis.

#### Drainage Fee.

Pengembang mungkin diberi pilihan untuk membayar biaya drainase sebagai pengganti menyediakan fasilitas penahanan yang memadai. Opsi seperti itu dapat dipertimbangkan hanya jika pengembang menyelesaikan analisis teknik untuk menunjukkan bahwa semua fasilitas hilir memiliki kapasitas yang memadai untuk menangani arus yang tidak tertahan dari pembangunan yang diusulkan.

#### Dasar biaya drainase.

- Untuk tujuan pengelolaan air hujan, biaya yang dinilai untuk pembangunan yang ada dan yang baru untuk mengimbangi biaya penyediaan fasilitas dan layanan drainase biasanya dikategorikan sebagai biaya dampak atau biaya utilitas.
- Biaya dampak didasarkan pada biaya peningkatan layanan drainase di dalam DAS, dibagi di antara semua pembangunan baru di DAS. Dasar untuk berbagi biaya bisa sesederhana ukuran keran air dan serumit menghitung sifat kedap air, kemudian membuat penyesuaian untuk berbagai praktik pengelolaan terbaik, seperti penahanan. Biaya dampak adalah biaya satu kali untuk pengembangan baru.
- Biaya utilitas didasarkan pada biaya peningkatan dan pemeliharaan layanan drainase di dalam DAS untuk memenuhi standar atau tingkat layanan saat ini. Biaya utilitas sering kali dinilai untuk semua



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

properti, dikembangkan atau tidak, dan seringkali terbatas pada pemeliharaan sistem dan perbaikan modal kecil. Biaya utilitas biasanya dibebankan setiap bulan.

- Karena biaya yurisdiksi lokal adalah biaya sebagai pengganti penahanan untuk pembangunan baru, itu dianggap sebagai biaya berdampak terbatas.

Tes kewajaran yang diterapkan untuk mempengaruhi biaya meliputi :

- Biaya dampak sistem harus dikaitkan dengan jumlah perbaikan drainase yang diperlukan untuk memenuhi standar lokal.
- Biaya dampak hanya mencakup biaya modal dan biaya terkait (yaitu, teknik, administrasi konstruksi, dll.) Untuk perbaikan.

Perhitungan biaya drainase :

$$\text{Drainage Fee (\$)} = B(C_D - C_H)A^{0.7}$$

B = Biaya tetap (ditetapkan setiap tahun oleh Dewan Kota yurisdiksi lokal)

CD = Koefisien limpasan 100 tahun (dinyatakan sebagai desimal) berdasarkan kondisi penggunaan lahan yang dikembangkan

CH = Koefisien limpasan 100 tahun (dinyatakan sebagai desimal) berdasarkan kondisi penggunaan lahan yang telah dikembangkan sebelumnya

A = Area pengembangan (hektar)

### **Detention untuk pengelolaan kualitas air hujan.**

Selain tujuan utama fasilitas penahanan dan retensi untuk mengurangi aliran puncak, fasilitas tersebut dapat diadaptasi untuk meningkatkan kualitas air hujan. Saluran keluar untuk bak penahanan dapat dirancang untuk memungkinkan laju pelepasan yang lebih lambat dan dengan demikian memberikan waktu bagi polutan partikulat untuk mengendap dari air hujan. Wastafel semacam itu disebut extended detention basins (EDB). Direkomendasikan agar saluran keluar EDB dirancang untuk mengeringkan bak penuh sepenuhnya dalam 48 jam, memungkinkan pembuangan sebagian besar polutan yang tidak larut dengan pengoperasian dan pemeliharaan yang tepat.

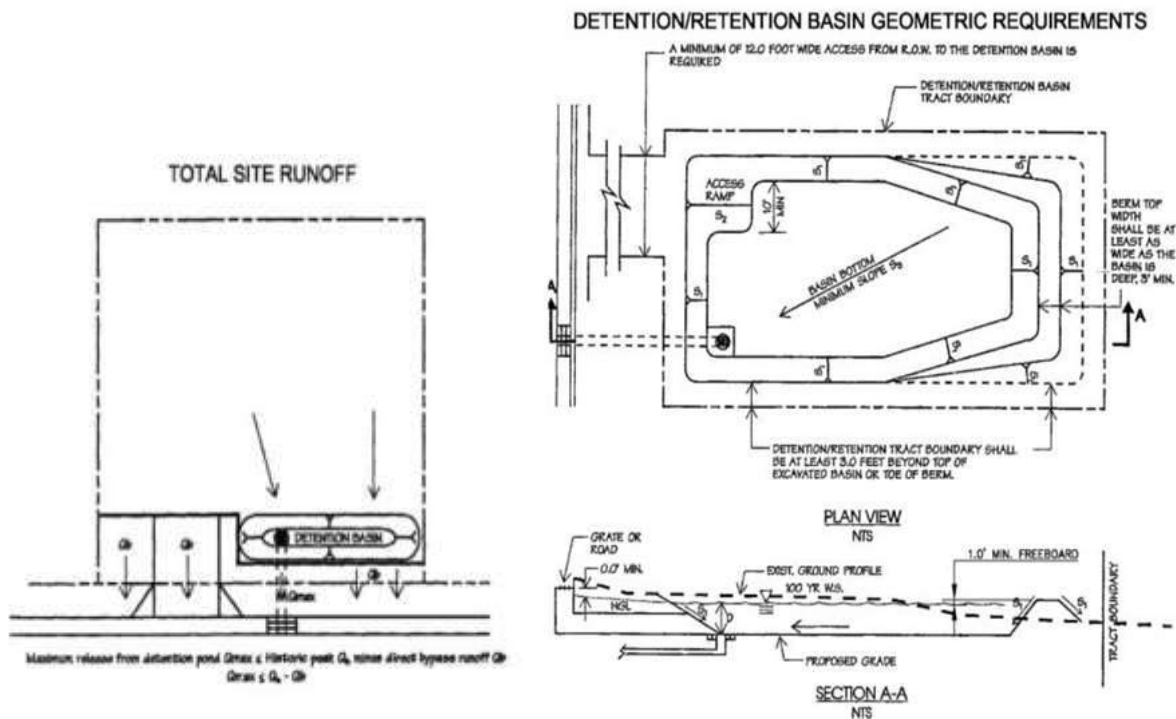
Kolam retensi (RP) adalah fasilitas sedimentasi yang dirancang untuk memiliki kolam air permanen. Kolam air ini bercampur dengan air hujan selama peristiwa limpasan badai dari badai yang sering terjadi dan memungkinkan terjadinya sedimentasi sehingga peningkatan kualitas air dapat terjadi. Untuk badai yang sering terjadi, EDB dan RP menangkap limpasan total sebagai biaya



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

tambahan. Namun, dalam kasus RP, air hujan dibiarkan bercampur dengan air kolam permanen karena naik di atas permukaan kolam permanen. Semua air dengan biaya tambahan di atas permukaan kolam permanen harus dialirkan selama 48 jam. Rincian terkait dengan desain EDB dan RP dapat ditemukan di Bab 28.60 GJMC, Pengendalian Aliran Air Badai di Lokasi Konstruksi, dan Bab 28.64 GJMC, Pengelolaan Air Badai Pasca-Konstruksi. Untuk penahanan 100 tahun, volume kualitas air dianggap sebagai bagian dari volume yang dibutuhkan untuk tujuan penahanan.

**Kriteria Design**

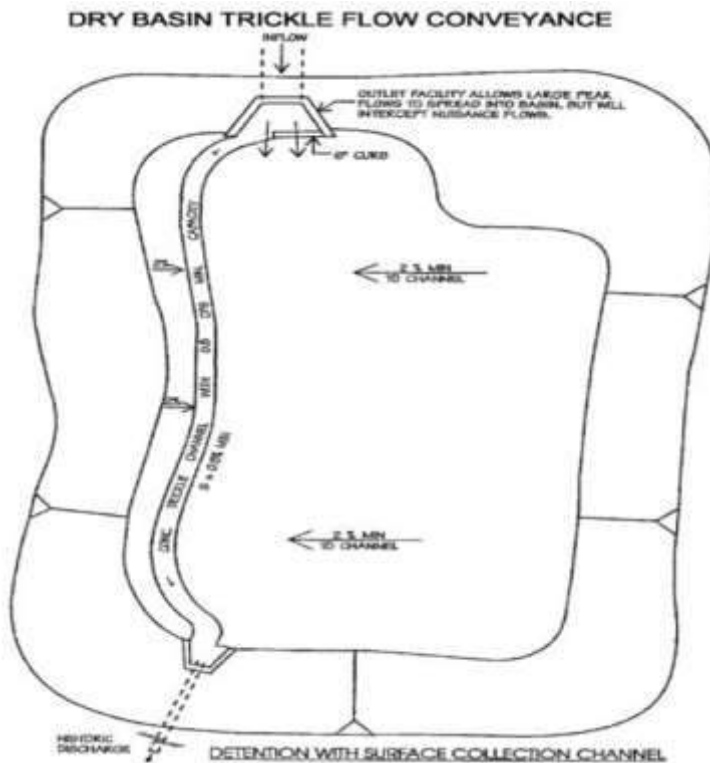


**Gambar V.31 Kriteria Desain Kolam Retensi**





**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

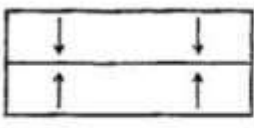
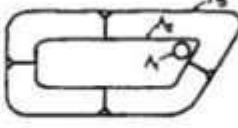



Sebagian besar sistem pengangkutan drainase dirancang untuk mengalihkan bahkan aliran gangguan kecil ke fasilitas penyimpanan air hujan. Untuk bak kering, hal ini dapat menimbulkan masalah estetika dan perawatan. Fasilitas pengangkutan ke bak kering harus mampu mengangkut aliran ke fasilitas saluran keluar daripada menyebabkan kondisi rawa yang tidak dapat dipertahankan dengan baik. Fasilitas yang menyampaikan aliran tetesan atau gangguan, seperti dari alat penyiram irigasi, harus memadai untuk mengalirkan setidaknya 0,5 cfs

Gambar V.32 Kolam Retensi



**CALCULATING STORAGE VOLUME**

<b>BASIN SHAPE</b>			
<b>BASIN TYPE</b>	VERTICAL WALLS AND/OR PRISMATIC BASINS	FAIRLY UNIFORM SHAPE AND SIDE SLOPES	OR HIGHLY IRREGULAR SHAPE AND SIDE SLOPES
<b>VOLUME CALCULATION METHOD</b>	AVERAGE END AREA METHOD	CONIC METHOD	
<b>EQUATION</b>	$V = \left( \frac{A_n + A_{n+1}}{2} \right) L$	$V = \sum V_{n \text{ to } n+1}$ $V_{n \text{ to } n+1} = \left[ A_n + A_{n+1} + \frac{(A_n A_{n+1})^{0.5}}{3} \right] h$	
<p>WHERE: <math>V</math> = VOLUME (ft<sup>3</sup>)  <math>A_n</math> = HORIZONTAL AREA (ft<sup>2</sup>) AT ELEVATION "n"  <math>A_{n+1}</math> = HORIZONTAL AREA (ft<sup>2</sup>) AT ELEVATION "n+1"  <math>h</math> = VERTICAL HEIGHT (ft) BETWEEN ELEVATION "n" AND "n+1"  <math>V_{n \text{ to } n+1}</math> = VOLUME BETWEEN ELEVATION "n" AND "n+1"  <math>L</math> = LENGTH (ft) BETWEEN TWO ENDS</p> <p>NOTE: THE ABOVE EQUATIONS MAY BE USED IN SUCCESSION FOR INCREMENTAL HEIGHTS WITHIN A BASIN. AN AREA SHOULD BE SELECTED AT ALL SIGNIFICANT CHANGES IN SHAPE OR SIDE SLOPE.</p>			

**Gambar V.33 Volume Kolam Retensi**

1. Penutup tanah dan lansekap.  
Setelah penilaian akhir, lereng dan dasar setiap kolam penahanan dan penahan harus dilindungi dari erosi dengan penyemaian dan mulsa, sodding atau penutup tanah lain yang disetujui dan harus sesuai dengan spesifikasi yurisdiksi. Penanaman pohon dan semak di lereng cekungan air hujan juga dianjurkan. Sistem irigasi sementara dan / atau permanen harus disediakan sesuai kebutuhan untuk jenis penutup tanah dan lanskap yang dipasang dan disetujui.
2. Persyaratan Freeboard.  
Freeboard minimum yang dibutuhkan untuk fasilitas penahanan / retensi ruang terbuka adalah 1,0 kaki di atas ketinggian permukaan air 100 tahun yang dihitung.
3. Perlindungan tanggul.



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Kapanpun kolam penahanan menggunakan tanggul untuk menampung air, tanggul harus dilindungi dari bencana kegagalan akibat limpasan. Limpasan dapat terjadi ketika outlet kolam terhalang atau ketika badai lebih dari 100 tahun terjadi. Perlindungan dari kegagalan untuk tanggul dapat diberikan dalam bentuk lapisan riprap berat yang terkubur di seluruh permukaan hilir tanggul atau saluran pelimpah darurat terpisah yang memiliki kapasitas minimum dua kali laju pelepasan maksimum untuk badai 100 tahun. Struktur tidak diizinkan di jalur pelimpah darurat atau pelimpah. Pembalikan spillway darurat harus diatur sama dengan atau di atas elevasi permukaan air 100 tahun.

4. Desain saluran masuk dan keluar.

Saluran keluar dari bak penahanan harus terdiri dari CAP atau RCP pendek (maksimum 25 kaki) dengan diameter minimum 18 inci. Beberapa saluran keluar pipa mungkin diperlukan untuk mengontrol frekuensi desain yang berbeda. Pembalikan pipa saluran keluar terendah harus dipasang pada titik terendah di kolam penahanan atau di atas kolam minimum, jika ada. Pipa pelepasan harus dibuang ke manhole standar atau ke saluran pembuangan dengan perlindungan erosi yang tepat untuk struktur yang diusulkan. Jika pelat orifice diperlukan untuk mengontrol laju pelepasan, pelat tersebut harus digantung agar terbuka ke dalam pipa penahan untuk memfasilitasi pembilasan kembali dari pipa pelepasan. Saluran masuk ke pipa penahan dapat melalui saluran masuk permukaan dan / atau dengan sistem saluran pembuangan badai pribadi setempat.

5. Offsite Flows

Jarang sekali terjadi pembangunan baru yang terdiri dari seluruh DAS. Alih-alih, pembangunan paling sering dilakukan di dalam bak drainase yang lebih besar. Ini berarti bahwa jika pembangunan baru tidak terletak di tepi paling hulu dari suatu cekungan drainase, kemungkinan besar akan menerima aliran lembaran, jika bukan aliran terkonsentrasi, dari daerah-daerah di luar lokasi. Pengembang harus melihat tidak hanya pada pengembangan baru tetapi juga pada topografi sekitarnya untuk menentukan seberapa banyak area off-site mengalir ke situs pengembangan baru. Untuk desain drainase pembangunan baru, ada dua pertimbangan untuk mengakomodasi limpasan badai di luar lokasi, laju limpasan puncak dari area di luar lokasi dan perutean limpasan badai di luar lokasi relatif terhadap perkembangan baru.

**Tingkat Limpasan Badai Puncak.**

- a. Area Off-Site yang Belum Dikembangkan. Tingkat limpasan dari area off-site yang belum dikembangkan tetapi memiliki rencana pengembangan yang komprehensif (comp plan) akan



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

dihitung dengan menggunakan nilai kedap air pada Tabel 28.28.020 untuk penggunaan lahan atau karakteristik permukaan yang ditentukan oleh comp plan. Laju limpasan dari area off-site yang belum dikembangkan dan tidak memiliki rencana kompas akan dihitung dengan menggunakan ketahanan 45 persen seperti yang ditentukan dalam Tabel 28.28.020 (atau seperti yang ditentukan oleh yurisdiksi lokal).

- b. Area Off-Site yang Dikembangkan. Tingkat limpasan dari area off-site yang dikembangkan harus ditentukan dengan menghitung kekekalan aktual area tersebut menggunakan laporan drainase yang disetujui, foto udara, dan investigasi lapangan. Jika informasi ini tidak tersedia, ketahanan harus ditentukan berdasarkan lahan umum. Penurunan laju limpasan puncak dari penahanan hanya dapat diasumsikan untuk pembangunan yang dipastikan memiliki fasilitas penahanan dan harus mendapat persetujuan dari yurisdiksi setempat. Tingkat pembuangan dari fasilitas penahanan ini harus diasumsikan sebagai tingkat yang disetujui dalam laporan drainase akhir untuk setiap daerah hulu di luar lokasi yang memiliki fasilitas penahanan.

**Routing of Off-Site Storm Runoff**

- a. Merutekan Perkembangan Baru.

Idealnya, pembangunan baru akan dinilai sehingga limpasan badai di luar lokasi dialihkan ke sekitar pembangunan berdasarkan kecepatan puncak yang ditentukan dalam sub-bagian (a) bagian ini. Jika metode ini dipilih, aliran di luar situs harus diarahkan ke jalur historisnya segera di bagian hilir pengembangan baru. Aliran terkonsentrasi yang mengalir ke pengembangan harus dipertahankan karena aliran terkonsentrasi di bagian hilir pengembangan dan aliran sheet harus dipertahankan sebagai aliran sheet.

- b. Routing Melalui Perkembangan Baru.

Jika situs tidak dapat dinilai untuk mengakomodasi perutean ulang aliran di luar situs, kolam penahanan pengembangan harus disesuaikan untuk memperhitungkan aliran di luar situs yang masuk ke pengembangan baru dan mengalirkan ke kolam penahanan baru. Ada kemungkinan bahwa perutean limpasan di luar lokasi melalui kolam penahanan baru akan secara signifikan mengubah persyaratan volume dan saluran keluar dari kolam penahanan baru. Efek dari jalur limpasan badai dari area off-site melalui kolam penahanan baru harus ditentukan dengan metode rute hidrograf. Hidrograf dari area off-site, dengan asumsi kondisi pengembangan akhir tanpa detensi, harus dihasilkan untuk mencapai volume limpasan total. Hidrograf kondisi yang



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

dikembangkan kemudian harus dipotong pada laju pelepasan yang diijinkan dan diperpanjang dalam waktu sedemikian rupa sehingga total volume limpasan sama. Hidrograf yang dimodifikasi ini adalah representasi yang wajar dari limpasan pembangunan akhir yang dialihkan melalui kolam penahanan dalam pengembangan di luar lokasi.

Hidrograf off-site yang dimodifikasi kemudian ditambahkan ke hidrograf kondisi yang dikembangkan untuk pengembangan baru (dengan asumsi tidak ada penahanan di tempat). Hidrograf komposit ini kemudian akan dialihkan melalui kolam penahanan baru untuk memverifikasi bahwa tingkat pelepasan dari kolam penahanan baru memenuhi tingkat pelepasan yang diijinkan. Dalam hal ini, rasio rilis yang diizinkan adalah jumlah dari rasio rilis yang diizinkan baik dari area luar situs dan pengembangan baru. Desain kolam penahanan mungkin memerlukan iterasi pada volume penahanan dan konfigurasi saluran keluar untuk mencapai hasil yang diperlukan.

6. Retention

Kriteria minimum :

- a. Kolam retensi harus terkuras dalam waktu 48 jam dari semua peristiwa badai hingga peristiwa badai 100 tahun, yang dimulai baik saat awal badai atau saat limpasan pertama kali mencapai cekungan. Volume limpasan total harus ditentukan dengan menghitung kedap air kemudian mengubahnya menjadi nomor kurva (CN) mengikuti prosedur pada Bab 28.28 GJMC. Dengan menggunakan CN, curah hujan berlebih untuk badai rancangan Badai rancangan adalah curah hujan 24 jam sebesar 2,01 inci dikalikan dengan faktor 1,5.
- b. Desain kolam retensi harus didukung oleh data konduktivitas hidrolis vertikal untuk tanah bawah permukaan dan / atau batuan yang diperoleh melalui uji keteknikan yang sesuai seperti uji sel tri-aksial, uji permeameter, atau uji akuifer konduktivitas vertikal. oleh insinyur geoteknik berpengalaman yang akrab dengan tanah dan geologi Mesa County. Data uji kemudian harus digunakan dalam perhitungan yang sesuai untuk menentukan ukuran waduk penahan yang diperlukan dan waktu yang diperlukan untuk infiltrasi lengkap dari peristiwa badai 100 tahun. Salah satu model berikut harus digunakan untuk mendemonstrasikan desain memenuhi semua kriteria:

- (1) Hydrus-2D (Departemen Pertanian AS, Layanan Penelitian Pertanian).
- (2) SEEP / W (GeoSlope International, Inc.).



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

- (3) Model yang setara (dengan persetujuan yurisdiksi lokal).
- Ketika menggunakan data konduktivitas hidrolis vertikal dalam perhitungan ini, nilai K jenuh hanya digunakan jika telah dibuktikan bahwa media infiltrasi di sepanjang jalur infiltrasi sudah jenuh. Jika jalur infiltrasi dicirikan oleh kondisi tak jenuh, nilai K sebagian jenuh harus digunakan untuk perhitungan infiltrasi.
  - Tindakan yang meminimalkan sedimen masuk dan menyumbat permukaan kolam harus diterapkan. Ini termasuk cekungan pra-sedimen dan / atau pemindahan sedimen yang sering. Kedalaman penyimpanan harus diminimalkan dan luas permukaan harus dimaksimalkan untuk tujuan infiltrasi. Sisi kolam yang dibasahi tidak boleh dimasukkan dalam area yang digunakan untuk menghitung pelepasan infiltrasi.
  - Limpahan darurat dari area retensi harus disediakan dengan kapasitas minimum 100 tahun laju aliran masuk puncak. Jalur luapan harus dipilih dengan hati-hati dan dianalisis untuk kapasitas dan dampak hilir. Luapan harus ditempatkan pada permukaan air dengan volume retensi maksimum. Minimal 1,0 kaki freeboard harus disediakan di atas permukaan air volume retensi maksimum.
  - Sebuah rencana pemeliharaan operasi harus dikembangkan dan menjadi bagian dari perjanjian pembangunan yang mencakup persyaratan pemantauan dan pelaporan dan penalti untuk ketidakpatuhan. Rencana ini mungkin mencakup pemompaan untuk memenuhi persyaratan waktu pengurasan dan harus mempertimbangkan bahwa mungkin ada pemadaman listrik selama badai besar.

Minimum Volume Detention :

$$V = KA$$

For the 100-year,

$$K_{100} = (1.78P - 0.002P^2 - 3.56)(X_{100}/900)$$

For the 10-year,

$$K_{10} = (0.95P - 1.90)(X_{10}/1,000)$$

**Gambar V.34 Volume minimum Detention**

Dimana :



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

- V = required volume for the 100- or 10-year storm (acre-feet)  
P = Developed basin imperviousness (percent)  
A = Tributary area (acres)  
X = Mesa County and the other local jurisdictions adjustment factor per **Table**

<b>Ultimate Development Percent Imperviousness</b>	<b>X<sub>100</sub></b>	<b>X<sub>10</sub></b>
< 50%	0.42	0.26
≥ 50%	0.48	0.38

**Tabel V.12 Detention – Volume Adjustment Factor**

<b>Control Frequency</b>	<b>Soil Group</b>		
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
10-year	0.05	0.09	0.12
100-year	0.25	0.43	0.50

**Tabel V.13 Allowable Release Rates for Detention Ponds (cfs/acre)**

**Analisis kompensasi penahanan.**

(a) Jika limpasan badai akan dibuang dari properti tanpa terlebih dahulu dialihkan melalui kolam penahanan, fasilitas penahanan di tempat harus dirancang dengan menggunakan prosedur penahanan kompensasi. Total dari semua area yang tidak dipertahankan tidak boleh melebihi lima persen atau 5.000 kaki persegi, mana yang lebih kecil.

(b) Penahanan kompensasi didasarkan pada asumsi berikut:

- Debit puncak 10 dan 100 tahun dari properti dari area yang tertahan dan tidak tertahan ketika ditambahkan bersama-sama tidak akan lebih besar dari debit yang diperbolehkan. Oleh karena itu, semakin banyak pelepasan limpasan badai yang tidak dapat ditahan dari lokasi, semakin sedikit kolam penahanan yang diizinkan untuk dilepaskan, yang membutuhkan volume penahanan yang lebih besar secara proporsional.



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

- Terlepas dari metode yang digunakan, volume kolam penahanan harus disesuaikan untuk menghasilkan penurunan laju pembuangan. Untuk metode HEC-1, volume detensi ditentukan menggunakan hidrograf limpasan aktual dan rute penyimpanan berdasarkan konfigurasi outlet. Untuk metode rasional, peningkatan volume dilakukan hanya dengan menghitung volume berdasarkan luas keseluruhan properti, bukan hanya luas anak sungai ke kolam detensi. Ini adalah asumsi yang masuk akal mengingat batasan luas lima persen atau 5.000 kaki persegi pada area yang tidak tertahan.
- (c) Prosedur penahanan kompensasi diberikan dalam enam langkah di bawah ini. Prosedur berikut berlaku untuk HEC-1 dan metode metode rasional untuk menentukan volume detensi, kecuali disebutkan lain secara khusus.
- Langkah 1. Jika area yang tidak dipertahankan kurang dari lima persen dari total area proyek atau 5.000 kaki persegi, mana saja yang lebih kecil, lanjutkan. Jika tidak, maka area yang tidak dipertahankan harus dikurangi ukurannya atau tata letak situs direvisi agar sesuai dengan SWMM.
  - Langkah 2. Tentukan tingkat pelepasan yang diizinkan untuk kejadian banjir 10 dan 100 tahun berdasarkan kondisi lokasi pra-proyek dengan menggunakan seluruh area
  - Langkah 3. Tentukan tingkat limpasan pasca proyek untuk banjir 10 dan 100 tahun hanya untuk daerah yang tidak tertahan.
  - Langkah 4. Tentukan tingkat pelepasan yang diperbolehkan disesuaikan dengan mengurangi tingkat limpasan dari pasca-proyek, area tak tertahan dari tingkat pelepasan yang diijinkan pada Langkah 2.
  - Langkah 5. Tentukan volume penyimpanan minimal 100 tahun dan 10 tahun yang dibutuhkan untuk area anak sungai ke kolam penahanan. berdasarkan luas keseluruhan proyek, bukan hanya luas anak sungai ke kolam detensi.
  - Langkah 6. Tentukan konfigurasi saluran keluar akhir yang menghasilkan tingkat pelepasan yang diperbolehkan disesuaikan pada volume penahanan yang dihitung untuk seluruh situs.

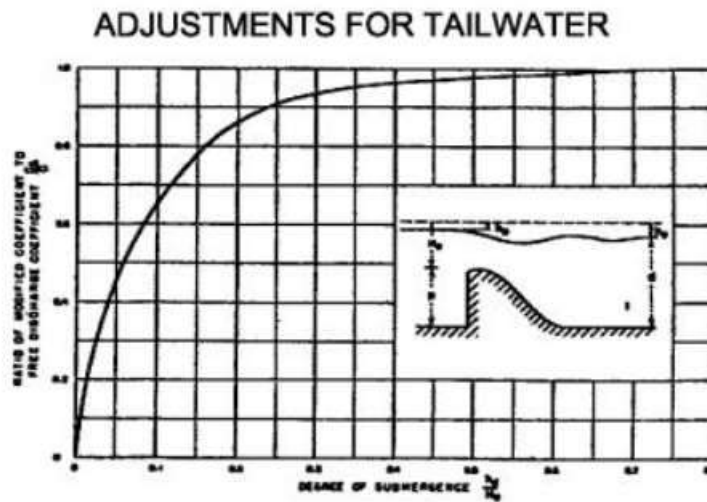




WEIR FLOW COEFFICIENTS

SHAPE	COEFFICIENT	COMMENTS	SCHEMATIC
Sharp Crested	-		
Projection Ratio (H/P = 0.4)	3.4	H < 1.0	
Projection Ratio (H/P = 2.0)	4.0	H > 1.0	
Broad Crested			
W/Sharp U/S Corner	2.6	Minimum Value Critical Depth	
W/Rounded U/S Corner	3.1		
Triangular Section	-		
A) Vertical U/S Slope	-		
1:1 D/S Slope	3.8	H > 0.7	
4:1 D/S Slope	3.2	H > 0.7	
10:1 D/S Slope	2.9	H > 0.7	
B) 1:1 U/S Slope	-		
1:1 D/S Slope	3.8	H > 0.5	
3:1 D/S Slope	3.5	H > 0.5	
Trapezoidal Section			
1:1 U/S Slope, 2:1 D/S Slope	3.4	H > 1.0	
2:1 U/S Slope, 2:1 D/S Slope	3.4	H > 1.0	
Road Crossings			
Gravel	3.0	H > 1.0	
Paved	3.1	H > 1.0	

Gambar V.35 Koefisien aliran bendung

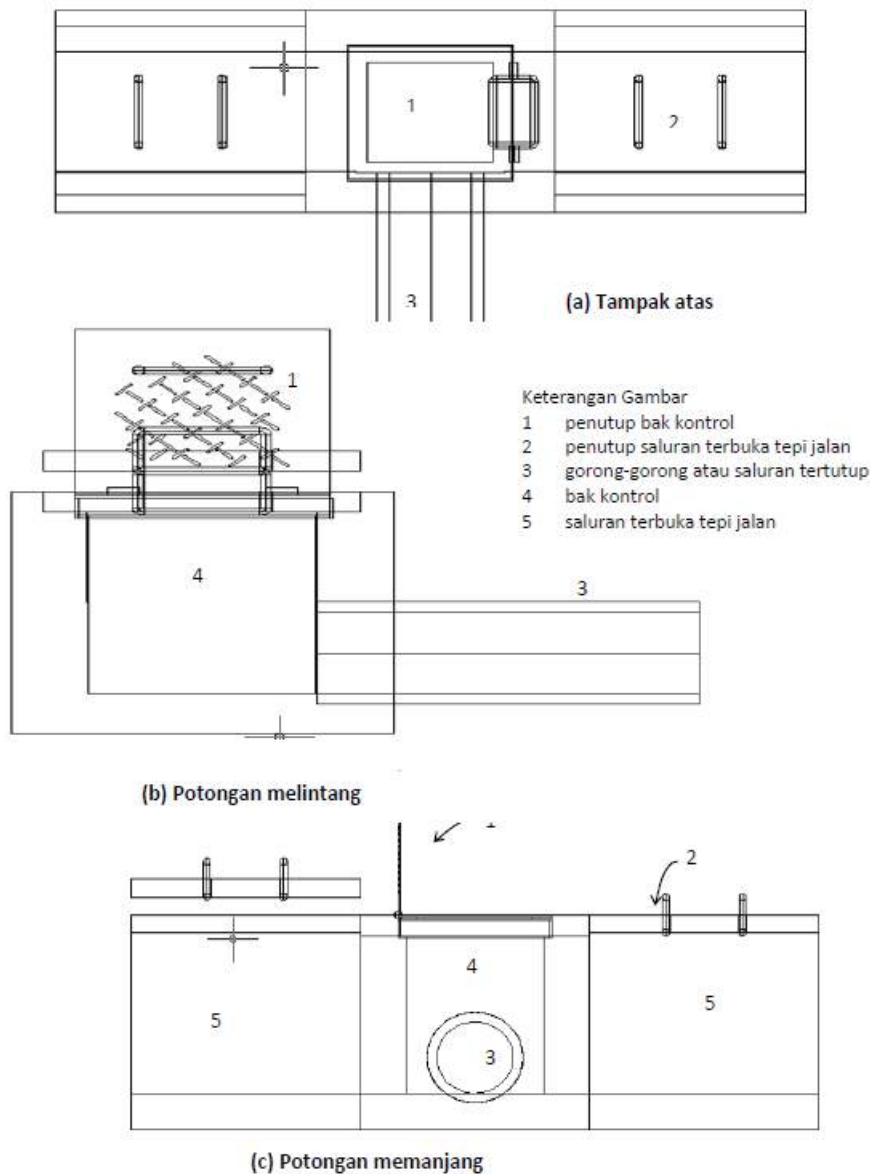


Gambar V.36 Penyesuaian untuk Tailwater



### 5.7. BAK KONTROL

Bak kontrol merupakan tempat masuknya air (*inlet*), tempat sementara menampung sedimen dan merupakan ruang akses bagi jaringan pipa serta untuk pemeliharaan. Ukuran bak kontrol disesuaikan dengan kondisi lapangan dan juga mudah, aman dalam melakukan inpeksi dan pemeliharaan rutin (bak kontrol mudah dibuka dan ditutup) serta aman bagi pejalan kaki (untuk saluran tertutup yang berada di bawah trotoar).



Gambar V.37 Contoh gambar kerja bak kontrol

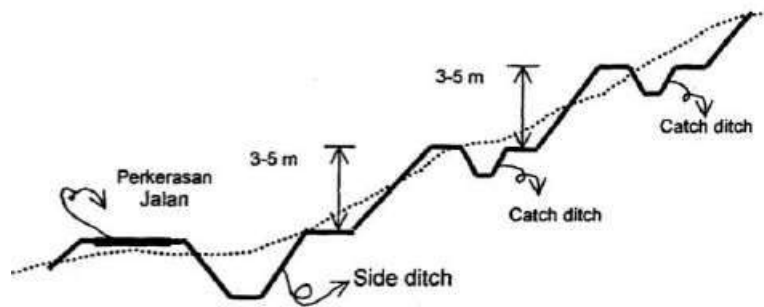


**Gambar V.38 contoh bentuk bak kontrol**

### **5.8. SALURAN PENANGKAP (CATCH DITCH)**

Saluran samping jalan (*side ditch*) harus diperhitungkan mampu untuk menampung dan mengalirkan air hujan dari permukaan serta menampung dan mengalirkan air hujan yang berasal dari daerah penguasaan dan atau dari daerah pengaliran (*catchment area*) di sekitar saluran samping. Kadang-kadang air yang berasal dari *catchment area* di sekitar saluran samping jalan yang harus ditampung oleh *side ditch* terlalu besar. Hal itu dapat terjadi pada jalan yang berada di daerah-daerah dataran tinggi (perbukitan/pegunungan). Menghasilkan dimensi saluran samping jalan yang masih cukup tepat dan atau tidak terlampaui besar serta untuk menghindari terjadinya erosi pada lereng tebing di samping jalan, maka tidak seluruh aliran air ditampung ke dalam saluran samping jalan, tapi ditangkap/dicegat dulu oleh saluran penangkap/pencegat (*catch ditch*) yang dibuat di sebelah atas saluran samping/di bagian atas lereng galian. Air dari saluran penangkap selanjutnya dibuang ke tempat lain.

Seperti saluran samping, jenis aliran di dalam saluran penangkap sedapat mungkin harus direncanakan sebagai aliran bebas atau aliran saluran terbuka, yaitu aliran air dengan permukaan bebas (*free surface flow*). Perencanaan saluran penangkap dengan aliran super kritis harus sedapat mungkin dihindarkan, karena akan menyebabkan ketidakstabilan saluran dan biaya konstruksi yang mahal. Kelandaian minimum dasar saluran penangkap hendaknya direncanakan sebagaimana ketentuan untuk saluran samping, yaitu 1 : 200 (0,50%).



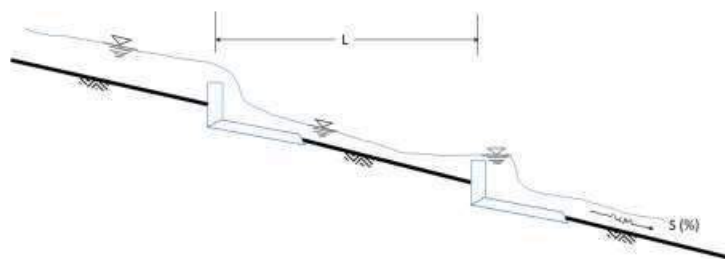
Gambar V.39 Contoh Catch ditch

Kelandaian dasar saluran penangkap harus diatur supaya dapat mempertahankan kecepatan aliran maksimum yang diijinkan. Untuk mengendalikan erosi di saluran penangkap bilamana kecepatan aliran yang direncanakan cukup besar, adalah dengan memberi pasangan pada saluran, yaitu pasangan bronjong atau pasangan batu kali. Bilamana kecepatan aliran tidak terlalu tinggi, maka saluran diberi gebalan rumput.

#### 5.9. PEMATAH ARUS

Pematah arus untuk mengurangi kecepatan aliran diperlukan untuk saluran yang panjang dan mempunyai kemiringan cukup besar dengan jarak pemasangan pematah arus ( $L_p$ )

Kemiringan memanjang (is)	Jarak pematah arus ( $L_p$ )
6	16 m
7	10 m
8	8 m
9	7 m
10	6 m



Gambar V.40 Contoh pematah arus



### 5.10. SUMUR RESAPAN

Konsep dasar sumur resapan pada hakekatnya adalah memberi kesempatan dan jalan pada air hujan yang jatuh di atap atau lahan yang kedap air untuk meresap ke dalam tanah dengan jalan menampung air tersebut pada suatu sistem resapan. Berbeda dengan cara konvensional dimana air hujan dibuang/dialirkan ke sungai diteruskan ke laut, dengan cara seperti ini dapat mengalirkan air hujan ke dalam sumur-sumur resapan yang dibuat di halaman rumah. Sumur resapan ini merupakan sumur kosong dengan kapasitas tampungan yang cukup besar sebelum air meresap ke dalam tanah. Dengan adanya tampungan, maka air hujan mempunyai cukup waktu untuk meresap ke dalam tanah, sehingga pengisian tanah menjadi optimal. Konstruksi ini mendukung prinsip drainase berwawasan lingkungan.

Secara teoritis, volume dan efisiensi sumur resapan dapat dihitung berdasarkan keseimbangan air yang masuk ke dalam sumur dan air yang meresap ke dalam tanah (Sunjoto, 1988) dan dapat dituliskan sebagai berikut :

$$H = \frac{Q}{FK} \left( 1 - e^{-FKT/m^2} \right)$$

Dengan :

H = tinggi muka air dalam sumur (m)

F = faktor geometrik (m)

Q = debit air masuk

T = waktu pengaliran (detik)

K = koefisien permeabilitas tanah (m/dt)

R = jari-jari sumur (m)

Faktor geometrik tergantung pada berbagai keadaan sebagaimana dapat dilihat pada gambar dan secara umum dapat dinyatakan dalam persamaan :  $Q0 = F \cdot K \cdot H$

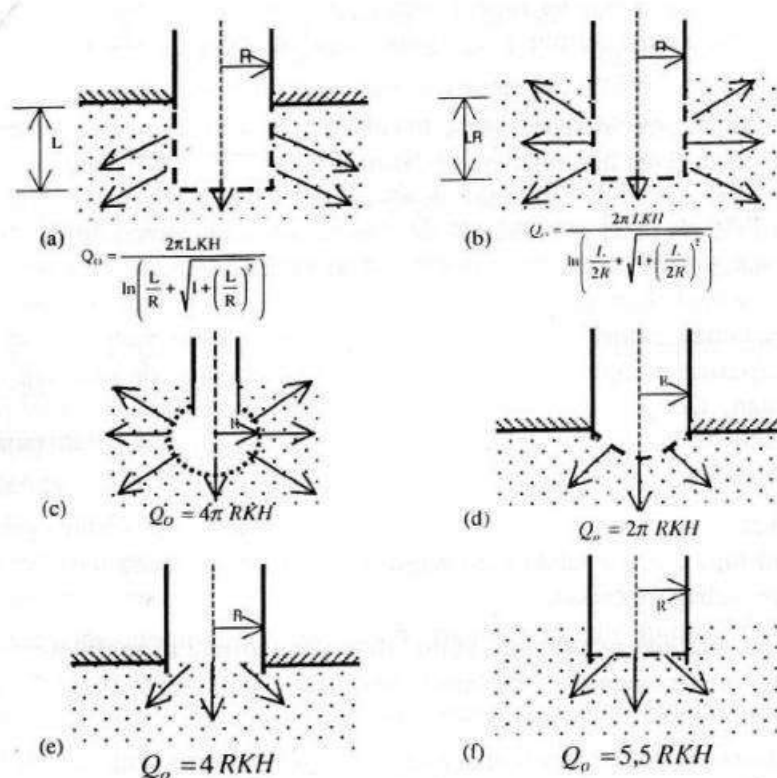
Kedalaman efektif sumur resapan dihitung dari tinggi muka air tanah apabila dasar sumur berada di bawah muka air tanah tersebut, dan diukur dari dasar sumur bila muka air tanah berada di bawah dasar sumur. Sebaiknya dasar sumur berada pada lapisan tanah dengan permeabilitas tinggi.

Dimensi sumur yang diperlukan untuk suatu lahan atau kapling sangat bergantung dari beberapa faktor sebagaimana yang dijelaskan berikut ini :



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

- Luas permukaan penutupan atau lahan yang airnya akan ditampung dalam sumur resapan, meliputi luas atap, lapangan parkir, dan perkerasan-perkerasan lain.
- Karakteristik hujan yang meliputi intensitas hujan, lama hujan, dan selang waktu hujan. Secara umum dapat dikatakan bahwa makin tinggi hujan, makin lama berlangsungnya hujan memerlukan volume sumur resapan yang makin besar. Sementara selang waktu hujan yang besar dapat mengurangi volume sumur yang diperlukan.
- Koefisien permeabilitas tanah, yaitu kemampuan tanah dalam melewatkan air per satuan waktu. Tanah berpasir mempunyai koefisien permeabilitas lebih tinggi dibandingkan tanah berlempung.
- Tinggi muka air tanah. Pada kondisi muka air tanah yang dalam, sumur resapan perlu dibuat secara besar-besaran karena tanah benar-benar memerlukan pengisian air melalui sumur-sumur resapan. Sebaliknya pada lahan yang muka airnya dangkal, pembuatan sumur resapan kurang efektif, terutama pada daerah pasang surut atau daerah rawa dimana air tanahnya sangat dangkal.



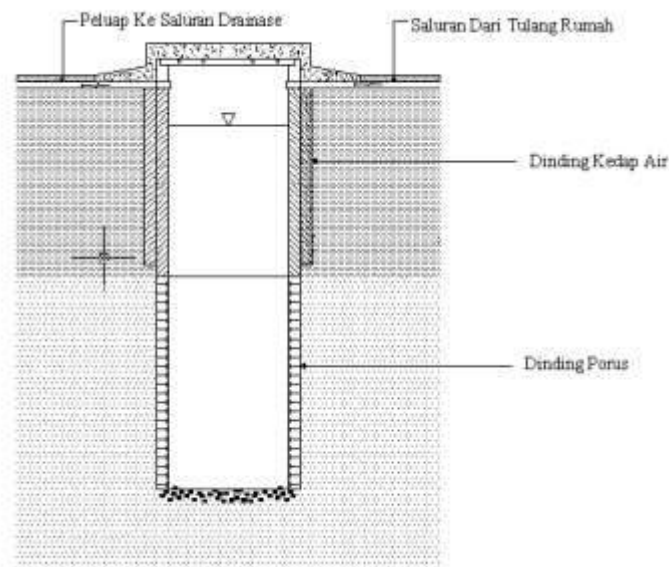
Gambar V.41 Debit resapan pada sumur dengan berbagai kondisi



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Pada dasarnya sumur resapan dapat dibuat dari berbagai macam bahan yang tersedia di lokasi. Yang perlu diperhatikan bahwa untuk keamanan, sumur resapan perlu dilengkapi dengan dinding. Bahan-bahan yang diperlukan untuk sumur resapan meliputi :

- saluran pemasukan/pengeluaran dapat menggunakan pipa besi, pipa paralon, buis beton, pipa tanah liat, atau dari pasangan batu.
- dinding sumur dapat menggunakan anyaman bambu, drum bekas, tangki *fiberglass*, pasangan batu bata, atau buis beton. dalam sumur dan sela-sela antara galian tanah dan dinding tempat air meresap dapat diisi dengan ijuk atau kerikil.



**Gambar V.42 Contoh konstruksi sumur resapan**

Pembuatannya harus memperhatikan syarat-syarat yang diperlukan untuk mendapatkan hasil yang optimal. Secara umum persyaratannya adalah:

- sumur resapan air hujan dibuat pada lahan yang lolos air dan tahan longsor sumur resapan air hujan harus bebas kontaminasi/pencemaran limbah air yang masuk sumur resapan adalah air hujan
- untuk daerah sanitasi lingkungan buruk, sumur resapan air hujan hanya menampung dari atap dan disalurkan melalui talang mempertimbangkan aspek hidrogeologi, geologi, dan hidrologi.
- Pada pembuatan sumur resapan, sebelumnya perlu diukur terlebih dahulu kedalaman air tanah ke permukaan tanah dari sumur di sekitarnya pada musim hujan.



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Permeabilitas tanah yang dapat memungkinkan untuk dibangunnya sumur resapan adalah:

- Permeabilitas tanah sedang (geluh/lanau, 2,0 – 6,5 cm/jam)
- Permeabilitas tanah agak cepat (pasir halus, 6,5 – 12,5 cm/jam)
- Permeabilitas tanah cepat (pasir kasar, lebih besar 12,5 cm/jam)

Untuk memberikan hasil yang baik, serta tidak menimbulkan dampak negatif, penempatan sumur resapan harus memperhatikan kondisi lingkungan setempat. Penempatan sumur resapan harus memperhatikan letak septik tank, sumur air minum, posisi rumah dan jalan umum. Jarak minimum sumur resapan dengan bangunan lainnya adalah sebagai berikut :

Bangunan / obyek yang ada	Jarak minimal dengan sumur resapan
Bangunan / rumah	3 m
Batas kepemilikan lahan / kapling	1.5 m
Sumur air minum	10 m
Septic tank	10 m
Aliran sungai	30 m
Pipa air minum	3 m
Jalan umum	1.5 m
Pohon besar	2 m

#### 5.11. PINTU KLEP PENYEIMBANG

Seperti pintu sorong standar direncanakan dipasang pada gorong-gorong dan pintu sorong sering dipergunakan sebagai pintu pelindung untuk pintu klep seimbang, maka telah dipertimbangkan dengan seksama untuk membuat daerah ukuran yang lebih kecil pintu klep seimbang yang dapat digabungkan dengan pintu sorong. Ukuran pintu klep seimbang distandar seperti tersebut dibawah ini:

- (i) 1.000 mm bentang x 1.000 mm tinggi
- (ii) 1.200 mm bentang x 1.200 mm tinggi
- (iii) 1.400 mm bentang x 1.400 mm tinggi
- (iv) 1.600 mm bentang x 1.600 mm tinggi
- (v) 1.800 mm bentang x 1.800 mm tinggi.

Pemilihan ukuran minimum pintu klep seimbang didasarkan pada dua faktor:

- (i) Pintu klep tak seimbang dengan ukuran mendekati lebih dari 1.000 mm bentang x 1.000 mm tinggi cenderung menjadi berat dan memerlukan tinggi tekan yang cukup besar untuk membukanya.






**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

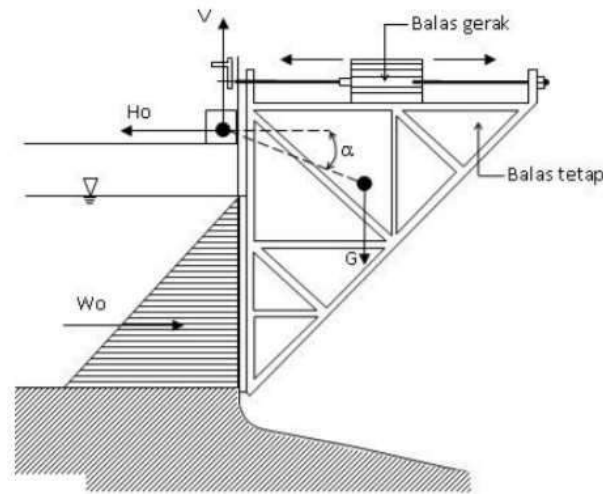
- (ii) Pintu klep seimbang dengan ukuran mendekati dibawah 1.000 mm bentang x 1.000 tinggi cenderung memerlukan bobot lawan yang sangat kecil itupun kalau memerlukan untuk membukanya, sehingga menjadi tidak ekonomis.

Kerugian tinggi tekan aliran lewat bangunan pintu klep seimbang sangat kecil dan pintu klep seimbang standar diperhitungkan membuka dengan perbedaan tinggi tekan 100 mm atau kurang, pintu akan bergerak dengan cepat dengan kedudukan dengan bagian dasar pintu terapung bebas pada permukaan air sewaktu terjadi aliran. Pintu akan tertutup bila ketinggian air sama. Telah dibuat dua pintu dengan spesifikasi :

- pintu klep dengan daun pintu baja seluruhnya : dibuat untuk air tawar dan dicat dengan lapisan cat standar yang ditentukan.
- pintu klep dengan daun pintu baja dan kayu : dibuat untuk air bergaram misalnya dimuara sungai dan didaerah rawa. Pintu yang dipasang pada keadaan semacam ini harus dilapisi menggunakan cat khusus seperti yang ditentukan dalam

Keberhasilan kerja pintu klep seimbang, perencanaannya tergantung pada ketelitian menyeimbangkan daun pintu dengan bobot lawan, sehingga dalam perencanaan berat daun pintu harus ditetapkan lebih dulu. Agar dapat menyelesaikan ini, hanya dipergunakan satu jenis kayu yang ditentukan yakni kayu jati, yang harus mempunyai berat jenis 700 kg/m. Karena alasan tersebut maka tidak dapat dilakukan penggantian jenis kayu untuk Jati dan bentuk konstruksi tidak boleh diubah. Keseimbangan pintu otomatis didapat dengan mendesain secara teliti keseimbangan antara berat beban pintu sendiri dengan gaya statis air pada ketinggian muka air yang direncana. Mengingat pintu seimbang ini dipasang disaluran yang dasarnya datar.

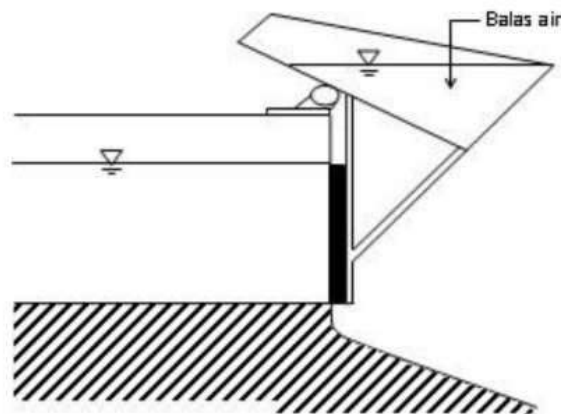
 Pintu Seimbang Tipe Doell Beauchez



Gambar V.43 Pintu Seimbang Tipe Doell Beauchez

Pintu seimbang tipe Doell Beauchez mempunyai balas tetap dan balas yang bisa diatur posisinya tergantung kondisi air dihilu. Jika tinggi air dihilu turun sehingga tekanan statis air berkurang maka pintu akan tidak seimbang, sehingga pintu tidak bisa membuka. Untuk itu balas digeser mendekati engsel sehingga momen putar pintu menjadi lebih kecil. Dengan demikian pintu dapat membuka dalam keadaan tinggi air lebih rendah. Ketelitian dalam desain keseimbangan pintu dapat dibantu dengan adanya balas yang dapat disetel menurut kebutuhan.

✚ Pintu Seimbang Tipe Van Veen



Gambar V.44 Pintu Seimbang Tipe Van Veen

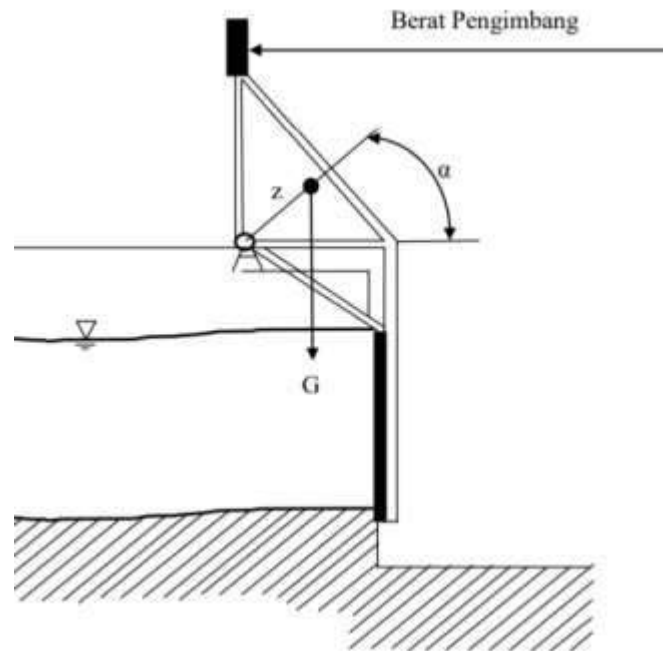
Secara garis besar pintu tipe Van Veen ini dalam fungsi dan gerakan sama dengan tipe Beauchez, hanya konstruksi pemberatnya (balas) menggunakan tangki yang isi air.



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Pengaturan beban untuk mencapai keseimbangan dengan menambah dan mengurangi isi air, konstruksi rangka pintu lebih sederhana dari tipe Doell Beauchez.

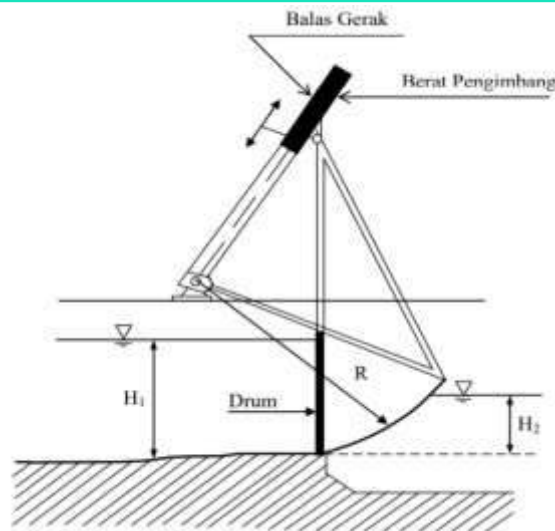
 Pintu Seimbang Tipe Sudut Begemann



**Gambar V.45 Pintu Seimbang Tipe Sudut Begemann**

Pintu otomatis/seimbang tipe Sudut Begemann ini secara prinsip kerja masih sama dengan tipe seimbang sebelumnya, namun perbedaannya hanya dalam konstruksinya. Jarak engsel dengan posisi daun pintu lebih panjang dibanding tipe lainnya, sehingga titik berat beban penyeimbang berada didepan daun pintu. Beban penyeimbang ini dapat diatur dengan cara menambah dan mengurangi jumlah beban.

 Pintu Otomatis/Seimbang Tipe Vlugter



**Gambar V.46 Pintu Otomatis/Seimbang Tipe Vlugter**

Pintu seimbang tipe Vlugter hampir sama konstruksinya dengan tipe Sudut Begemann, hanya daun pintu berbentuk drum. Beban pemberat dapat diatur dengan cara menggeser posisi beban mendekati dan menjauhi engsel sesuai kebutuhan. Para perencana diharapkan dapat mendesain secara teliti agar keseimbangan sesuai kebutuhan dapat dipenuhi. Bobot beban penyeimbang dapat diatur sepenuhnya dalam dua arah mendekati atau menjauhi engsel putar, dengan menggunakan batang ulir penyetel. Semua pena dan pen direncanakan mempergunakan baja tahan karat untuk menghindari korosi dan bantalan dipasang bus dan bahan brons mampu melumas sendiri tanpa pemeliharaan. Spesifikasi juga termasuk pengecatan pintu yang tercelup dalam air asin. Pemasangan pintu ini dipermudah dengan menghubungkan kaitan bantalan penumpu putar pada kerangka pintu, sehingga terjamin semua bagian telah saling terhubung. Kehati-hatian harus dijaga selama pemasangan untuk menjamin keselamatan tenaga kerja pemasang, karena pintu cenderung berayun membuka atau menutup selama pemasangan. Batang baja rangka tulangan ditunjukkan dalam gambar untuk dimasukkan dalam beton ambang atas untuk mencegah keretakan pada beton.

## **5.12. POMPA AIR**

Pada dasarnya pompa drainase mempunyai karakteristik debit besar dan head relatif rendah. Secara umum klasifikasi pompa untuk keperluan pompa drainase dapat diklasifikasikan menjadi 2, yaitu pompa ulir (pompa aliran permukaan bebas) dan pompa impeller (pompa aliran pipa bertekanan) seperti digambarkan sebagai berikut:



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**



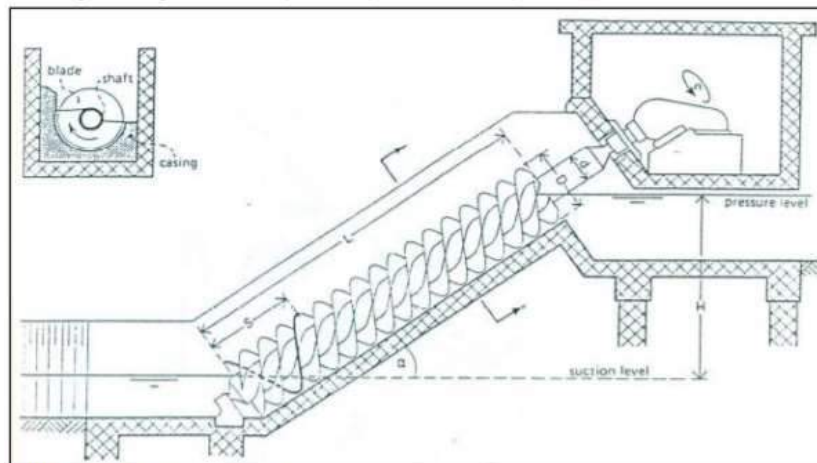
Sumber: Pendidikan dan Pelatihan PSDA dan Pantai, Prayogo Endarjo, 2003

**Gambar V.47 Klasifikasi Pompa Drainase**

1. Klasifikasi Pompa Drainase

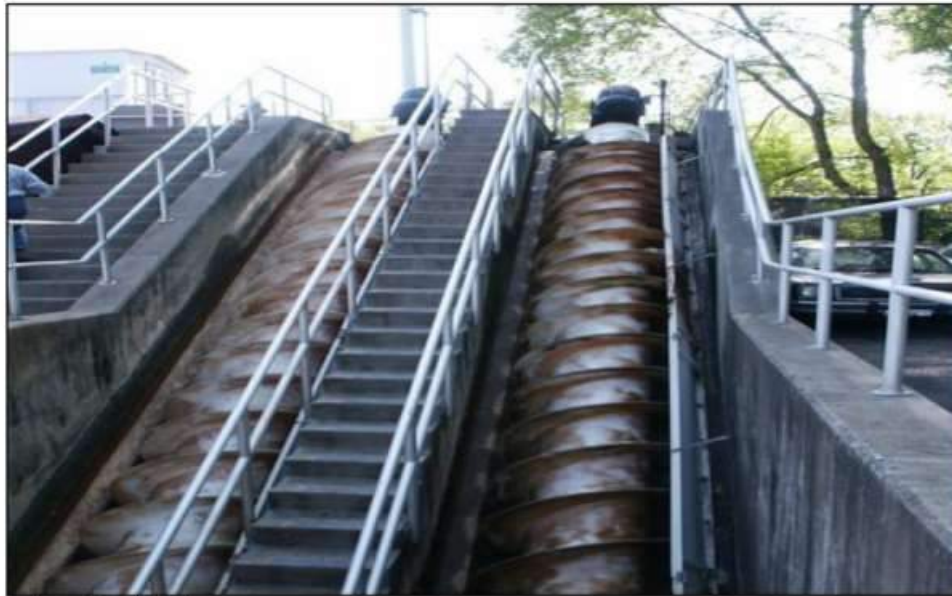
a. Pompa Ulir

Pompa ulir/screw (pompa aliran permukaan bebas) Pompa ulir/screw terdiri dari rotor tipe ulir/screw, dengan poros miring dan sudu helikal yang dilekatkan pada poros, dan selubung/casing setengah lingkaran.



SUMBER: HYDRO DELFT, 1972

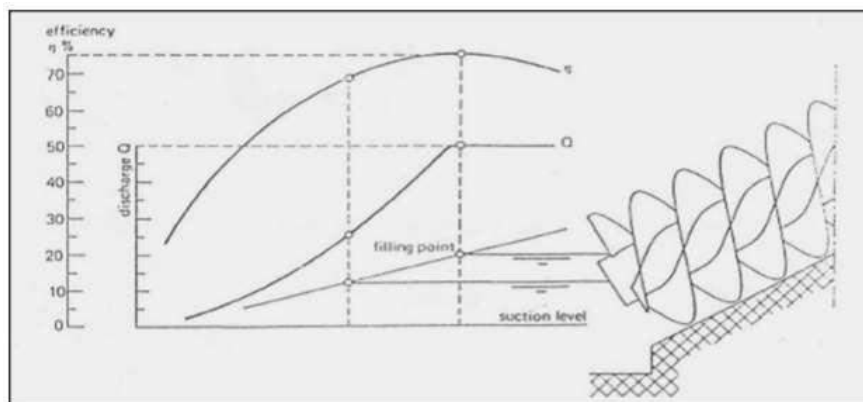
**Gambar V.48 Pompa ulir tipe terbuka**



Sumber: Search Engine

**Gambar V.49 Pompa ulir tipe terbuka**

Pompa ulir digunakan untuk mendapatkan debit besar dengan head rendah, serta air yang dipompakan terdapat sampah. Prinsip kerja pompa ulir adalah ulir berputar dan volume air yang dibatasi oleh permukaan bebas, sudu-sudu ulir, poros ulir, dan selubung ulir terangkat keatas, secara berkesinambungan, oleh dorongan gerakan ulir dan dikeluarkan di ujung ulir ke tampungan atas untuk selanjutnya dialirkan melalui outlet ke saluran pemasok. Putaran pompa ulir berkisar antara 20 – 120 rpm dan kemiringan pompa berkisar antara 250 – 350 .



Sumber: Hydro Delft, 1972

**Gambar V.50 Hubungan antara debit dan efisiensi pompa dengan ketinggian hisap (suction level)**

- b. Pompa impeler (pompa aliran pipa bertekanan)

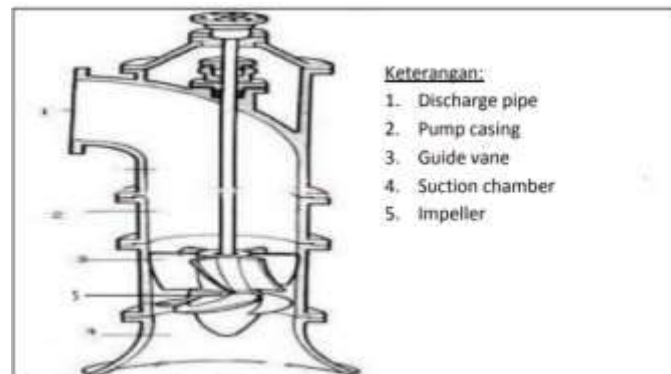


**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

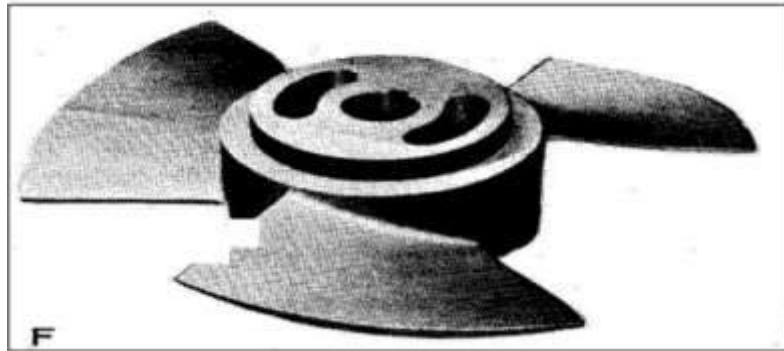
Pompa impeler, berdasarkan bentuk impeler dan selubung pompanya diklasifikasikan dalam tiga tipe utama, yakni pompa aliran aksial, pompa aliran radial (pompa sentrifugal) dan pompa aliran campur.

❖ Pompa Aliran Aksial (Axial-Flow Pumps)

Pompa dijalankan oleh motor, sebagai penggerak utama, yang memutar poros impeler sehingga sudu-sudu impeler berputar dan memaksa cairan masuk ke dalam gerakan berputar yang cepat. Selubung pompa mengarahkan cairan dari bukaan hisap ke mata impeler dan selanjutnya membimbing keluar dari peluar impeler (impeller outlet) masuk ke bukaan tekan. Aliran masuk dari bukaan hisap dalam arah aksial dan keluar dari peluar impeler dalam komponen aliran arah aksial dan tangensial. Untuk pompa aliran aksial, berdasarkan tipe sudu impelernya, dibagi menjadi dua tipe, yaitu tipe sudu tetap dan tipe sudu yang dapat bergerak. Kecepatan spesifik dari pompa aliran aksial berkisar antara 1.300 sampai 2.500 yang mana pompa dengan kecepatan spesifik yang berkisar antara 1.500 sampai 2.500 yang paling sering digunakan. Pompa aksial merupakan pompa dengan karakteristik berkapasitas besar, dan biasanya digunakan untuk memompa dengan head kecil, dengan debit yang besar, sehingga banyak digunakan sebagai pompa banjir



**Gambar V.51 Pompa Aliran Aksial**



**Gambar V.52 Impeler pompa aliran aksial.**

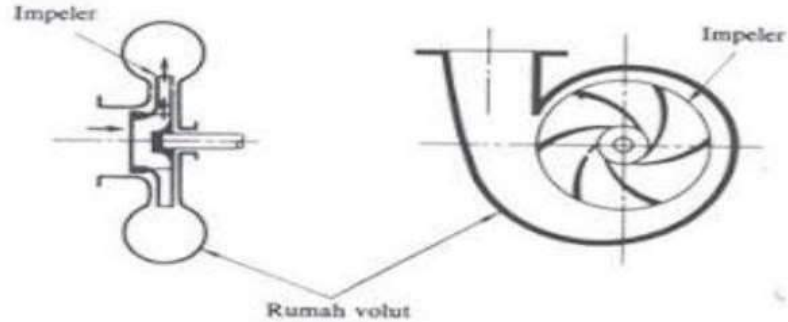
❖ Pompa aliran radial (Radial-Flow Pumps) atau pompa sentrifugal

Fluida dihisap pompa melalui sisi hisap adalah akibat berputarnya impeler yang menghasilkan tekanan vakum pada sisi hisap. Selanjutnya fluida yang telah terhisap terlempar keluar impeler akibat gaya sentrifugal yang dimiliki oleh fluida itu sendiri. Dan selanjutnya ditampung oleh rumah volut (volute casing) sebelum dibuang kesisi buang. Aliran masuk dari bukaan hisap dalam arah aksial dan keluar dari peluar impeler dalam komponen aliran arah radial dan tangensial.

Rumah volut terdiri dari dua tipe, yaitu tipe tunggal dan tipe ganda. Rumah volut tipe ganda digunakan untuk mengurangi dorongan radial dan memiliki volut ganda dengan posisi 180o antara satu dengan yang lainnya, yang membagi cairan menjadi dua dengan jumlah yang sama. Rumah volut tipe Ganda digunakan ketika dorongan radial sangat tinggi karena beban yang besar pada shaft utama dan bearing. Pompa difuser yang sering juga disebut pompa turbin merubah energi kecepatan menjadi energi tekan melalui diffuser (guide vane) yang dipasang di sekeliling impeler.

Kecepatan spesifik dari pompa volut berkisar dari 100 sampai 700 dan pompa difuser berkisar antara 100 sampai 250. Sekarang ini pompa difuser jarang digunakan dikarenakan konstruksinya yang kompleks. Pompa sentrifugal biasanya diproduksi untuk memenuhi kebutuhan head medium sampai tinggi dengan kapasitas aliran yang medium. Dalam aplikasinya pompa sentrifugal banyak digunakan untuk kebutuhan proses pengisian ketel dan pompa-pompa rumah tangga.



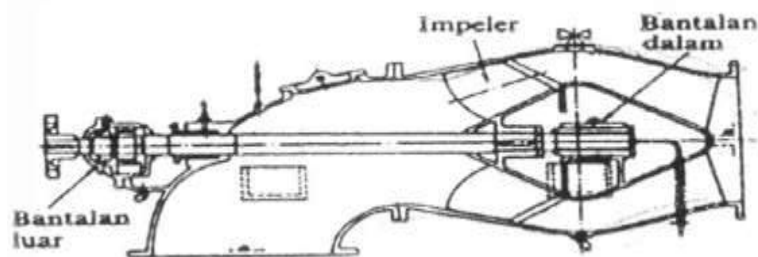


Gambar V.53 Pompa Aliran Radial (Single Volute Casing)

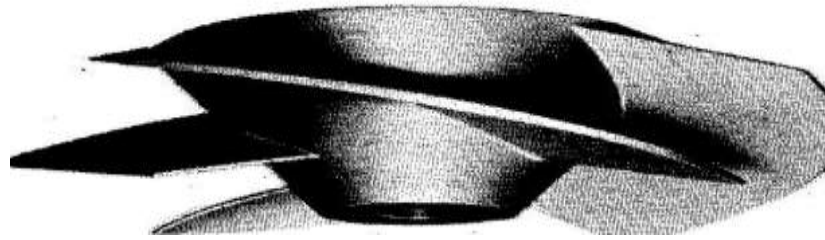
❖ Pompa Aliran Campur (*Mixed-Flow Pumps*)

Pompa ini merupakan peralihan antara pompa radial flow dan pompa axial flow. Cara kerja pompa ini hampir sama dengan cara kerja dengan pompa sentrifugal. Casing pompa menuntun aliran cairan dari bukaan hisap menuju mata impeler. Sudu impeler yang berputar meneruskan dan memberikan gaya putar sentrifugal kepada cairan sehingga cairan bergerak menuju keluar impeler dengan kecepatan tinggi. Cairan tersebut kemudian sampai dan mengumpul pada bagian terluar casing yaitu *volute*.

*Volute* ini merupakan area atau saluran melengkung yang semakin lama semakin membesar ukurannya, dan seperti halnya diffusor, *volute* berperan besar dalam hal peningkatan tekanan cairan saat keluar dari pompa, merubah energi kecepatan menjadi tekanan. Setelah itu cairan keluar dari pompa melalui saluran discharge. Sama dengan pompa aliran aksial, pompa aliran campuran berdasarkan tipe sudu impelernya dibagi menjadi dua tipe, yaitu tipe sudu tetap dan tipe sudu yang dapat bergerak. Kecepatan spesifik dari pompa aliran campuran berkisar antara 350 sampai 1300. Pompa aliran campuran biasanya digunakan pada pemompaan dengan head dan debit menengah.



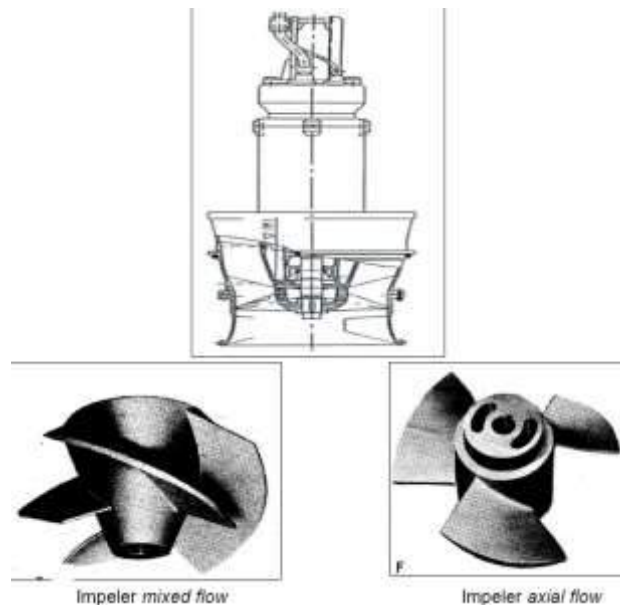
Gambar V.54 Pompa Aliran Campur (Mixed-flow pump)



Gambar V.55 Impeler Mixed Flow

❖ **Pompa Submersibel (*Submersible Pumps*)**

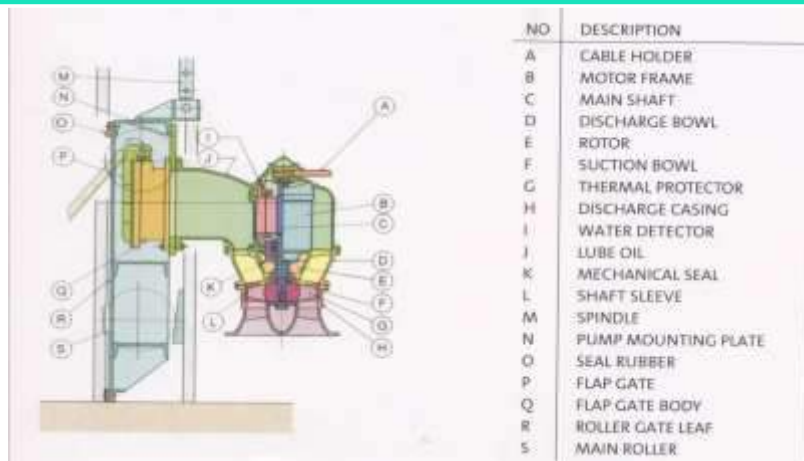
Pompa sumersibel atau *submersible pumps* memiliki motor penggerak yang digabungkan menjadi satu kesatuan dengan impeler dan selubung impeler pompa yang secara keseluruhan dapat terendam air. Sedangkan jenis impelernya bisa dari jenis aliran radial, aliran campur atau aliran aksial.



Gambar V.56 Pompa Submersibel

❖ **Pump Gate**

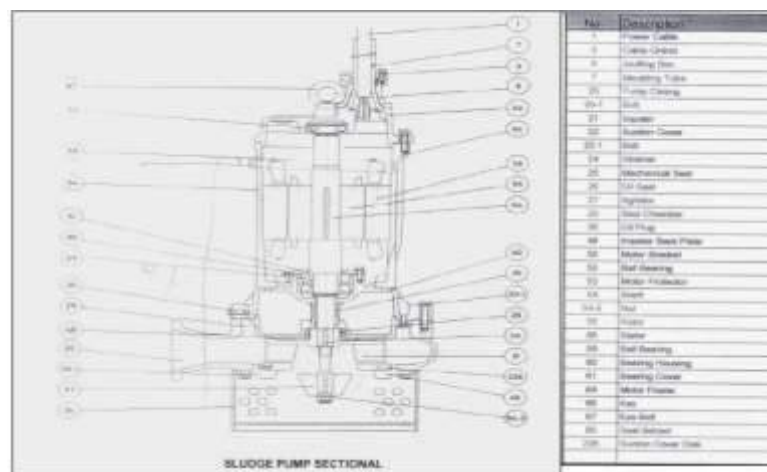
*Pump gate* merupakan unit sistem pompa, yang pada banyak kasus tidak diperlukan kolam detensi dan rumah pompa. Komponen *pump gate* meliputi *submersible pump*, *roller gate*, *actuator*, *flap valve*, *screen (rotary/hidraulic screen)*, *belt conveyor*, *debris box* dan pintu air.



**Gambar V.57 Konstruksi Pump Gate**

❖ **Pompa Lumpur (Sludge Pump)**

Pompa lumpur atau *sludge pump* pada dasarnya adalah pompa submersibel dengan spesifikasi khusus untuk pemompaan lumpur. Pada instalasi sistem pompa drainase, pompa lumpur ditempatkan di kolam pompa (*pump sump*) untuk membersihkan lumpur yang dapat mengganggu fungsi pompa drainase.



**Gambar V.58 Pompa lumpur**

**5.13. GEJALA KAVITASI**

Proses terjadinya kavitasi, pada saat dimana pada *impeller* pompa terjadi tekanan rendah, dan biasanya nilai tekanan rendah ini dibatasi pada nilai tekanan uap pada temperatur normal dari cairan yang dipompa. Pada saat tekanan rendah mencapai nilai tekanan uap, cairan mulai mendidih dan membentuk gelembung-gelembung yang selanjutnya terangkut bersama cairan. Ketika gelembung-gelembung ini mencapai daerah bertekanan lebih tinggi, gelembung-



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

gelembung ini pecah. Gejala ini dikenal sebagai kavitasi dan kejadiannya disertai dengan bunyi yang tipikal. Pada pompa-pompa kecil, terjadi getaran ringan sebagai akibat dari suara kavitasi ringan seperti “menggoreng daging”, sedangkan pada pompa-pompa besar, terjadi getaran berat sebagai akibat dari suara kavitasi berat seperti “memompa batu-batu”. Kavitasi secara umum akan berdampak sebagai berikut:

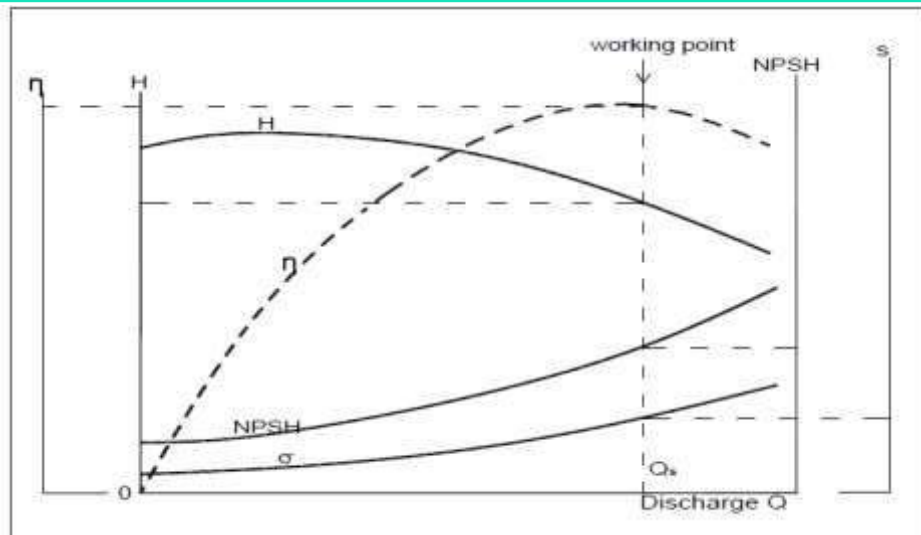
- Berkurangnya kapasitas pompa.
- Berkurangnya head (pressure);
- Terbentuknya gelembung-gelembung udara pada area bertekanan di dalam selubung pompa (volute).
- Kerusakan pada *impeller* atau selubung pompa (volute)
- Suara pompa bising, getaran dan korosi.

Beberapa cara dapat digunakan untuk menghindari kavitasi diantaranya:

- Tekanan sisi isap tidak boleh terlalu rendah. Pompa tidak boleh diletakkan jauh di atas permukaan cairan yang dipompa sebab menyebabkan head statisnya besar.
- Kecepatan aliran pada pipa isap tidak boleh terlalu besar. Bagian yang mempunyai kecepatan tinggi maka tekanannya akan rendah. Oleh karena itu besarnya kecepatan aliran harus dibatasi, caranya dengan membatasi diameter pipa isap tidak boleh terlalu kecil.
- Menghindari instalasi berupa belokan-belokan tajam Pada belokan yang tajam kecepatan aliran fluida akan meningkat sedangkan tekanan fluida akan turun sehingga menjadi rawan terhadap kavitasi;
- Pipa isap dibuat sependek mungkin, atau dipilih pipa isap satu nomer lebih tinggi untuk mengurangi kerugian gesek
- Tidak menghambat aliran cairan pada sisi isap;
- Head total pompa harus sesuai dengan yang diperlukan pada kondisi operasi sesungguhnya.

#### **5.14. Tinggi Hisap Positif Netto (Net Positive Suction Head-NPSH)**

Perilaku kavitasi pada *impeller* pompa dijelaskan dengan lengkung debit-NPSH, seperti terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar V.59 Hubungan Debit-NPSH

NPSH didefinisikan sebagai selisih antara tinggi energi absolut (tinggi tekanan statik absolut + tinggi kecepatan) pada bukaan hisap pompa dan tinggi tekanan uap pada temperatur normal dari cairan yang dipompa, diukur dari pusat bukaan hisap pompa

$$NPSH = H - Z_D + \frac{P_{amb} - P_v}{\rho \cdot g}$$

Dengan :

NPSH = tinggi hisap positif bersih (m)

$P_{amb}$  = tekanan atmosfer (Pa)

$P_v$  = tekanan uap jenuh dari fluida yang digunakan (Pa)

$H$  = tinggi hisap diukur terhadap bidang referensi pompa (meter kolom fluida, m)

$Z_D$  = perbedaan tinggi antara bidang referensi NPSH dan bidang referensi

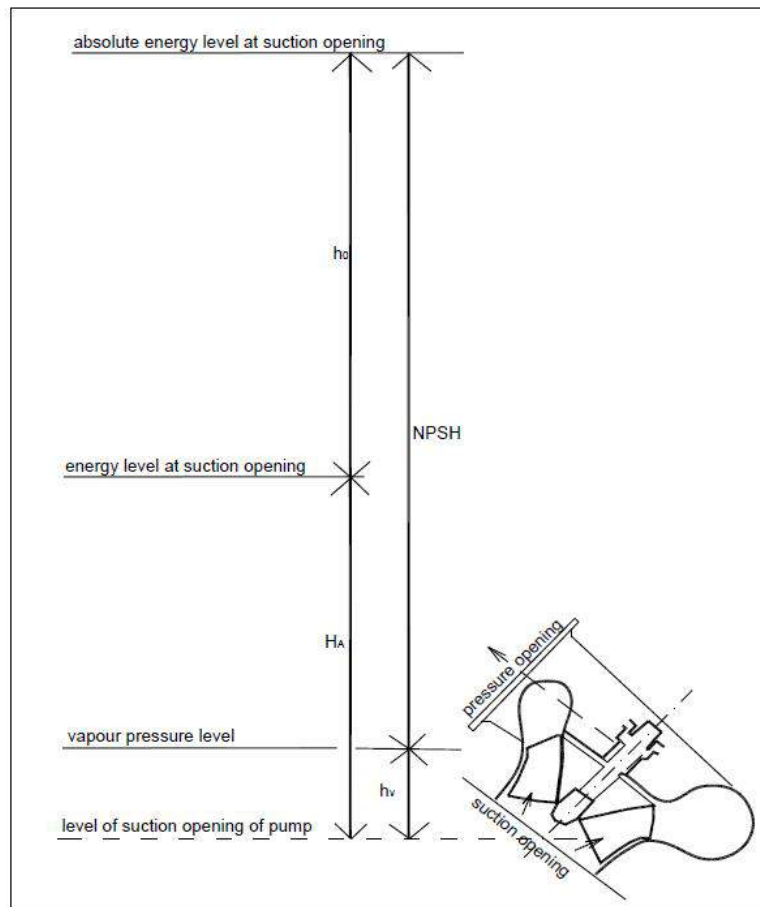
$\rho$  = massa jenis fluida yang dipindahkan ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

$g$  = percepatan gravitasi,  $\text{m}/\text{det}^2$

Tekanan udara absolut pada permukaan laut sekitar 10 m (1 bar). Tinggi tekanan uap dari air tawar pada temperatur 150 C sampai 300 C adalah 0,4 m (0,04 bar).

Disamping nilai NSPH, didalam praktek digunakan juga bilangan tak berdimensi Thoma,  $\sigma$  yang didefinisikan sebagai :

$$\sigma = \frac{NPSH}{H}$$



**Gambar V.60 Ilustrasi NPSH**

#### **5.15. Ketentuan Umum Perencanaan Pompa Drainase**

- Rencana penyusunan sistem pompa harus memperhatikan faktor sosial, ekonomi dan lingkungan.
- Kelayakan dalam pembangunan sistem pompa harus mencakup kelayakan teknis, kelayakan sosial ekonomi dan kelayakan lingkungan.
- Rencana pembangunan sistem pompa harus sesuai dengan RUTRK
- Ketersediaan lahan.
- Perencanaan sistem pompa dilaksanakan berdasarkan prioritas yang telah ditentukan dalam rencana induk sistem drainase perkotaan yang bersinergis dengan rencana pengelolaan sumber daya air.
- Perencanaan pembangunan sistem pompa harus melibatkan dan diterima masyarakat.



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

- NPSH yang tersedia di stasiun pompa harus lebih baik dari pada yang disyaratkan oleh produsen pompa atau lebih besar dari nilai yang diperoleh Hal ini untuk menghindari efek kavitasi.
- Kecepatan menuju bukaan hisap pompa harus konstan atau dipercepat, tetapi tidak boleh diperlambat. Hal ini akan menjamin distribusi kecepatan yang merata di dalam *impeller*.
- Kehilangan hidrolis di bagian hisap dari sistem pemompaan harus sekecil mungkin. Ini berarti pipa hisap harus pendek, tanpa sudut-sudut tajam atau belokan-belokan.
- Pipa hisap dengan belokan tidak sebidang harus dihindari. Hal ini akan menimbulkan aliran berotasi yang kuat di bukaan hisap pompa.
- Mulut pipa hisap harus berada cukup dalam di bawah permukaan air di reservoir hisap untuk mencegah terjadinya pusaran yang membawa udara masuk ke pipa.
- Pompa harus beroperasi pada atau dekat di sekitar efisiensi terbaiknya.

#### **1. Tinjauan Pemilihan Lokasi**

- Pompa drainase harus ditempatkan pada titik terendah dalam suatu wilayah drainase. Kondisi tanah pada lokasi ini biasanya jelek. Peletakan pondasi pada ketinggian yang berbeda tidak dianjurkan, karena daya dukung tanah dapat berbeda pada setiap ketinggian.
- Ketinggian air tanah akan berubah setelah stasiun pompa beroperasi. Perlu dilakukan upaya-upaya mencegah terjadinya aliran air tanah yang berlebihan dibawah stasiun pompa.
- Stasiun pompa harus mudah dicapai. Harus dimungkinkan untuk mengangkut bahan bakar melalui jalan darat atau jalan air, atau menyediakan sambungan listrik secara mudah dengan jaringan listrik yang ada.
- Stasiun pompa tidak boleh ditempatkan pada atau di dekat tanggul yang mempunyai lapisan-lapisan dengan permeabilitas tinggi, misalnya pasir, atau membangun stasiun pompa diatas tanggul yang sudah tua.
- Tanggul baru dan lahan yang baru didrainase biasanya mengalami tingkat penurunan yang berbeda-beda, yang sulit untuk diperkirakan secara tepat. Jalur pipa atau bangunan beton yang ditempatkan atau melalui daerah ini harus fleksibel.



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

- Sampah-sampah yang terkumpul harus dapat diambil dari saringan sampah secara mudah; harus ada tempat penimbunan sampah sebelum dibuang ke tempat pembuangan yang sudah ditentukan.

## **2. Tahapan Perencanaan**

Tahapan perencanaan (*design phase*) meliputi:

### **a. Survei Lapangan dan Pengumpulan Data**

Data yang dikumpulkan sebagaimana data yang biasa dikumpulkan dalam perencanaan drainase, antara lain: data spasial, datum yang digunakan, batas (*interception drainage channel*), data hidrologi, data hidrolika, data sistem drainase yang ada, dimensi berbagai utilitas yang ada di lokasi, letak dan kepemilikan lahan, lokasi outfall (badan air untuk pembuangan air limpasan dari sistem pompa), potongan memanjang, kemiringan dan karakteristik kekasaran, luas wilayah pelayanan dan karakteristik limpasan, dimensi saluran pengumpul, layout dan profil, elevasi wilayah pelayanan, data non teknik.

### **b. Perencanaan Lokasi (*site planning*)**

c. Ada tahapan ini perlu dilakukan evaluasi terhadap berbagai alternatif kemungkinan lokasi peletakan sistem pompa, ketetapan lokasi, ketersediaan lahan baik luasan peruntukan unit kolam detensi maupun rumah pompa. Pada tahapan ini termasuk juga status lahan, dan bilamana pembebasan lahan bila diperlukan.

#### **✓ Wilayah Pelayanan Sistem Pompa**

Pertimbangan utama dalam perencanaan sistem pompa adalah daerah pelayanan (*catchment area*). Perhitungan kebutuhan kapasitas pompa dan kebutuhan biaya investasi pembangunan sistem pompa meningkat seiring dengan semakin luasnya wilayah pelayanan. Oleh karena itu, perencana harus berusaha untuk meminimalkan daerah yang akan dikeringkan oleh sistem pompa yang direncanakan. Cara utama untuk meminimalkan wilayah pelayanan sistem pompa adalah:

- Berusaha mengoptimalkan jaringan saluran drainase dalam wilayah polder yang masih dapat mengalirkan secara gravitasi langsung ke badan air penerima.
- Membangun tanggul mengelilingi sistem polder sehingga aliran yang masuk ke sistem pompa hanya merupakan aliran yang berasal dari wilayah polder, tidak





**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

berasal dari daerah diluar sistem. Sehingga keamanan sistem polder yang dibangun akan optimal sejalan dengan kapasitas pompa yang didisain.

- Mengoptimalkan usaha-usaha pengelolaan hujan terintegrasi dengan upaya konservasi, sehingga debit air hujan yang menuju ke sistem pompa hanyalah limpasan yang sudah tidak terkelola (upaya infiltrasi maupun pemanfaatan kembali). Ini akan mengurangi kebutuhan kapasitas pompa yang pada akhirnya
  - mengurangi biaya investasi dan operasi pemeliharaan yang harus dikeluarkan.
- ✓ *Proximity* (faktor kedekatan)

Dalam penetapan lokasi sistem pompa biasanya dipilih lokasi dengan kontur yang terendah dalam wilayah sistem polder. Umumnya, wilayah dengan kontur terendah memiliki beberapa permasalahan yang perlu diperhatikan oleh perencana, antara lain sebagai berikut:

- Stasiun pompa biasanya akan rentan kerusakan akibat banjir;
  - Bila perangkat keamanan tidak didesain baik dan memadai, akan beresiko terhadap personil, operasi dan pemeliharaan;
  - Akses jalan ke stasiun pompa akan relatif sulit;
  - Bila berdekatan dengan permukiman, akan menyebabkan gangguan kebisingan dan lalu lintas
  - Daya dukung lahan (tanah) pada banyak lokasi sangat rendah sehingga membutuhkan biaya tinggi pada konstruksi pondasi. Pada beberapa kasus, berada pada daerah dengan jenis tanah yang berasal dari endapan/alluvial baru (tanah lunak) sehingga membutuhkan perbaikan struktur tanah untuk mendukung konstruksi sipil bangunan rumah pompa dan bangunan-bangunan pendukung lainnya.
  - Perlu pertimbangan jarak dari seluruh wilayah pelayanan ke stasiun pompa bila pertimbangan kontur lokasi menjadi perhatian.
- ✓ *Akses ke Lokasi*
- Dalam pengelolaan sistem pompa, perlu dilakukan inspeksi dan perawatan secara rutin, sehingga perlu diperhatikan pertimbangan akses ke lokasi dalam



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

perencanaan. Kemudahan akses, dan kapasitas serta kemampuan jalan menuju ke lokasi stasiun pompa oleh kendaraan pengangkut peralatan perlu menjadi perhatian dalam penyiapan disain. Beberapa komponen akses yang perlu didisain :

Jalan akses ke stasiun pompa (termasuk geometrik dan kemampuan jalan sebagaimana diatur dalam peraturan jalan);

- Area parkir dan putar balik untuk kendaraan operasi dan pemeliharaan;
- Area untuk station loading;
- Area untuk pengangkutan alat berat dan;
- Kelengkapan alat peringatan lalu lintas.

✓ Sumber Daya Listrik PLN

Perencana harus juga mempertimbangkan bagaimana suplai sumber daya listrik menuju stasiun pompa. Perencana agar melakukan koordinasi dan konsultasi dengan pihak PLN jika menggunakan daya listrik PLN tentang informasi kapasitas listrik, kualitas dan keseimbangan tegangan listrik yang ada dikawasan perencanaan, termasuk bagaimana menjangkau sumber daya. Hal ini akan sangat terkait dengan pertimbangan pemilihan lokasi sumber daya. Bilamana ditemui informasi seringnya terjadi pemadaman listrik pada musim hujan/banjir maka perlu direncanakan pengadaan *back up* daya dari genset (hubungan dengan pemilihan *start motor*). Pada beberapa kasus, sumber daya genset merupakan sumber daya utama untuk kapasitas pompa besar, sedangkan pada pompa-pompa kapasitas kecil yang dioperasikan setiap hari (harian) dan atau *sump pump* atau *sludge pump* mengandalkan pada daya listrik PLN. Dalam penerapannya kualitas sumber tegangan dari PLN sebesar kurang lebih 5%.

✓ Kolam Detensi

Ketersediaan lahan untuk kolam detensi menjadi pertimbangan terkait pemilihan lokasi. Semakin luas lahan yang tersedia kemungkinan kapasitas pompa yang dibutuhkan akan semakin kecil. Akan tetapi juga terkait dengan investasi pembangunan bila status lahan dimiliki oleh masyarakat/swasta.

✓ Saluran pembuangan air



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

- ✓ Bangunan rumah pompa
- ✓ Saluran limpas
- ✓ *Kualitas* dan Dampak Lingkungan

Dalam tahapan perencanaan, berdasarkan ketentuan peraturan perlu disusun dokumen UKL/UPL yang dalam penyusunannya mempertimbangkan dampak penting dari kegiatan-kegiatan dalam pengembangan sistem pompa terhadap lingkungan. Pada beberapa kasus dapat pula pembangunan sistem pompa dilakukan bersamaan dengan pembangunan sistem polder dan prasarana sarana drainase lainnya sehingga perlu penyusunan dokumen AMDAL. Setiap komitmen yang dimuat dalam UKL/UPL maupun RKL/RPL dalam AMDAL harus dimuat dalam dokumen perencanaan. Biasanya isu-isu utama terkait antara lain: kualitas udara, kebisingan dan kualitas air.

- ✓ Aspek Keselamatan (*Safety*)

Aspek keselamatan harus menjadi pertimbangan utama untuk semua desain stasiun pompa. Aspek keselamatan mencakup pertimbangan keselamatan bagi:

- personil konstruksi;
- inspeksi dan pemeliharaan peralatan;
- pengendara lalu lintas dan;
- masyarakat umum.
- Mendesain akses jalan merupakan aspek keamanan utama untuk personil inspeksi dan pemeliharaan. Pertimbangan lainnya harus memenuhi persyaratan OSHA.

Sarana utama untuk memastikan keselamatan publik meliputi:

- meminimalkan bahaya lalu lintas dengan lokasi stasiun pompa;
- memasang tanda-tanda peringatan bahaya;
- memenuhi persyaratan zona yang jelas untuk jalan raya atau menyediakan perlindungan yang tepat;
- melengkapi sarana keselamatan kerja di lokasi.

d. Identifikasi Kriteria Desain

Tahapan yang perlu dilakukan antara lain:





**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Menangani debit puncak	Konfigurasi percobaan pompa dapat dilakukan setelah pengembangan volume inflow kumulatif (kebanyakan <i>mass inflow curve</i> ) dan sebelum mengevaluasi penampungan.
Optimalisasi kapasitas kolam detensi/ pompa banjir	Konfigurasi percobaan pompa harus mengikuti perkembangan hidrograf dan hasil evaluasi sistem penampungan. Serangkaian iterasi (perulangan) dari ukuran penampungan dan konfigurasi pompa akan diperlukan untuk menetapkan kombinasi yang mencapai keseimbangan antara ukuran pompa, ukuran penampungan unit, dan biaya konstruksi
Menyesuaikan volume kolam detensi	Konfigurasi percobaan pompa harus mengikuti perkembangan volume aliran kumulatif dan sidang evaluasi sistem penampungan.

**h. Sistem Evaluasi**

Sistem percobaan tahap evaluasi mencakup berbagai prosedur untuk memastikan percobaan pompa konfigurasi dan sistem penampungan mencapai tujuan :

- ✓ Peak *outflow* harus sama atau lebih rendah dari puncak target.
- ✓ Level air tertinggi tidak boleh melebihi tinggi air maksimum dari desain.
- ✓ konfigurasi pompa tidak boleh berlebihan
- ✓ pompa yang dipilih harus sesuai dengan spesifikasi pabrik, seperti waktu putaran dan Net Positive Suction Head (NPSH).
- ✓ Prosedur-prosedur yang perlu dilalui dalam uji sistem evaluasi:
- ✓ pengembangan hidrograf *inflow*
- ✓ pengembangan kurva hidrograf *inflow* dari volume limpasan,
- ✓ menentukan ukuran penampungan unit untuk percobaan,
- ✓ Menentukan *Low Water Level* (LWL) dan *High Water Level* (HWL) yang akan dipompa
- ✓ pemilihan dimensi bak basah awal,
- ✓ pengembangan pentahapan terhadap bak penampung,
- ✓ pembuatan bak penampung yang dapat digunakan,



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

- ✓ pembuatan percobaan *pump switching/ sequencing* (*cut-on*, memotong ketinggian).
  - ✓ Massa kurva *routing*.
  - ✓ pengecekan kecukupan dalam *routing*,
  - ✓ penentuan TDH
  - ✓ pengembangan kurva TDH sistem,
  - ✓ menetapkan *range* dari operasi,
  - ✓ menetapkan kebutuhan daya yang dibutuhkan.
  - ✓ pemilihan pompa dan pipa dari kurva performa manufaktur dan data katalog.
  - ✓ melakukan pemeriksaan siklus waktu
  - ✓ optimasi desain (keseimbangan antara penampungan dengan
- i. Penyusunan dan Pengembangan Disain, Spesifikasi dan Rencana Anggaran Biaya
- Layout spesifik lokasi dan detil perencanaan harus mencakup seperti antara lain:
- ✓ Tata letak lokasi (*site layout*).
  - ✓ Sistem pengumpulan rencana dan profil.
  - ✓ Unit penampung rencana.
  - ✓ Kolam rencana.
  - ✓ Rumah pompa rencana.
  - ✓ Debit dalam pipa dan rencana pembuangan dan profil.
  - ✓ Elektrikal dan mekanik rencana.

Spesifikasi, ketentuan-ketentuan khusus dan syarat umum

Perencana sebaiknya menggunakan spesifikasi standar yang sangat praktis. Namun, pada beberapa kasus stasiun pompa biasanya akan membutuhkan spesifikasi khusus, ketentuan khusus, dan syarat umum untuk memasukkan barang-barang seperti:

- ✓ Spesifikasi kinerja pompa dan peralatannya.
- ✓ Pemasangan dan pengujian pengadaan peralatannya
- ✓ Persyaratan khusus konstruksi.

Selain itu, pelatihan diperlukan calon operator sehingga calon operator tersebut dapat dengan mudah dalam pelaksanaan operasi dan pemeliharaan sistem pompa.

*Review Design :*



Pengelola drainase perkotaan perlu melakukan *review/* evaluasi secara internal terhadap dokumen perencanaan untuk memastikan:

- ✓ kecukupan asumsi dan kriteria.
- ✓ akurasi perhitungan dan rinciannya.
- ✓ kesesuaian dengan kriteria desain, kebijakan dan peraturan.
- ✓ Kesesuaian dengan komitmen yang dibuat dalam dokumen lingkungan (termasuk Analisis Dampak Lingkungan atau UKL/UPL).

### **3. Analisis yang diperlukan**

dalam merencanakan sistem pompa drainase diperlukan analisis yang meliputi:

- a. Perhitungan debit dan kualitas air yang diperoleh dari data perhitungan hidrologi seperti antara lain
  - ✓ Total debit air yang akan dipompa
  - ✓ Debit setiap pompa yang akan dipasang
  - ✓ Pengaturan ketinggian air pada kolam retensi/ detensi (*mass curve routing*) seperti: HWL (*High Water Level*), LWL (*Low Water Level*), elevasi saluran pembuangan pompa, elevasi saluran limpas/ pintu limpas, elevasi pasang surut saluran penerima air, asumsi penurunan tanah disekitar rumah pompa setiap tahun (cm), jenis air yang akan dipompa (air limbah, air asin, lumpur dll),
- b. Perhitungan head pompa (Head total = head geodetic – head loss).
- c. Perhitungan head pompa yang diijinkan untuk dioperasikan;
- d. Penentuan tipe/ jenis pompa sesuai debit dan head pompa;
- e. Penentuan kecepatan spesifik pompa ( $N_s$ ) dan bentuk impeler;
- f. Perhitungan putaran pompa ( $n$ ); dari rumus  $N_s = n \times Q^{1/2} / H^{3/4}$  (rpm)

Dengan :

$N_s$  = kecepatan spesifik,

$N$  = putaran pompa (rpm)

$Q$  = debit pompa ( $m^3/det$ )

$H$  = head total pompa (m)

Pompa yang menggunakan *reducing gear*, perhitungan  $n$  disesuaikan dengan rasio *gear* yang digunakan, dan untuk pompa yang menggunakan penggerak motor listrik (induksi)



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

rotor sangkar tanpa *reducing gear*, dapat dihitung jumlah pasang kutup motor listrik dengan rumus ;  $n = 120 f / p$

Dengan :

$n$  = putaran pompa/motor listrik

$f$  = frekuensi listrik ( 50 hz )

$p$  = jumlah pasang kutup;

g. Perhitungan NPSH (*Net Positif Section Head* ), yang mana NPSH yang tersedia > NPSH yang diperlukan.

h. Perhitungan *section head* pompa;

i. Penentuan daya pompa

✓ Perhitungan daya air  $P_a = 0.163 \times Q \times H$  kw

✓ Perhitungan daya poros  $P_p = P_a / \xi$  pompa kw

Catatan: = masa jenis air  $\text{kg} / \text{m}^3$ ,

$Q$  = debit pompa  $\text{m}^3/\text{menit}$  ,

$H$  = head total (M)

$\xi$  = efisiensi  $\pm 75 \%$  ,

Perhitungan daya poros dengan mempertimbangkan head maksimum dan tingkat keamanan  $\pm 20 \%$ ;

j. Menentukan dimensi pipa isap dan pipa buang/ *column pipe* dan pipa pembuangan (diameter, panjang dan tebal) untuk pompa submersibel tipe aksial atau tipe aliran campuran. Catatan : Data didapat dari pabrik atau perhitungan diameter hisap (dari perhitungan tadah isap dan tadah keluar, dari pabrik atau referensi pompa)

k. Perencanaan bangunan sipil rumah pompa drainase sesuai tipe/ jenis :

✓ Perhitungan tadah isap dan tadah keluar

✓ Menentukan posisi pompa, pipa isap dan pipa buang dan guide ribe

✓ Menentukan slope (kemiringan saluran masuk ruang pompa)

✓ Menentukan elevasi dasar rumah pompa dll.

Penentuan penggunaan katup (*bypass valve* , *flap valve*, *sluice valve*, *food klep*) serta penentuan penggunaan *reducing gear* (rasio putaran, torsi dan dimensi) atau *direct* (*shaft* pompa dan *shaft* penggerak dihubungkan langsung)





**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

- l. Penentuan jenis material :
- ✓ Pompa, diantaranya: *impeller* , *shaft* , *casing (rumah pompa)*, *wearing ring*, *bearing housing* , *liner*
  - ✓ Pipa hisap, pipa buang, *column pipe*
  - ✓ Katup, diantaranya: *bypass valve* , *flap valve* , *sluice valve* , *food klep*
  - ✓ *Reducing gear*;
- m. Penentuan daya penggerak pompa dengan :
- ✓ Penggerak pompa mekanik: motor bakar, turbin dll
  - ✓ Penggerak elektrik: motor asinkron, motor sinkron dll
- Jika menggunakan penggerak elektrik :
- ✓ Tentukan supply daya listrik: Genset atau PLN
  - ✓ Pilih genset disesuaikan dengan kebutuhan operasional pompa: harian, temporer (pada saat kondisi banjir) , sehingga tipe genset dipilih sesuai kondisi tersebut (*continous type*, *prime type* atau *stadbay type*)
  - ✓ Pemilihan supply dari PLN agar dipertimbangkan: kualitas, ketersediaan daya, dan keseimbangan tegangan
- Catatan : Untuk pompa drainase dengan operasional yang terus menerus akan lebih efisien jika menggunakan supply daya dari PLN dengan dipertimbangkan sesuai kondisi diatas;
- ✓ Penggunaan motor induksi agar dipilih sistem start motor listrik: *DOL*, *Y/D*, *soft starter* atau *inverter*:  
untuk sistem start : DOL : 4 – 6 kali arus nominal motor  
Y/D : 3 – 4 kali arus nominal  
Soft starter : 2 – 3 kali arus nominal  
Inverter : 1 – 1.5 kali arus nominal
- Catatan : Untuk menentukan daya penggerak pompa menggunakan motor listrik agar diperhitungkan ketentuan tersebut diatas;
- n. Menentukan berat dan dimensi masing-masing peralatan:
- ✓ Pompa drainase
  - ✓ Pipa hisap (*column pipe*), pipa buang , *valve* dll



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

✓ Penggerak pompa drainase ; motor bakar , turbin , motor listrik dll

✓ Panel-panel elektrik dll

Catatan: data didapat dari pabrik atau brosur

o. Menentukan tipe/ jenis alat angkat (*crane*)

✓ Kapasitas

✓ Tinggi angkat (*lifting high*) dan panjang layanan (*travesing*), span (lebar bentangan)

✓ Kecepatan angkat dan kecepatan layanan (*travesing*)

✓ Sistem manual atau elektrik

✓ *Girder span* dll

✓ Catatan: data didapat dari pabrik atau brosur

p. Perhitungan supply daya listrik

✓ Sistem tegangan (TM atau TR) 1 phase , 3 phase dan frekuensi yang digunakan

✓ Kapasitas penggerak pompa . *Catatan ; TM = tegangan menengah > 1 kv, TR = tegangan rendah 220 V s.d 1000 V dan Membuat single line diagram elektrik.*

q. Menentukan kabel power dan busbar.

✓ Perhitungan kapasitas dengan rumus ;  $I = kva / volt \times 1.73$

✓ Pehitungan dimensi dan panjang (data dari daftar kabel pabrikan)

✓ Jenis / tipe.

r. Menentukan *circuit breaker* (CB) ;

✓ Perhitungan kapasitas

✓ Jenis / tipe

✓ Tegangan

✓ Short circuit withstand current dll

s. Menentukan jenis / tipe panel – panel

✓ Panel *switch gear* dan COS (tipe, dimensi, busbar, circuit breaker, meter dll)

✓ Panel start pompa (tipe, dimensi, busbar, meter, sistem start, proteksi dll)

✓ Panel kontrol pompa (tipe, dimensi, meter, PLC, relai dll)

✓ Panel distribusi / MDP (tipe, dimensi, busbar, MCCB, meter dll)

✓ Lokal panel ( penerangan, crane , peralatan bantu, charger dan tipe genset untuk keperluan darurat), dimensi, COS/ *Change Over Switch*



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

- ✓ Panel ( tipe , dimensi , *arrester* , *transduser* , dll )
- t. Menentukan sistem proteksi: genset, pompa dan panel *switch gear*
  - ✓ Proteksi genset: temperatur pendingin, tekanan minyak pelumas, *over speed*, *over voltage*, *under frekuensi*, *over current* dll
  - ✓ Proteksi pompa: embun, *seal leakage*, *high temperature winding motor*, *over current*, *unbalance current*, *low resistance isolasion*, *low voltage* , *ground fault* dll
  - ✓ Proteksi *switch gear*, *over current*, *ground fault* dll
- Menentukan sistem operasional pompa ;
  - ✓ Operasional manual / local
  - ✓ Operasional jarak jauh (*remote*)
  - ✓ Operasional otomatis ( lewat *water level control* )
- u. Menentukan peralatan instrument: WLC (*water level control* tipe *ultrasonic*, *probe*, *stick*) , CCTV dll. Menentukan sistem pentanahan peralatan (*grounding*) ; *rod*, *plate*, *wire mesh* dll, Harga tahanan *grounding* maksimum = 2 *omh* Menentukan system penangkal petir (*lightning protection*), tipe ; *electro static*, *lightning rod* dll
- v. Menentukan rak kabel, *cable tray*, saluran kabel (*cable conduit*)
- w. Menentukan peralatan bantu ;
  - ✓ Saringan sampah (*bar screen*) ; dimensi, material , mesh dll
  - ✓ Pembersih sampah (manual , elektrik (*rotary*, *traveling rake* , *fixed rake*)
  - ✓ Pompa penguras lumpur ( tipe, kapasitas, total head, putaran dll )
  - ✓ *Stop log* (dimensi, material, lokasi dll)
  - ✓ Piskal air (dimensi, ukuran , material , cat)
  - ✓ Pintu limpas / saluran limpas (tipe, dimensi , material dll)
  - ✓ Tangki bahan bakar dan instalasi pipa (dimensi, kapasitas , material , lokasi dll)
  - ✓ Instalasi penerangan , kipas , AC dll ( jumlah titik, kapasitas, lumen )
  - ✓ Kebutuhan air domestik ( tangki air, instalasi pipa , pompa air dll )
- x. Membuat spesifikasi peralatan utama untuk mekanikal dan elektrikal
  - ✓ Mekanikal: pompa drainase, pompa penguras, *engine*, *reducing gear*, *crane* dll
  - ✓ Elektrikal: genset, panel *switch gear*, panel control, panel start pompa dll .

**4. Metode dan Prosedur Perhitungan/Analisis**



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

- a. Perhitungan/Analisis Debit Aliran Yang Akan Dipompa dan Debit Pompa Menggunakan tata cara dari desain standar untuk mendapatkan desain hidrograf banjir untuk pompa drainase dari sistem drainase utama. Dalam perencanaan, kapasitas pompa harus maksimal apabila pompa dipasang diujung saluran. Apabila kolam penampung mempunyai dimensi besar dan merupakan bagian dari sistem pemompaan, maka yang perlu diperhatikan selain desain debit puncak adalah volume limpasan dan bentuk hidrograf untuk durasi hujan. Prosedur *routing* harus digunakan dalam merencanakan sistem pompa. Prosedur *routing* memadukan tiga elemen (hidrograf inflow, ketinggian muka air di kolam penampung, dan debit pompa drainase) untuk menentukan kapasitas pompa yang dibutuhkan. Jika kolam penampung merupakan bagian dari sistem pemompaan tetapi kapasitas kolam penampung memiliki dimensi yang kecil maka prosedur routing tidak perlu dilakukan. Prosedur Menentukan Volume Inflow :
- ✓ Langkah 1. Evaluasi basis waktu dari hidrograf desain dan pilih interval waktu. Biasanya, perencana menggunakan interval waktu yang sama dengan yang digunakan untuk mengembangkan *inflow* hidrograf.
  - ✓ Langkah 2. Mengembangkan tabel waktu, interval waktu, laju aliran, debit inflow rata-rata, tambahan *inflow* volume dan volume saat masuk kumulatif
  - ✓ Langkah 3. Pada setiap langkah waktu, mencatat tingkat debit masuk (*inflow*) dari hidrograf *inflow* dihitung.
  - ✓ Langkah 4. Menghitung dan tabulasi tingkat inflow rata-rata setengah dari jumlah arus dan sebelumnya masuk harga untuk setiap langkah waktu.
  - ✓ Langkah 5. Menghitung dan tabulasi volume tambahan untuk setiap langkah waktu sebagai rata-rata tingkat inflow dikalikan dengan selisih waktu (dalam
  - ✓ Langkah 6. Menghitung dan tabulasi volume kumulatif untuk setiap langkah waktu sebagai jumlah dari tambahan
  - ✓ Langkah 7. Plot kurva volume kumulatif terhadap waktu. Hasilnya adalah kurva aliran massa.
- b. Prosedur Routing Kurva Massa



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Evaluasi hidrolik utama dari konfigurasi pompa adalah penentuan arus keluar kumulatif menggunakan kurva desain massa *inflow*. Prosedur untuk melakukan hal ini disebut *Routing mass curve*. Tujuan dari routing kurva massa adalah untuk :

- ✓ Menentukan volume penyimpanan/penampungan maksimum yang tersedia untuk pompa dan *switching* kemudian dibandingkan dengan penampungan yang disediakan.
- ✓ Menentukan jumlah siklus pompa yang akan beroperasi.

Langkah-langkah untuk melakukan *routing* kurva massa:

- ✓ Langkah 1. Plot kurva massa arus masuk (*inflow* kumulatif terhadap waktu) pada kertas skala. Dan mengatur penyimpanan ke nol.
- ✓ Langkah 2. Identifikasi waktu dimana volume mencapai volume awal untuk pompa pertama. Gambar garis pada slope yang merepresentasikan tingkat pompa untuk operasi satu pompa di waktu ini pada *zero storage*.
- ✓ Langkah 3. Jika garis tingkat pompa memotong garis kurva massa, pompa berhenti. Hal ini diwakili dengan menggambar garis horizontal dari sudut persimpangan. Jika garis tingkat pompa tidak memotong garis kurva massa, melompat ke Langkah 5.
- ✓ Langkah 4. Lanjutkan garis horizontal sampai perbedaan volume antara kurva massa dan kurva arus keluar melebihi volume awal untuk pompa pertama lagi.
- ✓ Langkah 5. Jika perbedaan antara kurva massa dan kurva arus keluar mencapai volume awal untuk pompa berikutnya (pompa B), tarik garis yang mewakili tingkat debit untuk pompa tambahan
- ✓ Langkah 6. Pada setiap titik, jika perbedaan volume yang turun menjadi salah satu volume pompa berhenti, garis tingkat berkurang untuk mencerminkan tingkat pompa lebih rendah
- ✓ Langkah 7. Jika garis *outflow* mencapai garis massa kurva (titik D), garis tingkat dikurangi menjadi nol (horizontal) dan Langkah-langkah 4 sampai 7 yang diulang sampai kurva massa telah berakhir.
- ✓ Langkah 8. Tetapkan volume maksimal dalam penyimpanan dengan menggambar garis yang menyinggung kurva aliran massa dan sejajar dengan tarif maksimum pemompaan selama *routing* kurva. Perbedaan vertikal antara titik singgung dan kurva arus keluar merupakan volume penyimpanan maksimum yang diperlukan.

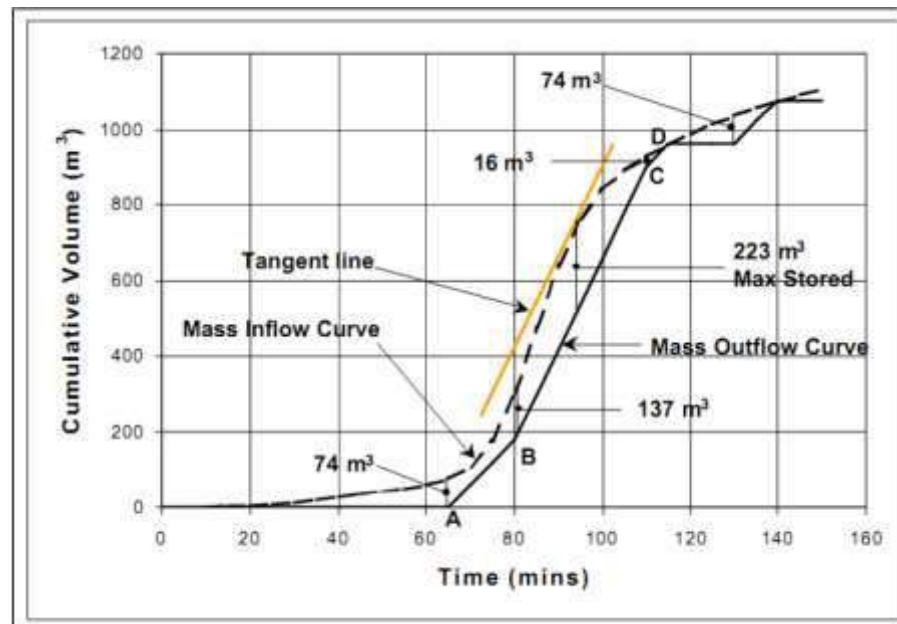


**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Kondisi	Penyebab	Aksi
$V(\text{req}) > Vt$ tetapi waktu putaran panjang	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Volume kolam tampung tidak cukup atau</li> <li>- Kapasitas pompa kecil atau</li> <li>- Pompa tidak dioperasikan dengan segera</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Meningkatkan volume kolam tampung atau</li> <li>- Meningkatkan kapasitas dan jumlah pompa</li> <li>- Mengurangi elevasi switch on/ switch-off pompa</li> </ul>
$V(\text{req})$ rendah sekali dibandingkan $Vt$ tetapi waktu putaran cukup	Kapasitas pompa terlalu besar	Mengurangi kapasitas dan jumlah pompa
$V(\text{req}) < Vt$ tetapi waktu putaran terlalu pendek	Volume kolam tampung tidak cukup dikarenakan switching elevasi yang tidak sesuai	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mengatur switching elevasi untuk meningkatkan perbedaan kolam tampung untuk kebanyakan pompa yang peka atau</li> <li>- Meningkatkan volume kolam tampung</li> </ul>
$V(\text{req}) < Vt$ dan waktu putaran cukup	Skenario pemompaan sesuai	Lanjutkan ke proses berikutnya

Sumber : *Highwater Stormwater Pump Station Design, Hydraulic Engineering Circular No. 24, February 2011*

**Tabel V.14 Referensi penentuan langkah**



Sumber : *Highway Stormwater Pump Station Design, Hydraulic Engineering Circular No. 24, February 2001*

**Gambar V.61 Contoh Metode Grafik Kurva Massa Inflow**

c. Analisis Kapasitas Pompa

Setelah debit pada perencanaan tersebut diketahui, kapasitas air yang akan dipompa persatuan waktu dapat dihitung dengan menggunakan rumus:



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

$$Q_p = Q / (24 \times 3600 \times D)$$

Dengan :

$Q_p$  = Kapasitas pompa drainase (m<sup>3</sup>/sec)

$D$  = Lamanya genangan yang diperbolehkan (hari)

Selain menggunakan rumus diatas, prosedur untuk mengestimasi kapasitas dan kebutuhan jumlah pompa dapat dilihat pada penjelasan dibawah ini :

Jika didesain berdasarkan pada :	Alternatif yang digunakan :	Langkah :
Debit puncak maksimum yang tetap, $Q_P(\text{req})$	A	Lanjutkan ke kolam tampung yang digunakan dn <i>routing</i> massa kurva
Kolam tampung yang tetap	B	Lanjutkan ke kolam tampung yang digunakan dan <i>routing</i> massa kurva.
Kapasitas/ kolam tampung yang optimum	B	Lanjutkan ke kolam tampung yang digunakan dan <i>routing</i> massa kurva, tetapi beberapa iterasi akan diperlukan.

*Sumber : Highwater Stormwater Pump Station Design, Hdyraulic Engineering Circular No. 24, February 2011*

**Tabel V.15** Prosedur untuk Mengestimasi Kapasitas dan Kebutuhan Jumlah Pompa

Alternatif A :

Lakukan hal berikut:

- Langkah 1. Hitung total yang diperlukan pemompaan dalam unit yang konsisten m<sup>3</sup>/jam atau gpm
- Langkah 2. Pilihlah coba-coba jumlah pompa, yang mereferensi dari tabel 2.10.
- Langkah 3. Menghitung kapasitas pompa yang dibutuhkan masing-masing. Desain yang disarankan adalah dengan membagi tingkat memompa total jumlah pompa untuk membangun pompa berukuran sama. Untuk pompa besar, pompa aliran rendah mungkin diperlukan, tetapi pompa utama harus tetap berukuran sama untuk menangani 100% dari aliran desain.

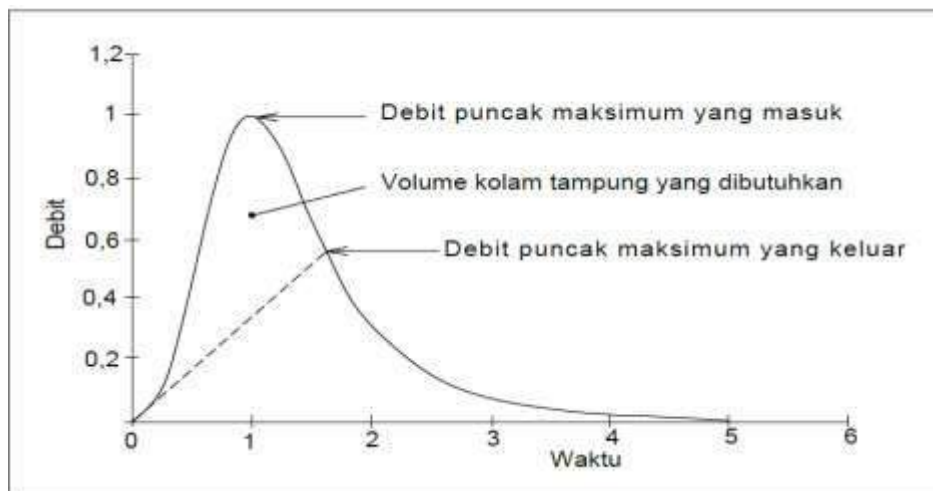


**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Alternatif B :

Lakukan hal berikut:

- Langkah 1. Plot hidrograf inflow.
- Langkah 2. gunakan garis singgung pada anggota tubuh meningkat dari hidrograf *inflow* untuk menarik garis ke titik yang dipilih secara acak pada anggota tubuh surut.
- Langkah 3. Perkirakan volume yang terdapat antara garis didirikan pada Langkah 2 dan bagian atas hidrograf inflow.
- Langkah 4. Jika volume diperkirakan adalah kurang lebih sama dengan jumlah penyimpanan yang tersedia disediakan, membaca tingkat debit di mana garis memotong *receding limb*. Ini adalah pompa sasaran laju untuk percobaan (atau dibentuk) konfigurasi penyimpanan. Jika volume diperkirakan tidak kurang lebih sama dengan penyimpanan yang tersedia jumlah yang diberikan, kembali ke Langkah 2.



Sumber : *Highway Stormwater Pump Station Design, Hydraulic Engineering Circular No. 24, February 2001*

**Gambar V.62 Estimating total pumping rate**

d. Perhitungan/ Analisis *Head*

Pada suatu aliran fluida (aliran zat cair) misalnya air hujan yang melalui suatu penampang saluran drainase, terdapat tekanan statis  $p$  (dalam satuan  $\text{kgf/m}^2$ ), kecepatan rata-rata  $u$  (dalam satuan  $\text{m/s}$ ), dan ketinggian  $Z$  (dalam  $\text{m}$ ) diukur pada suatu bidang referensi. Maka zat cair tersebut pada penampang yang bersangkutan dikatakan mempunyai head total  $H$  (dalam satuan  $\text{m}$ ) yang dapat dikatakan sebagai:





**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

$$H = \frac{\rho}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} + Z$$

Dimana:

$g$  = percepatan gravitasi  $m/s^2$

$\gamma$  = berat zat cair per satuan volume ( $kgf/m^3$ ).

$\frac{\rho}{\gamma}$  = tinggi tekan

$\frac{v^2}{2g}$  = tinggi kecepatan

$Z$  = tinggi tempat

Dalam perhitungan head pompa banjir, untuk menghitung kebutuhan head pompa yang digunakan adalah total head pompa dinamik ( $TDH = Total Dynamic Head$ ), yang merupakan kebutuhan energi total dari intake ke badan air penerima, dimana terdiri dari 4 (empat) komponen yaitu :

Head statis (*static head*),

Head gesek (*friction head*),

Head kecepatan (*velocity head*)

Head tekan (*pressure head*).



Sumber : Highway Stormwater Pump Station Design, Hydraulic Engineering Circular No. 24, February 2001

Gambar V.63 Komponen-komponen dalam TDH



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Gambar ... menjelaskan hubungan dari berbagai komponen *Total Dynamic Head* dan hubungan rumus:

$$TDH = H_s + n_{hf} + h_v + \delta H_p$$

Dimana:

$H_s$  = Head statis, m.

$n_{hf}$  = Total kehilangan head dalam pompa dan pipa karena gesekan, jenis material dll, m.

$h_v$  = Head kecepatan, m.

$\delta H_p$  = Perubahan tekanan antara inlet dan outlet, m. Bila antara inlet dan outlet merupakan saluran terbuka/ berhubungan dengan atmosfer/ udara bebas maka  $\delta H_p = 0$ , dan ini biasa terjadi pada stasiun pompa banjir. Sehingga dalam perencanaan pompa banjir tekanan yang sering berpengaruh hanya head statis (static head), head karena gesekan (*friction head*) dan head kecepatan (*velocity head*).

$$\Sigma h_f = H_b + H_f + H_p + H_e$$

Dimana:

$H_b$  = *Head Loss in bifurcation*/ kehilangan energi pada percabangan pipa

$H_f$  = *Head Loss in pipe fitting*/ kehilangan energi pada sambungan pipa

$H_p$  = *Head Loss in Linier pipe*/ kehilangan energi sepanjang pipa

$H_e$  = *Energy Losses in the end of discharge pipe*/ kehilangan energi pada pipa pembuangan

*Koefisien Head Loss*/ kehilangan energi sesuai SNI 7518:2009 dapat dihitung menurut persamaan berikut :

$$H_f = \lambda \frac{l}{D} \frac{U^2}{2g}$$

Keterangan:

$H_f$  = kehilangan energi yang disebabkan oleh gesekan (m)

$\lambda$  = faktor gesekan

$l$  = panjang pipa diuji dari tempat tap tekanan sampai flensa pompa (m)

$D$  = diameter dari pipa instalasinya

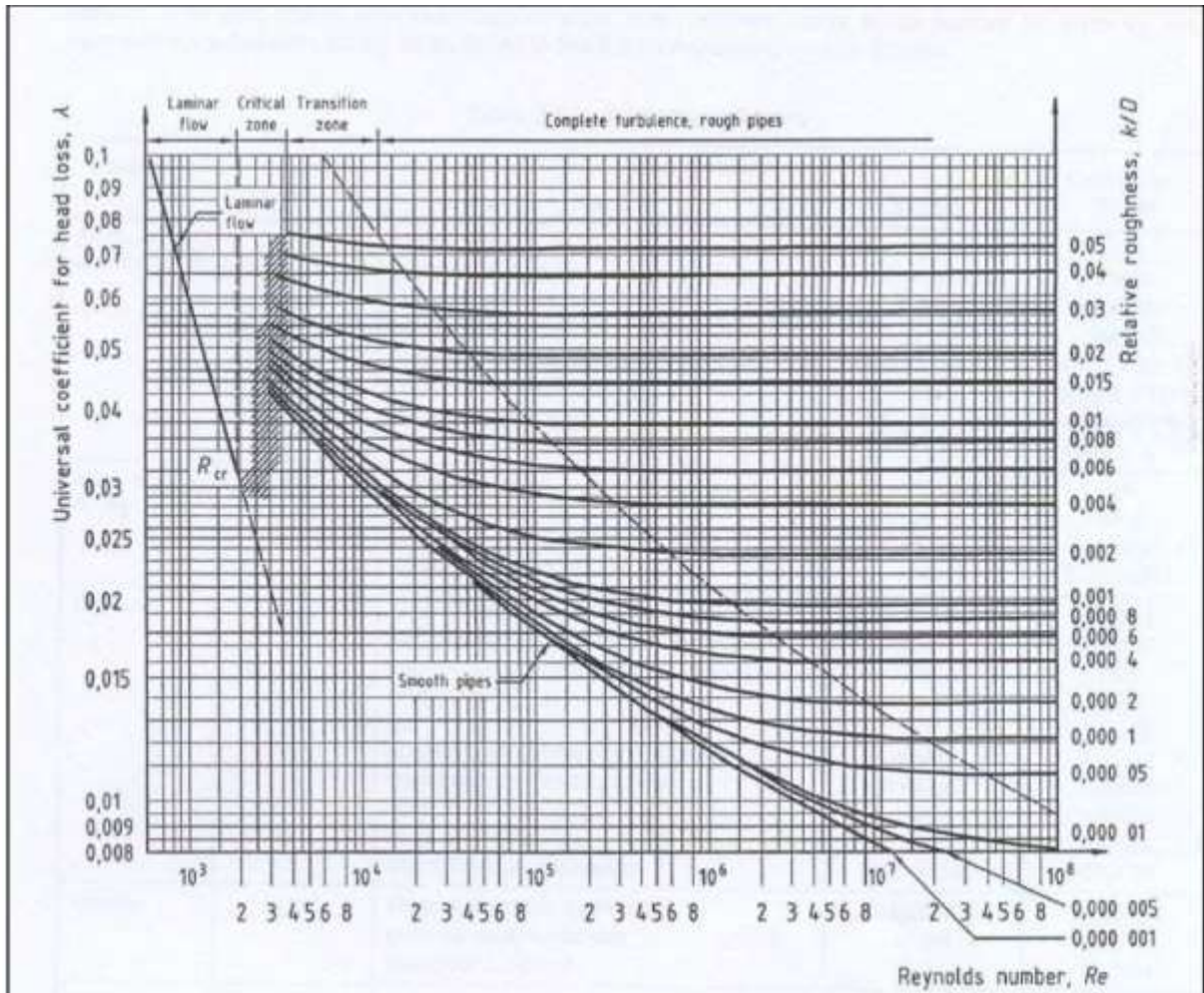
$U$  = laju aliran rata-rata dalam pipa (m/detik)



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

$g = \text{percepatan gravitasi} = 9,81 \text{ (m/detik}^2\text{)}$

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log_{10} \left[ \frac{2.51}{\text{Re} \sqrt{\lambda}} + \frac{k}{3.7D} \right]$$



**Gambar V.64 Moody diagram**

e. Perhitungan / Analisis pompa

⌚ Perhitungan/Analisis Daya Air

Energi yang secara efektif diterima pompa per satuan waktu dinyatakan oleh :

$$H_p = \frac{1}{60 \times 10^3} \times \rho \ g \ Q \ H$$

Dengan :



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

$H_p$  = daya air (Kw)

$Q$  = kapasitas air (m<sup>3</sup>/s)

$\rho$  = massa jenis air (kg/m<sup>3</sup>)

$H_{tot}$  = Tinggi total pompa (m)

⌚ Perhitungan/Analisis Daya Pompa

Daya untuk menggerakkan pompa yang besarnya sama dengan daya air ditambah kerugian daya dalam pompa, dinyatakan sebagai :

$$BHP = \frac{Q \times \gamma \times H}{\eta_p} \quad \text{atau} \quad BHP = \frac{HP}{\eta_p}$$

Dengan :

$Q$  = kapasitas pompa (m<sup>3</sup>/s)

$\gamma$  = berat jenis air (N/m<sup>3</sup>)

$\eta$  = efisiensi pompa

⌚ Perhitungan/Analisis Efisiensi Pompa

Efisiensi pompa adalah nilai yang menyatakan perbandingan daya yang diterima oleh air (WHP) dengan daya yang ada pada poros pompa (BHP).

$$\eta_p = \frac{HP}{BHP} \times 100\%$$

⌚ Perhitungan/Analisis Kecepatan Spesifik

Kecepatan spesifik merupakan salah satu parameter penentuan jenis pompa yang akan digunakan. Jadi jika  $n_s$  suatu pompa sudah ditentukan maka bentuk *impeller* pompa tersebut sudah tertentu pula. Dan untuk jenis pompa banjir biasanya memiliki kecepatan spesifik tinggi (> 600). Kecepatan spesifik,  $n_s$ , NSI 7518:2009, juga dapat dinyatakan sebagai berikut :

$$n_s = n \frac{Q^{1/2}}{H^{3/4}}$$

Dengan :

$n_s$  = Kecepatan spesifik (-);



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

$\eta$  = Kecepatan *impeller* (rad/det) =  $2\pi n$ ;

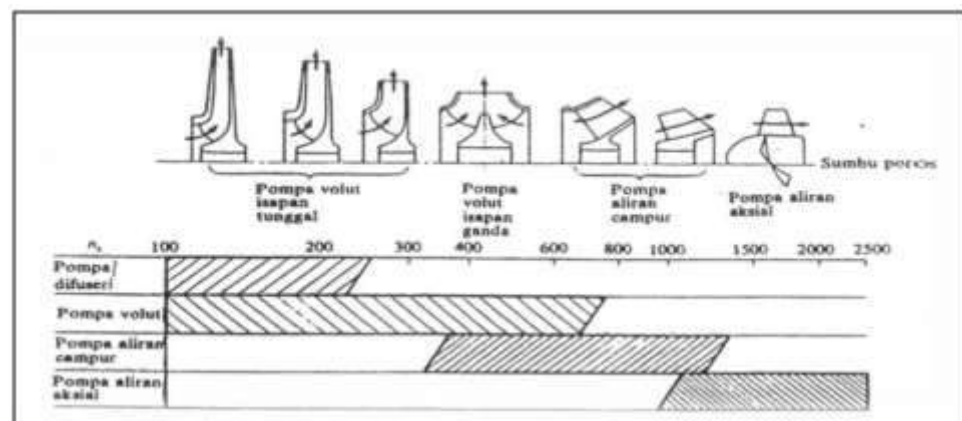
$Q_0$  = Debit pada titik efisiensi terbaik ( $m^3/det$ );

$H_0$  = Tinggi angkat pompa pada titik efisiensi terbaik (m).

Dimana  $n$ ,  $Q$  dan  $H$  adalah harga-harga pada titik efisiensi maksimum pompa. Dari rumus diatas dapat disimpulkan bahwa pompa dengan head total yang tinggi dan debit aliran yang kecil cenderung memiliki harga  $ns$  yang kecil. Sebaliknya dengan head total yang rendah dan kapasitas aliran yang besar, harga  $ns$  akan menjadi besar yang merupakan karakteristik pompa banjir. Selanjutnya, apabila kapasitas aliran dan head total tetap sama, harga  $ns$  akan berubah jika putaran  $n$  berubah. Dalam hal ini  $ns$  akan bertambah besar jika putaran  $n$  menjadi lebih tinggi. Range kecepatan spesifik  $ns$  untuk masing-masing tipe pompa dapat dilihat pada tabel berikut :

Tipe Pompa	Ns
Pompa turbin (Sentrifugal)	90 – 270
Pompa Volut (Sentrifugal)	90 – 700
Pompa aliran campuran	600 – 1000
Pompa aksial	1300- 1900

Nilai dari kecepatan spesifik dapat dijadikan sebagai acuan untuk menentukan bentuk *impeller* dan jumlah sudu yang digunakan.



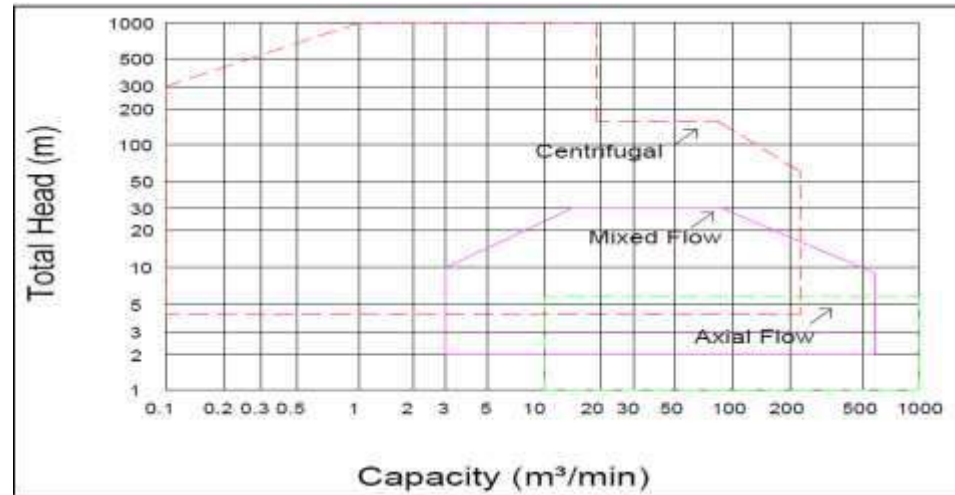
Sumber: Pompa dan Kompresor: Pemilihan, Pemakaian dan Pemeliharaan, Sularso dan Haruo Tahara, PT. Pertja, 2000

**Gambar V.65 Tipe Impeller Berdasarkan Kecepatan Spesifik**



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Untuk keperluan pemilihan jenis pompa, dapat disederhanakan dari pemilihan jenis *impeller* pompa pada Gambar 5.65 Dengan menggunakan nomogram pemilihan pompa pada Gambar dibawah ini.



**Gambar V.66 Nomogram Pemilihan Pompa**

Efisiensi untuk pompa yang dioperasikan dengan baik adalah sekitar 75% dan untuk mesin/motor penggerak efisiensi 90%, sehingga efisiensi total menjadi 67.5%. Salah satu permasalahan dalam instalasi pompa adalah mengenai daya pompa, mengingat pompa secara umum tidak dapat beroperasi tanpa daya listrik.

⌚ Perhitungan/Analisis *Suction Head* (Head Hisap)

Untuk menentukan ketinggian suction dari pompa :

$$z_s = \frac{P_a}{\gamma} - \frac{P_v}{\gamma} - \sigma H - h_{ls} \quad \text{dengan his} = f \frac{L \bar{V}^2}{D 2g} + k \frac{\bar{V}^2}{2g}$$

Dimana :

$P_a$  = tekanan atmosfer (N/m<sup>2</sup>)

$P_v$  = tekanan uap jenuh (N/m<sup>2</sup>)

$\gamma$  = berat jenis zat cair (N/m<sup>3</sup>)

$h_{ls}$  = kerugian head di sisi isap pompa (m)

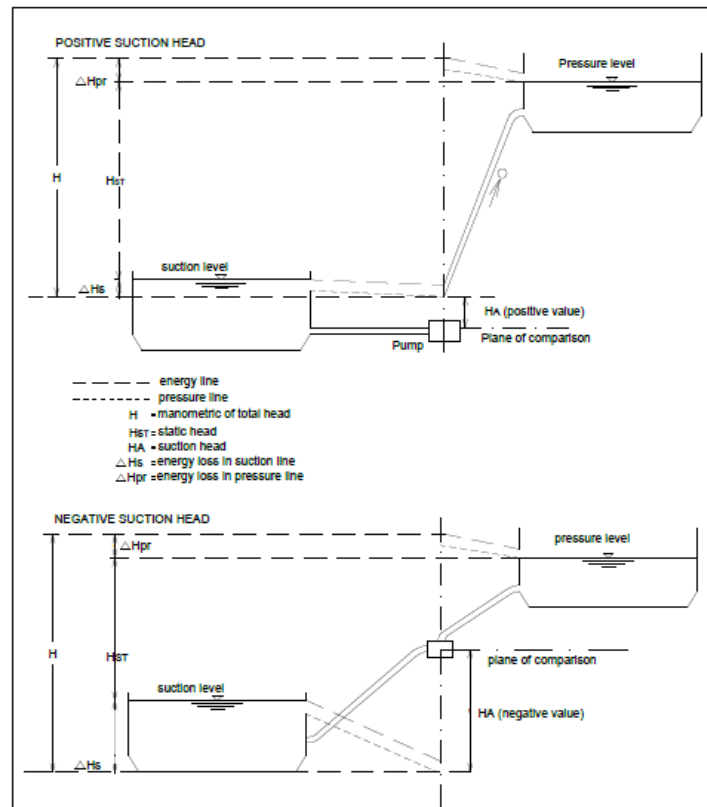
=  $h_{L\text{major}}$ / Head Loss in linier pipe ( $H_p$ ) +  $h_{L\text{minor}}$ / Head Loss in pipe fitting

( $H_f$ )

$\sigma$  = Faktor Kavitasi



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**



**Gambar V.67 Posisi Skematik dari Pompa**

⌚ Perhitungan/Analisis Daya Penggerak Pompa

Daya yang diberikan pada poros pompa diihitung dengan persamaan :

$$P_s = \frac{\rho g Q H}{\eta}$$

Dimana:

$P_s$  = Daya yang diberikan pada poros pompa (Watt)

$\rho$  = Kerapatan masa air (1000 kg/ m<sup>3</sup>)

$g$  = Percepatan Gravitasi (m/det<sup>2</sup>)

$Q$  = Kapasitas Pompa (m<sup>3</sup>/s)

$H$  = Head (m)

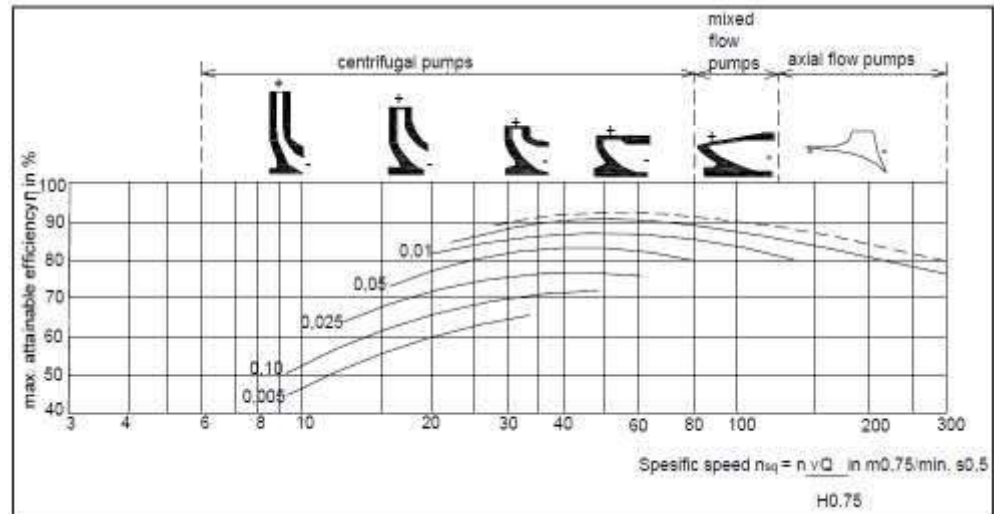
$\eta$  = Efisiensi

Pemilihan penggerak pompa harus mempertimbangkan aspek-aspek teknik, ekonomi, dan keandalan. Besarnya daya penggerak yang dibutuhkan harus dihitung berdasarkan kondisi yang paling tidak menguntungkan. Efisiensi aktual pompa



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

biasanya kurang dari nilai maksimum yang dapat dicapai seperti diberikan dalam gambar berikut ini.



Sumber : Lazarkiewics and troskolanski 1965

**Gambar V.68 Efisiensi Pompa Maksimum Yang Dicapai Sebagai Fungsi nsq**

Kehilangan daya pada penggerak juga dapat terjadi karena penggunaan *gear box* dan faktor-faktor iklim. Penggerak pompa tidak boleh beroperasi secara terus menerus pada kapasitas maksimumnya, tetapi pada 85 sampai 90 % beban. Daya penggerak pompa dapat dihitung sebagai berikut :

$$Pd = \frac{\rho g Q H}{\eta \eta d \eta red} \cdot \frac{100 + ac}{100} \cdot fr$$

Dengan :

$Pd$  = Suplai daya yang dibutuhkan (Watt);

$\eta$  = Efisiensi pompa yang diharapkan (-);

$\eta d$  = Efisiensi penggerak pompa (-);

$\eta red$  = Efisiensi reduksi = 0,96 - 0,98 (-);

$ac$  = Persentase reduksi daya akibat ketinggian dan iklim;

$fr$  = Faktor untuk mencegah penggerak pompa bekerja secara terus menerus pada kapasitas maksimumnya = 1,1 – 1,2.

- ⌚ Penentuan dimensi kolam pompa

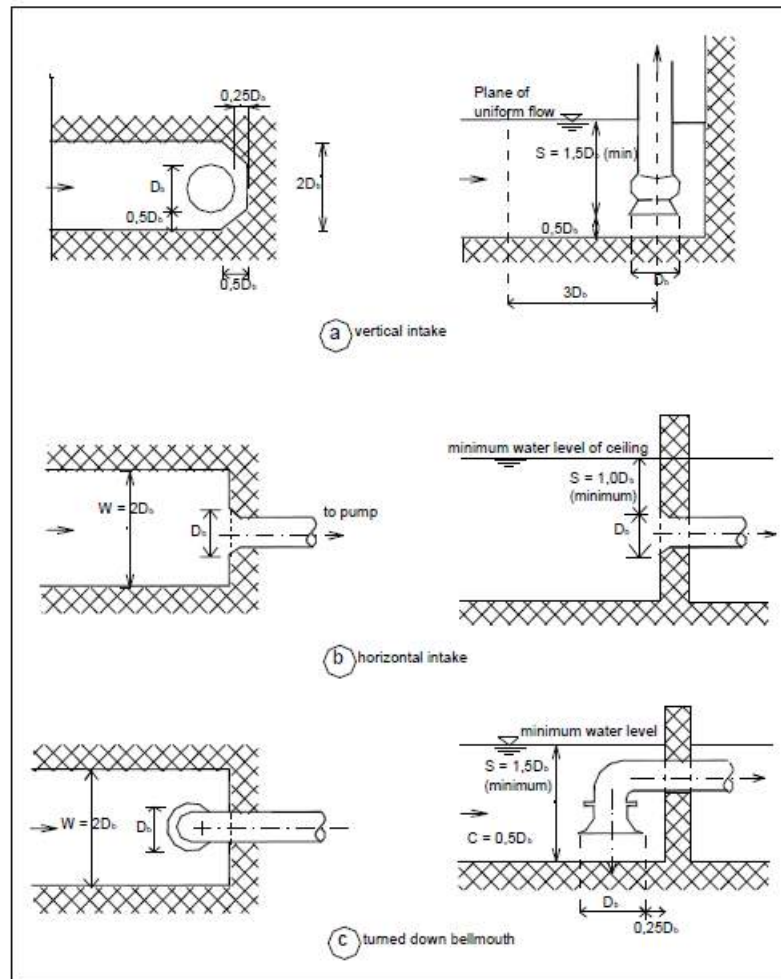




**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Dimensi kolam diberikan dalam perbandingan dengan diameter mulut pipa hisap,  $D_b$ . Pada umumnya diameter mulut pipa hisap ditentukan berdasarkan perbandingan dengan diameter bukaan hisap pompa,  $D_1$ , sebagai berikut:

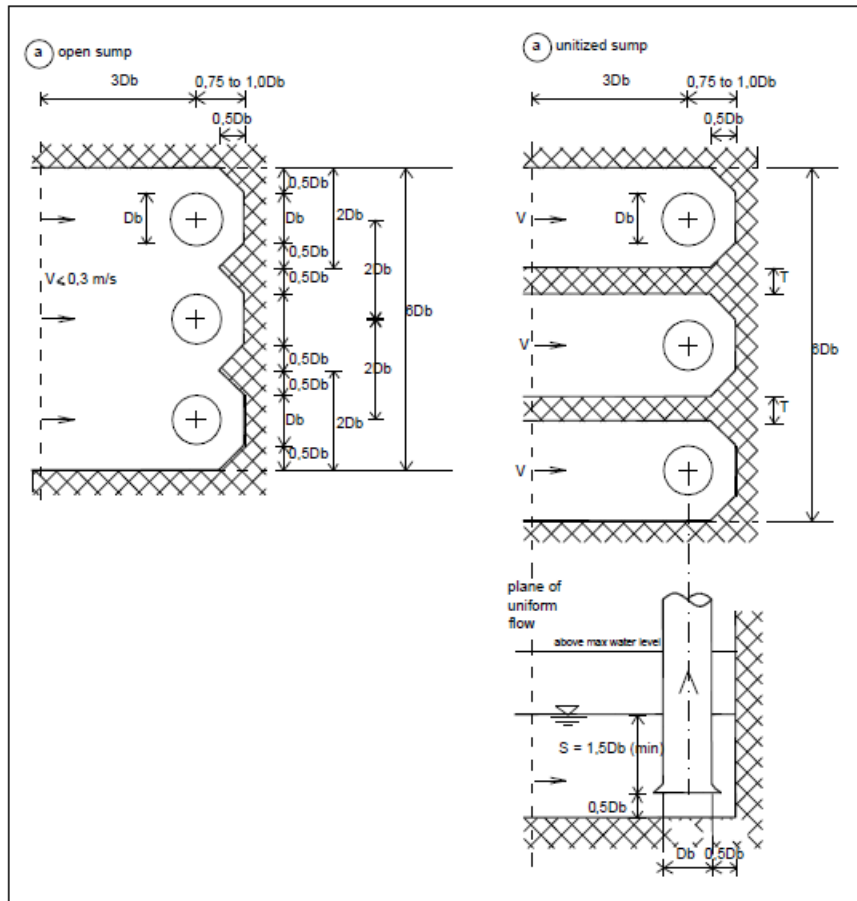
$$D_b/D_1 = 1,5 - 1,8$$



Sumber: Prosser 1977

**Gambar V.69 Kolam Pompa untuk Pompa Tunggal**

Untuk penggunaan > satu pompa, prinsip desain yang diberikan terlihat pada :



Sumber: Prosser 1977

Gambar V.70 Kolam Pompa untuk lebih dari Satu Pompa

#### f. Pemompaan Secara Paralel

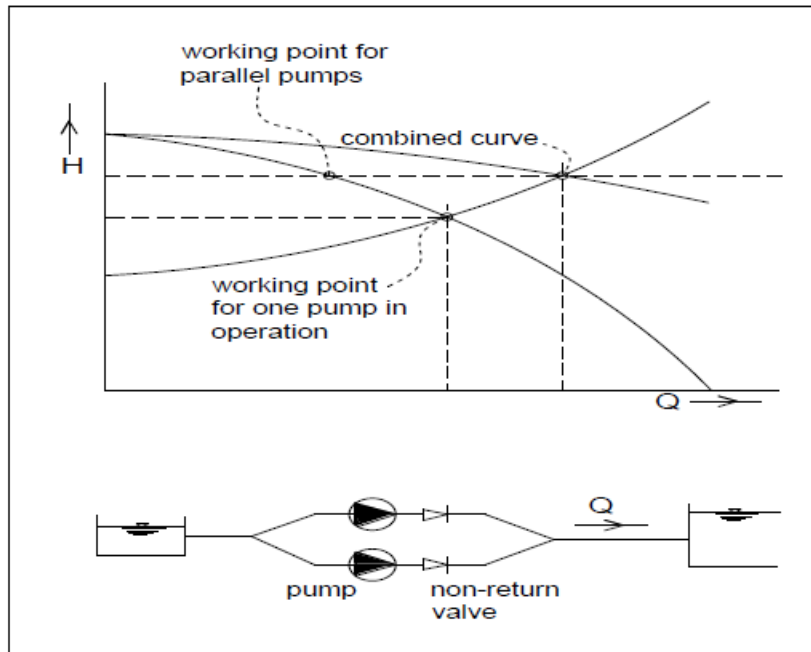
Langkah dalam perencanaan pompa adalah memperkirakan jumlah pompa yang akan dipasang. Secara ekonomi memasang satu unit pompa lebih menguntungkan dari pada dua, tiga atau lebih unit pompa. Namun, berdasarkan pertimbangan :

- ⌚ keamanan dan kelangsungan pengoperasian, dipandang perlu untuk memecah kapasitas total suatu stasiun pompa menjadi kapasitas beberapa unit pompa
- ⌚ Menghindari terhentinya sama sekali pengoperasian stasiun pompa karena kerusakan pompa
- ⌚ Menghindari ketidakefisienan pempompaan pada debit kecil.
- ⌚ Pemompaan dapat dilakukan bertahap untuk menghindari penurunan muka air yang terlalu cepat



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

- ⌚ Dengan memilih ukuran pompa yang sama, stok suku cadang dapat ditekan sampai minimum
- ⌚ Efisiensi dapat ditingkatkan dengan menggunakan pompa-pompa yang dapat bekerja dengan kecepatan bervariasi



Sumber: Pendidikan dan Pelatihan PSDA dan Pantai, Prayogo Endarjo, 2003

**Gambar V.71 Operasi pemompaan secara paralel**



## BAB VI

### OPERASI DAN PEMELIHARAAN BANGUNAN DRAINASE

#### 6.1. Operasi dan Pemeliharaan Bangunan Drainase

Dengan berkembangnya daerah hunian perkotaan, sistem drainase harus disusun dan dibuat secara terencana. Untuk menjaga lingkungan permukiman di perkotaan agar tetap aman terhadap genangan atau aliran yang tidak terkendali, maka perlu kegiatan operasi dan pemeliharaan.

Semua bangunan drainase perkotaan harus dioperasikan dan dipelihara dengan baik dan benar sesuai prosedur standar yang berlaku. Untuk dapat melakukan pekerjaan operasi dan pemeliharaan prasarana drainase, perlu mengetahui beberapa pengertian pokok sekitar operasional drainase tersebut:

1. **Operasi** adalah berfungsinya suatu sistem sesuai dengan tujuannya.
2. **Pemeliharaan** adalah kegiatan yang dilakukan untuk menjamin fungsi sarana dan prasarana bekerja sesuai dengan rencana.
3. **Sarana drainase perkotaan** adalah seluruh bangunan utama yang memungkinkan sistem drainase berfungsi, misalnya: saluran, pintu air, polder/tandon, tanggul, gorong – gorong, drain hole dll.
4. **Prasarana drainase perkotaan** adalah bangunan atau peralatan yang mendukung berfungsinya bangunan utama sistem drainase, misalnya; alat berat untuk pembersih saluran dan tandon, bangunan filter, penangkap sampah, penangkap pasir, dan bangunan penunjang lainnya.

Pengelompokan kegiatan operasi dan pemeliharaan berdasarkan tanggung jawab pengelolanya yaitu:

1. Operasi dan pemeliharaan jaringan drainase utama (major drainage system) yang merupakan tanggung jawab pemerintah Kota Padang meliputi:
  - a. Saluran primer
  - b. Saluran sekunder
  - c. Saluran tersier, dan
  - d. Bangunan – bangunan pelengkap.
2. Operasi dan pemeliharaan jaringan drainase lokal (minor drainage system) yang merupakan tanggung jawab dan dikelola oleh masyarakat yang bersangkutan. Yang termasuk dalam jaringan drainase ini adalah:
  - a. Saluran kuartier dan yang lebih kecil.



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

- b. Saluran – saluran di dalam kompleks perumahan, real estate, kawasan pabrik, berikut bangunan – bangunan pelengkap nya.

**Aspek Administrasi Pengelolaan Jaringan Drainase**

Agar sistem drainase perkotaan agar dapat berfungsi dengan baik maka perlu adanya suatu sistem pengelolaan yang baik pula. Untuk itu perlu ada manusia yang mengelola, sarana, prasarana, dan dukungan finansial untuk melaksanakannya. Untuk itu administrasi merupakan hal yang sangat penting dalam mengatur personalia, peralatan, keuangan dalam pengelolaan sistem drainase perkotaan, baik di kantor maupun di lapangan.

**Aspek Teknis**

Agar operasi dan pemeliharaan sistem drainase dapat dilaksanakan dengan baik maka perlu tersedia data teknis dari sistem drainase yang akan dikelola tersebut, yang meliputi:

1. Gambar tata letak (*layout*) sistem drainase serta bangunan-bangunannya serta badan air (sungai dan anak – anak sungai).
2. Gambar desain rinci (*detailed design*) saluran utama (*major drains*) dan saluran mikro/tersier/lingkungan (*minor drains*) serta bangunan-bangunannya seperti jembatan gorong-gorong, bangunan terjun bangunan, bangunan outlet, dan lain lain.
3. Gambar detail badan air (sungai beserta anak-anak sungainya)
4. Gambar detail kolam retensi (*retention basin*)
5. Gambar detail lainnya
6. Nota desain (*design note*), yaitu hasil perhitungan desain, dimensi saluran dan bangunan
7. Gambar pasca konstruksi (*asbuilt drawings*)

Data teknis tersebut harus dimiliki baik perangkat keras (*hard copy*) maupun perangkat lunak (*soft copy*). Satu (1) set gambar teknis tersebut harus berada pada setiap kantor cabang kantor cabang (*zone office*), sedangkan gambar asli dan perangkat lunaknya (*soft copy*) harus disimpan di kantor pusat UPTD pengelolaan drainase Kota Padang (*central office*).

**Aspek Keuangan**

Program kerja tiga tahunan dan lima tahunan untuk kegiatan operasi dan pemeliharaan jaringan drainase perlu disusun dengan baik. Tanpa disukung dengan kekuatan finansial yang memadai, maka program kerja yang muluk-muluk tidak akan dapat berjalan dengan lancar sesuai dengan rencana yang disiapkan.



### **Aspek Masyarakat**

#### 1. Masalah Sampah

Sampah merupakan masalah utama bagi kelancaran berfungsinya aliran pembuangan di saluran dan bangunan drainase perkotaan. Kebiasaan masyarakat membuang sampah tidak pada tempatnya mengakibatkan saluran pembuangan pada drainase kota banyak menjadi tersumbat dan akhirnya masuk ke sungai, maka sungaipun akan penuh dengan sampah. Endapan sampah pada saluran dan sungai akan sangat mencemari lingkungan dengan bau yang tidak sedap terutama pada musim kemarau. Pada musim penghujan tiba maka sampah ini akan sangat mengganggu aliran air dan dapat merusak sarana dan prasarana jaringan drainase kota dan mengakibatkan air balik dan terjadinya banjir dimana-mana.

Sosialisasi kepada masyarakat telah dilakukan oleh Pemda Kota Padang melalui Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Padang agar masyarakat membuang sampah pada tempat yang telah ditentukan, dengan memasang papan-papan larangan di tempat-tempat umum perlu digalakkan lagi.

#### 2. Masalah Bangunan Diatas Saluran

Banyaknya bangunan ilegal diatas saluran seperti kios, kedai, pelat beton dan lain lain, juga merupakan hambatan kontrol terhadap kondisi saluran dan sulit bagi petugas O & P untuk membersihkan endapan pada saluran. Banyak bekisting pelat beton yang dibangun tidak dibongkar kembali setelah selesai sehingga sampah disaluran akan tersangkut, dan hal ini pula salah satu penyebab terjadinya banjir di dalam kota.

### **Aspek Teknis Operasi Dan Pemeliharaan**

Pemeliharaan adalah semua pekerjaan rutin dan berulang yang diperlukan untuk memelihara suatu fasilitas. Pemeliharaan dari pekerjaan drainase kota dapat dibedakan menjadi tiga katagori:

#### a. Pemeliharaan pencegahan

Ini meliputi semua aktivitas yang dilaksanakan untuk memelihara fungsi secara optimum dari suatu fasilitas dan komponen – komponennya menurut suatu program pro-jadwal/pro-schedule. Pemeliharaan pencegahan meliputi: pemeliharaan rutin, pemeliharaan berkala, dan pekerjaan reparasi.

#### b. Pemeliharaan koreksi



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Tindakan ini dilaksanakan untuk mencegah munculnya kembali kegagalan dan kerusakan suatu konstruksi drainase. Aktivitas ini diambil atas dasar dari suatu analisis dari kegagalan sebelumnya. Pemeliharaan koreksi bisa meliputi : pemeliharaan khusus, rehabilitasi, perbaikan kapasitas (normalisasi).

c. Pemeliharaan keadaan darurat

Aktivitas ini meliputi pekerjaan mendesak dimana dibutuhkan sebagai hasil dari kegagalan suatu komponen sistem saluran dalam kaitan dengan runtuhnya dinding saluran, erosi, robohnya struktur dan lain – lain.



**Gambar VI.1 Contoh Saluran Terbuka dan Saluran Tertutup**

## 6.2. SISTEM POMPA

Sistem pompa biasanya berpasangan dengan sistem polder, tapi ada juga pada beberapa daerah digunakan sistem pompa, tanpa ada polder. Biasanya ini dilakukan pada kondisi adanya penyempitan saluran di sebelah hilir, sehingga menimbulkan genangan air/banjir pada bagian hulu dari penyempitan tersebut. Untuk dapat menampung genangan tersebut biasanya dibuat kolam yang disertai dengan pompa. Prosedur untuk menjalankan pompa tersebut adalah sebagai berikut:



**Gambar VI.2 contoh lokasi stasiun pompa**

**1. Data yang Digunakan untuk Operasional Rumah Pompa**

**a. Data Hidrologi**

Data hidrologi dibutuhkan sebagai acuan untuk perencanaan (design) dan operasional rumah pompa:

- Data debit air yang masuk kolam penampungan
- Data elevasi air (tinggi muka air)

**b. Spesifikasi Peralatan**

- Kapasitas Pompa, kapasitas penggerak mula/genset dll.
- Perencanaan (*design*) untuk menentukan kapasitas pompa yang terpasang dan ketinggian air yang dipompa

**c. Data Personil**

- Pengetahuan (knowledge)
- Kemampuan (skill)
- Sikap (attitude)

**2. Peralatan yang digunakan**

**a. Bangunan utama**

- **Kolam Penampung / long storage**





**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Berfungsi untuk menampung air yang akan dipompa ke badan air penerima air / sungai atau laut. Bangunan tersebut dibuat pada ketinggian (elevasi yang terendah pada sistem drainase) sehingga secara gravitasi sistem drainase dapat mengalir. Luas dan volume kolam penampung disesuaikan dengan sistem yang diperlukan misal 35 tahun.

- **Rumah Pintu Air (*Gate House*)**

Berfungsi untuk penempatan pintu air umumnya rumah pintu dibangun satu lokasi dengan kolam penampung (*retarding pond*) dan penempatan elevasi pintu air disesuaikan dengan kondisi kolam penampung

- **Pintu air**

Berfungsi untuk mengalirkan air dari kolam penampung ke badan penerima air dalam aliran gravitasi apabila elevasi air pada kolam penampung lebih besar dari badan penerima air (sungai atau laut) dan pengoperasian pintu air dilakukan apabila terjadi malfunction pada peralatan sistem pompa drainase, sehingga kolam air tidak mampu menampung air. Adapun pintu air yang terpasang dibuat sesuai kebutuhan dengan tipe sliding atau radial dengan penggerak menggunakan roda gigi transmisi atau *hydraulic*. Selanjutnya operasional pintu dapat dilakukan manual atau dengan motorise,

- **Rumah Genset**

Berfungsi untuk penempatan peralatan Genset yang berfungsi untuk supply energi listrik ke motor pompa. Bangunan rumah dibuat tahan getaran dan pondasi genset terpisah dengan pondasi bangunan, dan dilengkapi dengan penahan knalpot genset (*silincer*). Agar sistem pendingin udara lebih sempurna, maka pada umumnya pintu masuk dibuat lebar dan panjang. Lebar dan tinggi bangunan disesuaikan dengan jumlah dan kapasitas genset. Pada sebagian sistem pompa drainase bangunan rumah genset dibuat menyatu dengan panel *switchgear* dan panel kontrol (*control desk*). Bangunan-bangunan genset pada umumnya dilengkapi *crane* untuk fasilitas memasang dan pemeliharaan genset.

- **Rumah panel start pompa**

Berfungsi untuk penempatan panel start pompa, bangunan tersebut dilengkapi saluran kabel (*cable pit*) dan rak tabel (*cable rack*) untuk memasang kabel masuk dan keluar



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

panel start pompa Untuk sistem pendingin peralatan dilengkapi dengan AC ruangan dan Fan pada masing-masing panel

- **Rumah pompa drainase**

Bangunan rumah pompa drainase berfungsi untuk memasang pompa drainase dan kelengkapannya : pipa kolom, pipa discharge, katup, valve, flend pompa, *reducing gear*, engine penggerak dll. ada umumnya dilengkapi crane untuk pemasangan (install) dan pemeliharaan Bentuk / type bangunan rumah pompa pada umumnya terdiri:

- ✚ Satu lantai

- ✚ Peralatan pompa drainase (*type centrifugal, submersible axial/mix* dari penggerak terpasang satu lantai)

- ✚ Dua Lantai

- ✚ Peralatan pompa drainase terpasang pada lantai satu dan penggerak terpasang pada lantai dua umumnya pompa dengan kapasitas besar untuk tipe *Axial/mix vertical shaft* > 5m<sup>3</sup> /det

- ✚ Out door

- ✚ Bangunan rumah pompa dengan pompa drainase terpasang diluar tanpa atap umumnya untuk pompa kapasitas besar type submersible axial flow.

- **Bangunan *Bar Screen* dan *Trash Rack Rake***

Berfungsi untuk penempatan bar screen dan peralatan pembersih sampah (motorise)

Pada umumnya terbagi menjadi 2 bagian:

- Bagian upstream untuk memasang bar screen kasar

- Bagian downstream untuk memasang barscreen kasar, pada umumnya untuk downstream, bangunan menyatu dengan rumah pompa.

Bangunan lainnya untuk sarana pendukung

- a. Kantor / *management office*

- b. Rumah Operator / *staff house*

- c. Garasi

- d. Gudang

- e. Tempat ibadah



- f. Rumah jaga (satpam)
- g. Peralatan sistem pompa drainase

**b. Peralatan Mekanikal**

- **Pompa drainase dan kelengkapannya**

Pompa drainase berfungsi untuk memindahkan genangan air (memompa air) dari kolam penampung ke badan penerima dengan beda ketinggian sesuai kondisi yang telah ditetapkan. Adapun peralatannya berupa :

- Pompa drainase type centrifugal, axial/mix flow vertical type, submersible axial/mix flow ataupun Gate Pump dan screw pump.
- Pipa buang, pipa kolom
- Valve, Flap Valve dan butterfly valve.

- **Pompa penguras lumpur dan kelengkapannya**

Berfungsi untuk menguras sedimentasi / lumpur yang menumpuk pada saluran / masuk pompa sehingga debit yang dihasilkan pompa drainase tidak terpengaruh akibat penumpukan lumpur

- **Engine/motor Penggerak Pompa**

Berfungsi untuk menggerakkan pompa lewat perantaraan roda gigi/ban belt, dapat secara langsung atau lewat peralatan *Reducing gear* (jika putaran pompa tidak sesuai dengan putaran engine) Pada umumnya engine penggerak digunakan motor bakar (bensin atau solar) sesuai kondisi dan pada kondisi khusus dapat digunakan turbin gas. Kapasitas engine umumnya  $\pm 25\%$  dari pompa yang digerakkan jika menggunakan *reducing gear*, pada umumnya shaft/as engine dan shaft/as pompa sejajar, tapi pada kondisi tertentu dapat dibuat tegak lurus atau miring.

- **Pintu air limpas ( *type rolling gate, pintu sorong, radial gate* )** Berfungsi untuk membuang air pada kolam penampung, pada kondisi:

- Terjadi gangguan pada sistem pompa
- Debit air yang masuk dalam kolam lebih besar dari kapasitas pompa yang terpasang
- Pembuangan air kolam penampung dengan gravitasi jika kondisi badan penerima air elevasinya lebih rendah (air laut surut)



- **Bar screen (saringan sampah)**

terpasang pada bangunan bar screen sisi up stream dan down stream Berfungsi untuk menyaring air dari kotoran/sampah yang masuk ke kolam penampung (*retarding pond*) dan air yang masuk ke saluran menuju ruang pompa sehingga air yang dipompa kondisinya aman, tidak mengganggu operasional pompa. Pada umumnya bar screen dipasang pada dua jenis yaitu saringan halus dan saringan kasar.
  - **Trash rack rake**

Pada umumnya terpasang pada sisi atas dan sisi bawah bar screen, berfungsi untuk membersihkan sampah yang menempel pada bar screen. Sistem operasionalnya menggunakan motor listrik, untuk peralatan *rake* dan pemindahan sampah ke tempat pengumpulan. Operasionalnya dapat dilakukan secara manual (*push button*) atau *automatic* dengan pemrograman. Peralatan sampah juga ada yang terpasang dengan menggunakan tenaga manusia, untuk pembersihan dengan garuk sampah.
  - **Conveying (Crane)**

Peralatan alat angkat/ crane umumnya terpasang menyatu dengan bangunan rumah pompa dan rumah pintu air. Fungsi crane adalah untuk mengangkat peralatan pada pekerjaan pemasangan (*install*) dan digunakan untuk pemeliharaan peralatan engine/genset, pompa dan pintu air. Kapasitas dan tinggi angkat disesuaikan dengan kebutuhan peralatan yang akan digunakan untuk pemasangan dan pemeliharaan.
- c. **Peralatan Elektrik**
- **Power source (sumber listrik)**

Untuk pompa drainase yang menggunakan penggerak motor listrik, maka disiapkan sumber listrik dengan menggunakan genset atau dari PLN. Pada umumnya untuk rumah pompa drainase dengan penggerak motor listrik sumber utama dari genset. Sedangkan untuk operasional rutin (harian) sumber listrik dari PLN karena lebih efisien.
  - **Genset**

Peralatan genset terpasang pada rumah genset (*power house*). Sistem tegangan (tegangan output) disesuaikan dengan desain. Pada umumnya digunakan tegangan 3 phase 6.600 V, 3300 V, dan 380 V. Demikian juga kapasitas genset disesuaikan



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

dengan kapasitas pompa (daya motor) dan sistem start pompa yang digunakan. Fungsi genset adalah sebagai sumber daya listrik untuk motor pompa drainase sesuai dengan kapasitas, tegangan dan frekuensi yang dibutuhkan dan pemasangan umumnya. Genset untuk melayani 2 atau 3 pompa drainase atau untuk pompa yang lebih dari 4 dst dapat dilakukan sistem paralel genset. Setiap genset dilengkapi panel operasional manual

- **Supply PLN**

Supply daya PLN disesuaikan dengan kebutuhan daya (tegangan, frekuensi dan power) dari peralatan yang terpasang. Penggunaan daya PLN sebelumnya dilakukan pengukuran kapasitas tegangan (R.S, T dan imbalance voltage) pada daerah yang akan dipasang rumah pompa, Daya dari PLN juga digunakan untuk kebutuhan peralatan bantu dan penerangan disamping motor pompa.

- **Panel Switch Gear**

Panel switch gear, terpasang pada ruang tersendiri atau menyatu dengan bangunan rumah genset. Fungsi *panel switcher* untuk menyalurkan daya elektrik dari genset/PLN disalurkan ke Busbar (Rel pengumpul) kemudian dibagi untuk didistribusikan ke masing-masing panel *switch gear* (Elctrical panel sesuai jumlah pompa yang terpasang (misal EP 1-6)) Pada panel switch gear peralatan utama terpasang circuit braker (CB) sesuai tipe/jenis (VCB, ACB, MCCM dll) dan dilengkapi peralatan untuk proteksi CT, PT, meter meter lampu indikator, *push button*, *busbar* dll) Pada beberapa rumah panel switch gear dilengkapi COS untuk pilihan supply daya ke motor pompa

- **Panel Start pompa (panel kontrol pompa)**

Panel star pompa (panel kontrol pompa ) terpasang pada bangunan panel pompa (*pump panel rear*) pada umumnya dibuat terpisah dengan bangunan lainnya, pada kondisi tertentu menyatu dengan bangunan panel *switch gear*. Fungsi panel start pompa untuk kegiatan pengoperasian pompa (start & stop) secara manual atau lokal. Peralatan utama yang terpasang pada umumnya menggunakan sistem start pompa (DOL, VIA, *soft starter* atau *inverter*). Sistem kontrol pompa, meter-meter, proteksi pompa, *push button*, lampu indikator dll. Untuk setiap panel start pompa melayani satu unit pompa drainase untuk start dan stop



- **Panel MDP**

Distribusi panel umumnya terpasang menyatu dengan switch gear dan pada rumah pompa yang kecil dipasang pada bangunan rumah pompa. Panel tersebut berfungsi untuk supply daya listrik ke peralatan bantu (*crane, fuel pump, rake, gate* dll) dan penerangan gedung, jalan dan halaman. Pada panel MDP umumnya dilengkapi COS (Change Over Switch) untuk pilihan supply daya listrik dari genset atau PLN. Perlengkapan dalam panel : MCCB utama, MCCB untuk distribusi, fuse, meter-meter dll.

- **Box Panel / Lokal Panel**

Terpasang pada lokasi mendekati peralatan (box panel crane, box panel fan, box panel fuel pump, lokal panel *rolling gate*, lokal panel pompa) panel tersebut berfungsi untuk menghubungkan (terminal kabel) antara peralatan dan supply daya perlengkapan didalamnya terminal dan grounding.

- **Panel Kontrol Pompa (*Central desk*)**

Panel kontrol terpasang pada ruang terpisah dengan peralatan panel-panel lainnya dan untuk rumah pompa kecil panel tersebut menyatu dengan bangunan pompa drainase. Secara umum panel kontrol berfungsi untuk mengoperasikan sistem peralatan pompa drainase (start dan stop) secara manual dan automatic lewat WLC, seluruh kegiatan operasional peralatan pompa, genset, panel switch gear, panel start pompa dapat dilaksanakan dan dimonitor lewat panel kontrol pompa yang berlokasi di control room. Pada peralatan panel kontrol pompa terpasang peralatan sistim kontrol (PLC, *auxiliary relay*, meter-meter, arus tegangan frekuensi, *water level synchronizing scape* dll). Untuk sistem proteksi peralatan dilengkapi lampu indikator, *flag indicator* dan *Buzzer*.

Pada rumah pompa dengan menggunakan sistem kontrol PLC dilengkapi printer untuk mencatat segala kegiatan, start pompa, termasuk kejadian gangguan peralatan sistem pompa. Untuk rumah pompa kapasitas kecil pengoperasian pompa panel kontrol terpasang menjadi satu bangunan dengan pompa drainase dan pengoperasian dengan sistem manual. Peralatan control umumnya menggunakan *auxiliary relay* dan



*contractor*. Juga dilengkapi meter meter dan lampu indikator untuk start, stop dan gangguan.

**d. Peralatan Instrument**

Pemasangan peralatan instrumen umumnya berhubungan dengan peralatan pengukuran dan monitoring yang terpasang diluar bangunan rumah pompa. Peralatan pengukuran digunakan untuk mengukur tinggi muka air pada sisi upstream dan downstream rumah pompa. Sebagai contoh pada rumah pompa dengan kapasitas besar dipasang alat ukur pada sebelum dan sesudah masuk saringan (*bar screen*)

- Pada kolam penampung air (*retarding pond*)
- Pada saluran masuk pompa (*pump well*)
- Pada saluran pembangunan air setelah dipompa (*down stream*)

**3. Uji coba dan pengoperasian sistem pompa**

- Hidupkan mesin diesel sesuai SOP atau petunjuk kerja yang berlaku atau kontakkan handle sakelar utama apabila menggunakan PLN.
- Pastikan tegangan, arus listrik, dsb. sesuaikan dengan ketentuan atau SOP.
- Geser sakelar utama pada posisi "ON".
- Hidupkan pompa apabila elevasi muka air di dalam kolam retensi melebihi elevasi normal sesuai dengan ketentuan di dalam SOP.
- Lakukan kegiatan seperti butir 3), sesuai dengan kecepatan naiknya elevasi muka air di dalam kolam retensi dengan kapasitas pompa menurut ketentuan di dalam SOP.
- Atur aliran air dari saluran yang masuk ke dalam kolam retensi dengan pintu air terutama pada musim kering. Apabila pengaturan air masuk ke dalam kolam retensi dengan pintu air, supaya air limbah dari saluran tidak masuk ke dalam kolam retensi.
- Matikan pompa apabila elevasi muka air di dalam kolam retensi sudah mencapai elevasi normal sesuai dengan ketentuan di dalam SOP.

**4. Pemeliharaan Stasiun Pompa**

**Adapun Jenis Pemeliharaan**

Umumnya dilakukan pada 3 jenis :

- Break down maintance



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Pemeliharaan dilakukan dari peralatan tersebut dari dipasang sampai dengan kondisi rusak (tidak dapat dioperasikan) kemudian dilakukan perbaikan / penggantian

- Periodical Maintance

Pemeliharaan dilakukan secara berkala / periodik, bulanan, 6 bulanan dan tahunan pada kondisi peralatan tersebut belum terjadi kerusakan dilakukan pemeliharaan / check.

- Predictive Maintance

Pemeliharaan dilakukan sesuai dengan kondisi / trend masing-masing peralatan pada yang tidak normal (diatas/dibawah kondisi normal dengan melakukan pengamatan secara teliti.

Dari ketiga sistem tersebut pada kondisi sekarang kebanyakan menggunakan No.3 dengan alasan :

- Pemeliharaan dilakukan sesuai kondisi kerja (actual condition)
- Jumlah jam pemeliharaan akan lebih pendek
- Menaikkan keandalan peralatan
- Biaya pemeliharaan akan berkurang

Pelaksanaan pemeliharaan ;

- Pembongkaran bagian / part pompa. Rumah pompa, Impeller, shaft, kopling , pipa masuk dan buang dll
- Pembongkaran bagian / part engine/ genset. Sistem pendingin, sistem pelumas, system bahan bakar, pipa gas buang, Silinder kop, vave, connecting rod, bearing dll.
- Pembongkaran generator. Stator, rotor, kipas pendingin bearing dll
- Pembongkaran motor pompa, Stator, rotor, kipas pendingin bearing dll
- Penggantian dan perbaikan semua bagian/part yang rusak
- Penyetelan kembali dan pengukuran semua bagian / part
- Pengujian masing- masing bagian/part, sub sistem yang dilakukan setelah perbaikan
- Panel out going / EP dan incoming ICP , CB siap operasional
- Grounding panel posisi lepas / off
- Panel pompa siap operasional
- Pengujian seluruh peralatan ; Pompa drainase, engine, genset, motor pompa tanpa beban sampai kondisi normal .





**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

- Pengujian seluruh peralatan ; Pompa drainase,engine, genset, motor pompa Dengan beban sampai kondisi normal. Keterangan ; Untuk pengujian peralatan pompa drainase dan engine/ genset proses start dan stop sesuai urutan sebelumnya.
- Catat kegiatan perbaikan / pemeliharaan, termasuk hasil hasil pengukuran, pengujian dan penggantian part termasuk kelainan pada peralatan pada blangko laporan pemeliharaan  
Selesai Komponen dalam pemeliharaan rumah pompa adalah : genset, pompa, dan rumah pompa. Lakukan pemeliharaan pada masing-masing komponen sebagai berikut:
- Pemeliharaan genset :
  - Lakukan pemanasan mesin
  - Cek saringan udara
  - Cek jumlah air pendingin
  - Cek filter bbm
  - Penggantian oli secara rutin
  - Penggantian baterai bila rusak
  - Overhaul
  - Pengecatan
- Pemeliharaan Pompa :
  - Periksa kabel penghubung
  - Cek konsumsi arus dan tegangan
  - Cek kebersihan panel
  - Cek semua fungsi sistem keamanan pompa
  - Pengecatan
  - Overhaul
- Pemeliharaan rumah pompa :
  - Pengecatan dinding
  - Perbaiki plafond dan atap
  - Perbaiki pintu dan jendela

### **6.3. PINTU AIR INLET, OUTLET DAN PEMBAGI**

#### **1. Pintu Air Outlet Penggelontor**



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Pintu outlet penggelontor sistem drainase dapat dibangun bilamana diperlukan untuk memperlancar fungsi operasi sistem drainase perkotaan. Pintu outlet penggelontor pada bendungan yang terletak di sebelah hulu kota, pengoperasiannya : bila terjadi hujan lebat di daerah perkotaan, maka pintu outlet ditutup supaya air sungai tidak masuk ke saluran. Bila di daerah perkotaan tidak terjadi hujan maka pintu outlet dibuka untuk mengalirkan air ke saluran sebagai penggelontor. Pengoperasian pintu penggelontor dilakukan sebagai berikut :

- berdasarkan elevasi muka air di saluran
- dalam hal muka air saluran lebih rendah dari muka air rencana, pintu air dioperasikan secara normal
- dalam hal muka air saluran lebih tinggi dari muka air rencana, kelebihan debit dibagi:
  - a. proporsional
  - b. tidak proporsional tergantung tingkat kepentingan;

**2. Pengoperasian Untuk kolam retensi tipe di samping badan sungai**

- Pada saat banjir datang pintu inlet dibuka, air dari sungai akan masuk dan mengisi kolam retensi.
- Jika muka air di kolam retensi telah mencapai level maksimum maka pintu air outlet dibuka secukupnya sehingga air di kolam retensi bisa keluar kembali ke sungai, tetapi muka air dalam kolam retensi harus dijaga agar tetap pada level maksimum.
- Pada saat banjir telah surut maka air di kolam retensi dikeluarkan melalui pintu outlet sampai mencapai muka air minimum, hal ini dimaksudkan untuk menerima banjir berikutnya/yang akan datang.
- Di musim kemarau pintu inlet ditutup, sesekali dibuka hanya untuk memasukkan air ke kolam retensi, agar muka air di kolam retensi tetap terjaga dalam keadaan normal.

**3. Pengoperasian Untuk kolam retensi tipe di dalam badan sungai**

- Pada saat banjir datang pintu outlet ditutup, air dari sungai akan masuk dan mengisi kolam retensi.
- Meskipun muka air di kolam retensi telah mencapai elevasi maksimum, pintu air outlet tetap ditutup, sehingga air dari kolam retensi mengalir ke sungai melalui pelimpah bendung



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

- Pada saat banjir di sungai telah surut, maka air di kolam retensi dikeluarkan melalui pintu outlet sampai mencapai muka air minimum, keadaan ini untuk menerima banjir berikutnya / yang akan datang.
  - Di musim kemarau pintu outlet ditutup, sehingga di kolam retensi tetap ada air.
- 4. Pengoperasian Untuk sistem polder dengan pompa dan kolam di samping badan saluran/sungai**
- Pada saat banjir datang pintu pembagi ditutup. Sebaliknya pintu inlet dibuka, sehingga air dari saluran drainase akan masuk dan mengisi kolam retensi. Hal ini dilakukan bersamaan dengan pengoperasian pompa.
  - Pada saat banjir di sungai telah surut, maka pintu pembagi dibuka agar air di saluran drainase bisa mengalir ke sungai secara gravitasi. Selain itu pintu air inlet harus ditutup, agar air tidak masuk ke kolam retensi.
  - Di musim kemarau pintu air inlet ditutup, sesekali dibuka hanya untuk memasukkan air ke kolam retensi, agar muka air di kolam retensi dalam keadaan normal.
- 5. Pengoperasian untuk sistem polder dengan pompa dan kolam di dalam badan saluran/sungai**
- Pada saat banjir datang pintu outlet ditutup, air dari saluran drainase akan masuk dan mengisi kolam retensi. Hal ini dilakukan bersamaan dengan pengoperasian pompa.
  - Pada saat banjir di sungai telah surut, maka pintu outlet dibuka agar air di kolam retensi bisa mengalir ke sungai secara gravitasi.
  - Di musim kemarau pintu outlet dibuka secukupnya, sehingga di kolam retensi tetap ada air.
- 6. Pengoperasian untuk sistem polder dengan pompa dan kolam tipe memanjang**
- Pada saat banjir datang pintu outlet ditutup, air dari saluran drainase akan masuk dan mengisi kolam retensi. Hal ini dilakukan bersamaan dengan pengoperasian pompa.
  - Pada saat banjir di sungai telah surut, maka pintu outlet dibuka agar air di kolam retensi bisa mengalir ke sungai secara gravitasi.
  - Di kemarau pintu outlet dibuka secukupnya, sehingga di kolam retensi tetap ada air.
- 7. Proses pemeliharaan**
- Melumasi pintu-pintu air.



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

- Pengecatan pintu-pintu air.
- Membersihkan sampah atau endapan di pintu-pintu air.
- Lakukan perbaikan secara berkala untuk pintu-pintu air yang mengalami kerusakan.

## **7. PEMELIHARAAN KOLAM RETENSI**

### **1. Cara manual**

- Pembersihan sampah-sampah yang menyangkut di saringan sampah secara rutin.
- Cegah sedini mungkin penyerobotan terhadap lahan dan bantaran kolam retensi dari bangunan-bangunan pemukiman liar.
- Secara berkala keruk sedimen yang terlanjur masuk ke kolam retensi agar fungsi daya tampung kolam retensi tidak menyusut.
- Angkat saringan sampah secara berkala bersihkan dan cat kembali.
- Bersihkan saluran inlet/outlet secara rutin.
- Lakukan perbaikan secara berkala untuk bangunan air yang mengalami kerusakan.
- Tembok pasangan batu yang rusak segera diperbaiki, untuk ini harus secara rutin dilakukan inspeksi terutama pada stalling basin pintu inlet. Atau kolam retensi dilengkapi dengan saluran gendong biasanya saluran tersebut tepi kanan dan kirinya dilapisi dengan pasangan batu kali.
- Bersihkan kolam retensi yang ditumbuhi gulma seperti eceng gondok. Bila perlu ajak pihak swasta untuk memanfaatkan eceng gondok menjadi komoditi yang berguna seperti pembuatan tas, serta mungkin dapat diolah menjadi gas bio.

### **2. Dengan Excavator**

Selain itu dapat dibersihkan dengan cara sebagai berikut :

- Excavator phonton bersama sama dengan phonton penampung bergerak dengan menggunakan lengan excavator dari tepi menuju ke tempat lokasi sedimen yang akan diangkat
- Keruk sedimen dari dasar kolam retensi dengan menggunakan excavator phonton yang berada di tengah kolam retensi dan langsung dimasukan ke tempat phonton penampungan
- Lakukan pekerjaan pengerukan dan pengisian sedimen ke dalam phonton penampung berulang kali sampai bak penampung penuh

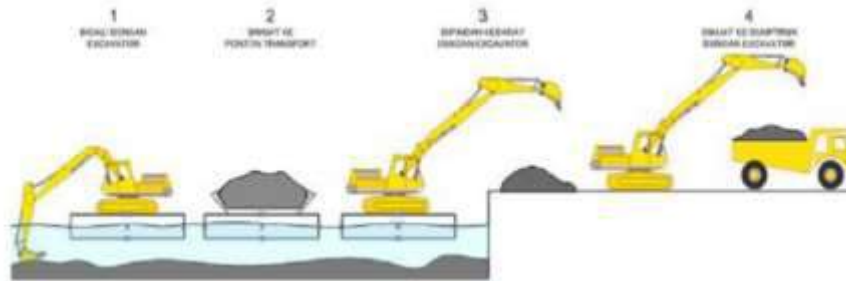


**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

- Tarik excavator phonton dan penampung phonton menggunakan sling ke spoil bank
  - Pindahkan semua sedimen dari phonton penampung dengan menggunakan excavator ke bak penampung
  - Tiriskan sedimen di spoil bank selama 1 hari
  - Masukkan sedimen dari bak penampungan (spoil bank) ke dalam dump truk dengan menggunakan excavator
  - Angkut sedimen ke tempat pembuangan yang telah ditentukan.
3. Pengerukan Sedimen Di Kolam Retensi Tipe Estafet
- Metode ini diterapkan pada kolam retensi berbentuk empat persegi panjang dengan lebar 30 – 40 m atau berbentuk lingkaran dengan diameter 30 – 40 m. Peralatan yang digunakan adalah ; Excavator phonton, phonton penampungan, dump truck. Langkah-langkah pekerjaan adalah sebagai berikut:
- Excavator phonton no 1 dan 2 bersama sama dengan phonton penampung bergerak dengan menggunakan lengan excavator dari tepi menuju ke tempat lokasi sedimen yang akan diangkat dengan posisi seperti pada gambar sket
  - Excavator 1 mengeruk sedimen dari dasar kolam retensi untuk dimasukkan ke phonton penampungan.
  - Lakukan pekerjaan pengerukan dan pengisian sedimen ke dalam phonton penampung berulang kali oleh excavator no 1 sampai penuh
  - Kemudian sedimen dari ponton penampungan, sedimen dipindahkan lagi ke pinggir kolam dengan excavator no 2;
  - Sedimen yang berada dipinggir kolam ditiriskan selama 1 hari.
  - Kemudian Sedimen dipindahkan lagi dengan menggunakan excavator no. 3 ke dalam dump truck;
  - Angkut sedimen ke tempat pembuangan yang telah ditentukan.



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**



**Gambar VI.3 Pengerukan dengan tipe estafet**

**4. Pengerukan Sedimen Di Kolam Retensi Dengan Kapal Keruk (Tipe Pengaduk + Pompa)**

Peralatan yang digunakan adalah : Kapal keruk tipe pengaduk lengkap dengan pompa hisap, excavator, dump truck. Kapal keruk digunakan pada kondisi kolam retensi yang bebas hambatan (umunya dari sampah). Kapal keruk tidak dapat berfungsi apabila kondisi kolam retensi terhambat oleh sampah. Langkah-langkah pekerjaan adalah sebagai berikut :

- Kapal keruk masuk ke tengah kolam retensi
- Sedimen yang berada di kolam retensi di aduk dengan alat pengaduk yang berada di kapal keruk
- Hidupkan pompa hisap untuk menyedot sedimen dan memindahkannya ke tempat bak penampungan (spoil bank)
- Sedimen yang berada di bak penampungan kolam ditiriskan selama 1 hari
- Masukkan sedimen dari bak penampungan (spoil bank) ke dalam dump truk dengan menggunakan excavator
- Angkut sedimen ketempat pembuangan yang telah ditentukan.

**5. Sistem pelaporan**

Laporan mengenai pembuatan kolam retensi dan polder dijelaskan sebagai berikut :

- Setiap aspek perencanaan baik yang menyangkut bangunan baru maupun bangunan lama agar dilaporkan dan dikonsultasikan kepada instansi yang berwenang dan bertanggung jawab atas pembuatan kolam retensi dan polder;
- Laporan perlu dibuat secara berkala oleh perencana, dan dilaporkan kepada instansi yang berwenang dan bertanggung jawab atas pembuatan kolam retensi dan polder.

Koordinasi & tanggung jawab pembuatan kolam retensi dan polder dijelaskan sebagai berikut :



- Seluruh penyelenggaraan teknis pekerjaan pembuatan kolam retensi dan polder agar dilaksanakan di bawah koordinasi dan tanggung jawab seorang ahli yang kompeten, dibantu tim terpadu yang karena pelatihan dan pengalamannya berpengetahuan luas dan ahli dalam pekerjaan yang berkaitan dengan pembuatan kolam retensi dan polder;
- Apabila dalam tahapan pembuatan kolam retensi dan polder timbul masalah yang tidak dapat diselesaikan oleh instansi yang berwenang, maka masalah tersebut harus diajukan kepada pihak berwenang yang lebih tinggi.

#### **6.4. TRASH RACK**

##### **1. Trash Rack otomatis**

Cara pengoperasiannya adalah sebagai berikut:

- Nyalakan trash rack elektro mekanik dari kontrol panel, sesuai jumlah rake and arm yang akan digunakan.



**Gambar VI.4 Pengoperasian melalui panel**

- Seluruh sampah yang tersaring pada saringan diangkat ke permukaan saluran dan dimasukkan ke dalam horizontal conveyor. Proses pengangkatan sampah dari saluran ke dalam bak penampungan sampah.
- Sampah dari alat pembawa horizontal ke dalam inclined conveyor
- Sampah dari inclined conveyor masuk/dimasukkan ke bak penampungan sampah atau kontainer yang telah disediakan



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**



**Gambar VI.5 Tumpukan sampah depan trash rack**



**Gambar VI.6 Contoh Arm rack**





**Gambar VI.7 Contoh horizontal conveyor**



**Gambar VI.8 Contoh inclined conveyor**

## 2. Trash Rack Manual

Saringan sampah yang dipasang di depan pintu air atau pompa dan pengangkatannya dengan tenaga manusia disebut trash rack manual seperti terlihat dalam Gambar 51 dan Gambar 52. Proses pengangkatannya adalah sebagai berikut :

- Angkat sampah yang tertahan di saringan sampah dengan alat garu;
- Tumpuk sampah-sampah yang telah diangkat di tempat-tempat yang telah disediakan.



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

- Pindahkan sampah yang sudah terkumpul dengan gerobak sampah atau truk untuk dibawa / diangkut ke TPS atau ke tempat pembuatan kompos untuk dipisahkan antara sampah organik dan anorganik.



**Gambar VI.9 Contoh pelaksanaan pembersihan trash rack manual**

#### **6.5. Lokasi Pembuangan Endapan**

Sedimen Sampah yang telah diangkat dari saringan sampah, kemudian diangkut dengan truk, atau gerobak dan alat angkut lainnya ke lokasi pembuangan sampah atau endapan sedimen. Pada tempat pembuangan sampah atau endapan sedimen, sampah ditumpuk kemudian diratakan dengan buldozer yang prosesnya adalah sebagai berikut :

- Di lokasi pembuangan dapat dibuat jalan hantar untuk masuknya dump truk ke lokasi pembuangan endapan sedimen.
- Setelah jalan dibuat dan dapat dilalui dump truk, secara bertahap sedimen-sedimen dibawa ke tempat pembuangan yang telah ditentukan.
- Buat tanggul pengaman di keliling kolam.
- Endapan sedimen ditumpahkan ke kolam pembuangan yang telah ditentukan.
- Setelah endapan sedimen ditumpahkan, endapan sedimen dipadatkan dan diratakan menggunakan buldozer.



**Gambar VI.10 Contoh lokasi pembuatan kolam**



**Gambar VI.11 Pengangkutan sampah**

## **6.6. Drainase Saluran Terbuka**

### **1. Perawatan rutin**

Kegiatan perawatan rutin seperti :

- Membabat rumput pada tebing saluran
- Membersihkan sampah, tumbuhan pengganggu yang berada pada saluran.
- Memperbaiki longsor kecil pada lereng saluran
- Menambal dinding saluran yang rusak
- Memperbaiki kerusakan kecil pada tanggul



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

2. Perawatan Berkala

Disamping perawatan rutin perlu dilakukan pemeliharaan berkala dengan skala lebih besar yaitu dengan mengeruk endapan sedimen disepanjang saluran yang dilakukan dengan periode tertentu ( 1 – 4 tahun sekali) dan dilakukan saat musim kemarau. Pekerjaan ini dilakukan untuk mempertahankan penampang saluran karena aliran air tidak mampu menggelontor endapan lumpur dan sampah yang cukup tinggi. Ada beberapa cara yang dapat dilakukan :

a. Dengan alat berat Excavator Phonton

Metode kerja ini diterapkan pada saluran drainase dengan lebar saluran antara 10-20 meter.

Peralatan yang digunakan adalah : Excavator, phonton, excavator darat, dump truck.

Langkah-langkah pekerjaan adalah sebagai berikut:

- Excavator phonton berada di saluran
- Excavator phonton mengeruk sedimen dari dasar saluran untuk dipindahkan ke tanggul saluran
- Sedimen yang berada di pinggir saluran ditiriskan selama 1 hari
- Pindahkan sedimen yang sudah ditiriskan ke dump truck dengan excavator.

b. Dengan alat berat Buldozer

Peralatan yang digunakan adalah: buldozer keruk, excavator, dump truck dan sling.

Langkah-langkah pekerjaan adalah sebagai berikut :

- Buldozer keruk bekerja mengapung di dalam saluran untuk mendorong sedimen ke tempat yang telah ditentukan
- Excavator mengangkat sedimen yang telah terkumpul di saluran drainase ke pinggir tanggul
- Sedimen yang berada di pinggir saluran ditiriskan selama 1 hari
- Sedimen yang sudah ditiriskan diangkat ke dump truck
- Angkut sedimen ke tempat pembuangan yang telah ditentukan.



**Gambar VI.12 Pembersihan dengan buldozer**

c. Dengan Alat Clam Shell

Peralatan yang digunakan adalah : mesin Clam Shell, dump truck, excavator. Langkah-langkah pekerjaan adalah sebagai berikut :

- Siapkan landasan mesin clam shell terlebih dahulu
- Pastikan alat clam shell duduk dilandasan yang kuat (tidak longsor) pada pinggir saluran
- Mesin clam shell berada di pinggir saluran drainase
- Alat bucket clam shell dimasukkan ke dasar saluran untuk mengeruk dan mengangkat sedimen yang mengendap
- Pindahkan sedimen ke pinggir saluran
- Sedimen yang berada di pinggir ditiriskan selama 1 hari
- Pindah sedimen yang sudah ditiriskan ke dump truck dengan menggunakan excavator
- Angkut sedimen ke tempat pembuangan yang telah ditentukan.



**Gambar VI.13 Pengangkutan Sedimen Dengan Clam Shell**

d. Dengan cara manual



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Pelaksanaan pengerukan dilakukan satu atau dua kali dalam setahun, biasanya dilaksanakan di musim kemarau. Peralatan yang digunakan adalah: cangkul, sekop, gerobak dorong, karung plastik, linggis, tali. Langkah-langkah pekerjaan adalah sebagai berikut :

- Sedimen yang mengendap yang mengendap di dasar saluran digali dan diangkat ke atas tanggul/ tepi saluran dengan alat cangkul dan sekop.



**Gambar VI.14 Pengangkatan sedimen di saluran**

- Penggalan sedimen harus benar-benar bersih sampai ke dasar saluran
- Jika di dalam saluran terdapat sampah, maka sampah diangkat lebih dahulu selanjutnya dilakukan pengerukan sedimen
- Sedimen didiamkan terlebih dahulu sampai cukup kering (kira-kira 3 jam) setelah penggalan
- Sedimen dan sampah dimasukkan ke dalam karung plastik yang terorisah kemudian diikat
- Karung sedimen diangkat ke lokasi yang telah ditentukan dengan menggunakan alat angkut kecil
- Karung sampah yang terkumpul diangkat ke tempat pembuangan sementara (TPS) maupun tempat pemrosesan akhir (TPA) dengan menggunakan alat angkut.

Selain cara diatas ada cara yang lain yang mudah dilakukan dan biaya murah yaitu dengan cara penggelontoran. Cara ini sangat ekonomis, namun tidak selalu dapat dilaksanakan karena sangat bergantung pada kemiringan saluran yang ada. Pasokan air penggelontor juga sering menjadi kendala.



### **6.7. Kegiatan Rehabilitasi**

Peralatan yang digunakan adalah : cangkul, sekop, linggis, kotak kayu bergagang, gerobak dorong, karung plastik, golok, palu, gergaji 58 tangan, molen, pompa air, sendok tembok, waterpass, kotak adukan. Sedangkan bahan yang diperlukan adalah: semen, pasir, batu belah, krikil/split. Langkah-langkah pekerjaan adalah sebagai berikut :

- Bersihkan atau bongkar bagian pasangan talud yang rusak.
- Buat tanggul (kistdam) penahan air di tempat kerja dengan memasang karung-karung plastik berisi tanah/pasir;
- Buang air dengan menggunakan pompaair di bagian dalam kistdam agar tempat kerja jadi kering;
- Gali tanah untuk kepala pondasi sampai pada elevasi yang direncanakan;
- Buat adukan dengan menggunakan alat molen dengan campuran semen dan pasir (1:4).
- Pasang pasangan batu belah untuk kepala pondasi dan buat pasangan dinding dengan siar timbul dan rapihkan kembali sisasisa adukan yang tidak terpakai; Setelah pasangan selesai dan spesi sudah mengering, bongkar tanggul penahan (kistdam) serta mengangkat karung-karung kistdam tersebut.
- Rapihkan semua pekerjaan perbaikan saluran ini.

#### **Perbaikan Saluran Drainase Tipe Lining Terbuka Karena Amblas**

Peralatan yang digunakan adalah : cangkul, sekop, linggis, kotak kayu bergagang, gerobak dorong roda satu, karung plastik, golok, palu, gergaji tangan, katrol, waterpass, sendok tembok. Bahan yang diperlukan adalah : pasir dan cerucuk dalken. Langkahlangkah pekerjaan adalah sebagai berikut :

- Khusus lining saluran yang amblas yang akan diperbaiki.
- Lining Saluran Yang Amblas
- Buat tanggul (kistdam) dari bahan karung-karung plastik berisi tanah sebagai penahan air di tempat kerja dengan memasang di hulu dan di hilir lokasi saluran yang amblas
- Buang air dengan menggunakan pompa air di bagian dalam saluran yang amblas agar tempat kerja jadi kering
- Gali tanah di samping kiri dan kanan lining saluran yang amblas



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

- Angkat lining saluran dengan katrol dan simpan di samping.
- Perbaiki dasar saluran yang ambles dengan mengurug pasir dan dipadatkan jika diperlukan dasar saluran diberi perkuatan dengan cerucuk dolken.
- Jika dasar saluran telah rata maka lining saluran dipasang kembali dengan katrol.
- Urug tanah kembali di samping kiri kanan saluran dan dipadatkan
- Bongkar tanggul penahan (kistdam)
- Rapihkan semua perbaikan pekerjaan perbaikan saluran ini.

#### **6.8. Saluran Tertutup dan Bangunan Persilangan**

##### **1. Kegiatan rutin**

- Pekerjaan inspeksi manhole dengan sering tutup manhole terjepit karena kurang sempurna pada saat konstruksi / pengecoran. Untuk mempermudah tutup manhole diangkat dengan alat bantu tripod.
- Setelah tutup terangkat, inspeksi dilakukan dengan jalan menancapkan jalan (tongkat yang berujung runcing) ke dalam manhole sampai menyentuh dasar agar mengetahui kedalaman endapan sedimen. Jika memungkinkan inspektur dapat turun ke dalam manhole. Hal tersebut harus dilakukan secara hati – hati karena seringkali mengeluarkan gas beracun seperti H<sub>2</sub>S. Tindakan pencegahan antara lain :
  - j. Tiupkan zat asam segar dalam manhole dengan blower
  - k. Lengkapi inspektur dengan tabung zat asam dan perlengkapannya.
  - l. Jangan merokok

##### **2. Kegiatan Berkala**

- Dengan cara manual  
Peralatan yang digunakan adalah : cangkul, sekop, gerobak dorong, karung plastik, tali raffia, linggis. Langkah-langkah kerja adalah sebagai berikut :
  - m. Angkat penutup saluran Membuka Tutup Saluran
  - n. Sedimen yang mengendap di dasar saluran digali dan diangkat ke atas tanggul/tepi saluran dengan alat cangkul dan sekop.
  - o. Penggalan sedimen harus benar-benar sampai ke dasar saluran
  - p. Jika di dalam saluran drainase terdapat sampah, maka sampah diangkat terlebih dahulu selanjutnya dilakukan pengerukan sedimen;





**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

- q. Sedimen didiamkan terlebih dahulu sampai cukup kering (kirakira 3 jam) setelah penggalian. Pembersihan Sedimen Di Saluran Tertutup
- r. Sedimen dan sampah dimasukkan ke dalam kantung plastik yang terpisah kemudian diikat, Pemisahan Sampah
- s. Karung sedimen diangkut ke lokasi yang telah ditentukan dengan menggunakan alat gerobak dorong maupun truk-truk kecil; (8) Karung sampah yang terkumpul diangkut ke TPS maupun ke TPA dengan menggunakan alat angkut
- t. Tutup kembali penutup saluran.
- Dengan cara menggunakan dump truck (untuk ukuran > 1 meter)  
Peralatan yang digunakan adalah:cangkul, sekop, gerobak dorong roda satu, linggis, ember, tali plastik, karung plastik, lilin, pengki, dump truck, lampu sorot, kipas angin (blower). Selain itu peralatan keselamatan kerja antara lain: helm, oksigen, masker, tali plastik, helm dan sepatu boots, sarung tangan. Langkah-langkah pekerjaan adalah sebagai berikut :
  - u. Angkat semua penutup manhole di area saluran yang akan dibersihkan
  - v. Nyalakan lilin dan masukkan ke dalam man hole. Jika apinya mati artinya di dalam saluran terdapat gas beracun.Lakukan pengecekan ulang hingga lilin tetap nyala. Pekerjaan dilakukan jika sudah dipastikan tidak ada gas beracun di dalam saluran;
  - w. Pekerja masuk ke man hole
  - x. Sedimen yang mengendap di dasar saluran digali dengan menggunakan cangkul, kemudian diangkat ke atas menggunakan ember yang diberi tambang
  - y. Tumpuk sedimen di samping man hole dan tiriskan selama 1 hari
  - z. Pindahkan tumpukan sedimen ke dump truck untuk seterusnya dibuang ke tempat pembuangan sedimen.





**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

**Gambar VI.15 pekerja masuk ke manhole**

- Dengan cara Jetting (Penyemprotan dan Penyedotan)  
Metode ini diterapkan pada gorong-gorong atau saluran drainase yang dengan diameter lingkaran lebih kecil dari 0,5 m dan bila kondisinya tertutup sedimen. Peralatan yang digunakan adalah; Kabel seling, selang penyemprot air, pipa penyedot, mobil tangki penyemprot air, mobil tangki penyedot lumpur. Langkah-langkah pekerjaan adalah sebagai berikut ;
  - aa. Masukkan kabel sling dari lubang manhole no 1 ke no 2
  - bb. Ujung kabel sling diletakan pada selang penyemprot air tekanan tinggi
  - cc. Tarik kabel sling dari selang penyemprot dari manhole no 2 ke manhole 1
  - dd. Semprotkan air dari tangki penyemprot ke lumpur yang mengendap.
  - ee. Lumpur yang sudah tercampur air akan masuk ke bak penampung manhole no 1. Hisap air yang berlumpur ke tangki penyedot
  - ff. Lakukan pekerjaan no 3-5 berulang-ulang sampai endapan lumpur di gorong-gorong menjadi bersih
  - gg. Air yang tercampur lumpur di buang ke tempat pembuangan sedimen.



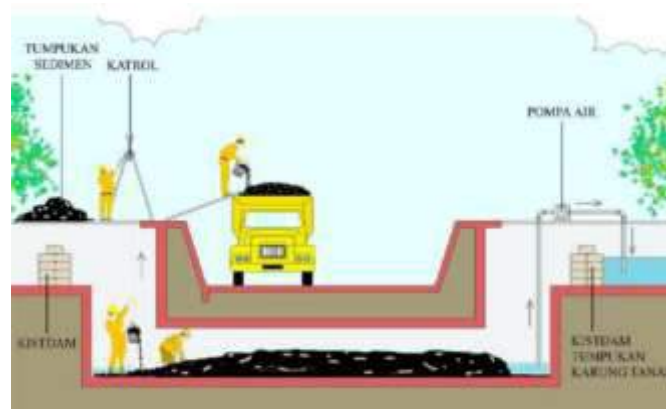
**Gambar VI.16 contoh pelaksanaan jetting**

- Mengangkat Sedimen Dari Siphon  
Peralatan yang digunakan adalah : Karung plastik, katrol, ember, pengki, sekop, tali raffia, pompa air, cangkul, dump truk. Langkahlangkah pekerjaan adalah sebagai berikut :
  - hh. Tutup pintu air di hulu dan hilir siphon untuk siphon yang tidak dilengkapi dengan pintu air maka buat tanggul (kistdam) penahan air ditempat kerja dengan memasang karung-karung plastik berisi tanah di hulu dan di hilir siphon.



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

- ii. Buang air dengan menggunakan pompa air dibagian dalam siphon agar tempat kerja jadi kering
- jj. Pekerja masuk ke lubang siphon
- kk. Sedimen yang mengendap di dasar siphon digali dengan menggunakan cangkul, kemudian dibawa dan diangkat ke atas dengan katrol
- ll. Tumpuk sedimen di tempat yang telah ditentukan dan ditiriskan selama 1 hari
- mm. Pindahkan tumpukan sedimen ke dump truck untuk seterusnya dibuang ke tempat pembuangan sedimen
- nn. Setelah proses pembersihan siphon selesai buka kedua pintu air atau bongkar tanggul penahan (kistdam).



**Gambar VI.17 Pengangkatan sedimen pada siphon**

### **6.9. Bangunan Terjun**

Pemeliharaan bangunan terjun dilakukan dengan metode mengangkat sedimen dari bangunan terjun. Peralatan yang digunakan adalah; Cangkul, sekop, karung plastik, tali raffia, linggis, gerobak dorong, truktruk kecil. Langkah-langkah pekerjaan adalah sebagai berikut:

- Sedimen yang mengendap di dasar bangunan terjun digali dan diangkat ke atas tanggul/tepi bangunan terjun dengan alat cangkul dan sekop
- Penggalan sedimen harus benar-benar bersih sampai ke dasar bangunan
- Jika di dalam saluran drainase terdapat sampah, maka sampah diangkat terlebih dahulu selanjutnya dilakukan pengerukan sedimen
- Sedimen dibiarkan terlebih dulu sampai cukup kering (kira-kira 3 jam setelah penggalan);



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

- Sedimen dan sampah dimasukkan ke dalam karung plastik yang terpisah kemudian diikat.



**Gambar VI.18 Kegiatan pembersihan sedimen pada bangunan terjun**

- Karung sedimen diangkut ke lokasi yang telah ditentukan dengan menggunakan alat gerobak dorong maupun truk-truk kecil; Pemindahan Karung Sedimen Ke Pinggir Saluran
- Karung sampah yang terkumpul diangkut ke Tempat Pembuangan Sementara (TPS) maupun Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) dengan menggunakan alat gerobak dorong maupun truk-truk kecil.
- Perbaiki kerusakan apabila terjadi kerusakan pada konstruksi bangunan terjun.

#### **6.10. Tanggul**

1. Pemeliharaan Rutin/Berkala Tanggul Tanah Peralatan yang digunakan adalah: mesin pemotong rumput, sabit, cangkul. Langkah-langkah pekerjaan adalah sebagai berikut ;
  - Pemotongan rumput liar;
  - Pemotongan pohon yang mengganggu konstruksi tanggul
2. Rehabilitasi Tanggul Tanah Peralatan yang digunakan adalah: Karung plastik, tali rafia, sabit, golok, linggis cangkul, stamper. Sedangkan bahannya adalah tanah merah untuk timbunan. Langkah-langkah pekerjaan adalah sebagai berikut:
  - Bersihkan permukaan tanggul yang jebol dari rumput-rumput dan pohon-pohon serta akar-akarnya
  - Kupas atau gali permukaan pondasi hingga mencapai lapisan tanah yang baik
  - Hamparkan tanah timbunan layer per layer ke lokasi tanggul setinggi 40 cm setiap layernya



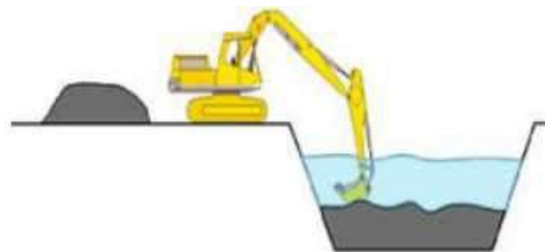
**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

- Padatkan setiap layer timbunan secara menyeluruh dengan alat pemadat stamper setiap layer harus benar benar padat, dengan cara alat stemper bekerja memadatkan tanah secara berulang dan konsisten (lakukan bolak-balik sampai tingkat kepadatan yang telah ditentukan)
  - Pemadatan dilakukan sampai pada elevasi tanggul yang direncanakan
  - Parameter untuk Layer menggunakan faktor CBR yang berlaku di Bina Marga.
3. Rehabilitasi Tanggul Batu Kali Peralatan yang digunakan adalah ; Linggis cangkul, ember, waterpass, meteran, benang, sendok tembok, unting-unting, ember, dolak. Bahan yang diperlukan adalah: semen, pasir, batu belah. Langkah-langkah pekerjaan adalah sebagai berikut :
- Bersihkan bagian batu kali yang rusak
  - Buat tanggul pasangan batu kali dengan adukan semen
  - Buat siaran timbul
  - Bersihkan kembali sisa adukan yang tidak terpakai.

#### **6.11. Bangunan Penangkap Pasir**

Pemeliharaan dengan pengangkatan sedimen di kolam penangkap pasir dengan menggunakan excavator. Peralatan yang digunakan adalah; Excavator, dump truck. Langkah-langkah pekerjaan adalah sebagai berikut :

- Excavator berdiri dipinggir kolam, Pastikan pondasi pinggir kolam benar-benar mampu menopang alat excavator
- Excavator menggali sedimen di dasar kolam penangkap pasir dan langsung ditumpuk dipinggir kolam.



**Gambar VI.19 Pengerukan sedimen pada bangunan penangkap pasir**

- Tiriskan sedimen dipinggir kolam  $\pm$  1 hari sampai cukup kering



- Pindahkan sedimen yang sudah ditiriskan ke dump truck dengan excavator
- Angkut sedimen ke tempat pembuangan yang telah ditentukan.

#### **6.12. Sumur Resapan**

Pemeliharaan dilakukan dengan mengangkat sedimen dan sampah yang mengganggu dalam kolam resapan. Peralatan yang digunakan adalah: Sabit, golok, cangkul, linggis, karung plastik, tali raffia, ember, gerobak dorong, truk-truk kecil. Langkah pekerjaan adalah sebagai berikut :

- Bersihkan atau potong tumbuhan air yang tumbuh di kolam resapan
- Gali lumpur di kolam resapan dimulai dari tengah menuju ke pinggir kolam
- Sedimen didiamkan terlebih dulu sampai cukup kering (kira - kira 3 jam setelah penggalian).
- Sedimen dan sampah dimasukkan ke dalam karung plastik yang terpisah kemudian diikat
- Karung sedimen diangkut ke lokasi yang telah ditentukan dengan menggunakan alat gerobak dorong maupun truk-truk kecil.

#### **6.13. Pemeliharaan Drainase**

Jenis pekerjaan pemeliharaan yang bersifat preventif saluran umumnya adalah:

- ⌚ **Pemeliharaan Rutin** adalah pekerjaan yang selalu dilakukan berulang ulang pada waktu tertentu, misalnya dilakukan setiap hari.
- ⌚ **Pemeliharaan Berkala** adalah merupakan pekerjaan yang dilakukan pada waktu tertentu, misalnya dilakukan seminggu sekali, sebulan sekali, atau setahun sekali.
- ⌚ Pemeliharaan dengan **perbaikan kecil** adalah pekerjaan perbaikan ringan yang perlu dilakukan untuk mengembalikan ke fungsi semula, misalnya perbaikan bocoran, rembesan tanggul, meninggikan tanggul, perbaikan longoran lokal pada tanggul, dsb.

##### **Pemeliharaan Korektif**

Pemeliharaan yang bersifat korektif saluran adalah:

- ⌚ **Pemeliharaan Khusus** adalah pekerjaan menyeluruh suatu pekerjaan akibat pekerjaan rutin yang dilakukan terlalu lama tidak terpenuhi.
- ⌚ **Rehabilitasi** adalah pekerjaan perbaikan berat terhadap saluran dan bangunan yang sudah tidak sesuai lagi dengan desain. Rehabilitasi biasanya memerlukan waktu cukup lama.



- ⌚ **Rektifikasi** adalah perbaikan bangunan dengan desain baru karena desain lama sudah tidak sesuai lagi dengan kebutuhan kondisi lapangan.

#### **6.14. Sistem Operasi Jaringan Drainase**

Semua bangunan drainase perkotaan harus dioperasikan dan dipelihara dengan baik dan benar sesuai prosedur standar yang berlaku. Pedoman yang digunakan disini adalah mengacu pada Pedoman Operasi dan Pemeliharaan yang dibuat oleh Direktorat PLP Direktorat Jenderal Cipta Karya.

- ⌚ Pengoperasi jaringan drainase Kota Padang meliputi pengoperasian bangunan pada drainase utama yang membuang ke sungai maupun langsung kelaut. Bangunan tersebut dilengkapi dengan pintu klep (flap gate) yang dapat mengalirkan air secara otomatis dan ada menggunakan pintu secara manual (pintu wrong).
- ⌚ Bangunan ini harus dioperasikan dengan baik dan benar sehingga dapat bekerja dan berfungsi sebagaimana diharapkan.
- ⌚ Data penting yang harus dimiliki oleh petugas operasi dan pemeliharaan adalah gambar pasca konstruksi (as built drawings) baik saluran maupun bangunan drainase, serta manual operasi untuk bangunan-khusus.

#### **Prosedur Operasi :**

- ⌚ Kegiatan pengoperasian drainase perkotaan meliputi kegiatan administrasi, pengelolaan, dan kinerja kegiatan untuk menjaga agar suatu fasilitas terjamin aman dan berfungsi dengan baik. Kegiatan pengoperasian drainase perkotaan harus berdasarkan pada suatu prosedur yang telah ditetapkan, yang umumnya dimasukkan dalam suatu Manual Prosedur Operasi Standar;
- ⌚ Pengoperasian Sistem Drainase Perkotaan;
- ⌚ Pengoperasian sistem drainase perkotaan di Kota Padang meliputi pengoperasian saluran drainase beserta bangunan-bangunannya, pintu-pintu air, kolam retensi, dan stasiun pompa.

#### **Pengoperasian Saluran Drainase dan Bangunan-bangunannya**

- ⌚ **Ketentuan Umum**

Saluran yang berfungsi menyalurkan air dari suatu tempat ke tempat lain dengan ketentuan teknis:



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

- a. Klasifikasi sistem saluran yang terdiri dari:
  - Saluran terbuka, dengan penampang saluran berbentuk trapesium dan bujur sangkar (sisi tegak);
  - Saluran tertutup berbentuk bulat (pipa) atau bujur sangkar (box culvert).
- b. Tata saluran direncanakan sebagai satu kesatuan pola penanganan drainase perkotaan mulai dari drainase kolektor, drainase permukiman, drainase mikro hingga ke titik pelepasan (outfall).
- c. Prinsip utama operasional saluran adalah mengalirkan air permukaan dari suatu kawasan ke titik pelepasan (outfall) ditampung dahulu dalam kolam retensi sebelum dibuang ke badan air.
- ⌚ Bangunan perlintasan berupa gorong-gorong atau jembatan;
- ⌚ Tanggul banjir, dalam operasionalnya akan berfungsi dengan ketentuan:
  - a. Melindungi suatu wilayah dalam perkotaan dari limpasan air akibat banjir pada sungai atau naiknya permukaan air laut akibat pasang/surut,
  - b. Untuk lebih mengoptimalkan fungsi tanggul banjir sebagai salah satu bangunan pelengkap sistem drainase maka pelaksanaan operasionalnya dapat dikombinasikan dengan sistem pompa.
- ⌚ Alat pembersih saluran, terdiri dari truk dan alat berat lainnya seperti *hydraulic excavator* dengan ketentuan operasional:
  - a. Membersihkan/mengangkat sampah yang ada dalam saluran dan dilakukan pada lokasi penimbunan seperti pada saringan penangkap sampah atau lokasi yang membutuhkan;
  - b. Membersihkan/mengangkat endapan lumpur atau pasir yang ada pada dasar saluran, terutama pada lokasi bangunan penangkap pasir;
  - c. Mengangkat sampah dan sedimen kedalam truk pengangkut untuk dibuang ke tempat pembuangan akhir;
- ⌚ Bangunan penangkap pasir atau sedimen (*sediment trap*) dioperasikan dengan ketentuan:
  - a. Pengendapan dilakukan dengan melewati aliran pada bangunan tertentu yang mempunyai kemiringan dasar relatif kecil atau datar, sehingga terjadi aliran kecepatan minimum;





**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

- b. Bangunan penangkap pasir atau sedimen digunakan pada daerah tertentu yang alirannya banyak mengandung endapan.
- ⌚ Bangunan terjun dioperasikan dengan ketentuan:
  - Ditempatkan pada jalur saluran dengan kemiringan eksisting yang kritis dan curam, sehingga kriteria batas maksimum dapat dipertahankan;
  - a. Untuk meredam energi akibat terjadi aliran jatuh bebas, maka dalam struktur bangunan terjun akan ditengkapi dengan kolam olakan;
  - b. Operasional bangunan terjun dilakukan dengan sistem gravitasi;
- ⌚ *Drain inlet* yang ditempatkan pada titik-titik dikawasan tertentu seperti jalan, permukiman, perkantoran dioperasikan dengan ketentuan:
  - a. Sebagai lubang pemasukan awal sistem drainase
  - b. Ditempatkan pada posisi lebih rendah dari kawasan yang akan dilayani
  - c. Ditengkapi dengan kisi saringan sampah (trash rack) untuk menyaring sampah masuk ke dalam sistem jaringan.
  - d. Tipe drain inlet diklasifikasikan:
    - i. Saluran samping jalan yang menampung beban aliran permukaan jalan dan daerah sekitarnya;
    - ii. Bak penangkap air permukaan (*catch basin*) yang jenisnya terdiri dari;
    - iii. Inlet got tepi (*gutterinlet*);
    - iv. Inlet batu tepi (*curb inlet*), yang biasa digunakan untuk trotoir jalan;
    - v. Pipa samping adalah pipa yang menghubungkan antara *catch basin* dan pipa riot air hujan yang terletak dibawah jalan.
- ⌚ Outfall atau titik pelepas merupakan bangunan tempat pelepasan aliran air dari jaringan drainase ke badan air penerima dengan ketentuan:
  - a. Bila elevasi dasar pembuangan berada diatas elevasi muka air di bagian air penerima sepanjang tahun, digunakan sistem gravitasi murni;
  - b. Bila elevasi dasar pembuangan berada dibawah elevasi muka air di badan air penerima pada periode-periode tertentu, digunakan kombinasi sistem gravitasi dan pintu air;
  - c. Bila elevasi dasar pembuangan berada dibawah elevasi muka air di badan air



penerima sepanjang tahun, digunakan sistem kombinasi antara pintu air dan pompa.

#### **6.15. Pengoperasian Pintu Air**

Pintu air merupakan bangunan pelengkap dari saluran atau bangunan outlet, seperti kolam retensi. Umumnya pintu air dipasang pada inlet gorong-gorong, inlet dan outlet kolam retensi dan diujung saluran yang berhubungan dengan badan air. Pintu air dioperasikan pada kondisi tertentu dengan ketentuan sebagai berikut:

- ✚ Pintu ditutup penuh pada saat elevasi muka air di sebelah hilir pintu lebih tinggi dari pada elevasi muka air di saluran drainase.
- ✚ Pintu dibuka penuh pada saat elevasi muka air di sebelah hilir pintu lebih rendah dari pada elevasi muka air di saluran drainase.

#### **6.16. Pengoperasian Kolam Retensi**

1. Kolam retensi merupakan kolam tampungan sementara dengan ketentuan operasional sebagai berikut:
  - a. Menampung air permukaan atau aliran dari saluran untuk sementara waktu, sebelum dialirkan ke jaringan saluran drainase atau badan air penerima;
  - b. Penampungan sementara dapat dilakukan berkaitan dengan pengaruh naiknya muka air di jaringan saluran atau badan air penerima akibat banjir atau pasang surut;
  - c. Untuk lebih mengoptimalkan fungsi kolam retensi, dalam pelaksanaan operasionalnya dapat dikombinasikan dengan sistem pompa atau pintu air.
2. Kolam retensi dapat juga berbentuk memanjang (long storage), contoh: parit
3. Waduk/kolam retensi didalam kota dapat berfungsi multiguna:
  - a. Dapat menampung sementara air hujan dari daerah sekitarnya saat muka air laut pasang dan membuangnya saat muka air laut surut kembali sehingga dapat mengurangi besarnya debit aliran di saluran,
  - b. Dapat dimanfaatkan sebagai tempat rekreasi masyarakat (wisata air) bila daerah sekitarnya ditata dengan baik.
4. Bagi kolam retensi yang didesain dengan pintu klep maka buka tutup pintu dilakukan secara



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

otomatis, namun bila didesain dengan pintu sorong biasa maka pengoperasian buka tutup pintu dilakukan dengan tenaga manusia/secara manual.

5. Perlu mendapatkan perhatian bahwa mengingat pada musim kemarau volume kolam retensi menampung timbal cair dari rumah tangga, sehingga tingkat pencemaran air di kolam retensi akan meningkat dan dapat mencemari lingkungan. Untuk itu isi kolam retensi perlu dikuras (flushing) dengan membuka pintu penguras sehingga air dapat bebas keluar-masuk sehingga kualitas air kolam dapat dijamin tidak akan mencemari lingkungan.
6. Polder dioperasikan dengan ketentuan:
  - a. Menggunakan sistem tanggul banjir sehingga aliran dari daerah lain tidak dapat masuk dan begitu pula sebaliknya;
  - b. Pada saat permukaan air di badan air penerima naik akibat banjir atau pasang-surut, pintu air ditutup guna mencegah aliran dari hilir masuk kedalam saluran atau kawasan polder.
    - Pada saat permukaan air surut, pintu air akan dibuka dan aliran air dapat dialirkan secara gravitasi
    - Sistem pompa digunakan untuk mempercepat proses pengeluaran/pemindahan aliran dari kawasan polder ke badan air penerima, pada saat permukaan air naik akibat banjir atau pasang, genangan air yang terjadi dapat direduksi.

**Prosedur Darurat (Emergency)**

- ⌚ Pemeliharaan yang bersifat darurat tidak mudah diprogramkan namun perlu disiapkan penanggulungannya. Disebabkan oleh akibat kerusakan peralatan mekanik atau elektrik (pompa) maupun akibat bencana alam seperti banjir, angin puting beliung sehingga mengganggu sistem. Agar sistem dapat kembali berfungsi normal sebagaimana mestinya maka perlu dilakukan upaya-upaya, antara lain:
  - oo. membersihkan penghalang dari saluran, gorong-gorong, dan bangunan lainnya
  - pp. perbaikan fisik, mekanik atau elektrik pada sistem yang rusak;
  - qq. kontrol banjir dengan membuka pintu-pintu air (bila ada), memompa air (bila perlu) dan sebagainya;
  - rr. memperbaiki bangunan/bagian bangunan yang rusak secepatnya, untuk itu perlu disiapkan bahan-bahan untuk penanggulangan kerusakan seperti karung plastik, pasir, batu pecah secukupnya.



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

⌚ Prosedur operasi dalam keadaan darurat harus dibuat dalam dokumen terpisah Rencana Tindak Darurat. Rencana Tindak Darurat ini berisi antara lain:

- ss. Daftar nama-nama, jabatan, nomor telepon orang atau petugas yang bertanggung jawab apabila terjadi bencana yang tidak diinginkan
- pada fasilitas drainase perkotaan, dan
- tt. Upaya-upaya yang harus dilakukan.

**Operasi pada Tingkat Masyarakat**

Pada tingkat masyarakat pada umumnya dilakukan pada saluran mikro/saluran di lingkungan permukiman atau di dalam lingkungan perumahan (drainase lokal) secara gotong royong masyarakat.

**Peralatan dan Komunikasi**

Secara umum peralatan yang diperlukan dalam kegiatan operasi dan pemeliharaan drainase perkotaan, antara lain:

- Alat pembersih saluran: alat berat lainnya seperti hydraulic excavator, untuk mengangkat sampah dalam saluran, mobile pump untuk daerah genangan kecil yang tidak bisa dibuang secara gravitasi dan apabila dibangun stasiun pompa secara ekonomis tidak layak.
- Untuk saluran kecil yang dapat dilakukan dengan tenaga manusia, alat diperlukan antara lain cangkul, sekop, alat penggaruk, gancu, pompa air, dll.
- Alat angkut: truk, untuk mengangkut sampah dan membuang ke tempat yang telah ditentukan.

**6.17. Sistem Pemeliharaan Jaringan Drainase Perkotaan**

Pedoman yang digunakan dalam sistem pemeliharaan jaringan drainase perkotaan adalah mengacu pada Pedoman Operasi dan Pemeliharaan yang dibuat oleh Direktorat PLP Direktorat Jenderal Cipta Karya.

- ⌚ Pemeliharaan Jaringan drainase Kota Padang meliputi pemeliharaan saluran dan bangunan pada jaringan drainase perkotaan, meliputi bangunan jembatan, gorong-gorong, bangunan terjun, bangunan outlet beserta pintu-pintu air dan kolam retensi beserta pintu-pintu air
- ⌚ Bangunan ini harus dipelihara dengan baik dan benar sehingga dapat bekerja dan berfungsi sebagaimana diharapkan



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

- ⌚ Data yang diperlukan
- ⌚ Gambar desain asli dan gambar pasca konstruksi (asbuilt drawings) harus dimiliki sebagai pegangan gambar kerja petugas operasi dan pemeliharaan dalam merencanakan dan melaksanakan operasi dan pemeliharaan.
- ⌚ Kegiatan pemeliharaan drainase perkotaan melibatkan suatu kondisi bangunan yang tak terduga, evaluasi kinerja fasilitas, penyediaan material untuk mengatasi pengurangan fungsi atau kerusakan fasilitas/bangunan, dan perbaikan kerusakan yang disebabkan oleh pengurangan fungsi, banjir, kehancuran, vandalisme, atau kegagalan suatu bangunan.

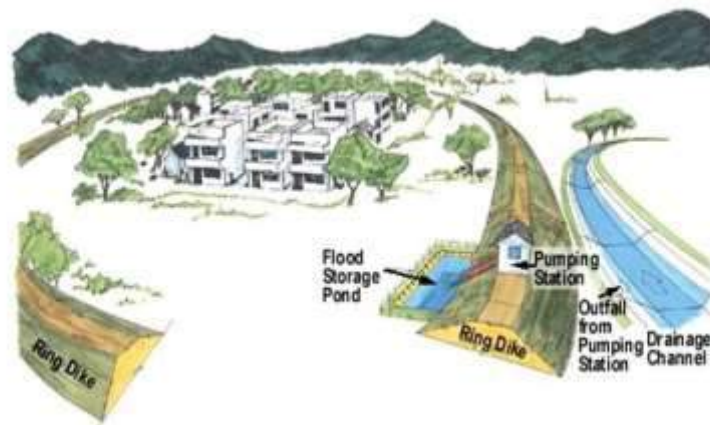


## BAB VII DRAINASE KHUSUS

### 7.1. Sistem Polder

Sistem polder adalah suatu cara penanganan banjir dengan kelengkapan bangunan sarana fisik, yang meliputi saluran drainase, kolam retensi, pompa air, yang dikendalikan sebagai satu kesatuan pengelolaan. Dengan sistem polder, maka lokasi rawan banjir akan dibatasi dengan jelas, sehingga elevasi muka air, debit dan volume air yang harus dikeluarkan dari sistem dapat dikendalikan. Oleh karena itu, sistem polder disebut juga sebagai sistem drainase yang terkendali.

Sistem ini dipakai untuk daerah-daerah rendah dan daerah yang berupa cekungan, ketika air tidak dapat mengalir secara gravitasi. Agar daerah ini tidak tergenang, maka dibuat saluran yang mengelilingi cekungan. Air yang tertangkap dalam daerah cekungan itu sendiri ditampung di dalam suatu waduk, dan selanjutnya dipompa ke kolam tampungan.



Gambar VII.1 Sketsa tipikal sistem polder

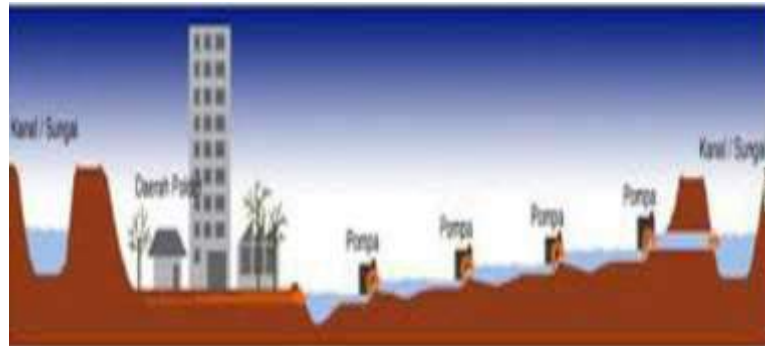
#### Mengapa diperlukan sistem polder ?

Pengembangan kota-kota pantai di Indonesia seperti Jakarta dan Semarang seringkali lebih didasarkan kepada kepentingan pertumbuhan ekonomi. Selain itu, pengembangan kawasan- ini menimbulkan banjir menunjukkan ketidakseimbangan pembangunan. Maka dari itulah perlu upaya peningkatan atau pengembangan aspek teknologi dan manajemen untuk pengendalian banjir dan ROB di kota-kota pantai di Indonesia. Dengan demikian sistem polder dikembangkan karena



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

menggunakan paradigma baru, diantaranya berwawasan lingkungan (environment oriented), pendekatan kewilayahan (regional based), dan pemberdayaan masyarakat pengguna.



**Gambar VII.2** Cara kerja sistem polder



**Gambar VII.3** contoh layout polder

Sistem polder yang merupakan suatu daerah yang dikelilingi tanggul atau tanah tinggi dibangun agar air banjir atau genangan dapat dicegah dan pengaturan air di dalamnya dapat dikuasai tanpa pengaruh keadaan di luarnya. Suatu subsistem-subsistem pengelolaan tata air tersebut dianggap pas dan mandiri yang dikembangkan dan dioperasikan oleh dan untuk masyarakat dalam pengendalian banjir kawasan permukiman. Penerapan sistem polder selama ini dinilai sebagai salah satu jurus yang dapat memecah-kan masalah banjir perkotaan.

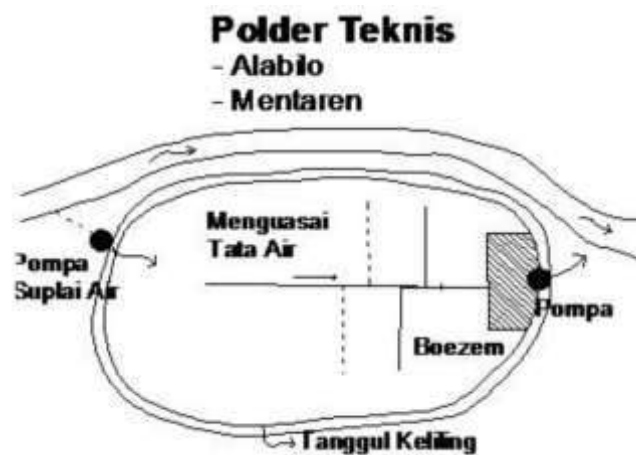


**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

1. Tipe – tipe sistem polder

Ada 5 tipe polder menurut asalnya, tujuannya, maupun bentuknya, diantaranya polder diperoleh dengan cara reklamasi suatu daerah rawa, air payau, dan tanah-tanah basah, polder yang dilindungi tanggul memanjang searah sungai, polder akibat pembendungan atau penanggulan pada muara sungai, polder akibat pengendapan sedimen pada muara, polder yang terbentuk dari proses land subsidence perlahan-lahan dari muka tanah menjadi tanah rendah di bawah muka air laut rata-rata.

2. Kriteria design sistem polder



Gambar VII.4 Tipikal sistem polder

Polder didefinisikan sebagai kawasan / lahan reklamasi dengan kondisi awal mempunyai muka air tanah tinggi yang diisolasi secara hidrologis dari daerah sekitar sehingga muka air tanah dapat dikendalikan. Kondisi lahan sendiri dibiarkan pada elevasi asli / sedikit ditinggikan. Pengisolasian dapat dilakukan dengan penanggulan / mengelakkan air yang berasal dari luar kawasan polder. Air didalam polder dikendalikan dengan sistem drainase / dengan sistem irigasi.

Sifat – sifat polder :

- Polder adalah daerah yang dibatasi dengan air dimana air yang berasal dari luar kawasan tidak boleh masuk, sehingga hanya air hujan dan kadang – kadang air rembesan pada kawasan itu yang dapat ditampung.
- Dalam polder tidak ada aliran permukaan bebas seperti pada daerah tangkapan air alamiah, tetapi dilengkapi dengan bangunan pengendali pada pembuangnya untuk mengalirkan air ke luar.





**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

- Muka air dalam polder tidak bergantung pada muka air daerah sekitar.

Komponen dalam sistem polder :

- **Jaringan Drainase**

Drainase adalah istilah yang digunakan untuk sistem penanganan kelebihan air. Khusus istilah drainase perkotaan, kelebihan air yang dimaksud adalah air yang berasal dari air hujan. Kelebihan air hujan pada suatu daerah, dapat menimbulkan masalah yaitu banjir atau genangan air, sehingga diperlukan adanya saluran drainase yang berfungsi menampung air hujan dan kemudian mengalirkan air hujan tersebut menuju kolam penampungan. Dari kolam penampungan tersebut, untuk mengendalikan elevasi muka air, kelebihan air tersebut harus dibuang melalui pemompaan. Pada suatu sistem drainase perkotaan terdapat jaringan saluran drainase yang merupakan sarana drainase lateral berupa pipa, saluran tertutup dan saluran terbuka. Berdasarkan cara kerjanya saluran drainase terbagi dalam beberapa jenis, yaitu saluran pemotong, saluran pengumpul dan asaluran pembawa.

- ✚ Saluran Pemotong (*interceptor*) adalah saluran yang berfungsi sebagai pencegah terjadinya pembebanan aliran dari suatu daerah terhadap daerah lain di bawahnya. Saluran ini biasanya dibangun dan diletakkan pada bagian yang relatif sejajar dengan bangunan kontur.
- ✚ Saluran Pengumpul (*collector*) adalah saluran yang berfungsi sebagai pengumpul debit yang diperoleh dari saluran drainase yang lebih kecil dan akhirnya akan dibuang ke saluran pembawa. Letak saluran pembawa ini di bagian terendah lembah ini suatu daerah sehingga secara efektif dapat berfungsi sebagai pengumpul dari anak cabang saluran yang ada.
- ✚ Saluran Pembawa (*conveyor*). adalah saluran yang berfungsi sebagai pembawa air buangan dari suatu daerah ke lokasi pembuangan tanpa membahayakan daerah yang dilalui. Sebagai contoh adalah saluran banjir kanal atau sudetan-sudetan atau saluran *by pass* yang bekerja khusus hanya mengalirkan air secara cepat sampai ke lokasi pembuangan.

Untuk menjamin berfungsinya saluran drainase secara baik, diperlukan bangunan-bangunan pelengkap di tempat-tempat tertentu. Jenis bangunan pelengkap itu adalah :



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

- ✚ Bangunan Silang; misalnya gorong-gorong atau siphon
- ✚ Bangunan Pintu Air ; misalnya pintu geser atau pintu otomatis
- ✚ Bangunan peresap (infiltrasi ) misalnya sumur resapan

Semua bangunan yang disebutkan di atas tidak selalu harus ada pada setiap jaringan drainase. Keberadaannya tergantung pada kebutuhan setempat yang biasanya dipengaruhi oleh fungsi saluran, tuntutan akan kesempurnaan jaringannya, dan kondisi lingkungan.

- ✚ Tanggul keliling / sea defense / sistem isolasi lain.
- ✚ Kolam penampung dan stasium pompa
- ✚ Badan air penerima

Aspek teknis sistem polder :

- Pembangunan tanggul laut

Tanggul laut dalam sistem polder merupakan pembatas hidrologi yang melindungi daerah didalam sistem polder dari pengaruh air laut. Pembuatan tanggul laut memperhatikan kondisi tanah. Banyak tanggul laut harus dibuat pada lokasi yang kondisinya tanahnya sangat lunak sehingga resiko kegagalan lereng sering terjadi.

- Penurunan tanah

Banyak sistem polder yang dikembangkan didaerah alluvial dengan kondisi tanah lunak yang cukup tebal sehingga penurunan jangka panjang akibat proses konsolidasi sangat berpengaruh terhadap elevasi akhir dan dapat merusak bangunan.

- Konservasi pantai

Kawasan pantai merupakan daerah yang sangat potensial untuk dikembangkan. Dewasa ini daerah pantai digunakan berbagai kepentingan. Keanekaragaman pemanfaatan kawasan pantai yang melibatkan berbagai instansi tidak selalu kompatibel dan dapat menimbulkan konflik

- Manajemen Polder

Sistem polder merupakan bangunan yang beresiko tinggi sehingga perlu manajemen yang baik. Manajemen polder mencakup operasi dan pemeliharaan ditujukan untuk mencegah penurunan fungsi dari semua elemen yang ada didalam.

## **7.2. Tanggul dan Tembok penahan banjir**

Yang dimaksud dengan tanggul adalah bangunan pengendali sungai yang dibangun dengan persyaratan teknis tertentu untuk melindungi daerah sekitar sungai terhadap limpasan air sungai.



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Tanggul biasanya dibangun dari material tanah yang dipadatkan, pasangan batu, pasangan bata, pasangan beton, turap baja, atau material lain yang sesuai.

1. Sempadan sungai dan alinyemen

Faktor sosial :

- Tanggul biasanya digunakan sebagai jalan untuk pejalan kaki, pemakai sepeda dan sepeda motor. Oleh karena itu dalam merancang alinyemen harus mempertimbangkan persyaratan minimal geometri jalan.
- Produksi pertanian bisa tumbuh di dataran banjir karena tingginya kebutuhan akan tanah pertanian.
- Memperhatikan resiko pemukiman penduduk yang sudah ada. jalan masuk ke desa dapat terganggu dengan adanya konstruksi tanggul,
- Kontruksi tanggul bisa mengakibatkan pemindahan penduduk ke beberapa daerah setempat dalam satu desa atau ke desa lain yang terdekat. Oleh karena itu dalam merencanakan alinyemen perlu dikonsultasikan dengan pemerintah daerah setempat, terutama Lurah (kepala desa).

Faktor Teknis dan Biaya

- Untuk meminimalkan biaya, tanggul dibuat selurus mungkin konsisten dengan topografi, garis batas yang ada, fasilitas bangunan yang ada, dan kelokan meander sungai,
- Jarak antara tanggul dengan tebing sungai (bantaran sungai) harus mempunyai lebar yang cukup untuk menampung debit banjir rencana. Jarak standar tanggul terhadap tebing sungai bervariasi tergantung pada kondisi setempat. Jarak tanggul terhadap tebing sungai yang disarankan adalah 10 - 25 m untuk daerah perkotaan dan lebih dari 25 m untuk daerah pedesaan.
- Kelayakan perbaikan hidraulik sungai dengan membuat alur sudetan di daerah *meander* sungai yang ekstrim harus diperhitungkan, karena sudetan memungkinkan pemendekan dan pelurusan tanggul.
- Untuk melindungi dataran banjir dari genangan akibat pembendungan bisa dibuat tanggul pada kedua sisi kanan dan kiri anak sungai sejauh daerah pengaruh pembendungan tersebut.

2. Debit Banjir Rencana



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Debit banjir rencana dari proyek pengendalian banjir digunakan untuk perancangan teknis elevasi tanggul dan dinding penahan banjir. Penetapan debit banjir rencana berdasarkan pada pertimbangan ekonomi dan status daerah yang dilindungi.

3. Teknik Sungai

- Peninjauan kembali terhadap rencana tanggul atau tembok penahan banjir yang diusulkan serta identifikasi terhadap daerah dimana laju erosi lateral dan meander di hilir mempunyai potensi merusak tanggul.
- Perkiraan pilihan alinyemen sedemikian sehingga meminimalkan biaya pengendalian erosi tebing sungai. Pertimbangan pembatas-pembatas seperti tataguna lahan, ketersediaan biaya pengendalian erosi, dan biaya penempatan tanggul yang jaraknya lebih besar dari ketentuan di atas.
- Pilihlah bentuk dasar dan kekasaran hidraulik yang tepat untuk penghitungan hidraulik secara komputasi untuk kondisi *bankfull* dan banjir rencana.
- Bandingkan kecepatan aliran di alur dengan dan tanpa tanggul atau tembok penahan banjir untuk debit banjir rencana. Jika perubahan kecepatan lebih kecil dari 30%, maka erosi tebing dan angkutan sedimen tidak begitu berpengaruh. Jika perubahan ini antara 30 % dan 50 %, akan mempengaruhi angkutan sedimen, erosi tebing, dan stabilitas sungai yang ditinjau. Jika perubahan kecepatan lebih besar dari 50%, maka akan terjadi perubahan geomorfologi yang berarti. Dalam hal ini, lokasi tanggul atau tembok penahan banjir disesuaikan. Langkah pengaturan sungai dan pengendalian erosi dibutuhkan jika lokasi tanggul tidak dapat disesuaikan.

4. Analisis Hidrolik

Analisis dengan Anggapan Kondisi Aliran Permanen :

Kondisi aliran permanen dan tidak seragam (*steady state non-uniform flow*) dapat sebagai asumsi, jika tampungan pada dataran banjir sangat kecil sehingga hidrogaf inflow banjir tidak cukup lama menggenang dalam tampungan (terendam). Model komputer HEC-2 yang dikembangkan oleh U.S Army Corps of Engineer bisa digunakan untuk menghitung profil muka air. Model HEC-2 dibicarakan secara rinci dalam manual yang dipersiapkan Hoggen (1969). Sebagai alternatif metode "*slope ered*" yang dibahas oleh USBR (1987), dapat digunakan untuk menghitung tinggi muka air. Metode ini berdasarkan persamaan *Manning*.



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Analisis dengan Anggapan Kondisi Aliran Tidak Permanen :

*Analysis dynamic routing* atau analisis aliran tidak permanen diperlukan untuk menghitung tinggi muka air puncak pada dataran banjir dengan tampungan besar sehingga mengakibatkan penurunan puncak banjir yang berarti. Beberapa model komputer dipakai untuk *dynamic routing* meliputi 1-D, DWOPER, MIKE-11 dan NETWORK.

Koefisien Kekasaran *Manning* :

Faktor-faktor berikut harus diperhitungkan untuk menetapkan besarnya koefisien kekasaran *Manning*.

- Digunakan koefisien kekasaran yang berbeda untuk alur sungai dan daerah dataran banjir.
- Koefisien kekasaran yang berbeda pada sepanjang alur besarnya bervariasi,
- Pengaruh potensial pada pengembangan daerah dataran banjir di masa datang terhadap besarnya koefisien kekasaran harus diperhitungkan.
- Koefisien kekasaran dapat dihitung secara pasti berdasarkan pengukuran debit dan tinggi muka air.
- Koefisien kekasaran dipengaruhi oleh perubahan bentuk dasar sungai atau tingkat pertumbuhan tanaman.

Nama DAS	Alur air rendah	Alur air tinggi
Cimanuk - Cisanggarung	0.025	0.035
Citanduy	0.03	0.12 – 0.2
Kedu Selatan	0.03	0.04
Bengawan Solo	0.03	0.04
Porong - Brantas	0.025	0.03
Gunung Merapi	0.03 – 0.035	0.045 – 0.05
Krueng Aceh	0.026 – 0.04	0.05

Tabel VII.1 Koef. kekasaran manning yang digunakan untuk proyek di Indonesia



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

n Manning	Kondisi Saluran
0,016 - 0,017	Alur tanah asli yang paling halus, bebas dari tumbuhan, dengan alinemen lurus
0,020	Alur tanah asli yang halus, bebas dari tumbuhan, belokan kecil.
0,0225	Rata, dibangun dengan baik, ukuran alur tanah dalam kondisi baik.
0,025	Alur tanah kecil dalam kondisi baik, atau alur tanah yang besar dengan beberapa tumbuhan pada tebing atau batu tersebar dasar.
0,030	Alur tanah dengan tumbuhan yang lebat. Sungai alami dengan alinemen baik, tampang lintang yang konstan. Banjir koral besar, dipelihara dengan baik.
0,035	Alur tanah yang tertutup rapat dengan tumbuhan kecil. Banjir Kanal bersih tetapi tidak dipelihara secara terus menerus.

0,040 - 0,050	Sungai pegunungan dengan dasar kerikil bersih. Sungai dengan tampang yang lebar dengan beberapa tumbuhan yang tumbuh di tebing. Alur tanah dengan pertumbuhan tanaman air yang lebat.
0,060 - 0,075	Sungai dengan alinemen dan tampang lintang agak lurus, terganggu oleh pohon-pohon kecil, semak-semak yang sangat kecil dan tumbuhan air.
0,100	Sungai dengan alinemen dan tampang lintang yang tidak teratur, cukup terganggu dengan pepohonan kecil dan belukar. Sungai dengan alinemen dan tampang lintang agak teratur, sangat terganggu oleh pohon kecil dan semak-semak.
0,125	Sungai dengan alinemen dan tampang lintang yang tidak teratur, tertutup tumbuhan kau muda dan sedikit oleh semak-semak dan pohon kecil yang lebat, beberapa batang kayu hanyut dan tanaman mati.
0,150 - 0,200	Sungai dengan alinemen dan tampang lintang yang sangat tidak teratur, akar-akar pohon semak-semak, batang kayu yang besar, dan timbunan lain di dasar, pohon yang serantiasa jatuh ke sungai disebabkan tebing longsor.

**Tabel VII.2 Koefisien kekasaran manning dari USBR (1987)**

Prosedur
1. Asumsikan nilai n dasar ( $n_1$ ).
2. Pilih modifikasi n ( $n_2$ ) untuk tingkat ketidak teraturan.
3. Pilih modifikasi n ( $n_3$ ) untuk variasi ukuran dan bentuk tampang lintang.
4. Pilih modifikasi n ( $n_4$ ) untuk gangguan seperti tumpukan
5. reruntuhan, tanggul pohon, akar yang menonjol, dan batang
6. kayu yang jatuh.
7. Pilih modifikasi n ( $n_5$ ) untuk vegetasi.
8. Pilih modifikasi koefisien m untuk belokan ( <i>meandering</i> ).
9. Hitung n efektif = $m (n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + n_5)$ .

**Tabel VII.3 Metode perhitungan koef. kekasaran manning menurut Chow (1959)**

Pertimbangan Lain :



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Beberapa faktor yang harus dipertimbangkan dalam melakukan analisis hidraulika adalah seperti berikut ini :

- Potensi perubahan morfologi sungai seperti aggradasi dan degradasi, baik secara alami maupun buatan manusia.
- Halangan pada alur sungai yang ada sekarang atau yang akan datang seperti jembatan.

#### **5. Aspek Geoteknik**

Kriteria :

Kriteria berikut dapat dipertimbangkan untuk menjamin kestabilan kinerja tanggul dan tembok penahan banjir.

- Tanggul, tembok penahan banjir, dan pondasi harus stabil, tidak berubah bentuk secara berlebihan karena pengaruh berbagai beban yang mungkin terjadi selama umur konstruksi atau umur pelayanan, termasuk beban gempa.
- Rembesan melalui tanggul, dinding penahan banjir, dan pondasi harus dikendalikan untuk mencegah terjadinya gaya angkat, piping, ketidakstabilan, *sloughing* dan erosi yang berlebihan.
- Tinggi jagaan harus cukup untuk mencegah terjadinya *overtopping* (limpasan) selama terjadi banjir.
- Tinggi tanggul sebaiknya dilebihi untuk kemungkinan terjadinya *settlement*.
- Kemiringan talud tanggul direncanakan untuk menahan erosi selama aliran sungai normal, hujan, dan saat terjadi banjir.

Pelaksanaan :

Langkah-langkah berikut dipertimbangkan untuk menjamin pelaksanaan perbaikan tanggul dan tembok penahan banjir.

- Pelaksanaan perbaikan pondasi.
- Penggunaan material timbunan
- Pengendalian gradasi butiran.
- Pengendalian Kadar air (*moisture content*)
- Pengendalian kepadatan.
- Pemasangan fasilitas pengendali rembesan dan piping.



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Contoh tindakan pengendalian rembesan dan piping adalah seperti berikut ini:

- Fondasi sudetan untuk meminimalkan rembesan ke bawah.
- Inti tanggul dengan lebar yang mencukupi dari material yang kedap air dan tidak mudah retak akibat terjadinya retak (*cracking*), piping, dan kembang-susut.
- Lapisan kedap air *impervious*; di hulu.
- Zona transisi dan filter.
- Darinasi internal
- *Toe drains* dan *relief wells*

Faktor-Faktor Perencanaan Teknis Geoteknik :

Beberapa faktor dalam aspek geoteknik berikut ini harus dipertimbangkan dalam perencanaan teknis tanggul dan dinding penahan banjir.

- Kondisi Geologi di Lapangan  
Menetapkan material pondasi yang menjadi dasar bangunan termasuk tipe dan tingkat perbaikan pondasi yang diperlukan, Tipe material pondasi bisa juga berpengaruh pada perencanaan teknis tanggul seperti dibicarakan di bawah ini.
  - Batuan harus yang baik, memenuhi syarat digali jika basah, *digrouting* jika lolos air.
  - Kerikil harus dipadatkan jika lepas, Tindakan penanggulangan rembesan mungkin diperlukan.
  - Lumpur (*silt*) atau pasir halus punya potensi mencair jika dapat lepas di lapangan dan kemudian dijenuhkan atau mendapat getaran aktifitas seismik.
  - Tindakan pengurangan mungkin diperlukan dalam perencanaan teknis tanggul untuk menjamin bahwa penurunan (*settlement*) pada lapisan lempung tidak membahayakan kestabilan tanggul,
  - Endapan yang beriapis-lapis rawan terhadap perpindahan tekanan air pori dan *built up* di bawah *toe* tanggul yang dapat menyebabkan ketidakstabilan tanggul.
- Daerah Seismik  
Apakah lokasi terletak pada daerah yang berpotensi seismik aktif atau tidak, sehingga bisa menentukan tipe atau bangunan penahan banjir yang digunakan,
- Bahan Konstruksi Yang Tersedia





**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Perencanaan teknis tanggul dapat menggunakan bahan terbaik yang berasal dari tempat terdekat.

- Ekonomi

Perencanaan teknis bangunan harus mampu memberikan keseimbangan antara ekonomi, penggunaan, keamanan, dan lingkungan.

#### Stabilitas

Kemiringan talud 1 V : 2 H sangat baik untuk tanggul homogen yang dipadatkan dengan baik yang dibangun di atas pondasi batu yang memenuhi syarat dengan menggunakan grafik stabilitas seperti yang diberikan Taylor (1948), Morgenstem & Price (1965), Sowers (1979). Analisis stabilitas sebaiknya dilakukan untuk menentukan kemiringan talud untuk tanggul yang lebih tinggi dari 3 meter dengan kondisi pondasi yang jelek, Ada beberapa program komputer yang dapat dipakai untuk melakukan analisis stabilitas talud

Program	Sumber
Slope - W	Geo - Slope International Ltd. 830, 633 - 6th Avenue, SW
PC - Slope	Calgary, Alberta, Canada, T2P 2Y5
G - Slope	Mitre Software Corp Suite 200, 9636 - 51St Avenue Edmonton, Alberta, Canada, T6E GAS
SSTAB 2	USBR, Engineering & Research Centre Denver, Colorado, USA

**Tabel VII.4 Program Komputer untuk analisis stabilitas talud**

#### Settlement (Penurunan) dan Rembesan

USBR *Design Standard* No.13, Bab 9 - Analisis Defonnasi Statis (1992) menyajikan langkah-langkah perhitungan penurunan tanggul dan pondasi, serta merancang langkah-langkah pengurangan yang tepat jika terjadi penurunan yang berlebihan. Penurunan yang telah dihitung sepanjang puncak tanggul tidak boleh melebihi 0,05 H, dengan H adalah tinggi tanggul diatas elevasi pondasi. USBR *Design Standard* No.13, Bab 8 - Analisis dan Pengendalian Rembesan (1987) memberikan metoda untuk memperkirakan aliran rembesan dan mengendalikan aliran rembesan yang berlebihan melalui tubuh dan bawah tanggul.



## 6. Tinggi Jagaan (*Freeboard*)

- Tinggi jagaan disediakan untuk mencegah terjadinya *overtopping* (limpasan) tanggul atau dinding penahan banjir, karena faktor-faktor berikut ini,
- *Run up* dan setup gelombang.
- Kenaikan elevasi air (*super elevation*) di belokan luar alur.
- Kemungkinan penurunan tanggul dan rusaknya puncak tanggul.
- Variasi tinggi muka air setempat disebabkan gangguan setempat (contohnya kebun pisang di daerah dataran banjir).

Faktor-faktor yang mempengaruhi elevasi air di sungai induk.

Tinggi jagaan 0,5 m untuk banjir lebih kecil 200 m<sup>3</sup>/detik. Tinggi jagaan untuk banjir > 200 m<sup>3</sup>/detik menggunakan Tabel ..... Disarankan untuk menambahkan tinggi jagaan sebesar 0,3 meter sepanjang daerah kritis dimana resiko terhadap jiwa atau harta benda apabila terjadi kegagalan tanggul adalah besar. Penambahan tinggi jagaan sebesar 0,3 meter juga dilakukan jika tanggul lebih tinggi dari 3,5 meter.

Resiko terhadap jiwa atau harta benda ini besar manakala:

- Kecepatan aliran melebihi 2 m/detik.
- Jika tanggul bobol atau terjadi *overtopping* akan menyebabkan air banjir menggenangi daerah pemukiman atau.
- Kedalaman air disekitar tempat tinggal penduduk melebihi kriteria berikut ini:

$$D = 1,1 - 0,35 v$$

Dimana :

D = kedalaman (m)

v = kecepatan (m/detik)

Konsep alternatif dari bangunan pelimpah (*structure spill*) atau bangunan pelimpas (*overflow sections*) untuk melindungi daerah beresiko tinggi kurang diperlukan, tetapi mungkin tepat untuk beberapa lokasi tertentu.



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Debit Banjir Rencana (m <sup>3</sup> /detik)	Tinggi Jagaan (m)
200 - 500	0,8
500 - 2.000	1,0
2.000 - 5.000	1,2
5.000 - 10.000	1,5
> 10.000	2,0

Tabel VII.5 Tinggi jagaan nominal dari Sosrodarsono (1987)

Nama Proyek (Q dalam m <sup>3</sup> /detik)	Lebar Puncak Minimum (m)	Tinggi Jagaan Minimum (m)	Kemiringan Talud Minimum (Vertikal- Horizontal)	
			Dalam	Luar
<b>1. Kraeng Aceh</b>				
• Q < 200	3	0,6	1:1,5	1:2
• 200 < Q < 500	3	0,8	1:1,5 - 1:2	1:2
• 500 < Q < 2000	4	1,0	1:1,5 - 1:3	1:2
<b>2. B. Solo</b>				
• 25 < Q < 500	3	0,5	1:2	1:2
• 500 < Q < 2000	3	1,0	1:2	1:2
• Di dalam revetment	3	1,0	1:1,5	1:2
• Q > 2000	4	1,5	1:2 - 1:3	1:2
<b>3. S. Brantas</b>				
• Tanpa Jalan	3	1,0	1:2	1:2
• Dengan Jalan	5	1,0	1:2	1:2
<b>4. S. Citandui</b>				
• 500 < Q < 2000	3	0,5	1:1,5 - 1:2	1:1,5 - 1:2
<b>5. S. Cimanuk</b>				
• Anak-anak sungai	3	0,5-1,0	1:2	1:2
• S. Utama	3-4	1,0	1:2	1:2
<b>6. S. Pematli</b>				
	3	1,0	1:2	1:2

Tabel VII.6 Tipikal parameter tanggul untuk proyek pengendalian banjir di Indonesia

### 7.3. DRAINASE LAPANGAN TERBANG

Lapangan terbang atau bandar udara atau bandara (airport) adalah daerah yang luas dan relatif datar, yang digunakan untuk terbang (take off) maupun mendarat (landing) pesawat terbang (plane). Karena luas dan datar, maka drainase (terutama air hujan) akan menjadi masalah, sehingga harus dirancang sedemikian rupa sehingga dapat menjamin lapangan terbang bebas dari genangan air hujan (banjir).

#### 1. Ciri-ciri Drainase Lapangan Terbang

Drainase lapangan terbang (landasan, runway) mempunyai ciri-ciri sebagai berikut :

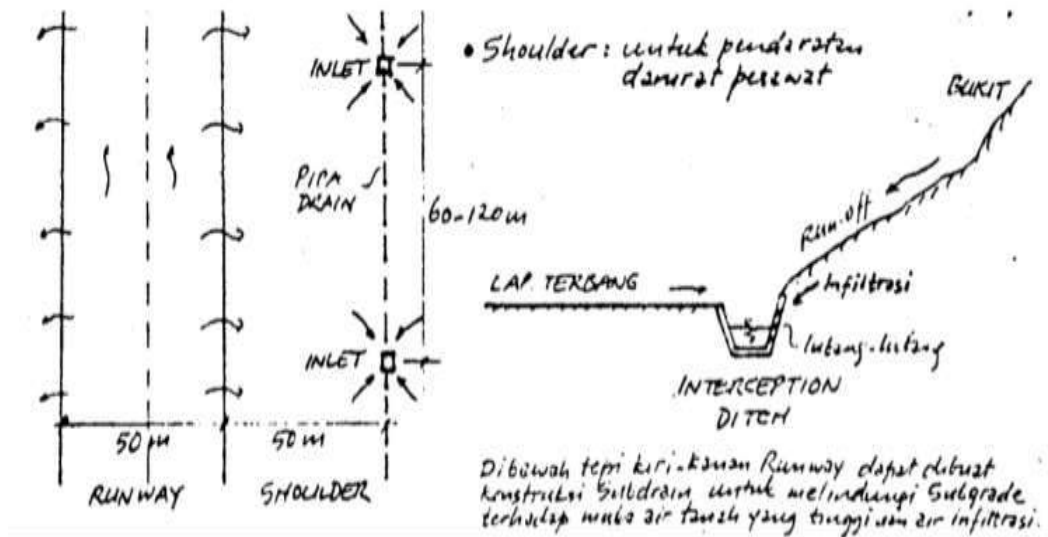


**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

- daerah yang harus dikeringkan (didrain) luas sekali. Panjang landasan dapat mencapai 4.000 meter.
- Permukaan daerah lapangan terbang terdiri dari beton, aspal, rumput dll.
- Tanah di bawah runway, taxi way serta apron, harus cukup kuat daya dukungnya terhadap beban pesawat terbang yang ada di atasnya.
- Sebagian besar permukaan daerah lapangan terbang terdiri dari beton serta aspal, sehingga air hujan akan melimpas (run off) di atas permukaan tanah. Air hujan yang dapat meresap tanah hanya sedikit, yaitu pada bahu (shoulder) serta di runway safety area yang berupa lapangan rumput.
- Kemiringan runway kecil sekali :  
ke arah memanjang : maksimum 1 %,  
ke arah melintang : maksimum 1,5 %,  
kemiringan shoulder ke arah melintang : maksimum 2,5 – 5 %.  
Genangan air akibat hujan di atas runway, maksimum 10 cm dan harus segera dikeringkan.
- Sistem drainase pada lapangan terbang, harus baik. Tidak diperkenankan adanya selokan terbuka, kecuali selokan keliling lapangan terbang (interception ditch), yang menampung air yang akan memasuki lapangan terbang (dari luar, daerah sekeliling). Jadi sistem drainasenya merupakan gabungan dari surface drainage dan sub surface drainage.
- Air hujan yang melimpas di atas runway, taxiway dan shoulder, dialirkan masuk ke dalam lubang-lubang inlet yang terletak 50 meter dari runway (di daerah shoulder). Dari inlet, air dialirkan ke luar lewat pipa-pipa beton di dalam tanah ke outfall dan diteruskan ke interception ditch. Jika interception ditch terletak di ujung runway, maka harus dibuat konstruksi selokan tertutup dari beton.
- Dianjurkan memilih lokasi lapangan terbang yang memiliki drainase alamiah yang baik, yaitu tanahnya mudah mendrain genangan, sehingga selokan-selokan dan bangunan-bangunan drainase lainnya yang harus dibuat tidak terlalu banyak. Arah aliran air hujan di atas tanah harus dilihat, untuk menentukan arah kemiringan runwaynya.



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**



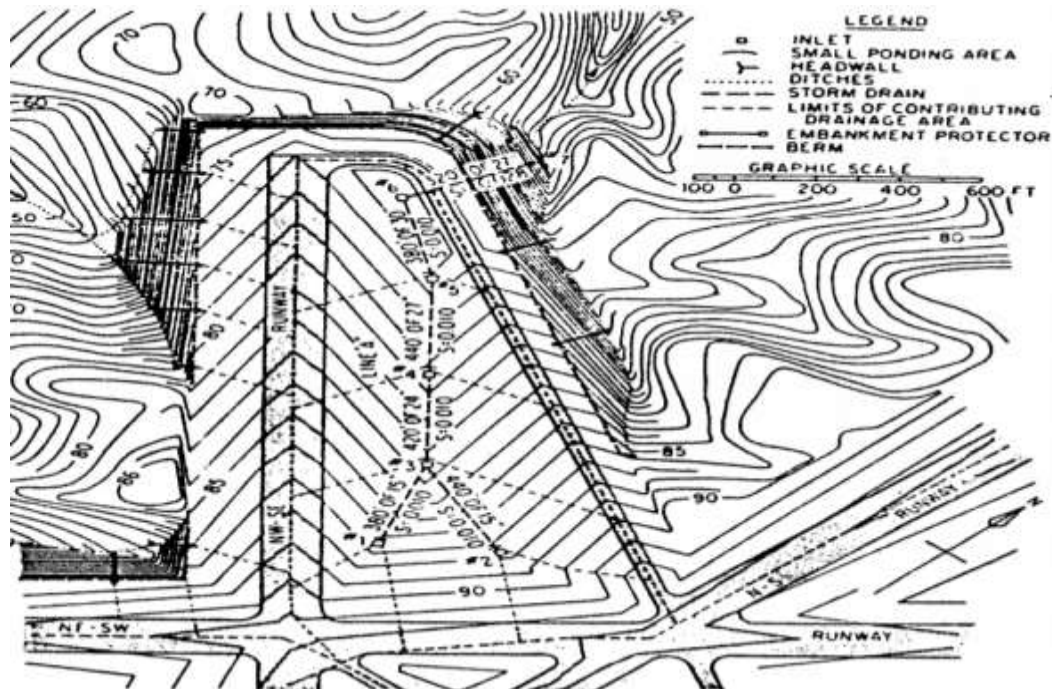
**Gambar VII.5 Sistem Drainase Lapangan Terbang**

- Selokan-selokan drainase lapangan terbang, didesain dengan intensitas hujan 1 kali dalam 5 tahun terlampaui (Q5th). Hal tersebut penting, untuk keamanan konstruksi bangunan di lapangan terbang serta keselamatan pesawat yang take off maupun landing.
2. Tujuan Drainase Lapangan Terbang
- Adapun tujuan diadakannya drainase lapangan terbang tersebut adalah sebagai berikut :
- Mengurangi air yang masuk ke dalam tanah, sehingga daya dukung tanah mampu untuk dapat mendukung beban pesawat yang sangat berat (mencapai 150 ton).
  - Mencegah terjadinya genangan air pada runway dan taxiway yang dapat mengganggu pesawat pada saat take off dan landing.
  - Menjaga seluruh daerah lapangan terbang, termasuk terminal building, agar tidak tergenang air.
  - Intersepsi dan mengalirkan air permukaan dan air tanah yang berasal dari lokasi di sekitar lapangan terbang.
  - Membuang air permukaan dari lapangan terbang
  - Membuang air bawah tanah dari lapangan terbang
  - Langkah perencanaan :
    - a. menentukan debit rencana (berupa aliran permukaan/*runoff*)
    - b. menentukan layout drainase permukaan



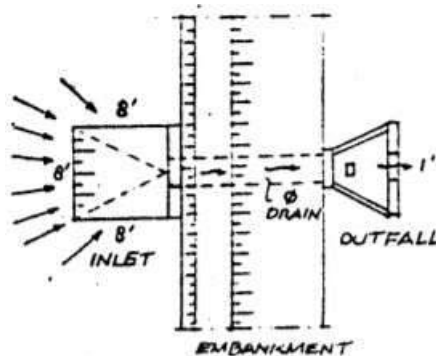
**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

3. Layout drainase lapangan terbang



**Gambar VII.6 Contoh Rencana Sistim Drainase Lapangan Terbang**

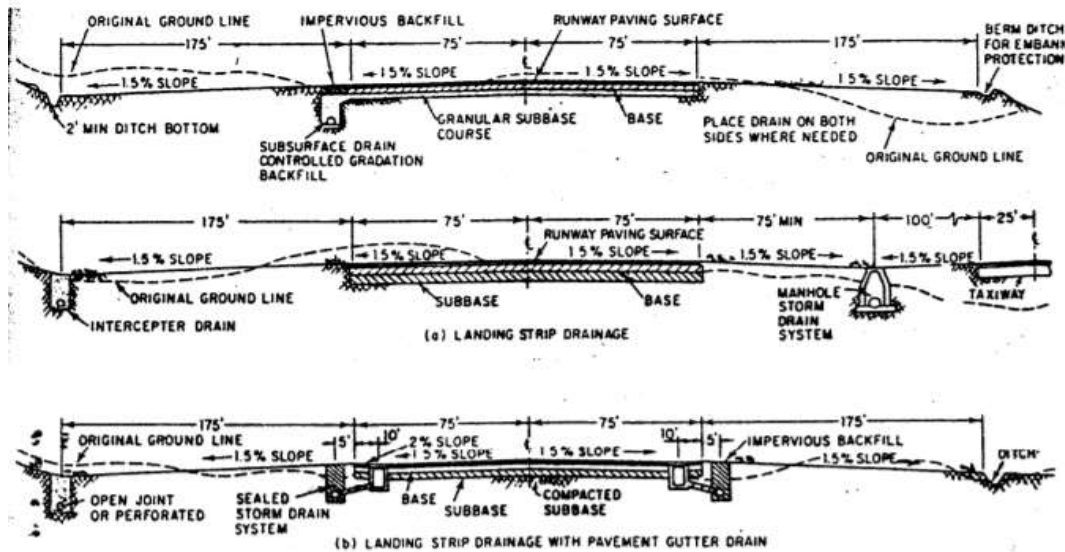
Gambar di atas, adalah denah lapangan terbang dengan runway silang dan taxiway; yang dipadukan dengan peta topografi. Gambar tersebut tertampang jelas sistim drainase dengan inlet, outlet dan outfall serta storm drain. Batas-batas daerah drainasenya tampak jelas pada gambar berikut ini :



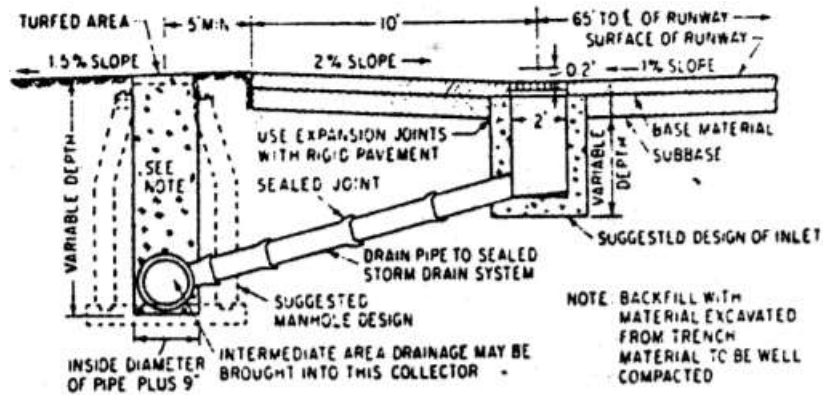
**Gambar VII.7 Konstruksi Embankment  
Protector Dengan Inlet dan Outlet**



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**



**Gambar VII.8 Contoh potongan melintang runway**



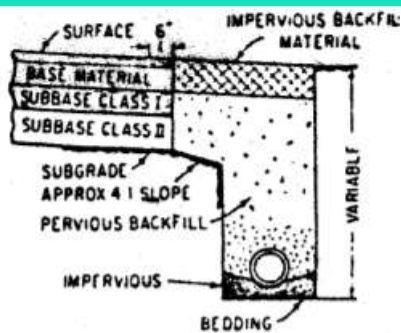
**Gambar VII.9 Inlet dan Outlet Drainase pada Shoulder**

Perencanaan debit :

- 1) Debit Rencana sama dengan besarnya aliran permukaan
- 2) Dapat ditentukan dengan rumus rasional
- 3) Hujan rencana harus mempertimbangkan factor teknis dan ekonomis
- 4) FAA menyarankan:
  - a. Untuk lapangan terbang sipil digunakan hujan rencana dengan kala ulang 5 tahun
  - b. Untuk lapangan terbang militer digunakan hujan rencana dengan kala ulang 2 tahun



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**



**Gambar VII.10 Drainase Bawah Permukaan Pada  
Runway dan Taxiway**

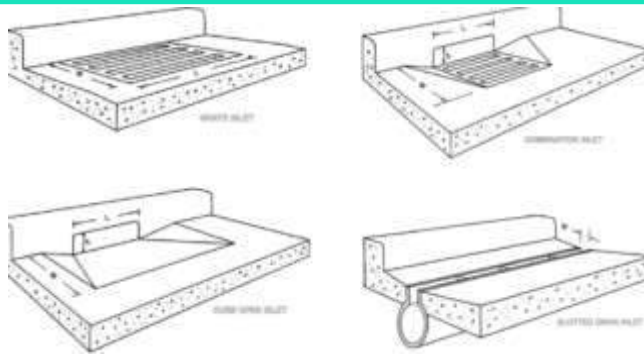
Drainase permukaan berfungsi untuk menangani air permukaan yang berada di sekitar lapangan terbang, khususnya yang berasal dari air hujan. Adapun langkah-langkah perencanaannya adalah sebagai berikut:

- Menentukan debit rencana (berupa aliran permukaan / runoff)
  - Menentukan layout drainase permukaan
  - uu. Penentuan layout system drainase permukaan di desain berdasarkan hasil akhir peta kontur landasan pacu (runway), landasan taksi (taxiway) dan apron.
  - vv. Layout harus dapat menghindari gerusan dan pengendapan saluran.
  - ww. Jika digunakan saluran bulat maka diameter minimumnya tidak boleh kurang dari 12 inci (30 cm)
  - xx. Jarak antar inlet (lubang pemasukan) ke arah memanjang berkisar antara 60-120 m. sedangkan jauhnya tidak lebih dari 75 ft (22.5 m) dari tepi perkerasan. Inlet pada apron diletakkan pada perkerasan. Material dapat berupa beton precast / cast in situ. Penempatan tergantung pada geometri lahan, kapasitas inlet, beban drainase yang dijelaskan berikut ini :
- ✚ Tidak boleh ditempatkan di area driveway.
  - ✚ Bagian hulu gutter
  - ✚ Dipercabangan saluran drainase
  - ✚ Dilokasi dengan slope menanjak
  - ✚ Dibagian hulu sungai / badan air.





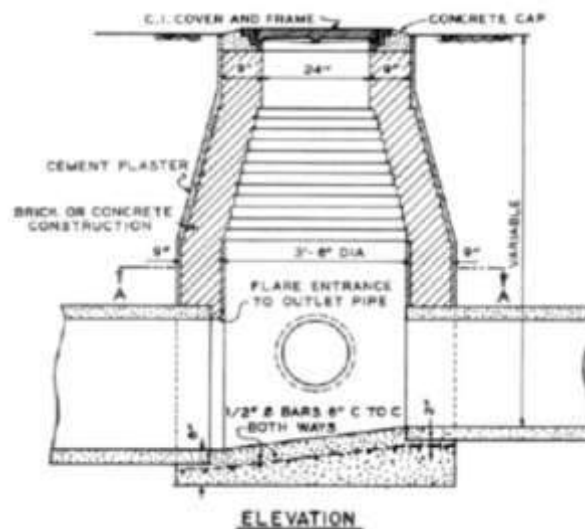
**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**



**Gambar VII.11 contoh inlet lapangan terbang**

yy. Manholes dengan struktur yang terdiri atas :

- + Bak dasar manholes dengan bentuk paling umum bulat dengan diameter minimum 4 ft dan kedalaman bervariasi antara 5 – 13 ft
- + Tangga / ladder
- + Dasar manhole
- + Lobang masuk / Access shaft untuk manhole dengan ukuran < 3 ft yang dapat ditempatkan pada bagian tengah manhole



**Gambar VII.12 Struktur manhole pada drainase lapangan terbang**

zz. Menentukan letak manholes :

- + Pertemuan pipa
- + Perubahan ukuran pipa
- + Tanjakan pipa



✚ Pada bagian saluran yang lurus dengan ketentuan :

Pipe size (in)	Suggested maximum spacing
12 – 24	300 ft
27 – 36	400 ft
42 – 54	500 ft
60 and up	1000

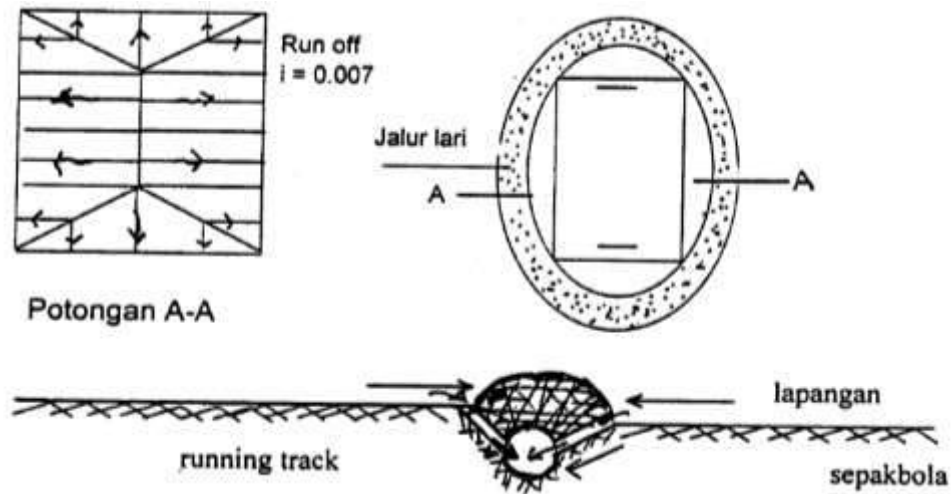
#### **7.4. Drainase Lapangan Olahraga**

Stadion olah raga atau stadion utama (*main stadium*), umumnya digunakan untuk olah raga sepak bola serta atletik. Lapangan sepak bola terletak di tengah yang juga digunakan untuk lomba atletik, dikelilingi jalur lari (*running track*). Lapangan sepak berupa lapangan rumput, sedangkan jalur lari berupa tanah campuran dengan syarat-syarat tertentu. Guna mencegah air dari luar masuk ke stadion, di sekeliling stadion dibuat selokan terbuka (di luar stadion). Sedangkan di dalam stadion, di tepi lapangan dibuat selokan keliling untuk mendrain air hujan ke luar stadion.

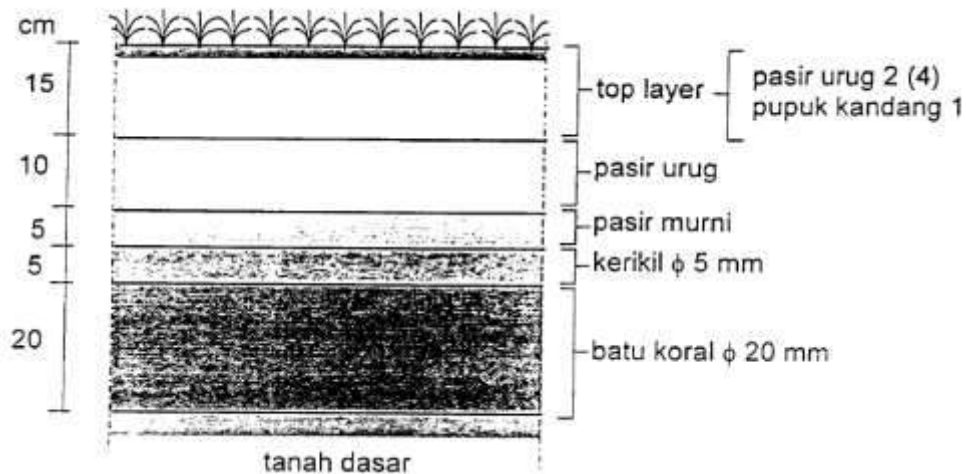
##### **1. Lapangan Sepak Bola**

Adapun syarat-syarat untuk mendrain air hujan pada lapangan sepak bola ini dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Dasar drainasenya adalah infiltrasi, bukan *run off*; sehingga digunakan sistim
- *sub surface drainage* dengan memasang pipa-pipa drain di bawah tanah.
- Daya resap tanah harus baik, sehingga dapat berlangsung dengan baik dan tidak terjadi genangan air hujan.
- Tanah tidak boleh tererosi, *run off* kecil, kemiringan lapangan (*i*) kecil  $\leq 0,007$ .
- Rumput harus selalu tumbuh dengan baik.
- Sekeliling lapangan sepak bola yang berbatasan dengan jalur lari, dibuat *collector drain* berupa pipa yang berlubang-lubang untuk menampung air yang meresap ke dalam tanah pada daerah tertentu.



Gambar VII.13 Denah Lapangan Olah Raga dan Collector Drain



Gambar VII.14 Susunan Lapisan Tanah Lapangan Sepak Bola

Susunan lapisan tanah untuk lapangan sepak bola agar mudah meresapkan genangan air hujan adalah sebagai berikut :

- Bagian atas berupa rumput yang harus dipelihara.
- 15 cm di bawahnya (*top layer*), berupa campuran 2(4) pasir urug : 1 pupuk kandang.
- 10 di bawahnya, berupa urugan : 50 % pasir + 25 % silt + 25 % clay.
- 5 cm di bawahnya, berupa pasir murni.
- 5 cm di bawahnya lagi, berupa kerikil halus ( $\emptyset$  butir 3 – 10 mm).
- 10 – 20 di bawahnya, berupa kerikil kasar (koral  $\square$  10 – 20 mm)

Sedangkan angka permeabilitasnya adalah :



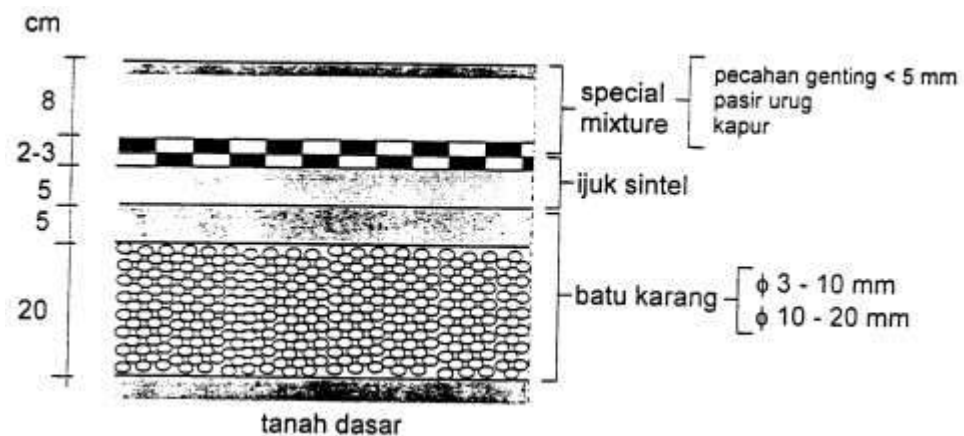
**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

- Pasir urug :  $k = 2.10^{-4} \text{ mm / det}$  .
- Pasir urug 4 : pupuk kandang 1 :  $k = 0,028 \text{ mm / det}$  .
- Pasir urug 2 : pupuk kandang 1 :  $k = 0,053 \text{ mm / det}$

## 2. Running Track

Untuk jalur lari agar air hujan dapat didrain dengan baik, maka syarat yang harus dipakai adalah :

- Tanah harus kuat, tidak lembek.
- Daya resap tanah harus baik.
- Tanah tidak boleh melekat pada sepatu lari.
- Run off kecil, dengan kemiringan tanah = 0,07; sehingga tidak mudah tererosi oleh air hujan.
- Lapisan ijuk tidak terlalu tebal, karena akan melenting kalau dipakai lari.



**Gambar VII.15 Susunan Lapisan Tanah Untuk Jalur Lari**

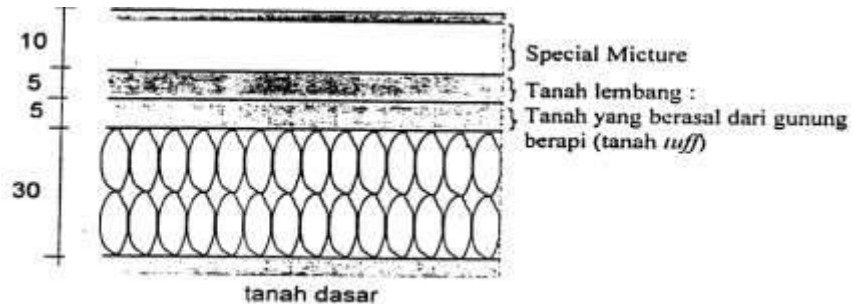
Susunan lapisan tanah untuk jalur lari agar mudah meresapkan genangan air hujan adalah sebagai berikut :

- 8 cm (*top layer*) berupa campuran khusus (*special mixture*), terdiri atas :
  - aaa. pecahan genting halus ( $\phi$  butiran  $< 5 \text{ mm}$ ), dimaksudkan agar sifat drainase bagus, kuat serta keras,
  - bbb. campurannya = 50 % pasir : 25 % silt : 25 % clay,
  - ccc. kapur sebagai bahan pengikat campuran tersebut, serta tidak lembek jika kenyang air.
- 2 –3 cm di bawahnya berupa lapisan ijuk.



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

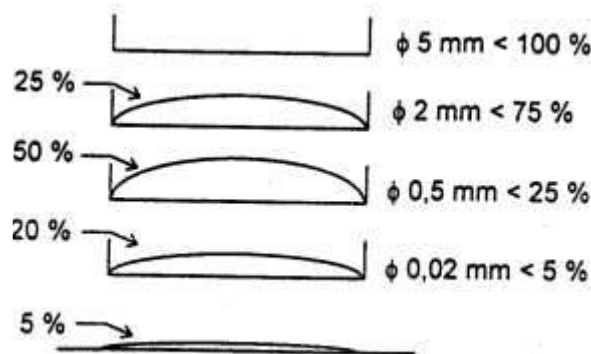
- 5 cm di bawahnya, berupa lapisan *shintel* (bubuk sisa pembakaran batu bara).
- 5 cm di bawahnya lagi, berupa kerikil halus ( $\phi$  butiran 3 – 10 mm).
- 20 cm paling bawah, berupa lapisan batu karang ( $\phi$  3 – 10 mm serta  $\phi$  10 – 20 mm).
- *Special mixture* dapat diganti dengan ramuan cokes (arang batu yang sudah dipakai), tetapi warna warnanya kurang menarik. Susunan lapisan lain, yang dapat dipakai adalah seperti Gambar 12.4. di bawah ini.



**Gambar VII.16 Susunan Lapisan Tanah Untuk Jalur Lari (alternatif)**

*Special mixture* pada Gambar 12.4. di atas adalah :

- diameter butir < 5 mm + kapur, harus memenuhi syarat gradasi agar drainasenya baik.
- Analisa hasil ayakan seperti berikut :



### 7.5. DRAINASE JALAN REL

Terdapat 3 (tiga) jenis drainase jalan rel yaitu:

- a. Drainase permukaan (*surface drainage*)
  - b. Drainase bawah permukaan (*sub-surface drainage*)
  - c. Drainase lereng (*slope drainage*)
1. Drainase Permukaan (Surface Drainage)



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Drainase permukaan dibuat dimaksudkan untuk mengalirkan atau membuang air yang ada dipermukaan tanah daerah jalan rel, meskipun demikian pembuangan akhir air, dari system drainase permukaan ini tidak boleh mengganggu pihak lain sesuai dengan maksud dan tujuan dibuatnya drainase permukaan, Perencanaan dan perancangann drainase permukaan dipengaruhi oleh keadaan topografi. Terdapat 2 (dua) jenis drainase permukaan, yaitu:

- Drainase memanjang (*side-ditch*), yaitu drainase permukaan yang letaknya di samping dan memanjang arah jalur jalan rel.
- Drainase melintang (*cross-drainage*), yaitu drainase permukaan yang letak dan arahnya melintang arah jalur jalan rel.

Data yang diperlukan untuk perencanaan dan Perancangan:

- Curah hujan
- Topografi
- Tata guna lahan setempat
- Sifat karakteristik tanah setempat

Bentuk potongan melintang drainase memanjang :

- Trapesium
- Kotak atau persegi
- Segitiga
- Busur lingkaran

Drainase melintang dapat berupa:

- Gorong-gorong
- Jembatan pelat

Potongan melintang gorong-gorong dapat berbentuk sebagai berikut:

- Bulat

Bentuk bulat ini secara konstruksi dalam kondisi pembebanan yang cukup besar cukup efisien

- Busur lingkaran atau bagian dari bulat telur



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Bentuk ini pada umumnya digunakan sebagai pengganti bentuk bulat yang terbatas penutupnya. Apabila dibandingkan dengan bentuk bulat, bentuk busur lingkaran dan bagian bulat telur untuk kapasitas hidraulik yang sama namun dengan biaya yang relatif murah.

- Kotak atau persegi

Bentuk ini biasanya dipilih untuk menyalurkan volume air yang besar dan dapat menyesuaikan hampir semua kondisi setempat.

Agar drainase dapat berfungsi dengan baik, pada dasarnya saluran drainase

Harus tahan terhadap hal-hal berikut:

- Karakteristik/kondisi setempat yang dapat merusak saluran
- Gaya-gaya yang akan bekerja pada saluran yang dimaksud
- Saluran melintang harus terbuat dari bahan yang kuat, misalnya dengan perkuatan susunan batu yang diplester, beton, dsb, dan harus menggunakan tutup yang kuat, diantaranya Beton bertulang maupun Baja bergelombang

Kemiringan saluran drainase dan kecepatan aliran pembuangan air yang terjadi harus sedemikian sehingga tidak menimbulkan kerusakan saluran, tetapi jangan sampai terjadi endapan pada saluran drainase tersebut. Apabila kecepatan aliran pembuangan air terlalu besar, akan terjadi erosi pada saluran drainase, akan tetapi apabila kecepatan saluran terlalu rendah, akan terjadi endapan.

Bahan Saluran	Kec. Perancangan (m/s)
Beton	0.6 – 3
Aspal	0.6 – 1.5
Pasangan bata	0.6 – 1.8
Kerikil / lempung kompak	0.6 – 1
Pasir kasar / tanah kerikil berpasir	0.3 – 0.6
Lempung dengan sedikit pasir	0.2 – 0.3
Tanah lanau	0.1 – 0.2

Tabel VII.7 Bahan saluran dan kecepatan perancangan (Peraturan dinas no. 10, PJK)



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Pada perancangan saluran terbuka drainase permukaan, harus dipenuhi persyaratan sebagai berikut :

- Dimensi penampang/potongan melintang harus cukup besar untuk membuang air yang ada di permukaan yang akan dibuang/dialirkannya.
- Apabila dari perhitungan yang dilakukan telah diperoleh tinggi air perancangan, maka tinggi saluran masih harus ditambah dengan ambang bebas (free board) yang penentuannya mendasarkan pada loncatan air hidraulik ditambah dengan ambang tambahan minimum sebesar 15 cm.
- Koefisien kekasaran saluran ditentukan berdasarkan atas jenis permukaan salurannya

Bahan Saluran	Permukaan saluran	Koefisien kekasaran
Tidak diperkuat	Tanah	0.02 – 0.025
	Pasir dan kerikil	0.025 – 0.04
	Cadas	0.025 – 0.035
Cor ditempat	Plesteran semen	0.01 – 0.013
	Beton	0.013 – 0.018
Pra cetak	Pipa beton bergelombang	0.01 – 0.014
	Pipa gelombang	0.016 – 0.025

**Tabel VII.8 Koefisien kekasaran saluran**

Besarnya debit air yang harus dibuang dengan system drainase permukaan ini bergantung pada :

- Luas daerah yang aliran airnya akan menuju jalan rel
- Intensitas hujan daerah setempat
- Koefisien pengaliran daerah setempat

Pada perancangan teknik saluran melintang dan gorong-gorong secara umum harus memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- Tinggi timbunan
- Bentuk timbunan





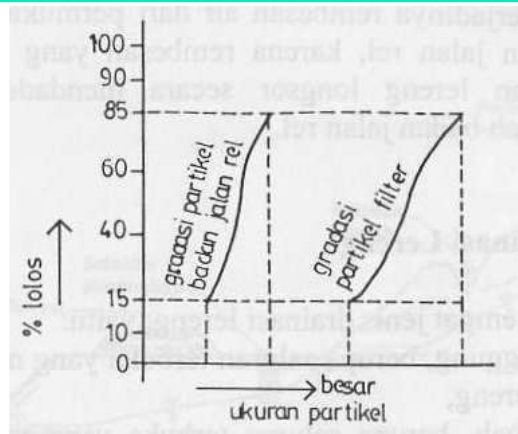
- Bentuk saluran
- Ketinggian air
- Pemeliharaan

Secara spesifik untuk perancangan saluran melintang dan gorong-gorong pada jalan rel perlu memperhatikan persyaratan sebagai berikut :

- Apabila saluran melintang bertemu dengan saluran memanjang, pada pertemuan tersebut harus dipasang bak penampung tanah (*sand trap*)
- Tanah disekeliling bidang saluran melintang harus dipadatkan dengan baik dan benar, sesuai dengan pemadatan yang diperlukan untuk badan jalan rel.
- Untuk keperluan kemudahan dalam pemeliharaan, minimum ukuran diameter atau alas saluran ialah 60 cm.
- Tidak boleh terjadi kebocoran atau rembesan air, baik karena bahan atau sambungan. Kebocoran dan rembesan air akan melemahkan badan jalan rel di bawah saluran.

#### **7.6. Drainase Subsurface Jalan rel**

Tujuan drainase bawah permukaan jalan rel untuk menjaga elevasi muka air tanah tidak mendekati permukaan tanah tempat badan jalan rel berada. Sesuai dengan maksud dan tujuannya, pada badan jalan rel berupa permukaan asli dan galian, ketebalan bagian badan jalan rel setebal minimum 75 dari dasar balas harus selalu dalam keadaan kering. Konstruksi drainase bawah permukaan biasanya berupa pipa berlubang yang dipasang di bawah permukaan di pinggir kanan atau kiri badan jalan rel. Pipa berlubang ini diletakkan di atas lapisan pasir setebal 10 cm, kemudian secara berurutan di atasnya dihamparkan (dan dipadatkan) kerikil dengan ketebalan lebih dari 15 cm, di atas lapisan kerikil tersebut dihamparkan bahan kedap air. Selain itu saluran pipa berlubang harus dilindungi oleh bahan filter yang bahannya dapat dipilih dan disesuaikan dengan keadaan setempat. Ukuran partikel filter tergantung pada ukuran partikel bahan badan jalan rel dan ukuran lubang-lubang dinding pipa.



**Gambar VII.17 Ukuran gradasi material filter**

Beberapa data yang diperlukan untuk perencanaan dan perancangan drainase bawah permukaan ialah :

- Elevasi muka air tanah pada saat musim basah/penghujan.
- Koefisien permeabilitas tanah setempat
- Elevasi dan kemiringan lapisan kedap air yang ada.

### 7.7. Drainase lereng

Drainase lereng jalan rel dibuat dengan maksud dan tujuan di bawah ini:

- Sebagai upaya untuk mencegah agar air permukaan yang berasal dari punggung lereng tidak mengalir secara deras, karena aliran yang deras dapat mengakibatkan gerusan pada permukaan dan kaki lereng
- Mencegah terjadinya rembesan air dari permukaan lereng ke dalam badan jalan rel, karena rembesan yang terjadi dapat menyebabkan lereng longsor secara mendadak dan atau memperlemah badan jalan rel.

Terdapat empat jenis drainase lereng, yaitu:

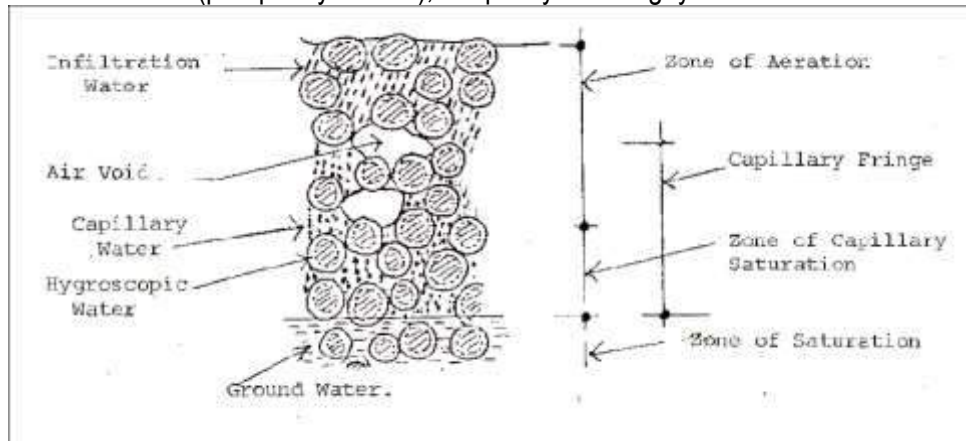
- Selokan punggung, berupa saluran terbuka yang memanjang di punggung lereng
- Selokan tengah, berupa saluran terbuka yang memanjang di tengah lereng
- Selokan penangkap, berupa saluran terbuka yang memanjang di kaki lereng
- Drainase kombinasi, yaitu kombinasi antara drainase tegak lurus dan drainase miring.



## 7.8. DRAINASE SUBSURFACE

Sebenarnya tanah juga merupakan media untuk sistem drainase, selain salurannya. Hal tersebut dikarenakan tanah mempunyai sifat untuk meneruskan air (tanah dapat dilalui air) yang disebut dengan tanah mempunyai sifat permeabilitas. Permeabilitas tanah adalah kemampuan tanah untuk dilewati air atau mampu meneruskan air, yang biasanya dinyatakan dengan satuan cm/det.

Tanah terdiri dari butiran tanah dan pori-pori tanah. Air dapat lewat melalui pori – pori tanah. Makin padat tanah biasanya makin sulit untuk meneruskan air karena volume pori - porinya menjadi kecil. Tetapi tanah padat mempunyai daya dukung yang tinggi. Tanah yang kurang padat, mudah untuk meneruskan air (pori-porinya besar), tetapi daya dukungnya kecil.



**Gambar VII.18 keberadaan 3 jenis air di dalam tanah**

Prinsip utama yang disarankan adalah menjaga agar lapis perkerasan dan subgrade relatif tetap kering. Sketsa di atas menggambarkan keadaan dimana permukaan air tanah berada di bawah subbase. Air infiltrasi relatif tidak sempat masuk ke dalam subbase, karena sesuai dengan sifatnya yang "high permable" open graded dapat mengalirkan air kesamping, ditampung oleh collector pipe. Dari sini air dibuang melalui outlet pipe. Dengan sistem demikian, air infiltrasi tidak akan sempat tergenang dalam lapisan-lapisan perkerasan untuk jangka waktu lama. Jadi perkerasan tidak akan berada dalam kondisi jenuh dengan air.

Untuk membahas tanah yang mudah meneruskan air serta mempunyai daya dukung yang besar, dapat dilihat pada bahasan selanjutnya, dimana disajikan tentang teknik susunan tanah yang akan dipakainya.

### Gerakan air tanah

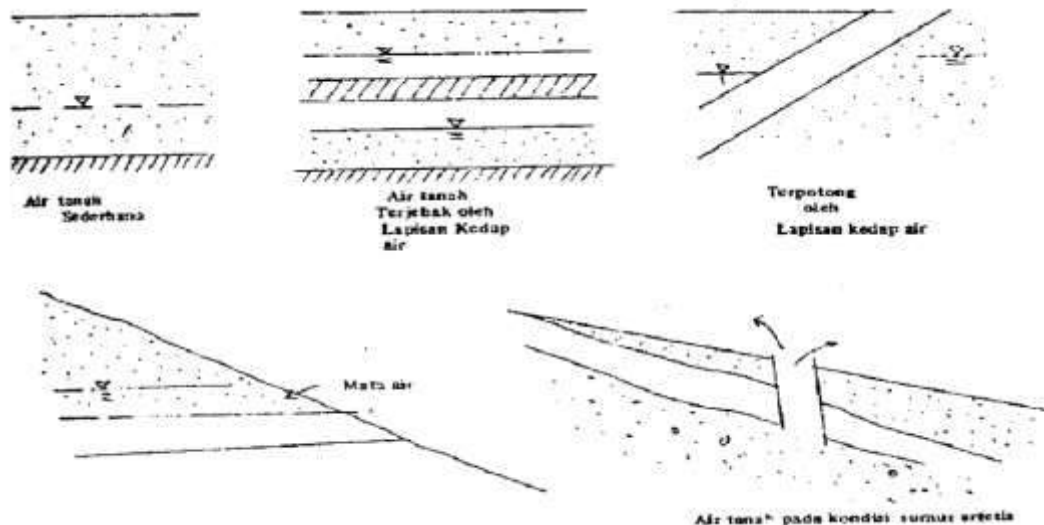
Air bergerak mengikuti hukum gravitasi yaitu menuju ke tempat yang lebih rendah. Air hujan yang bergerak sebagai aliran permukaan, dalam perjalanan menuju ke tempat yang lebih rendah mempunyai beberapa kemungkinan:

- Menguap, bergabung menjadi awan untuk kemudian jika "persyaratannya" sudah dipenuhi akan turun kembali ke bumi menjadi hujan.
- Meresap ke dalam tanah karena melewati tanah yang koefisien permeabilitasnya memungkinkan bagi aliran air permukaan untuk infiltrasi ke dalam tanah.
- Melanjutkan perjalanan ke tempat yang lebih rendah karena tidak mempunyai kesempatan menguap atau merembes ke dalam tanah karena melewati lapisan-lapisan tanah yang impermeabel, namun setelah mencapai tempat yang lebih rendah juga mempunyai kemungkinan menguap dan infiltrasi.



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

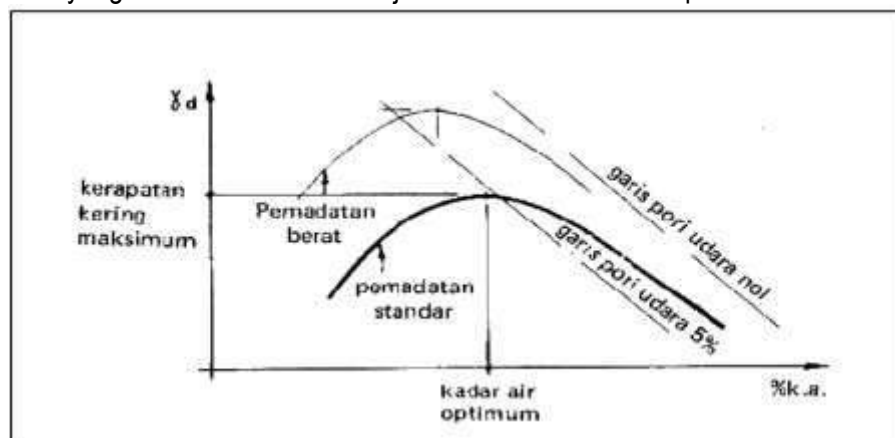
Siklus tersebut berulang, namun yang akan kita garisbawahi adalah aliran air permukaan yang mempunyai kesempatan infiltrasi ke dalam tanah. Apa yang terjadi setelah air permukaan tersebut merembes ke dalam tanah? Jawabannya adalah tergantung dari stratifikasi tanah yang dilaluinya, air infiltrasi ini mengumpul menjadi air tanah dengan permukaan air bebas / air tanah yang menjadi sumur artesis, mengalir ke permukaan sebagai mata air.



**Gambar VII.19** keadaan air tanah yang berbeda-beda karena stratigrafi tanah yang keadaannya juga sangat kompleks.

**Daya dukung tanah dasar**

Jika kadar air pada tanah dasar naik sampai kadar air optimum, maka nilai kerapatan kering maksimum juga naik. Artinya daya dukung tanah dasar akan naik seiring dengan kenaikan kadar air namun hal ini hanya terjadi sampai pada kadar air optimum. Jika kadar air tanah dasar tadi ditambah lagi sehingga melebihi kadar air optimum, maka nilai kerapatan kering maksimum akan turun, artinya daya dukung tanah dasar akan semakin turun jika kadar air yang ditambahkan semakin jauh melewati kadar air optimum.



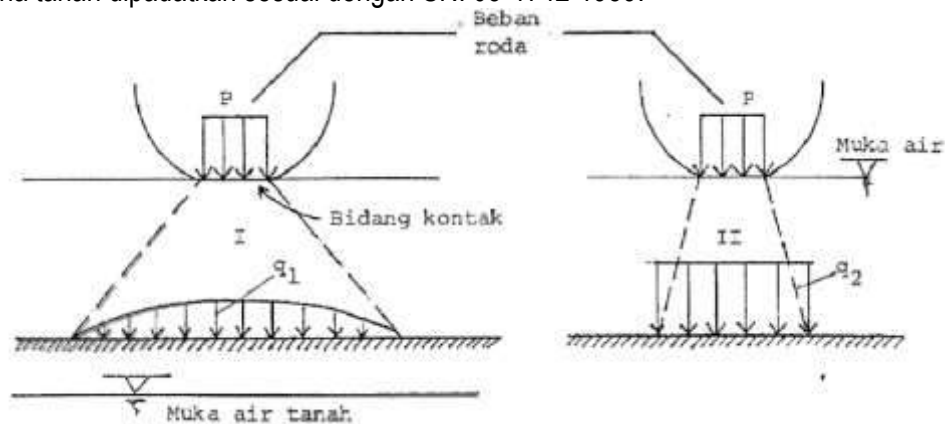
**Gambar VII.20** Hubungan kerapatan kering dengan kadar air

Tanah dasar harus dipadatkan hanya pada kondisi bilamana kadar air material berada dalam rentang 3% di bawah kadar air optimum sampai 1% di atas kadar air optimum. Kadar air optimum



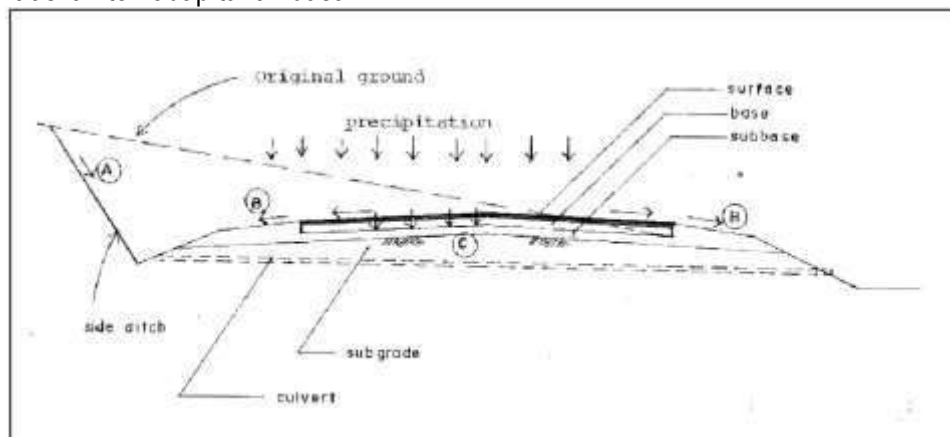
**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

harus didefinisikan sebagai kadar air pada kepadatan kering maksimum yang diperoleh bilamana tanah dipadatkan sesuai dengan SNI 03-1742-1989.



**Gambar VII.21 pembebanan roda pada tanah**

Infiltrasi air terhadap tanah dasar



**Gambar VII.22 Proses infiltrasi air dalam tanah**

Debit yang berasal dari aliran air permukaan akan ditampung oleh selokan samping dan gorong-gorong dan kemudian dibuang keluar. Jika perencanaan selokan samping dan gorong-gorong memenuhi syarat-syarat teknis dan pemeliharannya baik, maka aliran air permukaan akan cepat terbuang keluar begitu hujan selesai. Berbeda dengan aliran air permukaan, maka air infiltrasi justru tidak segera terbuang keluar setelah hujan selesai, akan tetapi kemungkinan tertahan atau terperangkap ke dalam lapisan-lapisan perkerasan akan lebih besar, tergantung pada permeabilitas bahan perkerasan, bahannya bahu jalan maupun ada atau tidaknya drainase bawah permukaan.

Debit aliran air permukaan A dan B tergantung pada berbagai faktor yaitu run off coefficient, rainfall intensity, dan catchment area. Kita ambil contoh paved roads dengan run off coefficient antara 0.70 – 0.95. Ini artinya adalah pada aliran B, 70% - 95% dari volume air hujan yang jatuh di permukaan jalan terbuang langsung sebagai aliran air permukaan. Sisanya sebesar 5% - 30% akan merembes (infiltrasi) ke dalam lapisan perkerasan melalui lapisan permukaan serta sebagian kecil menguap. Ditinjau dari segi prosentase, air infiltrasi relatif sedikit, akan tetapi jika ditinjau dari kecepatan mengalirnya untuk keluar dari lapis-lapis



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

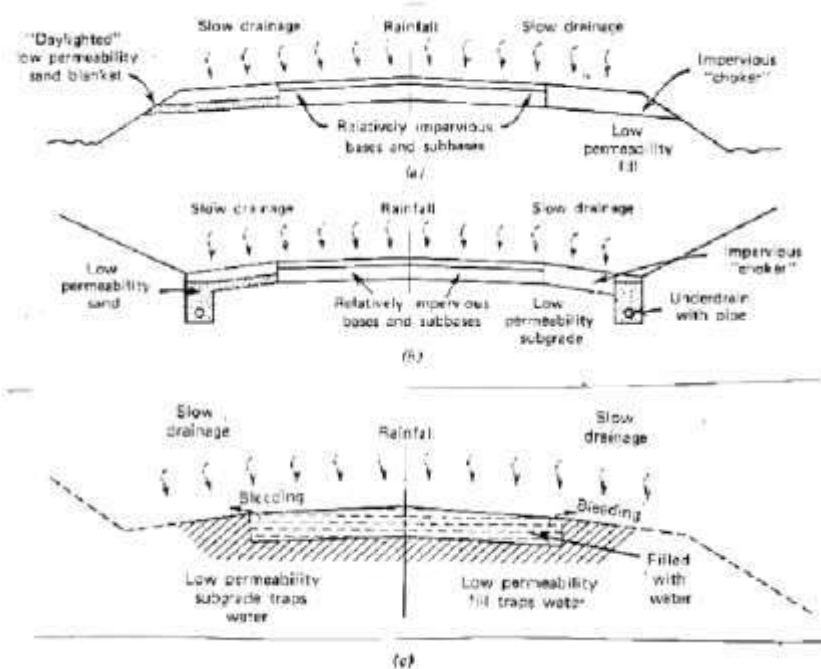
perkerasan relatif sangat kecil dibandingkan dengan kecepatan terbuangnya aliran permukaan. Oleh karena itu, secara kumulatif air infiltrasi akan bisa merusak ikatan material perkerasan dan bitumen sebagai bahan pengikat.

Penanggulangan kerusakan jalan hanya dengan memberikan overlay terhadap perkerasan jalan lama tidak selamanya merupakan keputusan yang tepat. Pada kondisi khusus yang secara kualitatif adalah sebagai berikut :

- Perkerasan jalan di atas impervious subgrade.
- melewati sumber air / terletak di daerah dengan curah hujan tinggi.
- Permukaan air tanah relatif dekat dengan tepi bawah subbase atau bahkan di atas permukaan jalan (tanah di daerah galian, tebing kiri-kanan air tanahnya tinggi)
- Volume lalu lintas selama design life dinilai cukup tinggi.

Maka pengamat tersebut menawarkan alternatif penanganan berupa drainase bawah permukaan dengan sistem konstruksi terdiri dari

- Open graded drainage layer dengan permeabilitas yang tinggi sekaligus berfungsi sebagai base layer.
- Dilengkapi dengan collector pipe dan outlet pipe



**Gambar VII.23 contoh tampang melintang drainase subsurface**

*Penjelasan gambar :*

- Pada gambar (a) perkerasan diletakkan di atas timbunan, sedangkan bahu jalan (shoulder) sebelah kanan terdiri dari material yang impervious. Air yang menggenang di dalam sub base, base, maupun surface tertahan oleh shoulder, tidak bisa mengalir keluar. Pada shoulder sebelah kiri, meskipun permeability-nya lebih besar dari pada sebelah kanan, belum berfungsi membuang air yang menggenang di dalam perkerasan dengancepat.



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

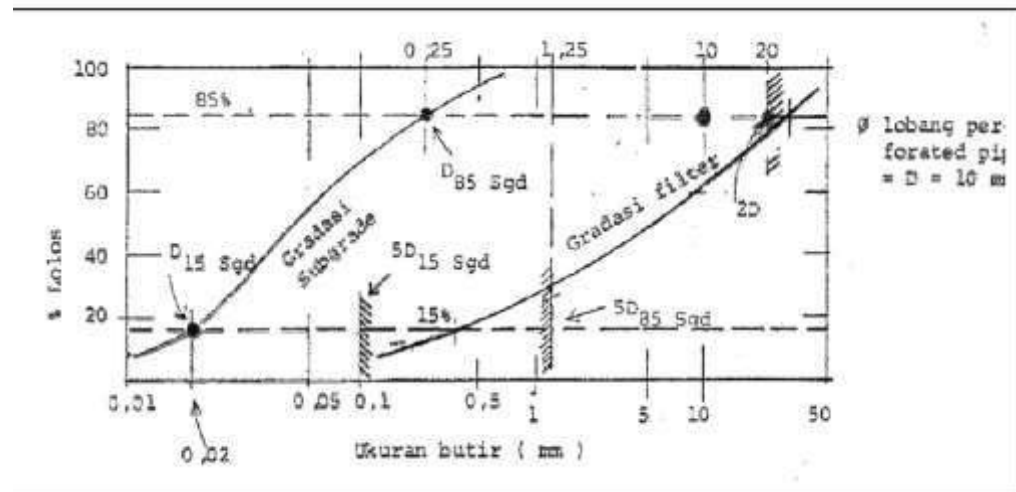
- Pada gambar (b) perkerasan diletakkan di atas galian. Oleh karena subgrade maupun shoulder terdiri dari material yang permeabilitinya rendah, sistem drainasenya juga sangat jelek. Pada kasus ini, air tetap terperangkap di dalam lapisan perkerasan.
- Pada gambar (c) perkerasan diletakkan di atas impermeable subgrade, sedangkan shoulder terdiri dari material yang permeabilitinya juga rendah. Apabila perkerasan dan shoulder berada dalam kondisi jenuh dengan air, maka akan terjadi bleeding pada tepi perkerasan.

**7.5.1.1 Material Filter**

- Harus mempunyai permeabilitas yang cukup tinggi agar dapat membuang dengan cepat air tanah yang mengganggu tanah dasar.
- Terdiri dari pasir, kerikil atau batu pecah yang gradasinya terkontrol.
- Bersih dari pelapukan dan mempunyai pembagian butir yang memenuhi
- persyaratan-persyaratan tertentu sebagai berikut :

$$\frac{D_{15} \text{ filter}}{D_{85} \text{ subgrade}} < 5 ; \quad \frac{D_{15} \text{ filter}}{D_{15} \text{ subgrade}} > 5 ; \quad \frac{D_{15} \text{ filter}}{D\Phi \text{ lobang}} > 2$$

Persyaratan di atas dimaksudkan agar filter tidak tersumbat oleh material halus dari tanah dasar.



**Gambar VII.24 Grafik gradasi material filter**

Sumber : *Subsoil Drainage, The Post Graduate Program on Highway Engineering, ITB-DPUT-JICA, 1976*

**7.5.1.2 Aliran Melalui Media Tanah.**

→ Mengikuti hukum Darcy (1856)

$$Q = K.i.A$$

$$\text{Atau : } \frac{Q}{A} = V = K.i$$

$$\frac{Q}{A} = K \frac{h_1 - h_2}{L}$$

dimana :



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

**Q**= debit (discharge per unit time)

**K** = Koefisien permeabilitas (Coefficient of permeability)

**i** = miring hidrolis (hydraulic gradient)

$$= \frac{\text{selisihhead}}{\text{lintasan}} = \frac{h_1 - h_2}{L}$$

**A** = luas bidang masa tanah tegak lurus arah aliran.

A merupakan luas total penampang media aliran meliputi luas solid dan pori-pori. **V** bukan kecepatan aliran sebenarnya dari rembesan air, dan jika **V<sub>s</sub>** adalah kecepatan aliran sesungguhnya dan **A<sub>v</sub>** luas penampang ruang pori, maka :

$$V_s = \frac{Q}{A_v} ; \text{dimana :}$$

$$\frac{A_v}{A} = \frac{V_s}{V} = n, \text{ yang dikenal sebagai porositas.}$$

Kemudian kalau disamakan

$$Q = A.V = A_v.V_s$$

$$V_s = \frac{A}{A_v} . V$$

$$V_s = \frac{1}{n} . V$$

$$\text{Dimana : } n = \frac{e}{1+e}$$

$$\text{Jadi : } V_s = \frac{1+e}{e} . V$$

koefisien permeabilitas dapat didefinisikan kecepatan aliran yang melewati keseluruhan penampang melintang tanah, karena satu gradient hidrolis.

- **Satuan koefisien permeabilitas** adalah **satuan kecepatan** yang bisa dinyatakan dalam cm/det atau meter / detik.
- **Koefisien transmissibility (T)**, yang didefinisikan sebagai koefisien lapangan yang nilainya sama dengan koefisien permeability dikalikan dengan ketebalan lapisan aliran .

Faktor-faktor yang mempengaruhi koefisien permeabilitas :

- Ukuran butir

$$\text{Allen Hazen} \rightarrow K = 100.D_{10}^2$$

K dalam cm/dt dan  $D_{10}$  dalam cm.

- Sifat-sifat dari air pori.





**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Permeabilitas berbanding langsung dengan kerapatan dan berbanding terbalik dengan kekentalan air tanah. Sedang kekentalan air tanah sangat dipengaruhi oleh perubahan temperatur.

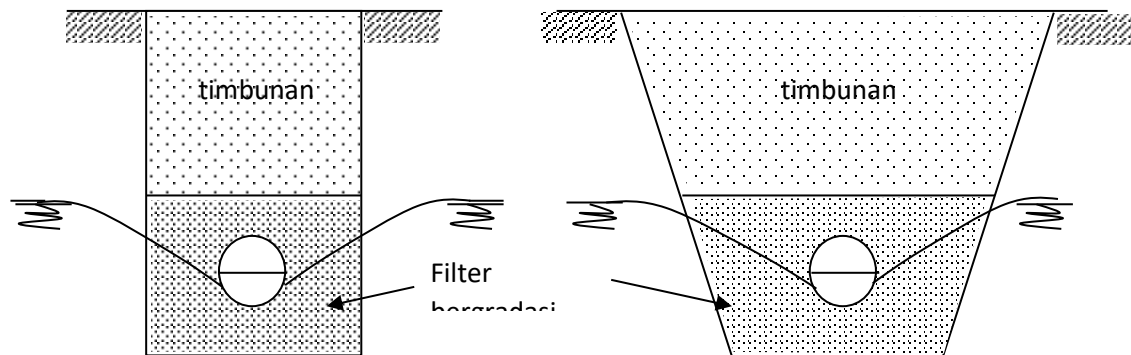
- Susunan struktur partikel tanah lapisan tanah.

Angka pori bertambah  $\rightarrow$  permeabilitas meningkat  $\rightarrow K \approx \frac{e^3}{1+e}$

- Tingkat kejenuhan dan campuran dalam air pori.  
Hukum Darcy bisa digunakan dalam kondisi jenuh, udara yang terperangkap pada pori-pori tanah dan zat asing yang ada dapat mengurangi permeabilitas.

### 7.5.1.3 Pipa drain

- Pipa dari tembikar / gerabah yang dibuat berlubang-lubang dengan sambungan yang tidak kedap air.
- Pipa plastik berkerut-kerut yang dibuat lubang-lubang kecil di sekelilingnya atau dibuat celah-celah panjang.
- Diameter pipa berkisar 0.10 – 0.30 meter, dan ditempatkan dalam alur / parit yang digali dalam tanah sekitar 100 – 120 cm dari permukaan tanah. Suatu penampang melintang subdrain ditunjukkan oleh gambar dibawah ini.



**Gambar VII.25 Pipa drain galian**

- Alur galian bisa dibuat dengan penampang persegi empat atau dengan penampang trapesium.
- Pipa yang berlobang-lobang atau dengan celah-celah pada satu bagian sisinya ditempatkan pada posisi permukaan air tanah yang ingin diturunkan.
- Pipa ditempatkan dan ditutup dengan lapisan filter bergradasi paling sedikit 30 cm diatas sisi atas pipa.
- Kemudian baru ditimbun dengan menggunakan lapisan filter yang agak lebih halus diameter butirnya. Dan terakhir bagian atau ditutup dengan tanah bekas galian sampai rata dengan bagian atas permukaan tanah. Filter bergradasi terdiri dari campuran pasir dan



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

kerikil dengan gradasi terbuka dengan formasi makin dekat dengan pipa gradasinya makin kasar.

Metode Perhitungan :

Untuk merencanakan sistem drainase, diperlukan data-data berikut :

- Koefisien permeability
- Letak lapisan kedap air
- Kebutuhan drainase meliputi luas daerah yang akan didrain serta tingkat laju infiltrasi yang perlu diatasi.

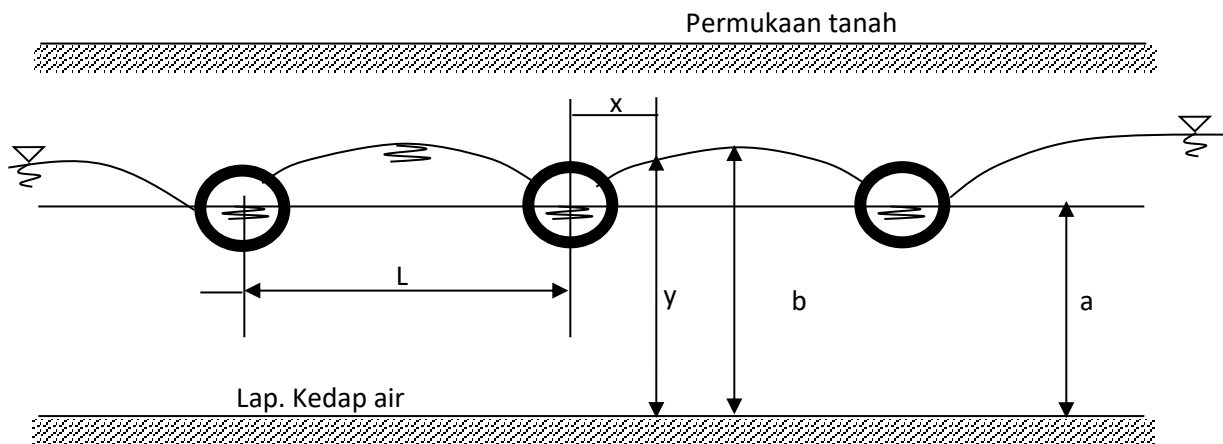
**7.5.1.3.1 Menentukan Jarak Pipa Drain.**

Pandang suatu sistem drainase dimana jarak antara pipa L meter, diatas impervious layer setinggi a. dan b adalah ketinggian maksimum water table diatas impervious layer.

Hukum Darcy :  $Q_y = K.y. \frac{dy}{dx}$

Dimana :

$Q_y$  = debit yang melewati penampang y. per unit panjang.



**Gambar VII.26 Sket definisi**

Kalau  $Q_d$  jumlah debit yang masuk ke pipa drain persatuan panjang, maka yang masuk dari salah satu sisi  $\frac{1}{2} Q_d$ . Karena debit berbanding terbalik terhadap jarak dari pipa drain, maka debit = 0 bila  $x = 1/2L$  dan debit =  $\frac{1}{2} Q_d$  bila  $x = 0 \rightarrow$

$$Q_y = \frac{Q_d}{2} \left( \frac{L/2 - x}{L/2} \right) \quad x \quad 1/2L-x$$



$$= \frac{Q_d}{2L} (L - 2x) \quad 1/2Q_d \quad Q_y$$

$$\text{Jadi : } K \cdot y \cdot \frac{dy}{dx} = \frac{Q_d}{2L} (L - 2x)$$

$$\frac{Q_d}{2KL} (L - 2x) dx = y dy$$

diintegrasikan :

$$\frac{Q_d}{2KL} (Lx - x^2) = \frac{y^2}{2} + C$$

$$\text{untuk } x = 0, y = a \rightarrow C = -\frac{a^2}{2}$$

Substitusi dan disederhanakan :

$$Q_d = \frac{LK (y^2 - a^2)}{(Lx - x^2)}$$

Untuk :  $x = \frac{L}{2} \rightarrow y = b$  memberikan :

$$Q_d = \frac{4K(b^2 - a^2)}{L}$$

$$\text{Jadi } L = \frac{4K(b^2 - a^2)}{Q_d} \quad (5.2.12)$$

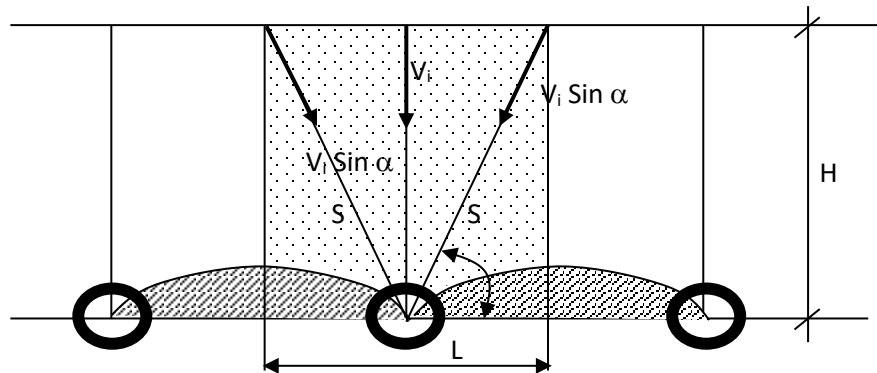
Kalau laju aliran masuk melalui permukaan tanah persatuan luas dinyatakan dengan  $v$  yang artinya sama dengan laju infiltrasi maka :

$$L = \frac{4K(b^2 - a^2)}{vL}$$

Maka :  $L = 2 \sqrt{\frac{K}{v} (b^2 - a^2)}$  dikenal sebagai rumus Dupuit



### 7.6 Menentukan Kapasitas Pipa



Gambar VII.27 Sket definisi penentuan kapasitas pipa

Daya resap tanah / infiltrasi rate / rate of dissolving

$$q_1 = nV_i$$

dengan :

$q_1$  = laju infiltrasi /infiltration rate (mm/hari) → untuk luasan 1x1 m<sup>2</sup>

$V_i$  = kecepatan resap (mm/hari)

$V_i \sin \alpha$  = kecepatan searah S

n = porositas

$$\left. \begin{aligned} \tan \alpha &= \frac{H}{0.5L} \\ S &= \frac{H}{\sin \alpha} \\ t & \end{aligned} \right\} \begin{aligned} t &= \frac{H}{V_i \sin^2 \alpha} \\ &= \frac{H}{V_i \sin \alpha} \end{aligned}$$

Volume air yang

harus di drain :

$$q = A.V \rightarrow V_o = q_1.t \rightarrow V_o = 4/5.A.q_1.t \text{ (asumsi 80\% meresap)} V_o = 4/5 A n V_i \cdot \frac{H}{V_i}$$

$$V_o = 4/5 A n H$$

Untuk tiap satuan luas permukaan :



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

$$V_o = 4/5 \cdot n \cdot H$$

Jadi kemampuan sistem drain :

$$q_2 = \frac{V}{t} = \frac{4/5nH}{\frac{H}{v_i \sin^2 \alpha}} \rightarrow \text{partikel air terjauh menuju pipa}$$

$$q_2 = 4/5 \cdot n \cdot v_i \cdot \sin^2 \alpha \cdot \text{mm/hr}$$

Debit aliran pada ujung hilir pipa dapat ditentukan :

$$Q = q \cdot L \cdot P \quad l/dt$$

Dimana : Q = debit pada ujung pipa

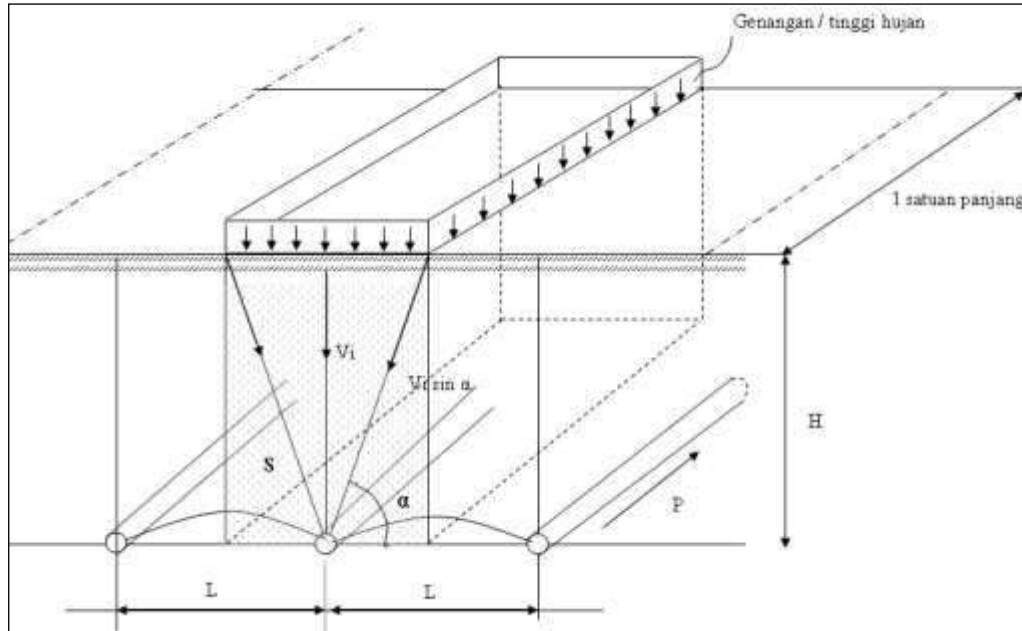
q = kemampuan sistem drain

L = jarak antara dua pipa drain

P = panjang pipa

bahwa :

- 1).  $L \gg P \rightarrow L \gg P$
- 2).  $\left. \begin{array}{l} H \text{ tetap} \\ L \text{ turun} \end{array} \right\} \rightarrow \text{Jumlah pipa bertambah}$
- 3).  $\left. \begin{array}{l} H \text{ naik} \\ L \text{ tetap} \end{array} \right\} \rightarrow \text{Jumlah pipa bertambah}$





### 7.9. Lama Pembuangan / Pengerinan Air dari Curah Hujan

- Perhitungan berikut dengan menganggap bahwa tidak ada air yang mengalir kesamping sehingga secara keseluruhan semua air yang ada diatas permukaan tanah meresap kedalam tanah .
- Kemudian dapat dihitung lama waktu yang dibutuhkan untuk dalam kondisi permukaan tanah menjadi kering .
- Dan selanjutnya dapat dicari lama waktu yang dibutuhkan untuk tanah menjadi kering semula.

$$t_1 = \frac{H}{V_i} \text{ (waktu mencapai pipa drain)}$$

$$q_2 = 4/5 n \cdot V_i \sin^2 \theta$$
$$t_2 = \frac{(h - 4/5 n \cdot H)}{q^2}$$

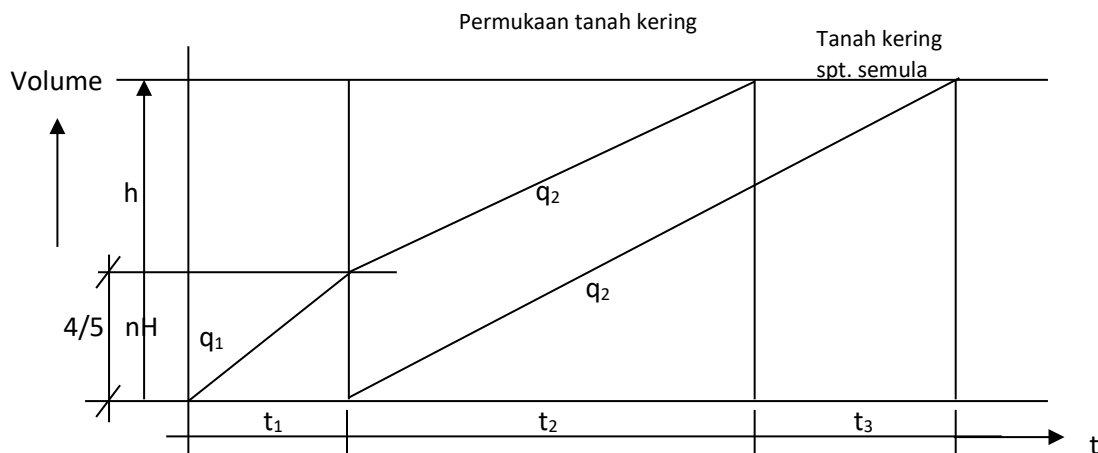
h = tinggi hujan atau tinggi genangan

Lama genangan → lama pengeringan :

$$t = t_1 + t_2$$

Lama waktu yang dibutuhkan dari kondisi permukaan tanah kering sampai tanah kering semula :

$$t_3 = \frac{4/5 n \cdot H}{q_2}$$



Gambar VII.28 Kurva pengeringan genangan

Dimana :

h = tinggi air yang akan dikeringkan ( mm )



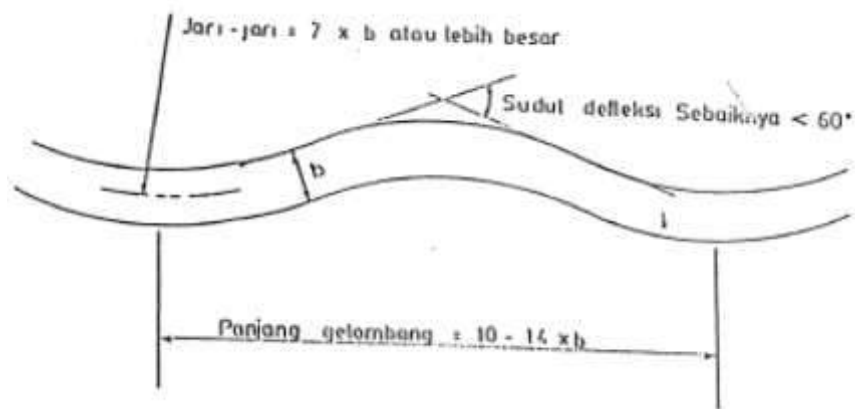
**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

- $t_1$  = waktu resap air dalam tanah sampai pada pipa drain.  
 $t_2$  = waktu yang dibutuhkan dari air sampai pipa hingga pada kondisi permukaan tanah menjadi kering.  
 $t_3$  = waktu yang diperlukan dari kondisi permukaan tanah kering hingga kondisi tanah kering semula.

### 7.10. SISTEM BANJIR KANAL DAN SODETAN (BY PASS)

Alur pengelak kadang-kadang disebut juga banjir kanal (*flood Ways*) dan *by pass*. Dibangun untuk menangkap dan memindahkan arah sebagian aliran banjir dari alur alami (sungai). Alur pengelak terdiri dari pengalihan ke laut, pengalihan di sekitar areal terkena banjir, pemindahan air antar daerah tampungan, dan terowongan pengelak melalui gunung-gunung yang terpisah.

Contoh dari sistem tersebut yang digunakan di Indonesia seperti misalnya saluran pengelak yang melindungi kota-kota Jakarta, Surabaya, Indramayu, Cirebon, Banjar, Padang, Aceh, Semarang dan Tulung Agung, dimana saluran dibangun merupakan bagian dari pengelak antar daerah penampungan dari Sungai Brantas dan saluran pengelak pengendali reruntuhan untuk mengatur sedimen dari Gunung Kelud di sekitar Waduk Wlingi.



**Gambar VII.29 Lengkung maximum saluran**

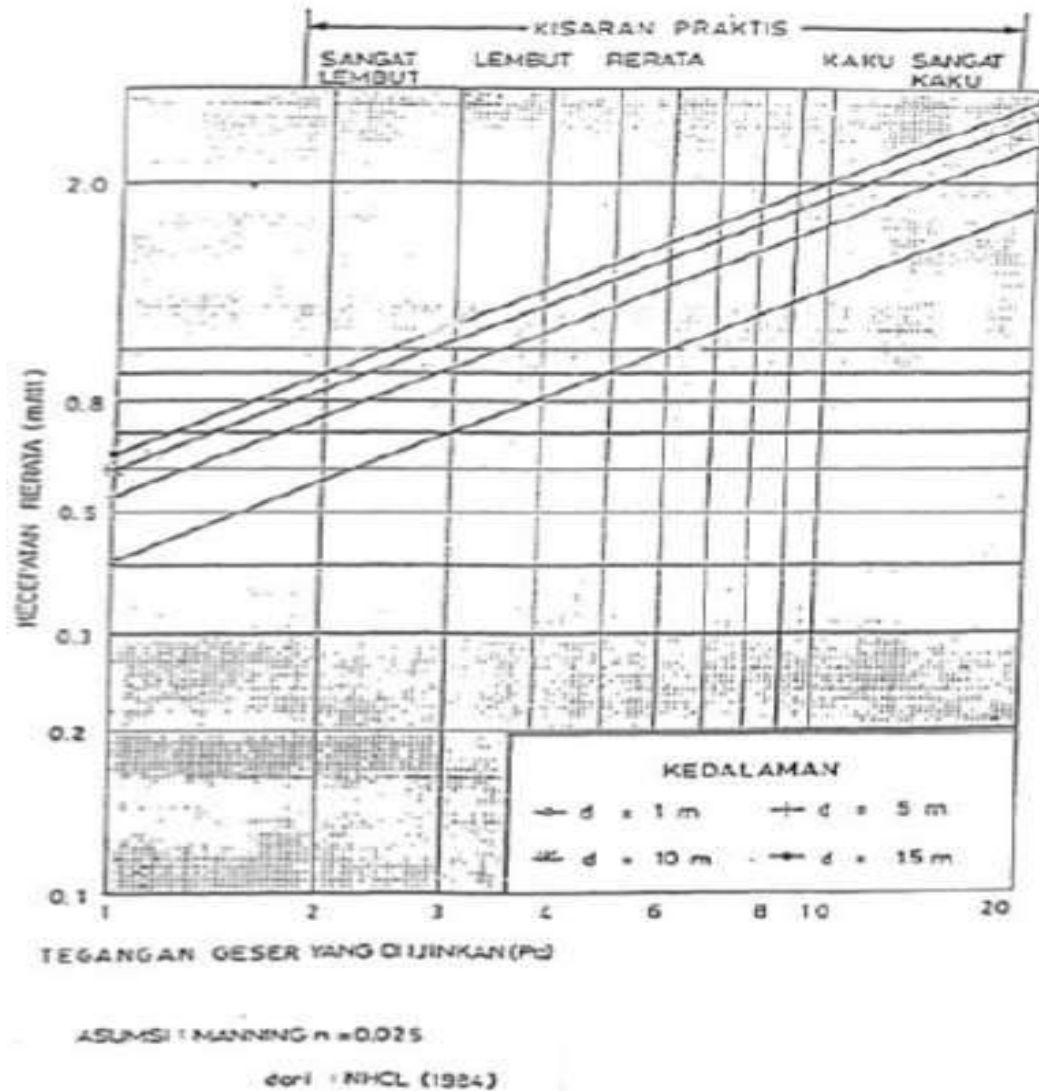
Secara umum banjir kanal merupakan salah satu alternatif dalam mengurangi beban banjir di pusat kota. Konsep banjir kanal tidak jauh berbeda dengan jalan tol dalam sistem transportasi jalan raya dalam mengurangi beban lalu lintas dalam kota yang tidak mungkin ditingkatkan kapasitasnya.

Banjir kanal dapat direncanakan lebih leluasa dengan kapasitas yang lebih besar dan dapat berfungsi sebagai saluran bebas hambatan karena :

- o Letaknya diluar atau dipinggiran kota sehingga kemungkinan besar masih banyak lahan kosong / paling tidak lahan yang belum padat yang dapat dipakai sehingga tidak diperlukan pemindahan penduduk.
- o Jauh dari pusat kota, permukiman dan industri sehingga limbah yang masuk ke sungai menjadi minimum
- o Merupakan saluran baru diluar kota yang kapasitasnya besar sehingga dapat melayani drainase kawasan yang lebih luas.
- o Operasi dan pemeliharaan kanal banjir lebih murah dan mudah dilakukan karena tersedia lahan dan jalan inspeksi yang cukup.



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**



**Gambar VII.30 Grafik Kecepatan rerata pada bahan kohesif**

#### Perencanaan Alinyemen

Dalam beberapa kasus tertentu, sungai tua yang sudah terputus dari sistem sungai yang ada baik alami maupun akibat perilaku manusia, dapat difungsikan kembali sebagai banjir kanal. Secara umum banjir kanal sangat efektif jika air dapat dipindahkan secara permanen dari sungai, keadaan ini sangat mungkin dilaksanakan pada daerah delta dimana banjir kanal dapat dirancang berhubungan langsung dengan laut. Pemilihan dan perancangan alinyemen banjir kanal harus mempertimbangkan hal-hal berikut :





**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

- Topografi suatu alinyemen banjir kanal harus relatif landai dan hampir sama dengan elevasi sungai daerah banjir atau delta. Hal ini hanya mungkin terjadi pada bagian rendah dari daerah sungai dimana daerah banjirnya sangat luas atau pada daerah delta. Terowongan dapat digunakan untuk topografi yang lebih tinggi namun biayanya akan sangat mahal terutama jika kapasitas angkutannya sangat besar,
- Pada sebagian lapisan di bawah permukaan dimungkinkan terdapat batas-batas geologis. Sebagai contoh dijumpainya lapisan batuan dasar yang dangkal dan muka air yang relatif tinggi yang menjadikan pembuatan banjir kanal menjadi tidak layak.
- Sifat-sifat tanah dapat mempengaruhi perancangan, pelaksanaan dan juga biaya yang dibutuhkan. Material yang dipilih haruslah material yang mudah didapat dan cocok untuk konstruksi timbunan dan relatif tahan terhadap kecepatan aliran. (yaitu: tahan terhadap gerusan).
- Perkembangan dan pembangunan yang ada dan hal-hal penting yang mempengaruhi perkembangan pembangunan (penduduk, bangunan, jalan, jalan rel) merupakan kepentingan utama yang harus diperhatikan. Banjir kanal sangat dibutuhkan untuk daerah berpenduduk padat (delta), sehingga pembangunan yang nampak akan sangat mempengaruhi pemilihan.

Pedoman-pedoman yang harus diperhatikan adalah radius kelengkungan ( $r$ ) paling tidak tujuh kali lebar permukaan air pada alur utama, dan sudut defleksinya kurang dari  $60^\circ$ . Secara umum untuk kapasitas yang lebih besar dibutuhkan jari-jari kelengkungan yang lebih besar, Analisis yang lengkap dianjurkan untuk mendapatkan solusi akhir sehubungan dengan kapasitas alur, sifat-sifat tanah dan kecepatan air. Perlindungan lereng terkadang dibutuhkan untuk menekan kebutuhan jari-jari kelengkungan, Elevasi bagian atas muka air pada belokan dapat diperkirakan dengan persamaan berikut:

$$Z = \frac{W \times V^2}{g \times r_e}$$

Dengan :

$Z$  = Elevasi atas muka air (m)

$V$  = Kecepatan aliran (m/s)

$W$  = Lebar permukaan air (m)

$g$  = Percepatan Gravitasi

$r_e$  = Jari-jari Kelengkungan (m)



### Perencanaan Debit

Debit banjir rencana untuk banjir kanal adalah perbedaan antara debit total banjir debit yang dapat dialirkan kesungai yang dihitung dengan persamaan berikut :

$$Q_b = Q_r - Q_n$$

Dengan :

$Q_b$  = Debit rancangan banjir kanal

$Q_r$  = Debit total banjir

$Q_n$  = Debit yang dapat dialirkan ke sungai bagian hilir

Debit banjir rencana kanal  $Q_b$ , yang dihitung dengan persamaan berikut merupakan jumlah debit yang dapat ditampung didalam alur primernya dan yang dapat ditampung oleh daerah di sekitarnya yang dibatasi oleh tanggul sesuai yang terlihat pada Gambar 1.6.

$$Q_b = Q_d - Q_o$$

Dengan :

$Q_b$  = Debit rancangan banjir kanal ( $m^3/dt$ )

$Q_d$  = Debit dominan yang dapat ditampung alur utama ( $m^3/dt$ )

$Q_o$  = Debit yang melingkas tanggul yang dapat ditampung berbatasan dengan pengelak dan didalam tanggul ( $m^3/dt$ )

#### 7.11. Teknik Sungai

Tujuan bagian teknik sungai dalam perencanaan banjir kanal adalah untuk merancang alur utama yang stabil, tidak terjadi penggerusan, dan tanpa adanya pelumpuran (*siltting*). Perancangan tersebut berdasar pada hal-hal berikut ini.

- Beban sedimen yang masuk dari sungai utama atau anak sungai.
- Material tanah yang akan membatasi banjir kanal,
- Debit rancangan Alur Utama, berdasar pada debit dominan.
- Informasi survei topografi sepanjang alinyemen banjir kanal, mencakup titik awal hingga titik akhir alur.

Langkah-langkah dasar perancangan teknik sungai pada alur primer diberikan berikut ini.

- Tentukan parameter rancangan yang aman untuk material tanahnya pada alur yang hendak digali. Parameter tersebut mencakup landai *maximum* yang diijinkan



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

- Hitung kemiringan alur dari sungai sumbernya sampai titik *outlet*nya. Gambarkan gradien kemiringan awal tersebut di atas profil kontur tanah yang ada mengikuti alinyemen yang diharapkan. Atur profil untuk memindah beberapa bagian yang membutuhkan banyak timbunan sehingga alur utama dapat dibuat terutama dengan penggalian. Beberapa komponen tersendiri dari banjir kanal dapat diberikan.
- Hitung dimensi Alur Utama yang dibutuhkan untuk mengangkut debit rancangan  $Q$  pada kemiringan yang diperkirakan dari langkah sebelumnya. merangkum perkiraan metode dan cara untuk perhitungannya. Periksa kembali dimensi alur sementara terhadap tinjauan ekonomi dan praktisnya.
- Untuk menjamin stabilitas dasar, dasar alur dapat dilebarkan atau *slope* dapat diturunkan. Jika tampang lintang terlalu lebar, alur *benneander* dapat digunakan didalam perancangan tampang melintangnya. Bagian yang terlalu lebar dapat menjadi tidak ekonomis dan tidak praktis, apabila kecepatan aliran cukup kemiringan harus direduksi dengan membangun struktur *drop*.
- Apabila banjir kanal membawa *bed load* yang tinggi maupun sedang kemiringan harus dinaikkan sebagaimana ditentukan untuk memberikan kontinuitas debit sedimen dasar yang dibutuhkan.
- Tentukan apakah gaya hidraulik untuk rancangan alur sementara dapat menyebabkan degradasi dasar, apakah material dasar bergradasi baik dan mempunyai ukuran yang cukup baik, dan apakah diperlukan perlindungan dasar atau tidak, Gunakan prosedur untuk menentukan stabilitas dasarnya. Jika degradasi diharapkan, sesuaikan gradien atau tampang melintang untuk mengurangi kedalaman. Jika *armouring* terjadi, hitung kembali batas kekasaran kemudian dihubungkan antara kedalaman dan kecepatan alirannya.

Timbunan alam	Z
Batuan	0.2
Batuan lunak	0.5 – 1
Tanah lempung / lumpur	1.5
Lanau	2



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Pasir halus	3
Material sangat halus dan teralir	>3
Lempung dipadatkan	1.5

Catatan : z sama dengan cotg (q) dimana q adalah sudut lereng horizontal.

Tabel VII.9 Kemiringan sisi tanggul yang diijinkan

Material asli saluran yang digali	Koef. manning	Air bersih Detritus	Air yang membawa lumpur koloid	Air yang membawa lumpur non koloid
Pasir halus	0.02	0.46	0.76	0.46
Lempung berpasir	0.02	0.53	0.76	0.61
Lempung lumpur	0.02	0.61	0.91	0.61
Lempung aluvial	0.02	0.61	1.07	0.61
Lempung biasa	0.02	0.76	1.07	0.69
Abu Vulkanik	0.02	0.76	1.07	0.61
Butiran halus	0.02	1.76	1.52	1.14
Lempung kasar	0.025	1.14	1.52	0.91
Gradasi lempung	0.03	1.14	1.52	1.52
Lumpur Aluvial	0.025	1.14	1.52	0.91
Gradasi Lumpur	0.35	1.22	1.68	1.52
Butiran kasar	0.025	1.22	1.83	1.98

Tabel VII.10 Kecepatan maksimum yang diijinkan diberikan oleh Fortier dan Scobey dan Simons dan Senturk (1992)

Cara menentukan Perkiraan degradasi potensial dari Simons Senturk (1992) :

➤ Menghitung tegangan geser dasar

$$\lambda = \gamma \times D \times S$$

Dengan :

$\lambda$  = Tegangan geser dasar



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

$\gamma$  = Spesifik weight (N/m<sup>3</sup>)

$D_s$  = Kedalaman aliran (m)

$S$  = kemiringan dasar

- Menentukan sudut alam  $Q$ . Pasir alluvial dan kerikil dibulatkan karena  $29^\circ < Q < 37^\circ$ .  
Selanjutnya menghitung sudut kemiringan dasar dengan  $a = \arctg S$
- Menghitung angka stabilitas

$$\eta = \frac{21 \times \lambda_o}{(S_s - 1) \times \gamma \times D_{50}}$$

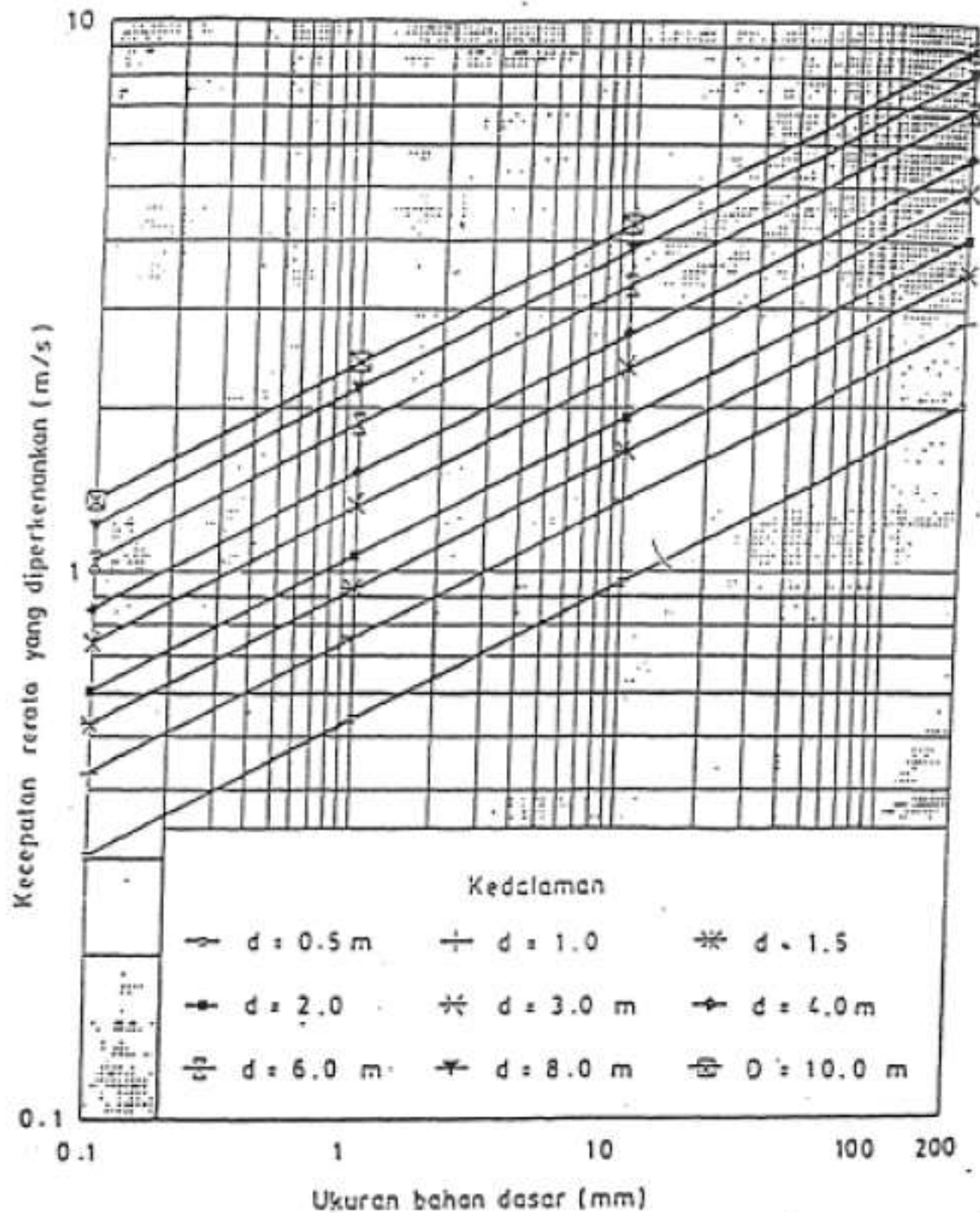
Dengan :

$\lambda_o$  = Tegangan geser dasar

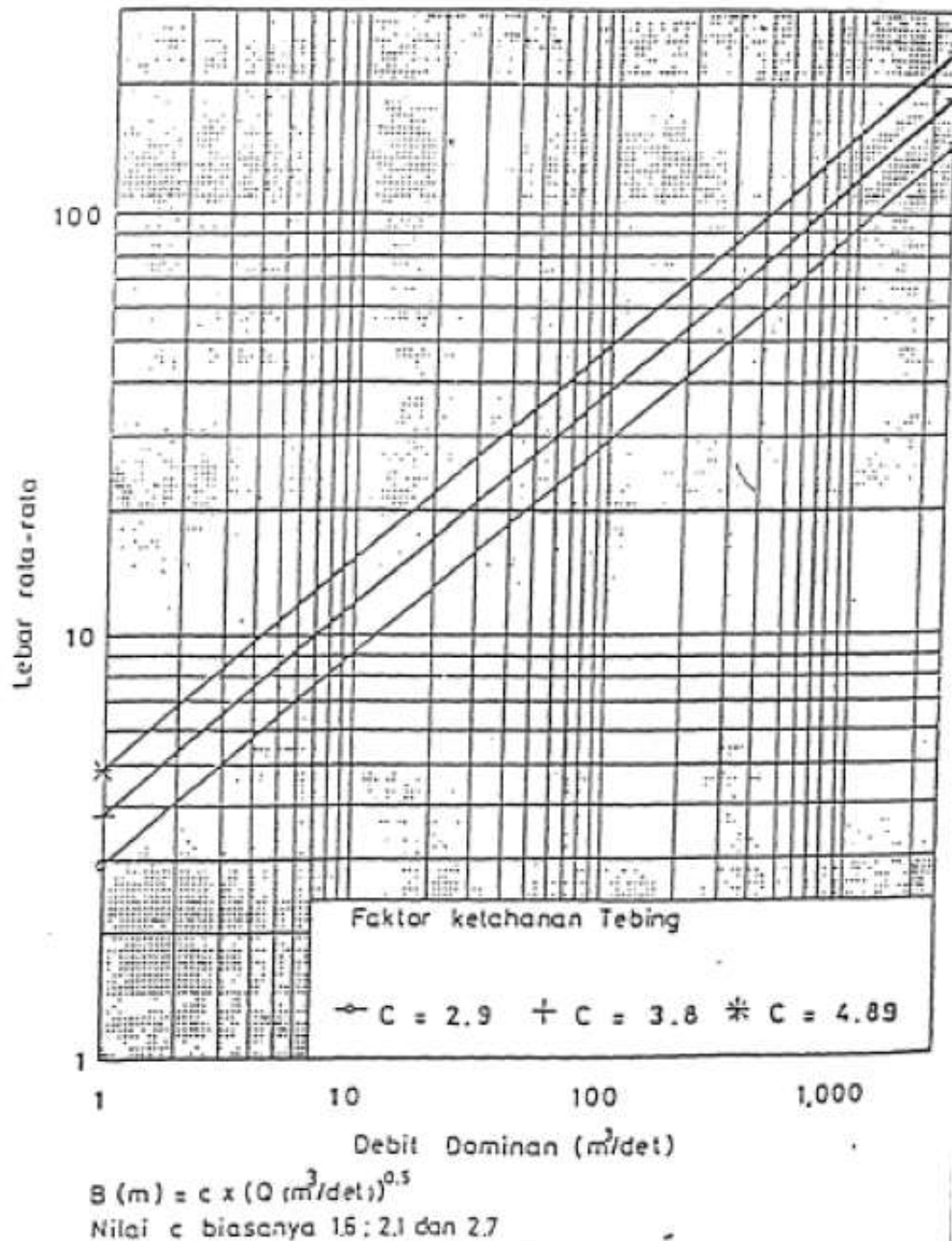
$S_s$  = Specific Gravity

$\gamma$  = berat jenis air

$D_{50}$  = Ukuran butiran yang mewakili

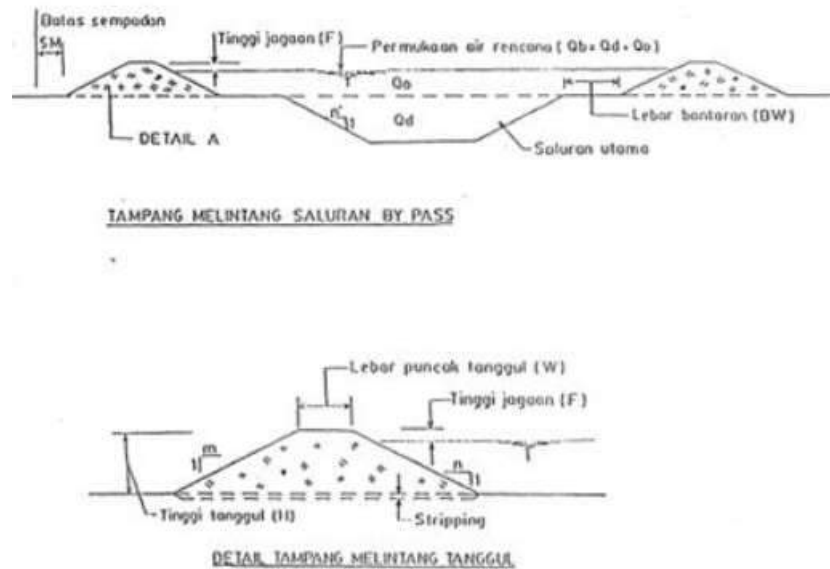


Gambar VII.31 Grafik Hubungan antara kecepatan rata-rata kedalaman dan ukuran butiran



Sumber : NHCL - 1984  
(North West - Hydraulic  
Consultants )

Gambar VII.32 Grafik Lebar rata-rata untuk debit dominan



Gambar VII.33 Contoh penampang melintang banjir kanal dan sodetan

Lebar alur diperoleh dari perhitungan 'rejim' terkadang tidak ekonomis. Harus dipertimbangkan lebar yang lebih kecil dengan kecepatan lebih tinggi dari timbunan. Ketika menggunakan Gambar I.8 dengan material dasar besar (*gravel* dan *cobble* atau, *boulder*), pastikan bahwa *froud number*,  $F = (Q^2T/g)^{1/2}$  tidak lebih dari 0.85. Bilangan *froud* tidak berpengaruh pada variasi dimensi tampang lintang. Pengurangan kemiringan akan efektif dalam hubungan antara bilangan *froud* dan ketepatan aliran. Hitung karakteristik hidraulik dari alur utama pada debit rancangan,  $Q_d$ , seperti kedalaman, kecepatan, tegangan geser dasar, kekasaran hidraulik atau nilai *manning* ( $n$ ). Untuk alur dengan dasar pasir, ditentukan bentuk dasar dan kekasarannya. Bandingkan dengan kekasaran yang diperkirakan pada awal perancangan, dengan menggunakan kecepatan yang diijinkan atau *rejim ripe charts*. Gunakan kekasaran yang lebih besar untuk menentukan perancangan kedalaman aliran rancangan. Bandingkan kemiringan dasar alur dan kemiringan garis gradasi hidraulik rancangan dengan permukaan tanah yang ada.

#### 7.7.1.1 Analisis hidraulik

##### 7.7.1.1.1 Saluran Pengelak

Analisa hidraulika untuk saluran pengelak *bypass* dilakukan untuk menentukan parameter saluran dan tanggul yang dibutuhkan untuk dapat menampung yang berpengaruh debit rancangan  $Q_b$ . Tujuannya adalah untuk menetapkan kestabilan





**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

yaitu : saluran pengelak tanpa penggerusan & pengendapan dengan menggunakan parameter gabungan yang tepat dari kecepatan air, lebar saluran, dan kedalaman air. Saluran pengelak biasanya dibangun dengan bentuk trapesium ganda. Material basalt galian saluran dapat dipakai untuk tanggul. Saluran primer sering direncanakan untuk debit dominan  $Q_d$ , yang mempunyai waktu pengulangan 2 tahun. Volume penggalian saluran dan tanggul sebaiknya seimbang. Kapasitas keseluruhan tampang ditentukan berdasarkan rumus *Manning*. Nilai-nilai *manning* untuk *bypass* dengan bermacam kondisi .

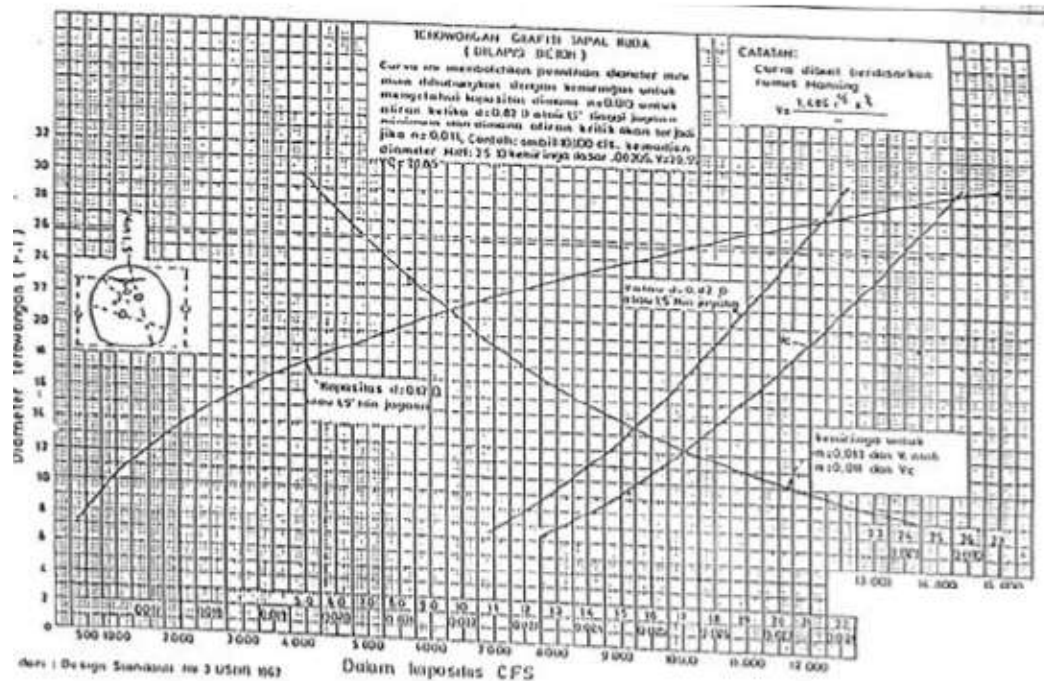
Tipe Saluran dan Penjelasan	Nilai n manning
<b>Saluran yang digali ( Excavated Channels )</b>	
Tanah, kelurusan ( straight ) dan keseragaman =	
• Bersih, baru diselesaikan	0,018
• Bersih, setelah dirusak hujan	0,022
• Kerikil, tampang seragam, bersih	0,025
• Rumput pendek, sedikit rumput liar	0,027
Tanah, belok dan lunak =	
• Tanpa tumbuhan	0,025
• Dasar tanah dan sisi reruntuhan ( rubble sides )	0,030
• Dasar kerakal dan sisi bersih	0,040
<b>Potongan batuan</b>	
• Halus dan seragam	0,035
• Bergerigi dan tidak teratur	0,040
Saluran tak terpelihara =	
• Dasar bersih, dan semak pada sisi	0,050
• Penuh rumput liar, kedalaman tinggi aliran	0,080
Saluran dengan Pelapisan	
• Beton ( trowel finished concrete )	0,013
• Precast concrete block lining	0,017
• Cement rubble masonry, plastered	0,020
• Cement rubble masonry	0,025
• Dry rubble atau riprap	0,030

**Tabel VII.11 Koefisien manning untuk saluran pengelak**



### 7.7.1.1.2 Terowongan

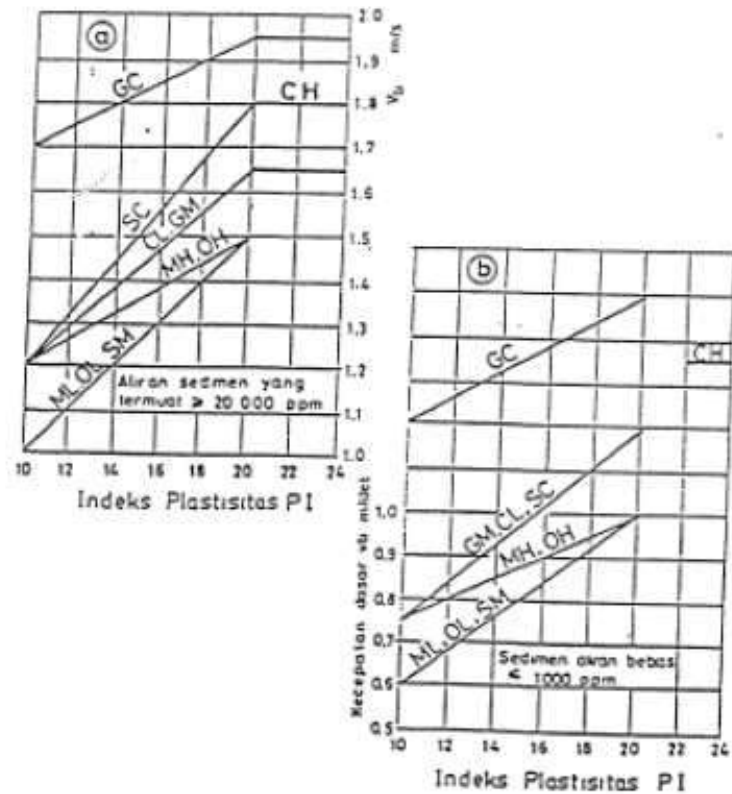
Terowongan direncanakan untuk aliran bertekanan atau aliran bebas dan biasanya dibuat dari beton. Untuk keadaan aliran bebas kedalaman air maksimum dibatasi sekitar 0,82 kali tinggi terowongan dengan tinggi jagaan minimum kira-kira 0,5 meter. Tampang tapal kuda biasanya memberikan kapasitas hidraulik lebih baik untuk terowongan aliran bebas sedangkan tampang melingkar secara hidraulika lebih efisien untuk terowongan yang dioperasikan dalam kondisi aliran bertekanan. Gambar. Kurva Hidraulika Terowongan Gambar I.14 menunjukkan desain terowongan tipikal secara rinci.



Gambar VII.34 Kurva hidraulik terowongan



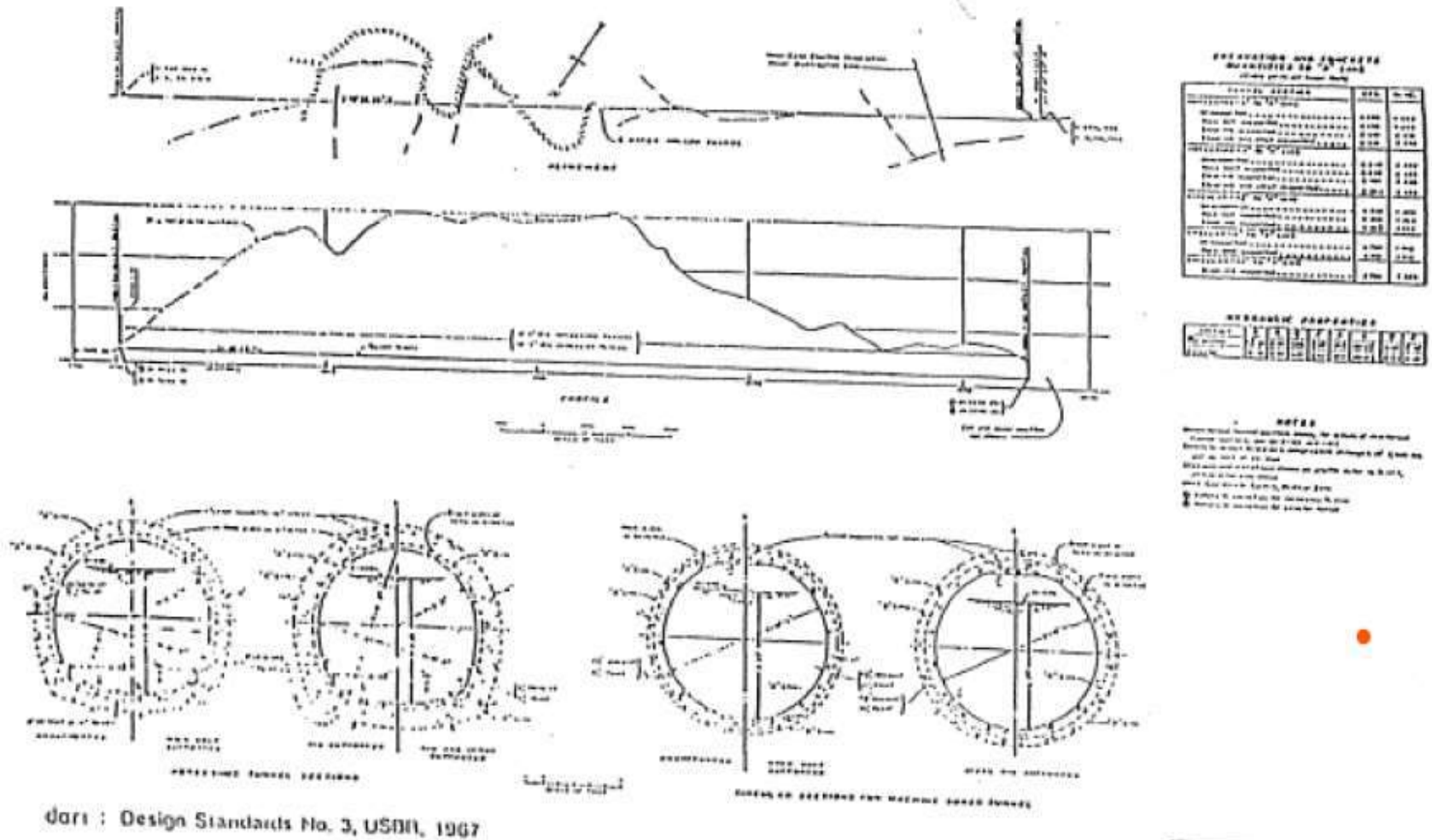
**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**



Gambar VII.35 Grafik nilai kecepatan dasar



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**



Gambar VII.36 Contoh gambar detail terowongan





Terowongan bisa mempunyai bermacam ukuran dan bentuk, tetapi biasanya tinggi minimumnya sekitar 2 meter yang digunakan untuk jalan masuk petugas dan peralatan. Tampang lebih besar digunakan digunakan apabila syarat-syarat kapasitas bersangkutan ditetapkan. Kehilangan tenaga melewati terowongan disebabkan gaya gesek, kehilangan di *inlet*, *outlet*, tingkungan, penghalang sampah, pintu dan kehilangan lainnya.

### 7.12. Tinggi Jagaan

Tinggi jagaan nominal untuk saluran pengelak diberikan dalam Tabel 1.14. Disarankan tinggi jagaan ditambah 0,3 m sepanjang penggal kritis saluran pengelak dimana bagian atas tampang alur pengangkut ditambah dengan tanggul, dan resiko terhadap jiwa manusia dan harta kekayaan pada waktu terjadi kegagalan tanggul adalah tinggi.

Debit banjir rencana	Tinggi Jagaan (m)
< 200	0.5
200 - 500	0.8
500 - 2000	1.0
2000 - 5000	1.2
5000 - 10000	1.5
> 10000	2.0

**Tabel VII.12 Tinggi jagaan saluran pengelak**

### 7.13. Bangunan Pelengkap

Bangunan pengontrol biasanya dipakai untuk membelokkan aliran dari sungai ke saluran pengelak *by pass*. Bangunan diberi pintu khusus dan ditempatkan pada pintu masuk ke saluran pengelak atau pada sungai yang akan dibicarakan di bawah. Jika belokan saluran lebih rendah atau sama dengan elevasi yang sungai alam, bangunan ditempatkan pada pintu masuk ke saluran pengelak, dan direncanakan untuk membelokkan bagian aliran banjir menjauhi dari sistem sungai.

Jika dasar sungai alami lebih rendah atau sama dengan elevasi pembelokan aliran pengelak, seperti bangunan pengendali yang berpintu ditempatkan pada sungai tepat di hulu pintu masuk saluran pengelak. Air bisa dibelokkan ke saluran selama banjir, Bangunan pengendali dapat



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

dipasang pintu atau tanpa pintu tergantung pada kondisi spesifik lapangan, bangunan ini lebih sederhana dibanding dengan bangunan dengan pintu tetapi tidak dapat menyediakan pengendali aliran yang disyaratkan atau mungkin elevasi air di bagian hulu lebih tinggi. Pengkajian secara detail ditinjau dari segi teknik maupun ekonomi diperlukan untuk memberikan hasil rancangan struktur yang cocok Untuk kondisi lapangan tertentu.

Secara praktis disarankan untuk merencanakan bentuk atau profil muka air tekanan ada puncak lereng bangunan tanpa bendung tanpa pintu yang lebih besar. Hal ini dapat terpenuhi dengan bentuk puncak berbentuk Ogee. Pemecah energi pada *outlet* diperlukan jika bangunan melimpahkan aliran yang mengandung material yang terkikis.

Tipe bangunan dengan pintu sering didesain dengan jumlah pintu banyak untuk memenuhi kapasitas hidraulik dan batas lebar pintu. Pilar digunakan untuk memisahkan dan menyangga alat pengangkat pintu. Tipe-tipe pintu yang digunakan dalam bangunan saluran pengelak cukup besar meliputi *roller* atau *whell gate*. Bangunan bendung karet relatif tipe struktur baru, dan dapat diterapkan untuk saluran pengelak. Bangunan ini dapat dikembang kempiskan untuk mengatur



## **BAB VIII ANALISIS BACKWATER**

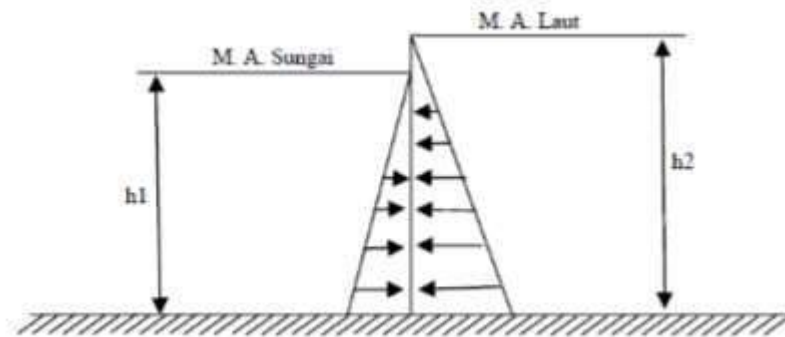
### **8.1. UMUM**

Efek aliran balik (*Back Water*) adalah suatu perubahan keadaan sungai di hulu bendung akibat adanya pembendungan air dengan bangunan pelimpah, yaitu berupa terjadinya kenaikan muka air hulu bendung yang merambat ke udik atau hulu sungai. Kemudian panjang efek back water ini merupakan panjang tanggul banjir yang harus diperhitungkan.

Pada pertemuan saluran, baik saluran kecil dengan saluran yang lebih besar, saluran pembuang primer dengan badan air penerima seperti sungai, laut, danau, dsb bilamana terjadi pasang air laut, selalu terjadi aliran balik / back water, karena elevasi muka air tertinggi pintu air lebih tinggi dari elevasi muka air di saluran / sungai yang bermuara dipintu air tersebut. Agar saluran tetap berfungsi dan dapat mengalirkan air dengan baik dan sesuai dengan perencanaan, maka pengaruh adanya back water tersebut harus diperhitungkan dan dipakai sebagai dasar penentuan bangunan - bangunan pelengkap (bangunan pertolongan) yakni tanggul.

### **8.2. BACK WATER AKIBAT PASANG SURUT**

Back Water yang terjadi akibat pengaruh pasang surut di muara sungai yaitu pada saat permukaan air laut melebihi permukaan air sungai, sehingga alirannya berbalik dari laut masuk menuju sungai. Tentunya hal ini dapat berpengaruh terhadap sungai itu sendiri diantaranya adalah banjir karena meluapnya air yang seharusnya dibuang ke laut.



**Gambar VIII.1 Kondisi aliran jika terjadi Back Water**

### **8.3. PERHITUNGAN ELEVASI**

#### **8.3.1. Menentukan Elevasi Muka Air Saluran**

Pada perhitungan elevasi, yang harus diperhatikan adalah elevasi muka air pada semua titik pertemuan saluran harus sama, sehingga perhitungan elevasi dimulai dari saluran terbawah sampai dengan saluran teratas. Untuk mengetahui elevasi muka air saluran, sebelumnya harus sudah ditentukan elevasi permukaan tanah di hilir saluran primer (di dekat danau).

- Elevasi muka air saluran hilir dekat danau didapatkan didapatkan dari rumus :  
Elevasi muka air = Elevasi dasar hilir (dekat danau) +  $H_{Air}$
- Elevasi muka air saluran hulu didapatkan didapatkan dari rumus :  
Elevasi muka air hulu = Elevasi muka air hilir +  $(i \times L)$

Dimana :

- $s$  = kemiringan saluran
- $L$  = panjang saluran





### 8.3.2. Perhitungan Elevasi Dasar Saluran

- Elevasi dasar saluran hilir dekat danau didapatkan didapatkan dari rumus :

$$\text{Elevasi dasar hilir} = \text{Elevasi muka tanah didekat danau} - H_{U\text{-ditch}}$$

- Elevasi dasar saluran hilir didapatkan didapatkan dari rumus :

$$\text{Elevasi dasar hilir} = \text{Elevasi air hilir} - H_{\text{Air}}$$

- Elevasi dasar saluran hilir didapatkan didapatkan dari rumus :

$$\text{Elevasi dasar hulu} = \text{Elevasi air hilir} + (i \times L) - H_{\text{Air Hulu}}$$

Dimana :

- $s$  = kemiringan saluran
- $L$  = panjang saluran

### 8.3.3. Menentukan Elevasi Muka Tanah

Untuk menentukan elevasi muka tanah ditinjau berdasarkan elevasi dasar saluran dijumlahkan dengan  $H_{U\text{-Ditch}}$ . Tinggi jagaan disesuaikan dengan ukuran U-Ditch yang digunakan, pada umumnya semakin besar debit yang dialirkan semakin besar pula tinggi jagaan yang harus disediakan.

- Elevasi muka tanah di hilir didapatkan didapatkan dari rumus

$$\text{Elevasi muka tanah hilir} = \text{Elevasi dasar hilir} + H_{U\text{-Ditch}}$$

- Elevasi muka tanah di hulu didapatkan didapatkan dari rumus

$$\text{Elevasi muka tanah hulu} = \text{Elevasi dasar hulu} + H_{U\text{-Ditch}}$$



#### 8.4. ANALISA BACKWATER AKIBAT PASANG SURUT

Pada perancangan efek back water terdapat 2 metode yang dapat digunakan, yaitu :

##### 1. Metode Pendekatan

Untuk menentukan panjangnya penggenangan akibat air banjir dengan cara pendekatan adalah sebagai berikut :

Untuk  $\frac{h}{a} \geq 1$ , maka digunakan rumus

$$L = \frac{2h}{I}$$

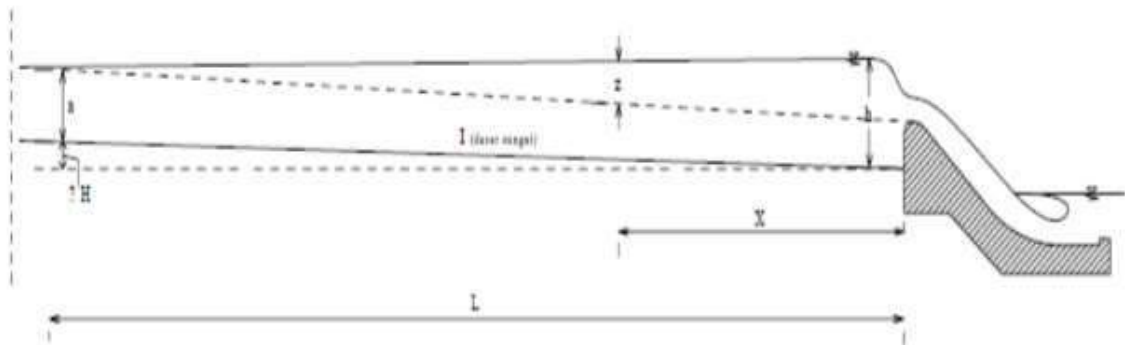
Untuk  $\frac{h}{a} < 1$ , maka digunakan rumus

$$L = \frac{a + z}{I}$$

$$z = h \left(1 - \frac{X}{L}\right)^2$$

Dengan :

- L = panjang pengaruh pembendungan (m)
- h = tinggi muka air banjir berhubung ada bendung di hulu bendung (m)
- I = kemiringan dasar sungai
- a = tinggi air banjir sebelum ada bendung (m)
- z = kedalaman air pada jarak X meter dari bendung (m)



Gambar VIII.2 Pengaruh Back Water metode pendekatan



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

2. Metode Grafis

Untuk menentukan panjangnya penggenangan akibat air banjir dengan cara grafis adalah sebagai berikut :

$$S = \left( \frac{1 - \frac{\alpha Q^2 B}{g A}}{I - Sf} \right) h$$

$$Sf = \left( \frac{n^2 Q^2 p^{\frac{4}{3}}}{A^{\frac{10}{3}}} \right) = \left( \frac{n^2 Q^2}{A^2 R^{\frac{4}{3}}} \right)$$

$$S = \left( \frac{1 - \frac{\alpha Q^2 B}{g A^3}}{1 - \frac{n^2 Q^2 p^{\frac{4}{3}}}{A^{\frac{10}{3}}}} \right)^{\frac{4}{3}} h$$

$$S = F(h) \cdot \Delta H$$

Dimana :

- S = jarak antara dua tampang yang ditinjau (m)
- H = selisih kedalaman air antara dua tampang yang ditinjau (m)
- $\alpha$  = koefisien Coriolis = 1
- Q = debit rencana (m<sup>3</sup>/s)
- A = luas penampang basah aliran (m<sup>2</sup>)
- n = koefisien Manning
- p = keliling basah aliran (m)
- Sf = kemiringan garis energi
- I = kemiringan dasar sungai / saluran
- B = lebar permukaan air (m)



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Kemudian dibuat tabel dari hasil hitungan, dengan cara dihitung menggunakan harga berbagai tinggi muka air akibat adanya bendung, mulai dari harga kedalaman air tepat diatas bendung sampai harga kedalaman air banjir pada titik dimulai adanya perubahan tinggi air akibat adanya pembendungan.

Dengan didapatnya harga panjang aliran sungai yang dipengaruhi Back Water (L), maka nilai tersebut direncanakan sebagai panjang tanggul banjir di hulu bendung, atau sampai pada kontur yang mempunyai elevasi yang lebih besar dari elevasi air yang dipengaruhi oleh Back Water.



## 8.5. PERHITUNGAN PROFIL ALIRAN

### 8.5.1. Profil Aliran Berubah Lambat Laun

Berdasarkan persamaan dalam aliran berubah lambat laun dapat diperkirakan karakteristik profil aliran menurut kemiringan dasarnya, profil aliran dalam aliran berubah lambat laun dibagi menjadi lima berdasarkan kemiringan dasarnya (*Channel Slope*), yaitu sebagai berikut :

Channel Slope	Depth Relations	$\left(\frac{dy}{dL}\right)$	Type of Profile	Symbol	Type of Flow	Form of Profile
Mild $0 < S < S_c$	$y > y_N > y_c$	+	Backwater	$M_1$	Subcritical	
	$y_N > y > y_c$	-	Dropdown	$M_2$	Subcritical	
	$y_N > y_c > y$	+	Backwater	$M_3$	Supercritical	
Horizontal $S = 0$ $y_N = \infty$	$y > y_c$	-	Dropdown	$H_2$	Subcritical	
	$y_c > y$	+	Backwater	$H_3$	Supercritical	
Critical $S_N = S_c$ $y_N = y_c$	$y > y_c = y_N$	+	Backwater	$C_1$	Subcritical	
	$y_c = y = y_N$		Parallel to bed	$C_2$	Uniform, Critical	
	$y_c = y_N > y$	+	Backwater	$C_3$	Supercritical	

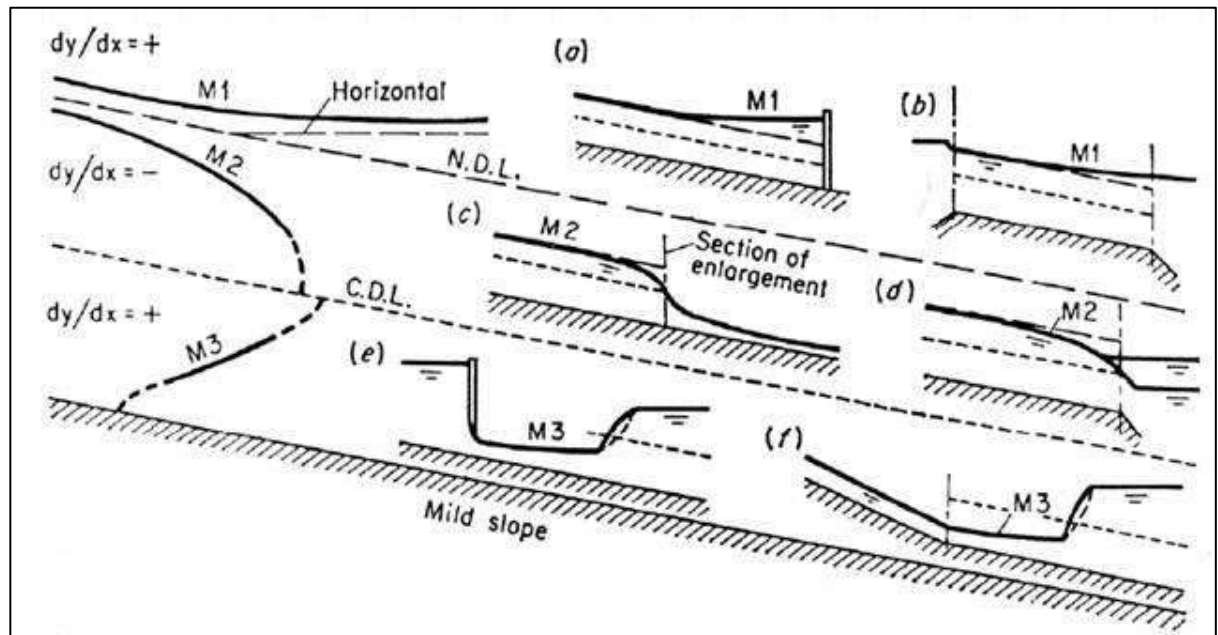
Gambar VIII.3 Profil Aliran Berubah Lambat Laun



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

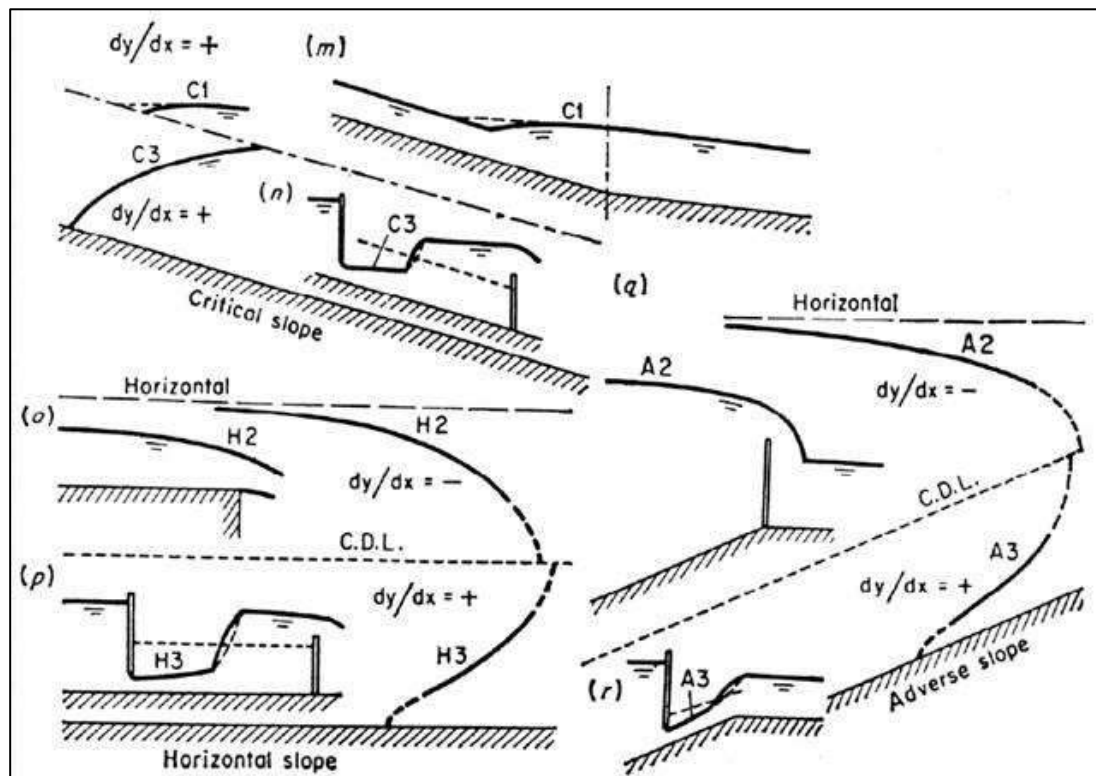
Steep $S > S_c > 0$	$y > y_c > y_N$	+	Backwater	$S_1$	Subcritical	
	$y_c > y > y_N$	-	Dropdown	$S_2$	Supercritical	
	$y_c > y_N > y$	+	Backwater	$S_3$	Supercritical	
Adverse $S < 0$ $y_N = \infty$	$y > y_c$	-	Dropdown	$A_2$	Subcritical	
	$y_c > y$	+	Backwater	$A_3$	Supercritical	

Gambar VIII.4 Profil Aliran Berubah Lambat Laun

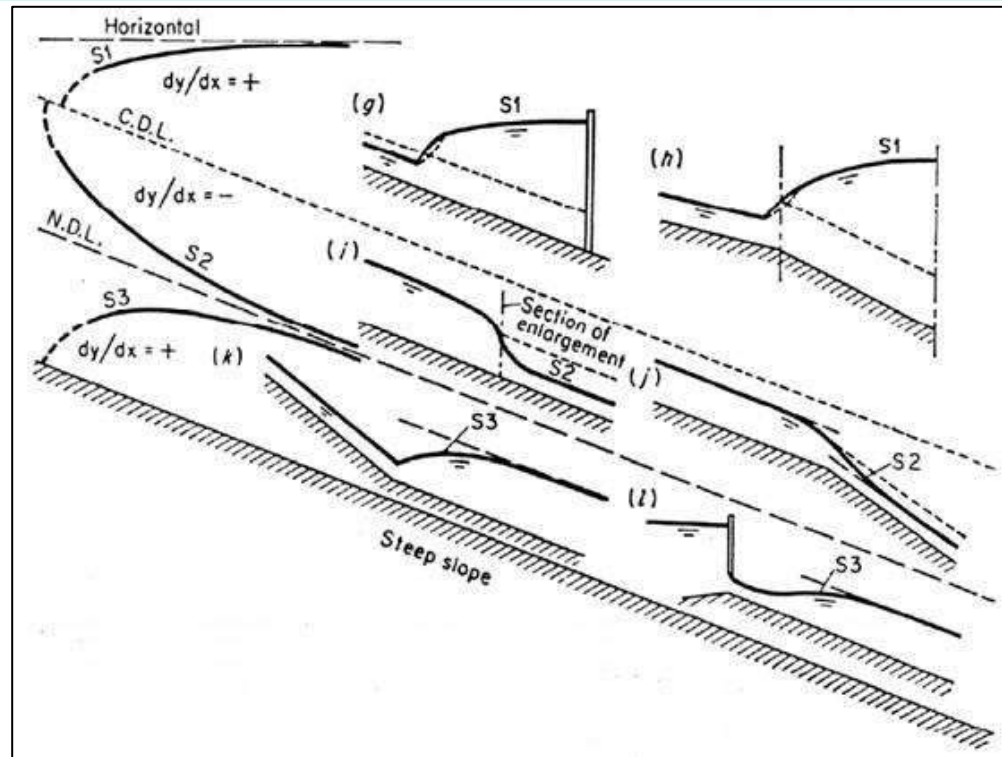




Gambar VIII.5 Profil Kemiringan Landai (Mild Slope)



Gambar VIII.6 Profil Kemiringan Nol (Horizontal), Negatif (Adverse), dan Kritis



Gambar VIII.7 Profil Aliran Curam (Steep Slope)

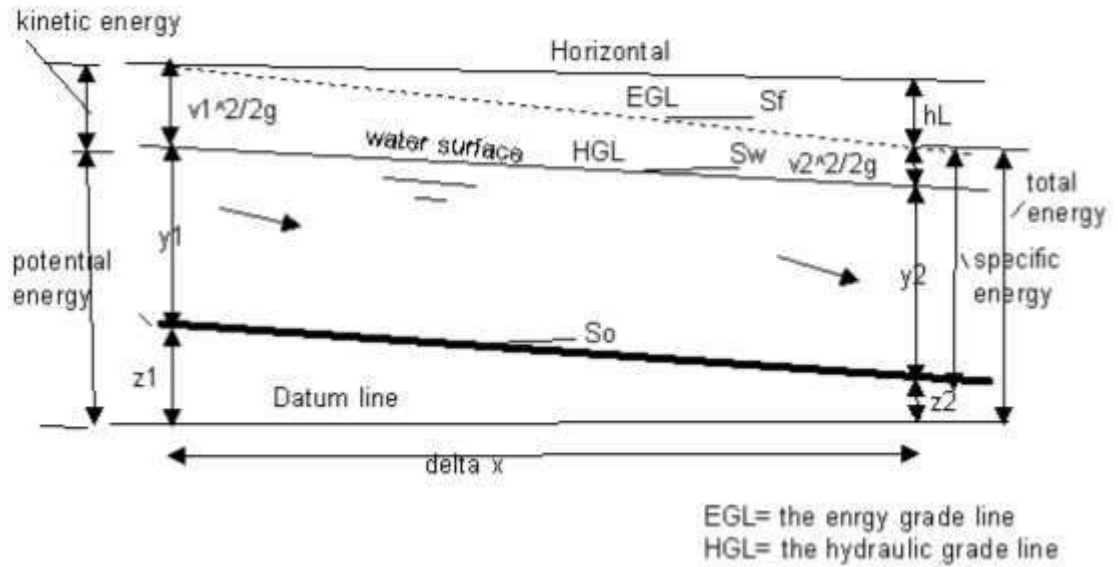
### 8.5.2. DIRECT STEP METHOD

Saluran drainase khususnya saluran drainase primer dan sekunder yang terpengaruh pengempangan / aliran balik (*back water effect*) dapat dihitung panjang pasang surutnya dengan *Standard Step* atau *Direct Step Method*.





**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**



**Gambar VIII.8 Energi pada aliran saluran terbuka**

Energi spesifik :  $E = y + \frac{v^2}{2g}$

Persamaan metode ini adalah sebagai berikut :

$$\frac{E}{x} = S_0 - S_f$$

Bila :

$x = \Delta x =$  panjang ruas saluran antara profil 1 dan profil 2 (m).

Hukum Bernoulli :

$$Z_1 + y_1 + \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + y_2 + \frac{v_2^2}{2g} + h_f$$

$$Z_1 - Z_2 = S_0 \cdot \Delta x$$

$$h_L = S_w \cdot \Delta x, \text{ maka :}$$

$$S_0 \Delta x + y_1 + \frac{v_1^2}{2g} = y_2 + \frac{v_2^2}{2g} + S_f \Delta x \rightarrow \Delta x = \frac{\left(y_2 + \frac{v_2^2}{2g}\right) - \left(y_1 + \frac{v_1^2}{2g}\right)}{S_0 - S_f}, \text{ atau}$$

$$x = \Delta x = \frac{E_2 - E_1}{S_0 - S_f}$$

Kedalaman normal



a.) Saluran segiempat :

$$Q = A \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} = B y \frac{1}{n} \left( \frac{By}{B+2y} \right)^{2/3} S^{1/2}$$

b.) Saluran trapesium :

$$Q = A \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} = y_n (B + my_n) \frac{1}{n} \left( \frac{(B+2my_n)y_n}{B+2y_n\sqrt{1+m^2}} \right)^{2/3} S^{1/2}$$

Kedalaman kritis

$$y_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2(B+2my_c)}{g(B+my_c)^3}}$$

c.) Friction slope,  $S_f = \frac{n^2 V^2}{R^{4/3}}$

### 8.5.3. STANDARD STEP METHOD

Pada gambar 5.8 memperlihatkan potongan ruas saluran 1 dan 2, persamaan *total head* potongan 1 dan 2 adalah sebagai berikut :

$$S_0 \Delta x + y_1 + a_1 \frac{V_1^2}{2g} = y_2 + a_2 \frac{V_2^2}{2g} + S_f \Delta x$$

Bila :  $a_1, a_2$  = koefisien energi pada potongan 1 dan potongan 2.

Maka elevasi muka air diatas datum pada potongan 1 dan potongan 2, persamaannya adalah sebagai berikut :

$$Z_1 = S_0 \Delta x + y_1 + z_2$$

$$Z_2 = y_2 + z_2$$

Bila :  $S_{f1}, S_{f2}$  = kemiringan friksi (*friction slope*) pada potongan 1 dan potongan 2.

Kemiringan friksi rata-rata,  $S_f$ , adalah rata-rata kemiringan friksi potongan 1 dan potongan 2 :

$$\bar{S}_f = \frac{n^2 \cdot V^2}{R^{4/3}} \text{ (metric)}$$

Bila :



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

$\bar{S}_f$  = kemiringan friksi rata-rata pada potongan 1 dan potongan 2

$\bar{V}$  = kecepatan rata-rata pada potongan 1 dan potongan 2

$\bar{R}$  = jari-jari hidrolis rata-rata pada potongan 1 dan potongan 2.

Persamaan *total head* menjadi :

$$Z_1 + a_1 \frac{v_1^2}{2g} = Z_2 + a_1 \frac{v_2^2}{2g} + h_f + h_0$$

Bila :  $h_0$  = *eddy loss* (m).

*Eddy loss* sangat tergantung dari perubahan *velocity head* (*velocity head change*) dan biasanya  $h_0 = 0$  dalam perhitungan.

*Total head* pada penampang 1 dan penampang 2 menjadi :

$$H_1 = Z_1 + a_1 \frac{v_1^2}{2g}$$

$$H_2 = Z_2 + a_1 \frac{v_2^2}{2g}$$

Maka persamaan total menjadi :

$$H_1 = H_2 + h_f + h_0$$



## **BAB IX PENUTUP**

Buku teks yang ditulis ini merupakan hasil studi kepustakaan dengan berpedoman pada Direktorat Jenderal Cipta Karya – Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat. Sumber data yang digunakan adalah buku Penyelenggaraan Program Drainase Berbasis Masyarakat (DBM) oleh Direktorat Jenderal Cipta Karya, buku-buku teks drainase perkotaan, lembaran kerja, peraturan daerah, informasi dari internet, serta dokumen tugas besar perencanaan drainase pada departemen Teknik Sipil FTSPK ITS Surabaya, baik berupa tulisan maupun gambar. Buku ini disusun sedemikian rupa agar mudah dipelajari dan dipahami. Namun demikian penulis memiliki banyak keterbatasan sehingga tentu buku ini belum sempurna karena masih banyak informasi dan ilmu drainase yang tidak terdapat dalam buku ini.

Selanjutnya kami mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, serta bimbingan kepada kami dalam penyusunan buku teks ini. Kami juga mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak untuk ketersediannya atas karya tulis ataupun gambar yang kami jadikan bagian dalam melengkapi buku ini.

Akhir kata, kami penulis buku teks ini berharap semoga buku ini dapat diterima oleh semua pihak yang membutuhkan dan dimanfaatkan dengan sebaiknya dalam hal keilmuan maupun penerapannya di lapangan.



## **DAFTAR PUSTAKA**

- Anggrahini. 1997. *Hidrolika Saluran Terbuka*, Surabaya: Citra Media
- Anonim. 1986. *Standar Perencanaan Irigasi Bagian Saluran KP-03 1986*, Bandung: Departemen Pekerjaan Umum.
- Anonim. 1986. *Standar Perencanaan Irigasi Bagian Bangunan KP-04 1986*, Bandung: Departemen Pekerjaan Umum.
- Anonim. 1994. *SNI 03 – 3424 – 1994*, Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Anonim. 1994. *Pedoman Perencanaan Hidrologi dan Hidraulik Untuk Bangunan di Sungai*, Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum.
- Chow, Ven Te. 1997 *Open Channel Hydraulics. terjemahan E.V Nensi Rosalina*. Jakarta: Erlangga.
- Hartono, Tony. 1996. *Program Analisa dan Perencanaan Dimensi Saluran*.
- Hasmar, Hali. 2002. *Drainase Perkotaan*. Jakarta, DPU.
- Kusnaedi. 2003. *Sumur resapan untuk pemukiman perkotaan dan pedesaan*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Soemarto, C.D. 1987. *Hidrologi Teknik*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Soewarno, 1991. *Hidrologi Pengukuran dan Pengolahan Data Aliran Sungai (Hidrometri)*, Nova, Bandung.
- Subarkah, Imam. 1980. *Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air*. Bandung: Idea Dharma.
- Sunjoto, S. 1988. *Optimasi Sumur Resapan Sebagai Salah Satu Pencegahan Intrusi Air Laut*. Yogyakarta: Prosiding Seminar PAU-IT-UG.
- Sumarto. 1987. *Hidrologi Teknik*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Suripin. 2003. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*, Yogyakarta: Andi Press.
- Triatmodjo, Bambang. 2017. *Hidraulika II*, Yogyakarta, Beta Offset
- Darmadi. 2016. *Sistem Drainase Perkotaan*, Bogor, Universitas Jayabaya
- Anonim. 1994. *Tata cara perencanaan, pelaksanaan, operasi dan pemeliharaan sistem pompa*, Jakarta: Ditjen Cipta Karya; Departemen Pekerjaan Umum.
- Anonim. 2013. *Standar Perencanaan Irigasi Bagian Saluran KP-08 1986*, Bandung: Departemen Pekerjaan Umum
- Osmar S., Mila Khaerunnisa, Alvian Safrizal, 2017, *ANALISIS FUNGSI BANJIR KANAL TIMUR : Dalam Menanggulangi Banjir di Wilayah DKI Jakarta bagian Timur*, Jakarta
- Hapsoro Suryo. 2013. *Jalan Rel*, Yogyakarta, beta Offset
- Edisono, Sutarto, Ir., dipl-H.E., dkk, 1997. *Drainase Perkotaan*, Gunadarma, Jakarta
- Sosrodarsono Suyono, Kensaku Takeda, 2003. *Hidrologi Untuk Pengairan*, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Sosrodarsono Suyono, Kensaku Takeda, 2016. *Bendungan tipe urugan*, Jakarta, Balai Pustaka
- Anonim. 2005. *Dasar – dasar perencanaan drainase jalan*, Jakarta, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
- Anonim. 2017. *Modul perencanaan dasar – dasar perencanaan banjir*, Jakarta, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

- Anonim. 2017. Diklat teknis Perencanaan Drainase jalan : Modul 4 Perencanaan Sstem polder dan kolam retensi, Jakarta, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
- Anonim. 2016. Buku 2 Petunjuk Pelaksanaan Seleksi Lokasi drainase berbasis masyarakat, Jakarta, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat
- Anonim. 2012. Buku jilid 1A : Tata cara penyusunan rencana induk Sistem Drainase Perkotaan, Jakarta, Kementerian Pekerjaan Umum
- Purnama, Ady. 2016. Perencanaan Sistem Jaringan Drainase untuk perumahan BAITI JANNATI SUMBAWA, Jurnal Saintek UNSA
- Mulyono, Tri (2015), Jalan Raya 2: Modul 1 - Perencanaan Drainase Jalan, Jakarta: Program D3 Transportasi Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta
- Anonim. 2006. Pedoman Perencanaan Drainase Jalan, Jakarta, Kementerian Pekerjaan Umum
- [ s.n ]. 1997. DRAINASE PERKOTAAN. Jakarta: Gunadarma.
- Departemen Teknik Sipil ITS. 2015. Modul 2 ANALISA HIDROLIKA UNTUK PERENCANAAN SALURAN DRAINASE. <https://drive.google.com/file/d/1uYFAJjYT0nm0-xEpgSQpHTJ9gZUU2Mlp/view?usp=sharing> (diakses tanggal 14 Agustus 2020).
- Mumtahana, Putri. 2010. Aliran Balik (Back Water). [https://www.academia.edu/9035483/Aliran\\_Balik\\_Back\\_Water](https://www.academia.edu/9035483/Aliran_Balik_Back_Water) (diakses tanggal 31 Agustus 2020).
- Departemen Teknik Sipil ITS. 2018. MODUL 4 ALIRAN BERUBAH LAMBAT LAUN. <https://drive.google.com/file/d/0B00UQzqNiwCqWGNHM05CTkFZOVk/view?usp=sharing> (diakses tanggal 31 Agustus 2020).
- Kirmanto, Djoko. 2014. LAMPIRAN I PERATURAN MENTERI PEKERJAAN UMUM NOMOR 12/PRT/M/2014. Jakarta: Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat.
- Leber, Bill. 2015. Stormwater Basins: How Detention and Retention Ponds Work. <https://info.wesslerengineering.com/blog/stormwater-basins-detention-retention-ponds> (diakses tanggal 20 Desember 2020).
- www.lccdnet.org. 2015. Best Management Practices for Stormwater Runoff Ponds. Cheyenne, U.S. <https://www.lccdnet.org/wp-content/uploads/Ponds.pdf> (diakses tanggal 20 Desember 2020).
- Manuel Builders. 2019. Retention Pond Vs. Detention Pond. Lafayette, LA. <https://www.manuelbuilders.com/blog/retention-pond-vs-detention-pond> (diakses tanggal 20 Desember 2020).



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

- EPA. 2019. Detention/Retention Ponds. Littleton, U.S.  
<https://www.stormwaterassociation.com/detention-retention-ponds> (diakses tanggal 20 Desember 2020).



## PROFIL PENULIS

### 1. IRFANANDA SETIADI HUTOMO

Tempat, Tanggal Lahir : Surabaya, 27 Agustus 1999

Jenis Kelamin : Laki - Laki

Alamat / No.Hp : Jl. Gubeng Masjid 2/63, Surabaya

No. HP: 082245529527

E-mail : [irfananda.hutomo@gmail.com](mailto:irfananda.hutomo@gmail.com)

NRP: 0311174000011

Jurusan/Prodi : Teknik Sipil

Fakultas: Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan dan Kebumian

Universitas: Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Alamat Universitas : Jl. Raya ITS, Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur

Riwayat Pendidikan :



Institusi Pendidikan	Tahun Masuk	Tahun Selesai
SDN Rangkah VI Surabaya, Jawa Timur	2005	2008
SDN Kaliasin III Surabaya, Jawa Timur	2008	2011
SMPN 6 Surabaya, Jawa Timur	2011	2014
SMAN 2 Surabaya, Jawa Timur	2014	2017
Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember	2017	Sekarang

Riwayat Organisasi dan Kepanitiaan :

Institusi	Nama Kegiatan	Jabatan	Periode Kerja
BEM ITS	LKMM Pra – Tingkat Dasae	Peserta	2017
HMS ITS	LKMM Tingkat Dasar	Peserta	2018





**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

HMS ITS	Civil Expo ITS untuk Kategori Geotechnical Engineering Competition	Crew	2019 - Sekarang
Karang Taruna	Panitia Lomba 17 Agustus 2017	Staff	2017

Pengalaman Akademik

Institusi	Nama Kegiatan	Kedudukan	Periode Kerja
Universitas Sriwijaya	Lomba Debat Nasional	10 Besar	2017
Universitas Tarumanegara	Lomba Analisa Pondasi Dalam	Juara Harapan 2	Mei 2019
Universitas Mataram	Lomba Rancang Bangun Bendungan tipe Urugan	Juara 2	Oktober 2019
Universitas Mataram	Lomba Rancang Bangun Bendungan Tipe Urugan	Juara Maket Terbaik	Oktober 2019



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

## 2. SENOPATI INGALOGO

Tempat, Tanggal Lahir: Surabaya, 20 Januari 2000

Jenis Kelamin: Laki-Laki

Alamat: Jl. Lakarsantri gg.2 RT01 / RW02, Surabaya, 60211.

No. HP: 081249801627

E-mail: [seno20.01.00@gmail.com](mailto:seno20.01.00@gmail.com)

NRP: 03111740000083

Departemen / Prodi: S-1 Teknik Sipil

Fakultas: Fakultas Teknik Sipil, Perencanaan, dan Kebumian

Universitas: Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Alamat Universitas: Jl. Raya ITS, Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur

Riwayat Pendidikan



Institusi Pendidikan	Tahun Masuk	Tahun Selesai
SDN Lakarsantri 1 / 472	2005	2011
SMPN 28 Surabaya	2011	2014
SMAN 13 Surabaya	2014	2017
Departemen Teknik Sipil, Institut Teknologi Sepuluh Nopember	2017	Sekarang

Pengalaman Organisasi

Institusi	Nama Kegiatan	Jabatan	Periode Kerja
Karang Taruna	Panitia Lomba 17 Agustus 2015	Staff	2015
SMAN 13 Surabaya	IT SMAN 13 Surabaya	Anggota	2014 - 2015
SMAN 13 Surabaya	IT SMAN 13 Surabaya	Ketua	2015 - 2016

Keahlian Software:

- Microsoft Office (Word, Powerpoint, Excel)



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

- AutoCAD
- SAP2000
- Adobe Photoshop
- Android Studio

Keahlian Pemrograman:

- Java
- libGDX



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

**LAMPIRAN**



## TUGAS HEC – RAS DRAINASE PERKOTAAN

NAMA : IRFANANDA SETIADI HUTOMO

NRP : 0311174000011

### Langkah 1 : memulai project baru

Untuk memulai tutorial ini, pertama-tama harus memulai program HEC-RAS. Klik Start ⇒ Program ⇒ HEC ⇒ HEC-RAS 4.1. atau klik ganda icon HEC-RAS 4.1 yang ada di desktop. Pada menu jendela utama klik File ⇒ New Project. Jendela baru akan tampil. Selanjutnya, pilih Drive dan directory yang menjadi tujuan untuk menyimpan file (sebelumnya harus dibuat untuk menyimpan semua data dan hasil simulasi). Lalu klik OK untuk menyetujui penyimpanan data pada folder yang telah ditentukan.



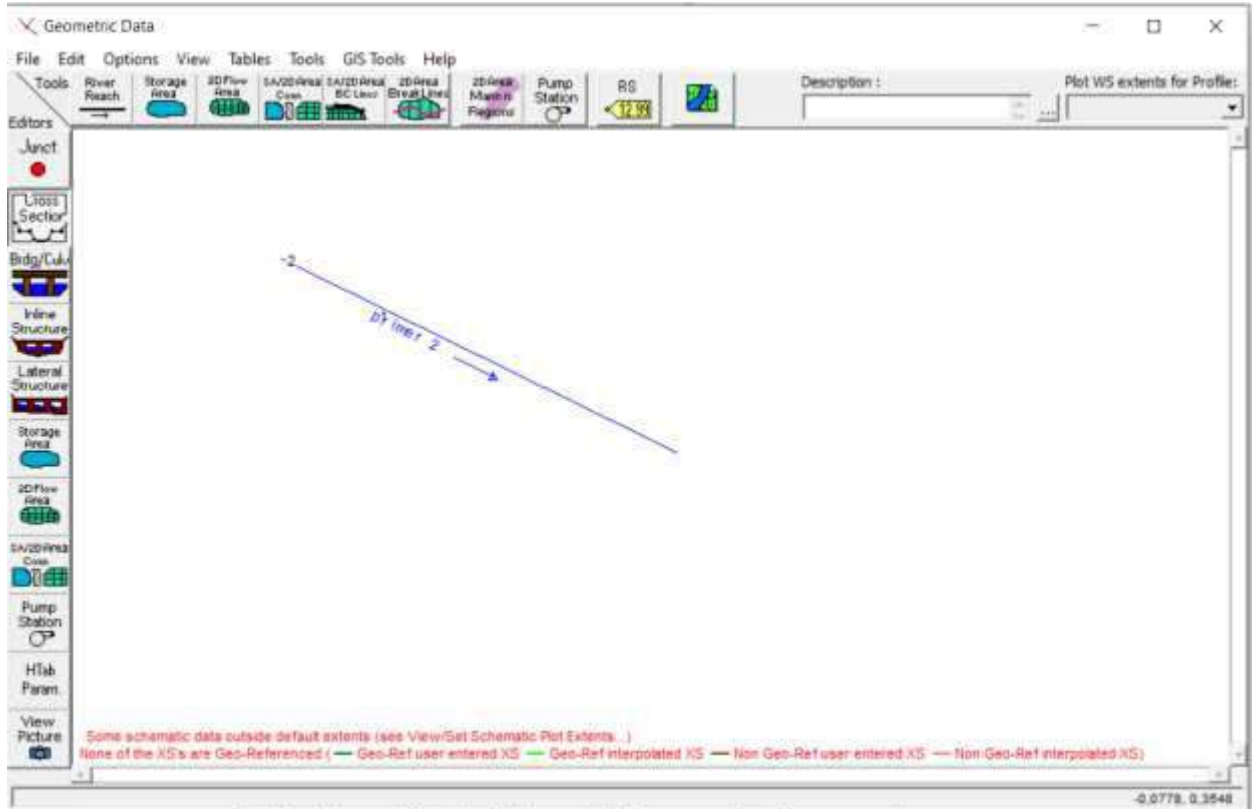
### Langkah 2 : Menggambar sistem sungai

- Klik icon **River Reach** pada jendela data geometri
- Pindahkan mouse pointer ke area gambar dan letakkan pada lokasi dimana gambar akan dimulai.
- Tekan tombol mouse kiri untuk memulai menggambar. Pindahkan pointer ke titik berikutnya dan tekan kembali tombol kiri mouse dan lakukan kembali untuk titik-titik berikutnya. Untuk mengakhiri penggambaran penampang/cabang sungai lakukan klik ganda mouse kiri pada lokasi titik akhir dari penampang. Semua penampang/cabang harus digambar mulai dari hulu ke hilir (pada arah aliran positif).
- Setelah penampang/cabang digambar, maka interface program akan meminta anda untuk memasukkan nama sungai (**River name**) dan nama penampang (**Reach name**) sebagai data



# TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN BESERTA STUDI KASUS IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO

untuk identifikasi. Data identifikasi untuk River name sampai 32 karakter sedangkan untuk reach name hanya 12 karakter. Dalam contoh ini Sungai Utama dinamakan **Primer 2** dan anak sungainya diberi nama **1**.



### Langkah 3 : Input data penampang

Klik tombol **Cross Section** pada jendela Geometric Data).

Untuk memasukkan data cross section lakukan langkah sebagai berikut :

- Pilih nama **River** dan nama **Reach** untuk memasukkan data cross section pada penampang yang diinginkan. Untuk contoh ini pilih Fall River, Upper Reach.
- Klik menu **Options** dan pilih **Add a new Cross Section**. Sebuah boks akan muncul yang memungkinkan anda untuk memasukkan sebuah station identifier untuk cross section baru. Identifier ini tidak harus seperti kondisi aktual dilapangan, tetapi berupa angka numerik. Angka numerik menggambarkan dimana cross section berlokasi terhadap semua cross section dalam penampang/reach. Cross sections diletakkan mulai dari upstream (station sungai tertinggi) ke downstream (station sungai terendah) Untuk contoh ini masukkan nilai 10.0.
- Masukkan semua data untuk penampang ini seperti yang ada pada Gambar 4.  
Downstream Reach Lengths = panjang (jarak) dari cross section ini ke cross section berikutnya.  
LOB = bantaran kiri / Left of Banked  
Channel = penampang utama

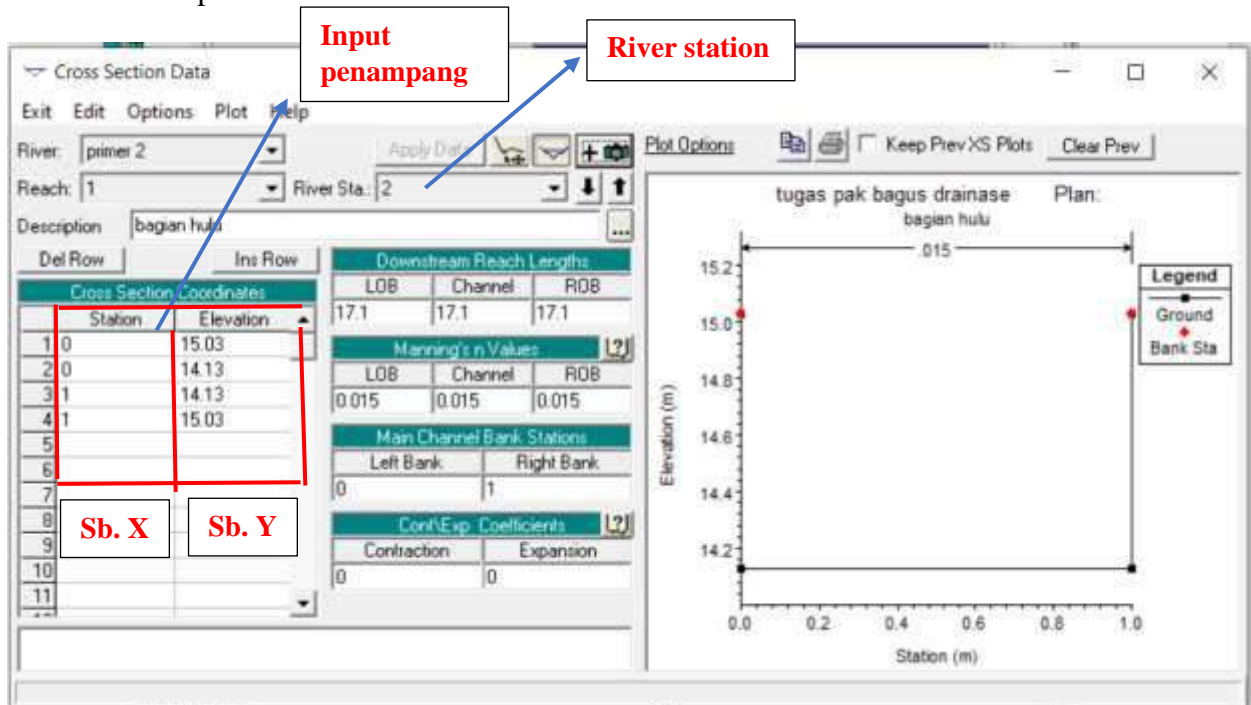


**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

ROB= bantaran kanan / Right of Banked

Main Channel Bank station = jarak batas main chanel kiri dari titik penampang paling kiri (Left bank) dan jarak batas main chanel kanan dari titik penampang paling kiri (Right bank)

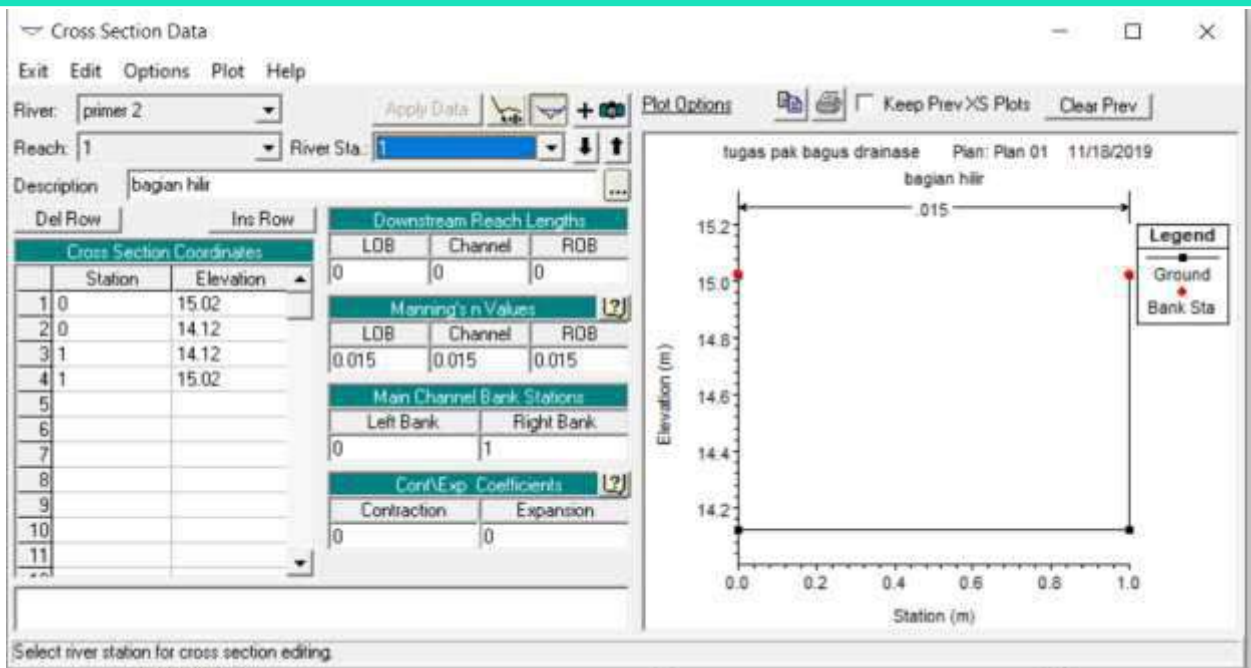
- Setelah semua data dimasukkan lalu tekan tombol **Apply Data**. Tombol ini digunakan untuk memberikan pada interface bahwa anda menyetujui data yang dimasukkan untuk disimpan dalam memori. Tombol ini tidak berarti menyimpan data dalam hardisk, untuk menyimpang data hanya bisa dilakukan pada menu File pada jendela Geometric Data.
- Untuk memeriksa apakah data yang dimasukkan sesuai dengan harapan maka dapat dilihat dapat secara visual dengan perintah Plot. Tekan pilih **Plot Cross Section** pada menu **Plot** pada Editor Cross Section.



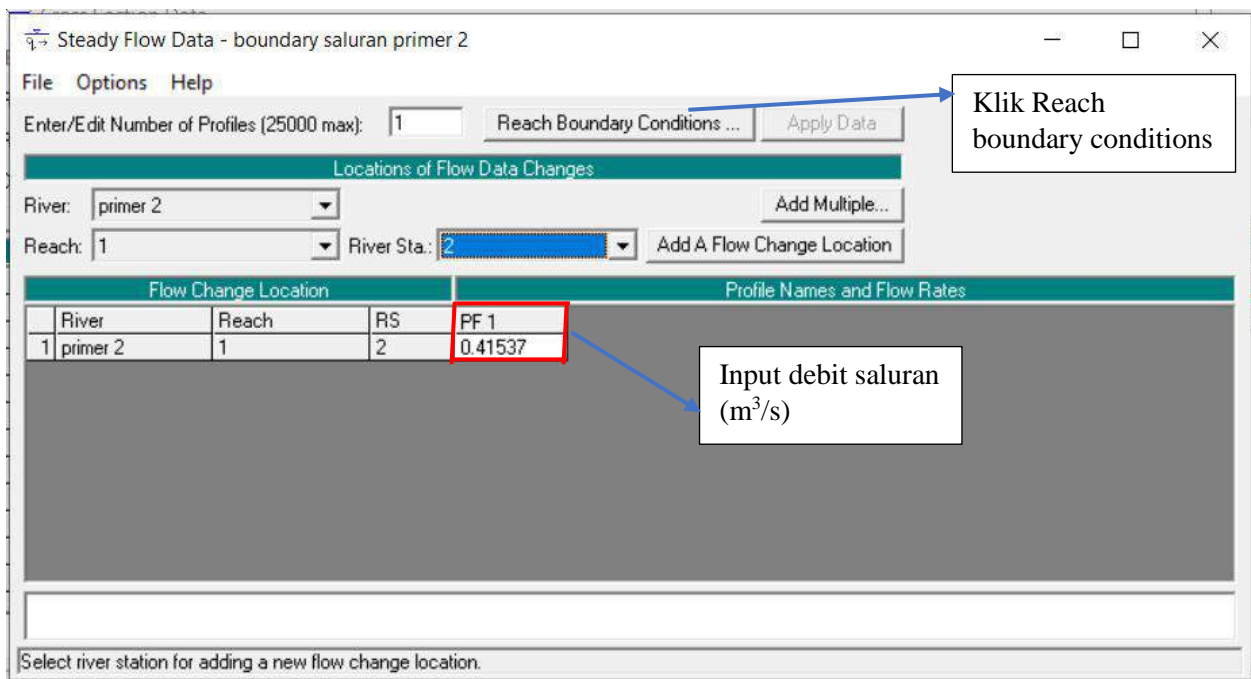
Bagian hilir :



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**



Input steady flow data :



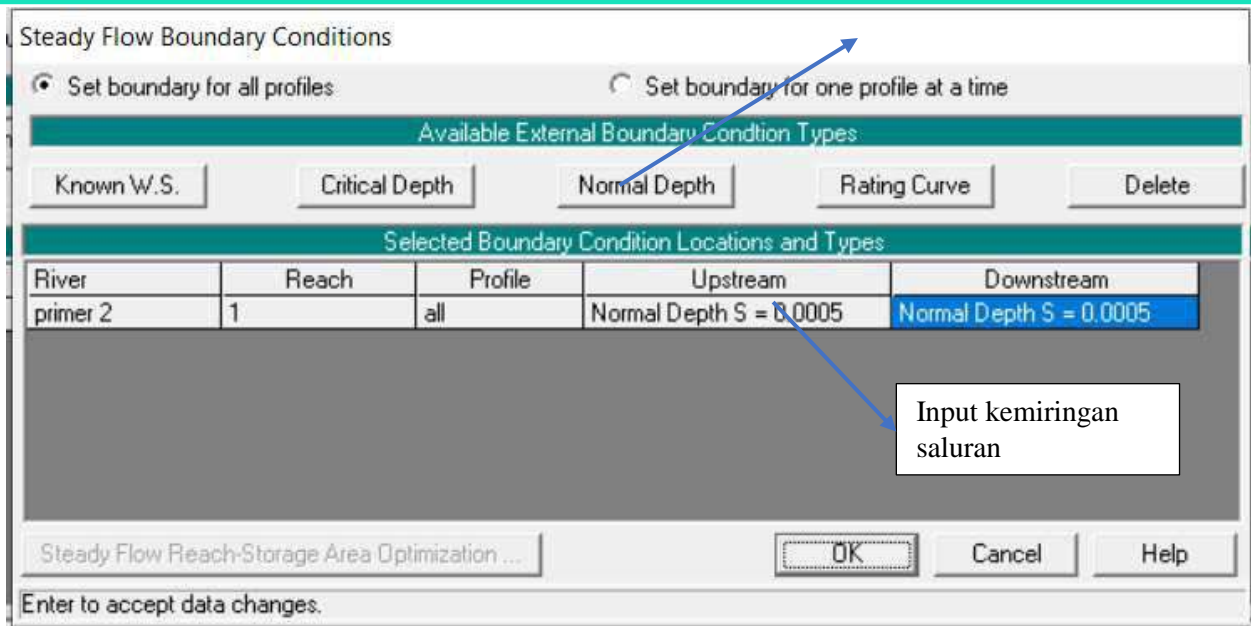
Reach boundary conditions :

Klik Normal depth

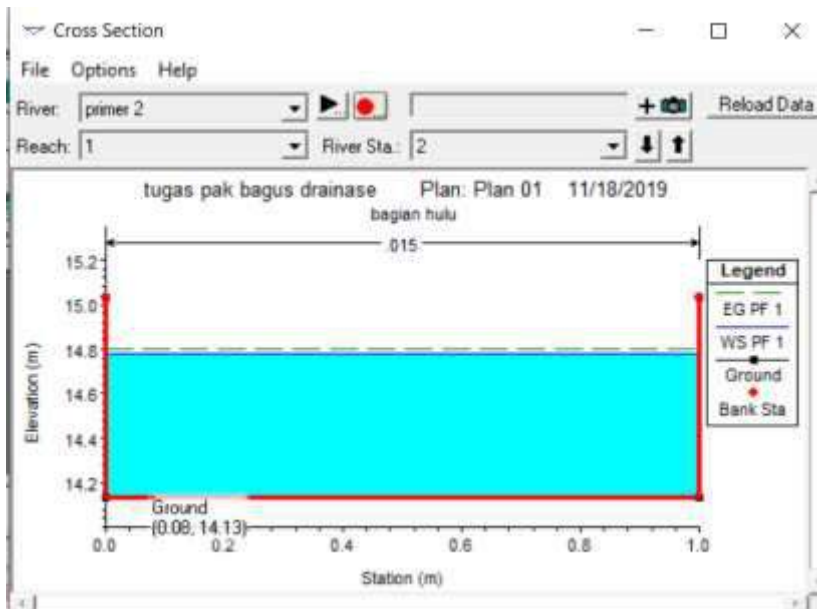




**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

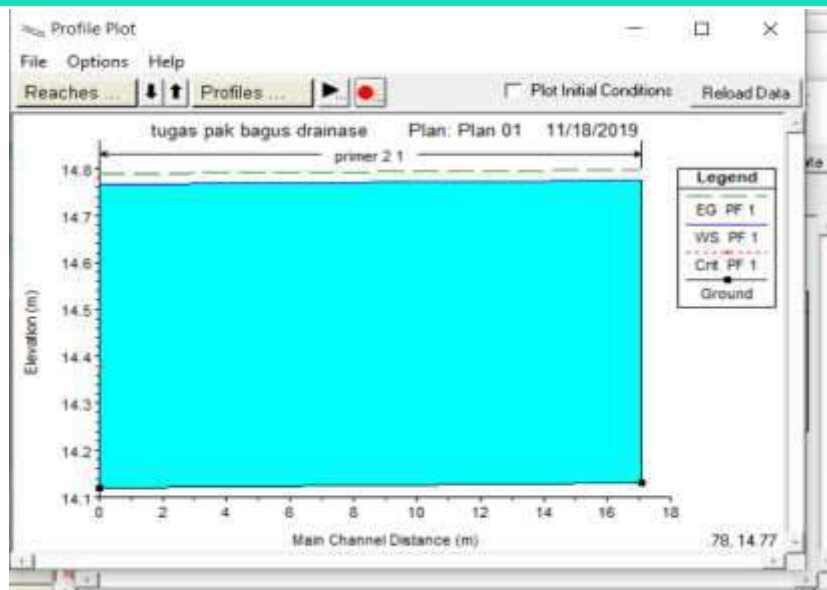


Hasil run / compute :





# TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN BESERTA STUDI KASUS IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO

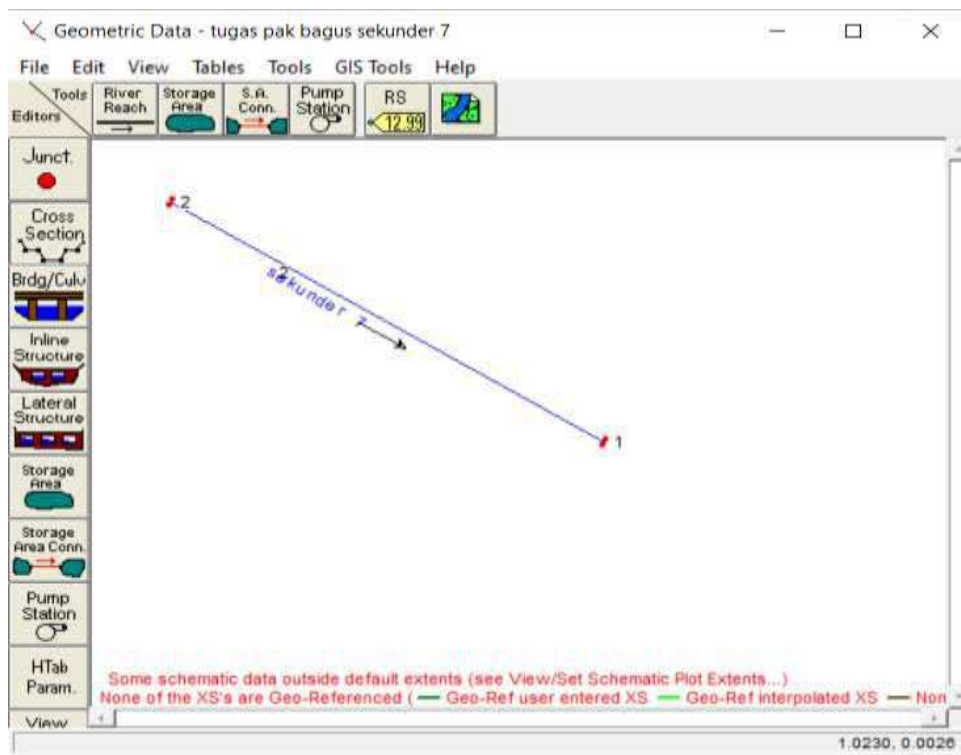


Potongan memanjang

## SALURAN SEKUNDER 7

Ulangi langkah2 diatas didapat :

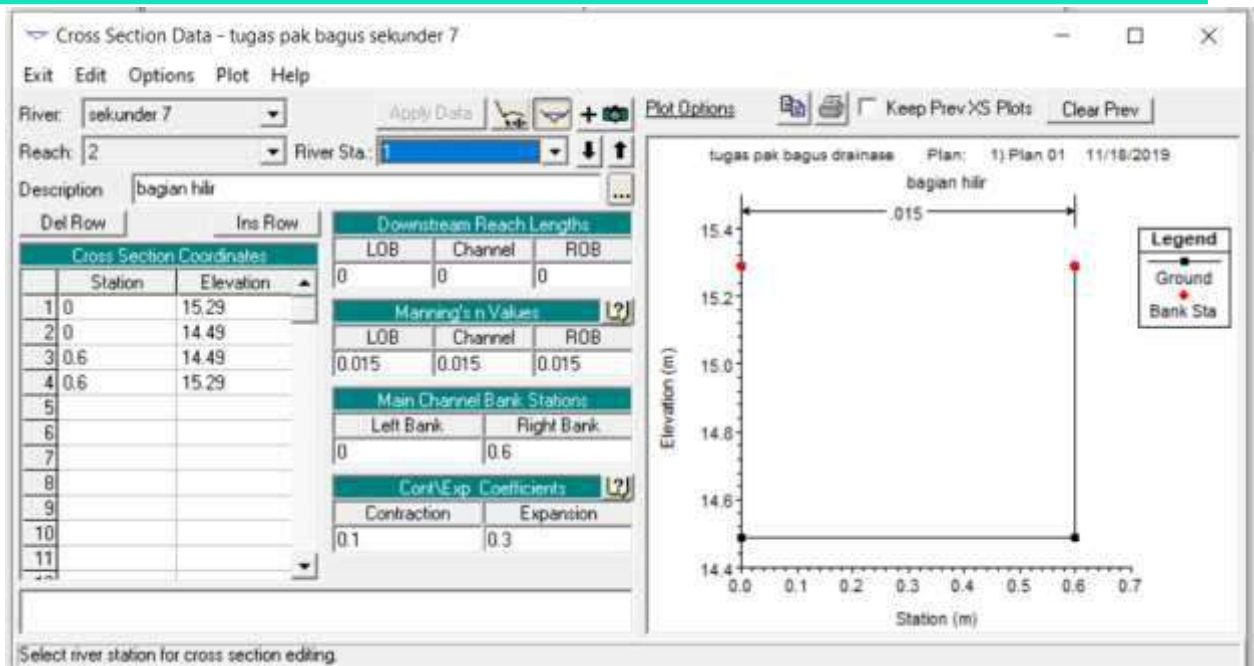
1. Masukkan reach saluran



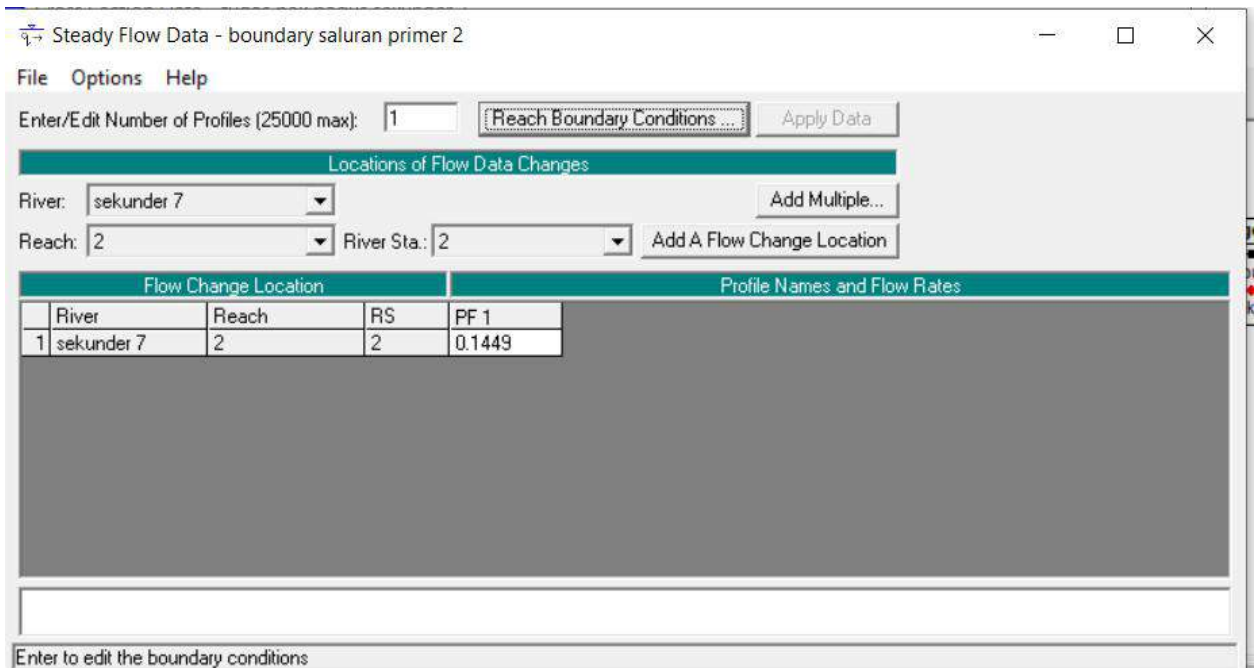
2. Masukkan dimensi saluran



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**



3. Masukkan steady flow data



4. Masukkan reach boundary conditions



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Steady Flow Boundary Conditions

Set boundary for all profiles       Set boundary for one profile at a time

Available External Boundary Condition Types

Known W.S.      Critical Depth      Normal Depth      Rating Curve      Delete

Selected Boundary Condition Locations and Types

River	Reach	Profile	Upstream	Downstream
sekunder 7	2	all	Normal Depth S = 0.0005	Normal Depth S = 0.0005

Steady Flow Reach-Storage Area Optimization ...      OK      Cancel      Help

Enter to accept data changes.

5. Klik Run / compute

Steady Flow Analysis

File Options Help

Plan: Existing Conditions Run      Short ID: Existing

Geometry File: Base Geometry Data

Steady Flow File: 10, 2 and 1% chance events

Flow Regime:  Subcritical       Supercritical       Mixed

Plan Description:

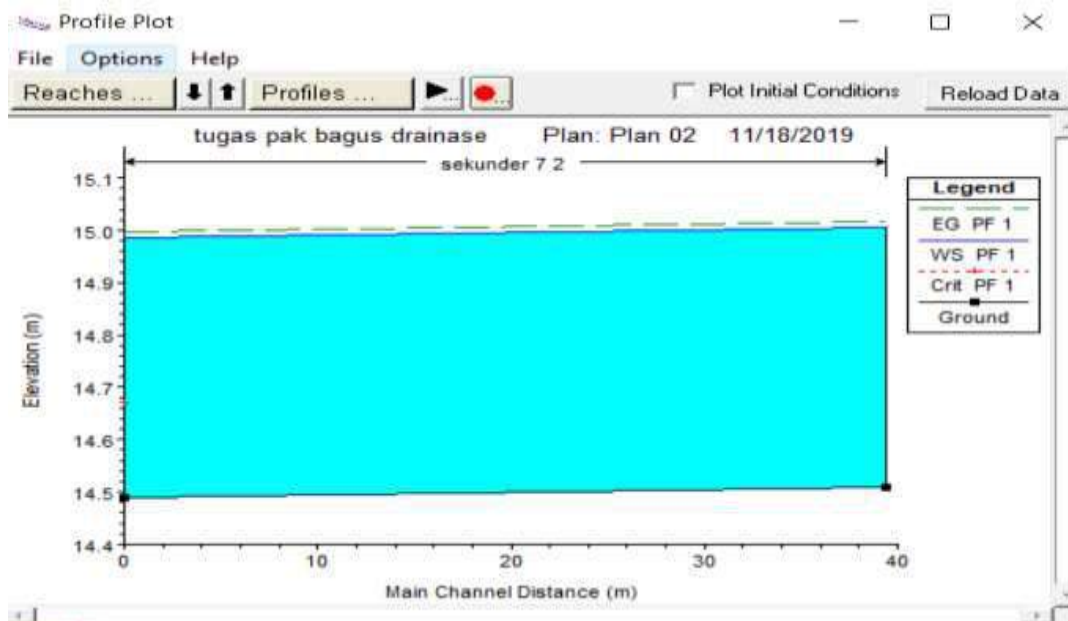
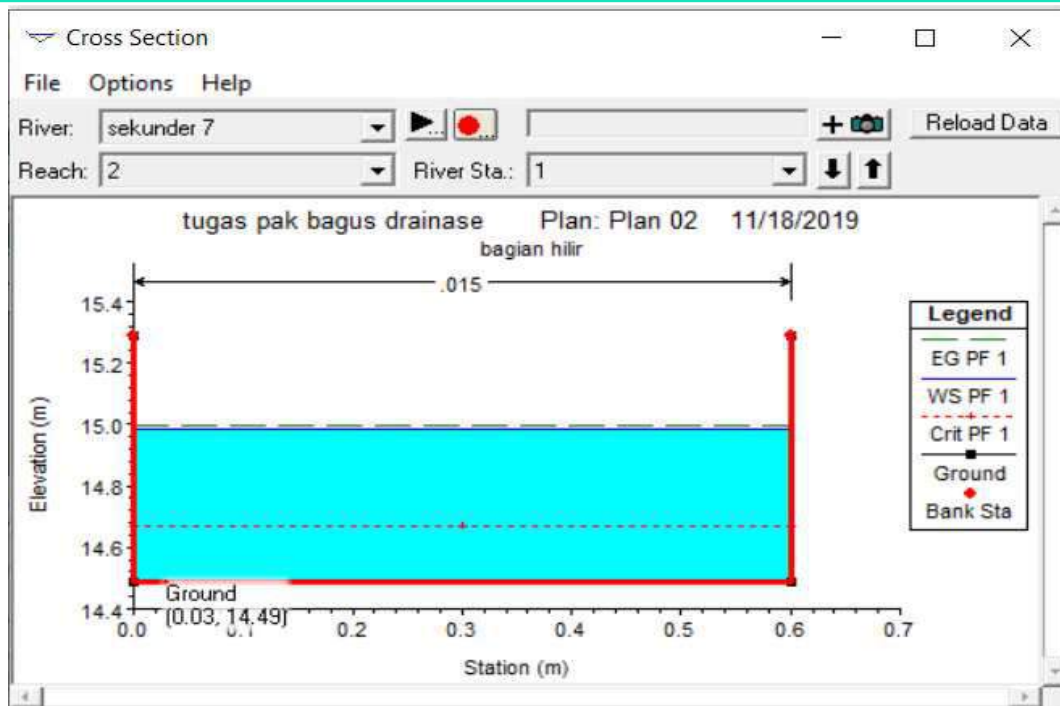
COMPUTE

Enter to compute water surface profiles

6. Hasil analisa / compute



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**



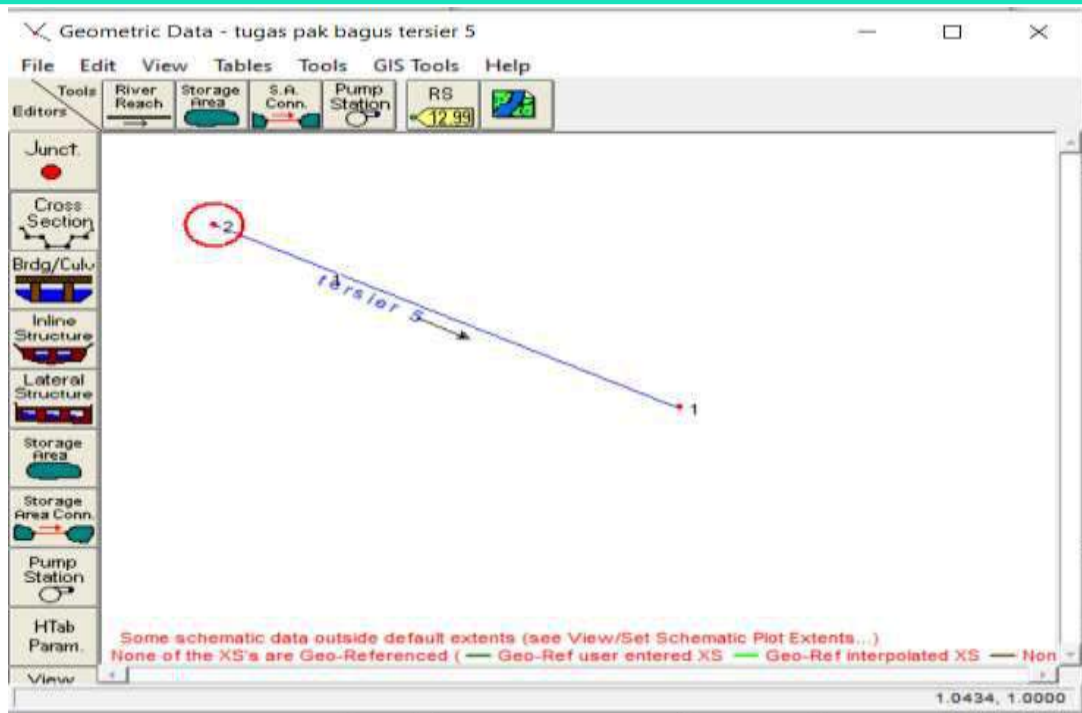
### SALURAN TERSIER 5

Ulangi langkah2 diatas didapat :

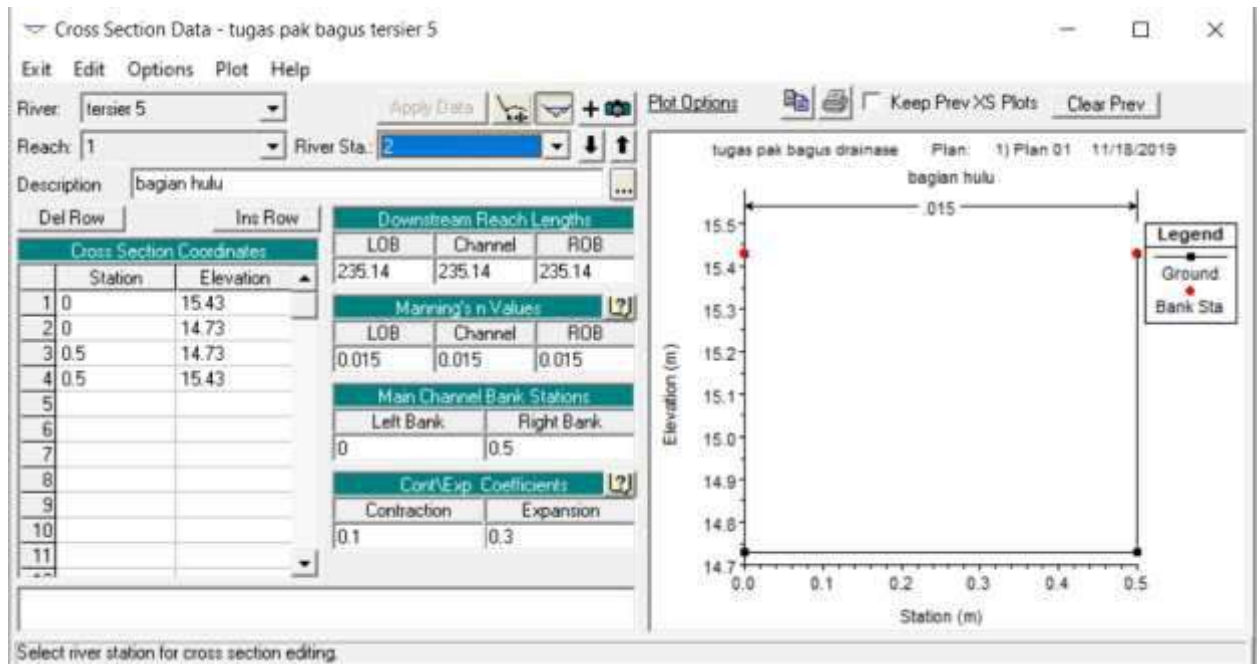
1. Masukkan reach saluran



# TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN BESERTA STUDI KASUS IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO



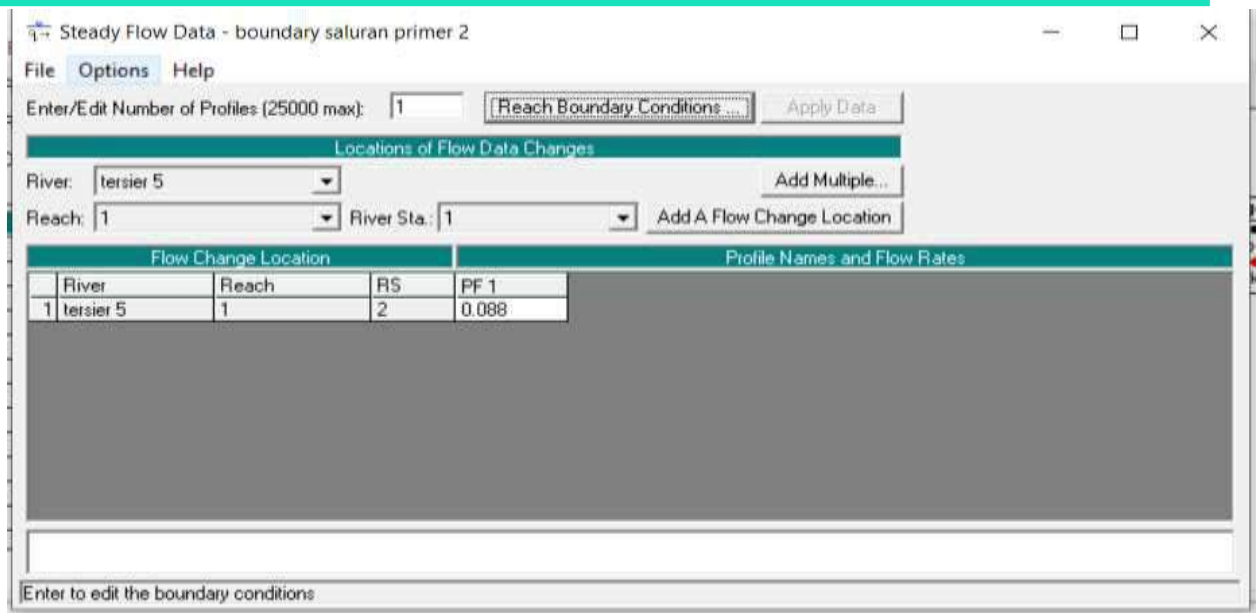
2. Masukkan dimensi saluran



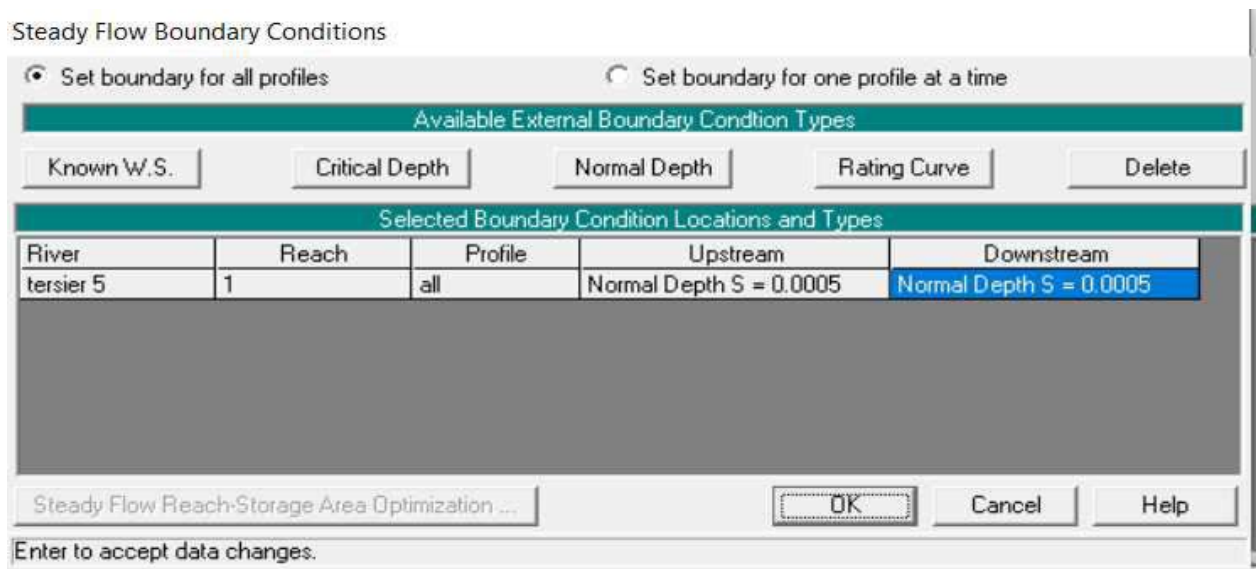
3. Masukkan steady flow data



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**



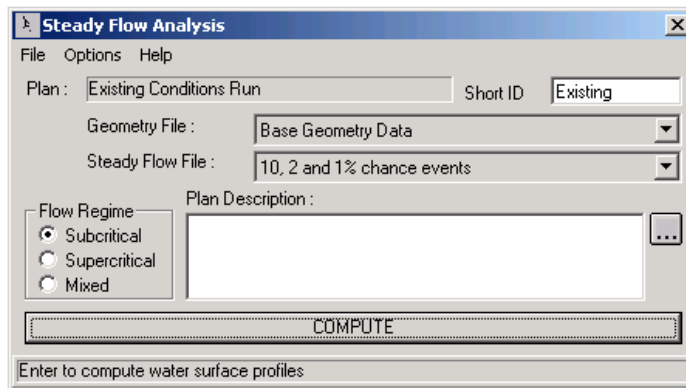
4. Masukkan reach boundary conditions



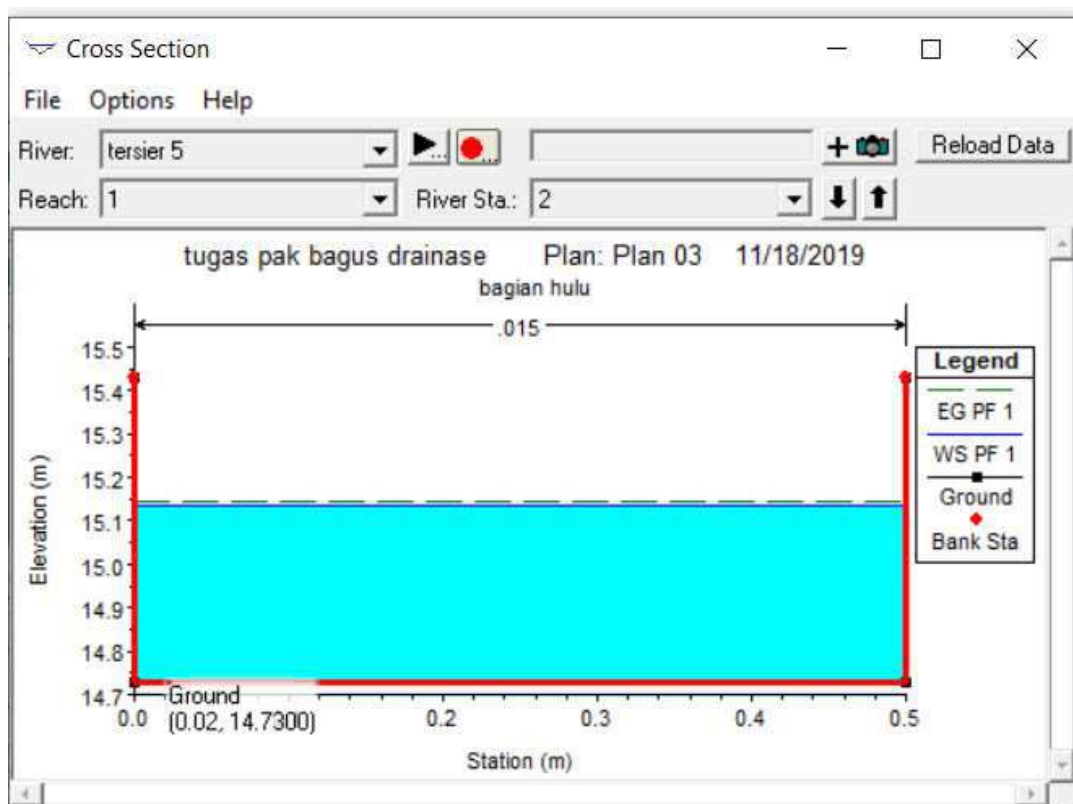
5. Klik run / compute



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**



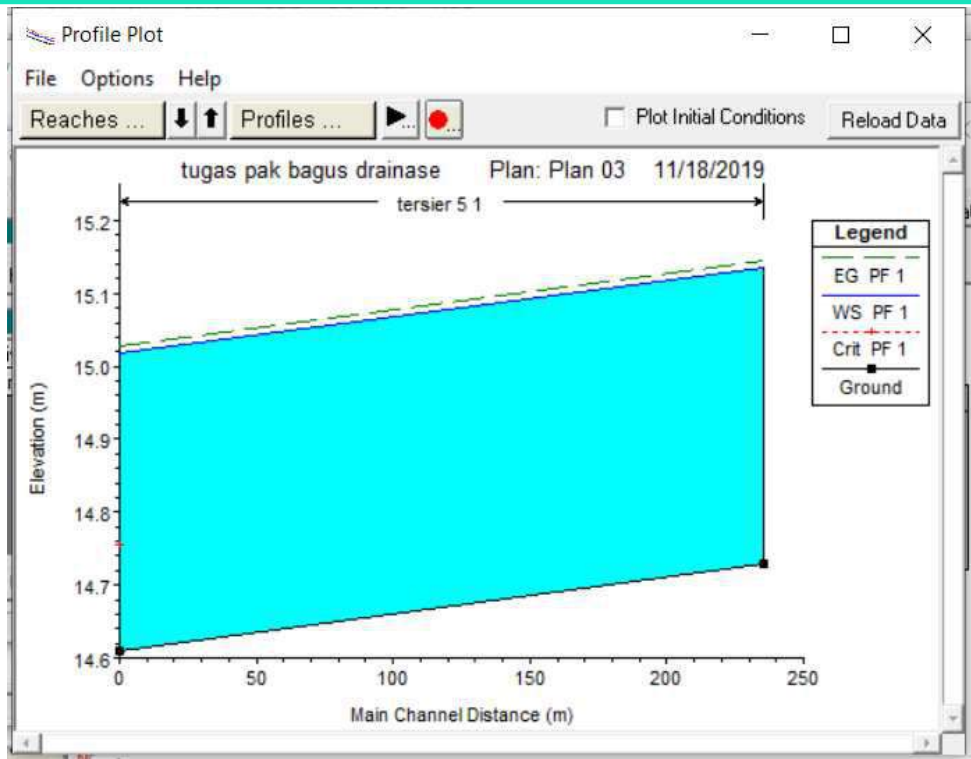
6. Hasil analisa / compute







**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**





## DATA PERENCANAAN

Dosen Asisten: Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc

Mahasiswa 1: Irfananda Setiadi Hutomo (03111740000011)

Mahasiswa 2: Senopati Ingalogo (03111740000083)

Rencanakan suatu sistem drainase dari suatu kawasan yang terdiri atas perumahan, ruko dan RTH pada suatu lahan. Kawasan tersebut perlu dikelola dalam mengalirkan limpasan air hujan (Run – off) dengan kriteria design sebagai berikut :

1. Lingkup Informasi Dasar Perencanaan
  - a. Daerah perencanaan adalah 3 – 5 blok dari layout yang telah disediakan yang telah ditentukan oleh dosen asisten.
  - b. Merencanakan arah aliran berdasarkan arah layout dan elevasinya yang telah ditentukan oleh dosen asisten.
  - c. Merencanakan skema jaringan drainase berdasarkan poin b. dengan mencantumkan beberapa informasi dasar sebagai berikut :
    - Penomoran node pada jaringan drainase yang mewakili sistem drainase
    - Penamaan masing – masing saluran beserta informasi yang harus dicantumkan diantaranya adalah :
      - Panjang saluran (ls)
      - Panjang aliran lahan (lq)
      - Luas catchment area
  - d. Laporan perencanaan sistem drainase berupa hasil analisis dan gambar kerja rencana yang telah disetujui oleh dosen asisten.
2. Analisis Hidrologi dan Hidrolika
  - a. Intensitas hujan rencana untuk tiap ruas saluran dianalisa menggunakan metode *Mononobe* dimana  $I = \frac{R24}{24} \times \frac{24}{tc}$  (*ditentukan oleh dosen asisten*)  
R2= **88** mm (untuk saluran tersier)  
R5 = **110** mm (untuk saluran primer dan sekunder)
  - b. Design penampang saluran yang digunakan *persegi* (*ditentukan oleh dosen asisten*)
  - c. Material saluran yang digunakan *beton mortar non precast – non box culvert* (*ditentukan oleh dosen asisten*)
  - d. Batas tinggi jagaan saluran yang diijinkan untuk digunakan adaah 0.1 – 0.6 m (*ditentukan oleh dosen asisten*)
  - e. Analisis perhitungan dimensi saluran menggunakan *Rumus Manning* dan berdasarkan debit periode ulang rencana dari analisis hidrologi (*ditentukan oleh dosen asisten*)
  - f. Data tanah dasar yang digunakan dalam perencanaan : (*ditentukan oleh dosen asisten*)  
Unit Weight= **19** kN/m<sup>3</sup>  
Cohesion= **10**kPa



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Sudut geser=  $10^0$

- g. Peserta didik diminta untuk mengecek hasil perencanaan salah satu saluran (*ditentukan oleh dosen asisten*) menggunakan HEC – RAS
  - h. Peserta didik diminta untuk melakukan analisis backwater pada hilir saluran primer. Batas hilir pada titik outlet adalah kedalaman normal aliran ( $h_n$ ) dengan profil muka air pada outlet berdasarkan analisis hidraulika aliran adalah  $M2$  (*ditentukan oleh dosen asisten*)
  - i. Peserta didik diminta untuk merencanakan dimensi kolam tampung berdasarkan data saluran yang telah diberikan dan perancangan yang telah dihitung
  - j. Perhitungan kebutuhan bangunan pertolongan dan bangunan pelengkap (*apabila diperlukan oleh dosen asisten*)
3. Gambar hasil analisis perencanaan (gambar A3)
- a. Gambar arah aliran drainase yang diplot pada layout
  - b. Gambar skema saluran drainase
  - c. Gambar tipikal penampang saluran
  - d. Gambar potongan memanjang saluran di salah satu tempat (*ditentukan oleh dosen asisten*)
  - e. Gambar manhole pada satu titik pertemuan saluran dilokasi yang telah ditentukan oleh dosen asisten yang meliputi tampak atas, potongan memanjang dan potongan melintang)

Surabaya, 1 September 2020  
Dosen Asistensi

Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc  
(NIP. 196109271987011001)



## ANALISIS HIDROLOGI

### 1. Perhitungan C gabungan

Diketahui :

C atap rumah= 0.85C RTH= 0.15

C hal. Paving= 0.7C jalan= 0.75

C hal. Rumput= 0.15

Contoh perhitungan :

#### a. Saluran Tersier 1 (T<sub>1</sub>)

Saluran dari A<sub>1</sub> ke A<sub>2</sub>

Panjang saluran = 153,7076 m

Catchment area :

No.	Jenis lahan	Luas (m <sup>2</sup> )	Koef. C	C x luas
1	Atap rumah	2100	0.85	1785
	Halaman paving	450	0.7	315
	Halaman rumput	450	0.15	67.5
2	Ruang terbuka hijau	0	0.15	0
3	Jalan	461.1228	0.75	345.8421

$$C_{gabungan} = \sum_{i=1}^n \frac{C_i \cdot A_i}{A_i} = \frac{1785 + 315 + 67.5 + 0 + 345.8421}{2100 + 450 + 450 + 0 + 461.1228} = 0.73$$

#### b. Saluran Sekunder 1 (S<sub>1</sub>)

Saluran dari H<sub>3</sub> ke G<sub>4</sub>

Panjang saluran = 16,5492 m

Catchment area :

No.	Jenis lahan	Luas (m <sup>2</sup> )	Koef. C	C x luas
1	Atap rumah	0	0.85	0
	Halaman paving	0	0.7	0
	Halaman rumput	0	0.15	0
2	Ruang terbuka hijau	34010.04	0.15	5101.506
3	Jalan	1526.026	0.75	1144.52

$$C_{gabungan} = \sum_{i=1}^n \frac{C_i \cdot A_i}{A_i} = \frac{0 + 0 + 0 + 5101.506 + 1144.52}{0 + 0 + 0 + 34010.04 + 1526.026} = 0.18$$



c. Saluran Primer 1 (P<sub>1</sub>)

Saluran dari G<sub>5</sub> ke G<sub>11</sub>

Panjang saluran = 38.52 m

Catchment area :

No.	Jenis lahan	Luas (m <sup>2</sup> )	Koef. C	C x luas
1	Atap rumah	19404	0.85	16493.4
	Halaman paving	4158	0.7	2910.6
	Halaman rumput	4158	0.15	2910.6
2	Ruang terbuka hijau	72115.79	0.15	10823.368
3	Jalan	10555.88	0.75	7916.91

$$C_{gabungan} = \sum_{i=1}^n \frac{C_i \cdot A_i}{A_i} = \frac{16493.4 + 2910.6 + 2910.6 + 10823.368 + 7916.91}{19404 + 4158 + 4158 + 72115.79 + 10555.88} = 0.33$$



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Nama sal	Node		Panjang Saluran L (m)	Kavling						Ruang Terbuka Hijau		Jalan		Σ Ci x Ai	Σ Ai	C gabungan	
	Dari	Ke		A (m <sup>2</sup> )	Rumah (70%)		Hal. Paving (30%)		Hal. Rumput (0%)		A (m <sup>2</sup> )	C	A (m <sup>2</sup> )				C
					A (m <sup>2</sup> )	C	A (m <sup>2</sup> )	C	A (m <sup>2</sup> )	C							
T1	A1	A2	153.7076	3000	2100	0.85	450	0.7	450	0.15	0	0.15	461.1228	0.75	2513.342	3461.123	0.73
T2	A7	D3	93.14	0	0	0.85	0	0.7	0	0.15	0	0.15	279.42	0.75	209.565	279.42	0.75
T3	D2	D4	53.995	0	0	0.85	0	0.7	0	0.15	63.3576	0.15	161.985	0.75	130.9924	225.3426	0.58
T4	D1	D5	149.568	2160	1512	0.85	324	0.7	324	0.15	0	0.15	448.704	0.75	1897.128	2608.704	0.73
T5	A3	A4	235.14	5400	3780	0.85	810	0.7	810	0.15	348.3572	0.15	705.42	0.75	4482.819	6453.777	0.69
T6	B1	C1	218.7176	4080	2856	0.85	612	0.7	612	0.15	348.3572	0.15	656.1528	0.75	3492.168	5084.51	0.69
T7	B2	B3	39.2278	0	0	0.85	0	0.7	0	0.15	19.3276	0.15	117.6834	0.75	91.16169	137.011	0.67
T8	C4	C3	40.9116	0	0	0.85	0	0.7	0	0.15	19.052	0.15	0	0.75	2.8578	19.052	0.15
T9	B4	B3	72.2046	1440	1008	0.85	216	0.7	216	0.15	525.0318	0.15	0	0.75	1119.155	1965.032	0.57
T10	E4	E1	167.3	2640	1848	0.85	396	0.7	396	0.15	1133.952	0.15	0	0.75	2077.493	3773.952	0.55
T11	E3	E2	193.1378	2640	1848	0.85	396	0.7	396	0.15	0	0.15	0	0.75	1907.4	2640	0.72
T12	B5	F1	207.971	2400	1680	0.85	360	0.7	360	0.15	34.384	0.15	0	0.75	1739.158	2434.384	0.71
T13	F3	F2	113.5458	2400	1680	0.85	360	0.7	360	0.15	0	0.15	0	0.75	1734	2400	0.72
T14	G10	G1	111.743	1680	1176	0.85	252	0.7	252	0.15	0	0.15	0	0.75	1213.8	1680	0.72
T15	G9	G2	122.468	1680	1176	0.85	252	0.7	252	0.15	105.202	0.15	0	0.75	1229.58	1785.202	0.69
T16	G8	G3	130.017	0	0	0.85	0	0.7	0	0.15	175.5914	0.15	0	0.75	26.33871	175.5914	0.15
T17	H1	D3	99.08	0	0	0.85	0	0.7	0	0.15	372.0184	0.15	0	0.75	55.80276	372.0184	0.15
T18	H2	H3	349.5358	0	0	0.85	0	0.7	0	0.15	19366.13	0.15	0	0.75	2904.92	19366.13	0.15
T19	H4	H3	159.1394	0	0	0.85	0	0.7	0	0.15	14643.91	0.15	0	0.75	2196.586	14643.91	0.15
T20	H5	G5	151.4942	0	0	0.85	0	0.7	0	0.15	180.415	0.15	0	0.75	27.06225	180.415	0.15
T21	G7	G4	32.6963	0	0	0.85	0	0.7	0	0.15	770.9896	0.15	0	0.75	115.6484	770.9896	0.15
T22	G6	G5	64.8606	0	0	0.85	0	0.7	0	0.15	0	0.15	194.5818	0.75	145.9364	194.5818	0.75
S1	H3	G4	16.5492	0	0	0.85	0	0.7	0	0.15	34010.04	0.15	0	0.75	5101.506	34010.04	0.15
S2	C3	C2	107.9954	1440	1008	0.85	216	0.7	216	0.15	610.6106	0.15	441.6696	0.75	1463.244	2492.28	0.59
S3	B3	C3	5.28	3360	2352	0.85	504	0.7	504	0.15	1172.332	0.15	457.5096	0.75	2946.582	4989.841	0.59
S4	D5	C2	6.823	3840	2688	0.85	576	0.7	576	0.15	609.355	0.15	1199.322	0.75	3765.295	5648.677	0.67
S5	D4	D5	89.18	1680	1176	0.85	252	0.7	252	0.15	609.355	0.15	730.149	0.75	1852.815	3019.504	0.61
S6	D3	D4	7.068	0	0	0.85	0	0.7	0	0.15	389.9218	0.15	300.624	0.75	283.9563	690.5458	0.41
S7	C1	C2	39.4436	7080	4956	0.85	1062	0.7	1062	0.15	411.2772	0.15	1545.455	0.75	6336.083	9036.733	0.70
S8	A3	C1	10.143	3000	2100	0.85	450	0.7	450	0.15	0	0.15	770.9718	0.75	2745.729	3770.972	0.73
P1	G5	G11	38.52	27720	19404	0.85	4158	0.7	4158	0.15	72155.79	0.15	4106.364	0.75	33930.84	103982.2	0.33
P2	G4	G5	17.1	27720	19404	0.85	4158	0.7	4158	0.15	37965.34	0.15	3796.222	0.75	28569.67	69481.56	0.41
P3	G3	G4	18.665	27720	19404	0.85	4158	0.7	4158	0.15	3184.306	0.15	3744.922	0.75	23314.04	34649.23	0.67
P4	G2	G3	12.1986	27720	19404	0.85	4158	0.7	4158	0.15	3008.714	0.15	3688.927	0.75	23245.7	34417.64	0.68
P5	G1	G2	41.1346	26040	18228	0.85	3906	0.7	3906	0.15	2903.512	0.15	3652.331	0.75	21988.68	32595.84	0.67
P6	F2	G1	9.9094	24360	17052	0.85	3654	0.7	3654	0.15	2862.512	0.15	3528.928	0.75	20676.17	30751.44	0.67
P7	F1	F2	38.179	21960	15372	0.85	3294	0.7	3294	0.15	2862.512	0.15	3499.199	0.75	18919.88	28321.71	0.67
P8	E2	F1	6.8622	19560	13692	0.85	2934	0.7	2934	0.15	2828.128	0.15	3384.662	0.75	17094.82	25772.79	0.66
P9	E1	E2	41.4186	16920	11844	0.85	2538	0.7	2538	0.15	2828.128	0.15	3364.076	0.75	15171.98	23112.2	0.66
P10	C2	E1	17.791	14280	9996	0.85	2142	0.7	2142	0.15	1631.243	0.15	3239.82	0.75	12991.85	19151.06	0.68

*Tabel Perhitungan C gabungan*

Asumsi : lebar jalan = 6 meter, Luas 1 rumah = 240 m<sup>2</sup>





## 2. Perhitungan waktu $t_0$ , $t_r$ dan $t_c$

Perhitungan dimensi saluran membutuhkan nilai  $t_0$ ,  $t_c$  dan  $t_r$  untuk masing – masing jenis bangunan (jalan, sepadan, halaman paving, dsb.) dan RTH. Untuk menentukan nilai  $t_f$  diperlukan nilai kecepatan ( $v$ ) dari perhitungan  $Q$  Hidraulika sehingga saat menghitung  $t_f$  dilakukan bersamaan dengan design hidraulik saluran.

Contoh perhitungan :

### a. Saluran Tersier 1 ( $T_1$ )

- Jalan

Nd jalan = 0.02

Panjang pengaliran (L) jalan = 3.125 m

Kemiringan (S) jalan = 2%

$$t_0 = 1.44 \times \left( n_d \times \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.467} = 1.44 \times \left( 0.02 \times \frac{3.125}{\sqrt{2\%}} \right)^{0.467} = 0.98 \text{ menit}$$

#### Bangunan

- **Halaman paving**

Nd paving = 0.1

Panjang pengaliran (L) = 3 m

Kemiringan (S) = 0.2%

$$t_0 = 1.44 \times \left( n_d \times \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.467} = 1.44 \times \left( 0.1 \times \frac{3}{\sqrt{0.2\%}} \right)^{0.467} = 3.5 \text{ menit}$$

- **Halaman rumput**

Nd = 0.2

Panjang pengaliran (L) = 3 m

Kemiringan (S) = 0.2%

$$t_0 = 1.44 \times \left( n_d \times \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.467} = 1.44 \times \left( 0.2 \times \frac{3}{\sqrt{0.2\%}} \right)^{0.467} = 4.84 \text{ menit}$$

- **Atap rumah**

Nd = 0.02

Panjang pengaliran (L) = 26.4 m

Kemiringan (S) =  $\tan 25^\circ = 0.47$

$$t_0 = 1.44 \times \left( n_d \times \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.467} = 1.44 \times \left( 0.02 \times \frac{26.4}{\sqrt{0.47}} \right)^{0.467} = 3.74 \text{ menit}$$



$$t_0 \text{ bangunan} = t_0 \text{ atap} + t_0 \text{ halaman paving} + t_0 \text{ halaman rumput} \\ = 3.74 + 3.5 + 4.84 = 12.09 \text{ menit}$$

Dikarenakan  $t_0 \text{ bangunan} > t_0 \text{ jalan}$ , maka dipakai  $t_0 \text{ bangunan}$ , sehingga  $t_0 \text{ saluran}$  tersier 1 = 12.09 menit = 0.2104 jam

Dengan :

$$V \text{ sal rencana} = 0.373 \text{ m/s}$$

$$L \text{ saluran} = 153.708 \text{ m}$$

Didapatkan :

$$t_f = \frac{L}{v} = \frac{153.708}{0.373} = 6.86 \text{ menit} = 0.11 \text{ jam}$$

Maka waktu konsentrasi saluran T1 :

$$t_c = t_0 + t_f = 0.2104 + 0.11 = 0.32 \text{ jam}$$

#### b. Saluran Sekunder 2 (S<sub>2</sub>)

- Jalan

$$N_d \text{ jalan} = 0.02$$

$$\text{Panjang pengaliran (L) jalan} = 3.125 \text{ m}$$

$$\text{Kemiringan (S) jalan} = 2\%$$

$$t_0 = 1.44 \times \left( n_d \times \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.467} = 1.44 \times \left( 0.02 \times \frac{3.125}{\sqrt{2\%}} \right)^{0.467} = 0.98 \text{ menit}$$

- Ruang Terbuka Hijau

$$N_d \text{ RTH} = 0.2$$

$$\text{Panjang pengaliran (L) RTH} = 11.68 \text{ m}$$

$$\text{Kemiringan (S) RTH} = 1\%$$

$$t_0 = 1.44 \times \left( n_d \times \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.467} = 1.44 \times \left( 0.2 \times \frac{11.68}{\sqrt{1\%}} \right)^{0.467} = 6.27 \text{ menit}$$

#### Bangunan

- **Halaman paving**

$$N_d \text{ paving} = 0.2$$

$$\text{Panjang pengaliran (L)} = 3 \text{ m}$$

$$\text{Kemiringan (S)} = 0.2\%$$

$$t_0 = 1.44 \times \left( n_d \times \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.467} = 1.44 \times \left( 0.2 \times \frac{3}{\sqrt{0.2\%}} \right)^{0.467} = 3.5 \text{ menit}$$





- **Halaman rumput**

$$N_d = 0.2$$

$$\text{Panjang pengaliran (L)} = 3 \text{ m}$$

$$\text{Kemiringan (S)} = 0.2\%$$

$$t_0 = 1.44 \times \left( n_d \times \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.467} = 1.44 \times \left( 0.2 \times \frac{3}{\sqrt{0.2\%}} \right)^{0.467} = 4.84 \text{ menit}$$

- **Atap rumah**

$$N_d = 0.02$$

$$\text{Panjang pengaliran (L)} = 26.4 \text{ m}$$

$$\text{Kemiringan (S)} = \tan 25^\circ = 0.47$$

$$t_0 = 1.44 \times \left( n_d \times \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.467} = 1.44 \times \left( 0.02 \times \frac{26.4}{\sqrt{0.47}} \right)^{0.467} = 3.74 \text{ menit}$$

$$t_0 \text{ bangunan} = t_0 \text{ atap} + t_0 \text{ halaman paving} + t_0 \text{ halaman rumput}$$
$$= 4.84 + 3.74 + 3.5 = 12.09 \text{ menit}$$

$$t_0 \text{ saluran sebelumnya} = 15.88 \text{ menit}$$

Dikarenakan  $t_0$  saluran sebelumnya merupakan  $t_0$  saluran yang paling lama, maka  $t_0$  saluran Sekunder 2 =  $t_0$  saluran sebelumnya = 15.88 menit

Dengan :

$$V \text{ sal rencana} = 0.354 \text{ m/s}$$

$$L \text{ saluran} = 107.995 \text{ m}$$

Didapatkan :

$$t_f = \frac{L}{v} = \frac{107.995}{0.354} = 5.09 \text{ menit} = 0.08 \text{ jam}$$

Maka waktu konsentrasi saluran  $S_2$  :

$$t_c = t_0 + t_f = 15.88 + 5.09 = 20.97 \text{ menit} = 0.35 \text{ jam}$$

c. **Saluran Primer 9 ( $P_9$ )**

- Jalan

$$N_d \text{ jalan} = 0.02$$

$$\text{Panjang pengaliran (L) jalan} = 3.125 \text{ m}$$

$$\text{Kemiringan (S) jalan} = 2\%$$

$$t_0 = 1.44 \times \left( n_d \times \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.467} = 1.44 \times \left( 0.02 \times \frac{3.125}{\sqrt{2\%}} \right)^{0.467} = 0.98 \text{ menit}$$



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

- Ruang Terbuka Hijau

$$N_d \text{ RTH} = 0.2$$

$$\text{Panjang pengaliran (L) RTH} = 23.52 \text{ m}$$

$$\text{Kemiringan (S) RTH} = 1\%$$

$$t_0 = 1.44 \times \left( n_d \times \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.467} = 1.44 \times \left( 0.2 \times \frac{23.52}{\sqrt{1\%}} \right)^{0.467} = 5.62 \text{ menit}$$

Bangunan

- **Halaman paving**

$$N_d \text{ paving} = 0.2$$

$$\text{Panjang pengaliran (L)} = 0 \text{ m}$$

$$\text{Kemiringan (S)} = 0.2\%$$

$$t_0 = 1.44 \times \left( n_d \times \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.467} = 1.44 \times \left( 0.2 \times \frac{0}{\sqrt{0.2\%}} \right)^{0.467} = 0 \text{ menit}$$

- **Halaman rumput**

$$N_d = 0.2$$

$$\text{Panjang pengaliran (L)} = 0 \text{ m}$$

$$\text{Kemiringan (S)} = 0.2\%$$

$$t_0 = 1.44 \times \left( n_d \times \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.467} = 1.44 \times \left( 0.2 \times \frac{0}{\sqrt{0.2\%}} \right)^{0.467} = 0 \text{ menit}$$

- **Atap rumah**

$$N_d = 0.02$$

$$\text{Panjang pengaliran (L)} = 0 \text{ m}$$

$$\text{Kemiringan (S)} = \tan 25^\circ = 0.47$$

$$t_0 = 1.44 \times \left( n_d \times \frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.467} = 1.44 \times \left( 0.02 \times \frac{0}{\sqrt{0.47}} \right)^{0.467} = 0 \text{ menit}$$

$$t_0 \text{ bangunan} = t_0 \text{ atap} + t_0 \text{ halaman paving} + t_0 \text{ halaman rumput}$$

$$= 0 + 0 + 0 = 0 \text{ menit}$$

$$t_0 \text{ saluran sebelumnya} = 23.69 \text{ menit}$$

Dikarenakan  $t_0$  saluran sebelumnya merupakan  $t_0$  saluran yang paling lama, maka  $t_0$  saluran Primer 9 =  $t_0$  saluran sebelumnya = 23.69 menit

Dengan :

$$V \text{ sal rencana} = 0.3949 \text{ m/s}$$



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

L saluran= 41.4186 m

Didapatkan :

$$t_f = \frac{L}{v} = \frac{41.4186}{0.3949} = 0.19 \text{ menit} = 0.003 \text{ jam}$$

Maka waktu konsentrasi saluran  $P_9$  :

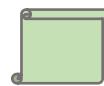
$$t_c = t_0 + t_f = 23.69 + 0.19 = 24.86 \text{ menit} = 0.41 \text{ jam}$$



# TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN

Nama Saluran	Jenis Saluran	Node		Kavling											Ruang Terbuka Hijau				Jalan				to pakai (menit)	to pakai (jam)	Panjang Saluran L (m)	v rencana saluran (m/s)	tf (detik)	tf (menit)	tc (jam)		
				Rumah				Halaman paving				Halaman rumput			to (menit)	nd	L (m)	s (%)	to (menit)	nd	L (m)	s (%)								to (menit)	
				nd	L (m)	s (%)	to	nd	L (m)	s (%)	to	nd	L (m)	s (%)																	to
T1	Tersier	A1	A2	0.02	0.0	0.47	0.00	0.1	3	0.2	3.50	0.2	3	0.2	4.84	8.34	0.2	0	1	0.00	0.02	3.125	2	0.98	8.34	0.1391	153.7076	0.386	398.20	6.64	0.25
T2	Tersier	A7	D3	0.02	0	0.47	0.00	0.1	0	0.2	0.00	0.2	0	0.2	0.00	0.00	0.2	0	1	0.00	0.02	3.125	2	0.98	0.98	0.0164	93.14	0.230	404.16	6.74	0.13
T3	Tersier	D2	D4	0.02	0	0.47	0.00	0.1	0	0.2	0.00	0.2	0	0.2	0.00	0.00	0.2	7.7266	1	5.17	0.02	3.125	2	0.98	5.17	0.0862	53.995	0.200	269.62	4.49	0.16
T4	Tersier	D1	D5	0.02	0.0	0.47	0.00	0.1	3	0.2	3.50	0.2	3	0.2	4.84	8.34	0.2	0	1	0.00	0.02	3.125	2	0.98	0.98	0.0164	149.568	0.407	367.26	6.12	0.12
T5	Tersier	A3	A4	0.02	0.0	0.47	0.00	0.1	3	0.2	3.50	0.2	3	0.2	4.84	8.34	0.2	13	1	6.59	0.02	3.125	2	0.98	8.34	0.1391	235.14	0.431	546.07	9.10	0.29
T6	Tersier	B1	C1	0.02	0.0	0.47	0.00	0.1	3	0.2	3.50	0.2	3	0.2	4.84	8.34	0.2	0	1	0.00	0.02	3.125	2	0.98	8.34	0.1391	218.7176	0.396	552.29	9.20	0.29
T7	Tersier	B2	B3	0.02	0	0.47	0.00	0.1	0	0.2	0.00	0.2	0	0.2	0.00	0.00	0.2	4.104	1	3.85	0.02	3.125	2	0.98	3.85	0.0641	39.2278	0.191	205.13	3.42	0.12
T8	Tersier	C4	C3	0.02	0	0.47	0.00	0.1	0	0.2	0.00	0.2	0	0.2	0.00	0.00	0.2	4.6152	1	4.07	0.02	3.125	2	0.98	4.07	0.0678	40.9116	0.191	213.46	3.57	0.13
T9	Tersier	B4	B3	0.02	0.0	0.47	0.00	0.1	3	0.2	3.50	0.2	3	0.2	4.84	8.34	0.2	13	1	6.59	0.02	3.125	2	0.98	8.34	0.1391	72.2046	0.335	215.52	3.59	0.20
T10	Tersier	E4	E1	0.02	0.0	0.47	0.00	0.1	3	0.2	3.50	0.2	3	0.2	4.84	8.34	0.2	13	1	6.59	0.02	3.125	2	0.98	8.34	0.1391	167.3	0.366	457.21	7.62	0.27
T11	Tersier	E3	E2	0.02	0.0	0.47	0.00	0.1	3	0.2	3.50	0.2	3	0.2	4.84	8.34	0.2	0	1	0.00	0.02	3.125	2	0.98	8.34	0.1391	193.1378	0.358	539.99	9.00	0.29
T12	Tersier	B5	F1	0.02	0.0	0.47	0.00	0.1	3	0.2	3.50	0.2	3	0.2	4.84	8.34	0.2	3.1	1	3.38	0.02	3.125	2	0.98	8.34	0.1391	207.971	0.350	593.46	9.89	0.30
T13	Tersier	F3	F2	0.02	0.0	0.47	0.00	0.1	3	0.2	3.50	0.2	3	0.2	4.84	8.34	0.2	0	1	0.00	0.02	3.125	2	0.98	8.34	0.1391	113.5458	0.355	319.98	5.33	0.23
T14	Tersier	G10	G1	0.02	0.0	0.47	0.00	0.1	3	0.2	3.50	0.2	3	0.2	4.84	8.34	0.2	0	1	0.00	0.02	3.125	2	0.98	8.34	0.1391	111.743	0.330	338.29	5.64	0.23
T15	Tersier	G9	G2	0.02	0.0	0.47	0.00	0.1	3	0.2	3.50	0.2	3	0.2	4.84	8.34	0.2	5.18	1	4.29	0.02	3.125	2	0.98	8.34	0.1391	122.468	0.330	371.30	6.19	0.24
T16	Tersier	G8	G3	0.02	0	0.47	0.00	0.1	0	0.2	0.00	0.2	0	0.2	0.00	0.00	0.2	14.66	1	6.97	0.02	3.125	2	0.98	6.97	0.1162	130.017	0.143	913.43	15.19	0.37
T17	Tersier	H1	D3	0.02	0	0.47	0.00	0.1	0	0.2	0.00	0.2	0	0.2	0.00	0.00	0.2	12.89	1	6.57	0.02	3.125	2	0.98	6.57	0.1095	99.08	0.225	440.16	7.34	0.23
T18	Tersier	H2	H3	0.02	0	0.47	0.00	0.1	0	0.2	0.00	0.2	0	0.2	0.00	0.00	0.2	156	1	21.04	0.02	3.125	2	0.98	21.04	0.3507	349.5358	0.367	952.24	15.87	0.62
T19	Tersier	H4	H3	0.02	0	0.47	0.00	0.1	0	0.2	0.00	0.2	0	0.2	0.00	0.00	0.2	162	1	21.42	0.02	3.125	2	0.98	21.42	0.3570	159.1394	0.348	457.72	7.63	0.48
T20	Tersier	H5	G5	0.02	0	0.47	0.00	0.1	0	0.2	0.00	0.2	0	0.2	0.00	0.00	0.2	1	1	1.99	0.02	3.125	2	0.98	1.99	0.0332	151.4942	0.244	618.11	10.30	0.20
T21	Tersier	G7	G4	0.02	0	0.47	0.00	0.1	0	0.2	0.00	0.2	0	0.2	0.00	0.00	0.2	11.74	1	6.29	0.02	3.125	2	0.98	6.29	0.1048	32.6963	0.221	147.63	2.46	0.15
T22	Tersier	G6	G5	0.02	0	0.47	0.00	0.1	0	0.2	0.00	0.2	0	0.2	0.00	0.00	0.2	0	1	0.00	0.02	3.125	2	0.98	0.98	0.0164	64.8606	0.222	292.24	4.87	0.10
S1	Sekunder	H3	G4	0.02	0.0	0.47	0.00	0.1	0	0.2	0.00	0.2	0	0.2	0.00	0.00	0.2	15.22	1	7.10	0.02	0	2	0.00	36.91	0.6152	16.5492	0.416	39.77	0.66	0.63
S2	Sekunder	C3	C2	0.02	0.0	0.47	0.00	0.1	3	0.2	3.50	0.2	3	0.2	4.84	8.34	0.2	11.68	1	6.27	0.02	3.125	2	0.98	12.14	0.2023	107.9954	0.350	308.67	5.14	0.29
S3	Sekunder	B3	C3	0.02	0	0.47	0.00	0.1	0	0.2	0.00	0.2	0	0.2	0.00	0.00	0.2	13.275	1	6.66	0.02	3.125	2	0.98	11.94	0.1989	5.28	0.430	12.27	0.20	0.20
S4	Sekunder	D5	C2	0.02	0.0	0.47	0.00	0.1	0	0.2	0.00	0.2	0	0.2	0.00	0.00	0.2	0	1	0.00	0.02	0	2	0.00	18.44	0.3073	6.823	0.431	15.85	0.26	0.31
S5	Sekunder	D4	D5	0.02	0.0	0.47	0.00	0.1	3	0.2	3.50	0.2	3	0.2	4.84	8.34	0.2	0	1	0.00	0.02	3.125	2	0.98	14.39	0.2398	89.18	0.367	242.91	4.05	0.31
S6	Sekunder	D3	D4	0.02	0.0	0.47	0.00	0.1	0.0	0.2	0.00	0.2	0.0	0.2	0.00	0.00	0.2	11.99	1	6.35	0.02	0	2	0.00	13.90	0.2317	7.068	0.244	29.02	0.48	0.24
S7	Sekunder	C1	C2	0.02	0.0	0.47	0.00	0.1	0.0	0.2	0.00	0.2	0.0	0.2	0.00	0.00	0.2	9.2	1	5.61	0.02	3.125	2	0.98	17.88	0.2979	39.4436	0.487	80.95	1.35	0.32
S8	Sekunder	A3	C1	0.02	0.0	0.47	0.00	0.1	0	0.2	0.00	0.2	0	0.2	0.00	0.00	0.2	0	1	0.00	0.02	0	2	0.00	17.45	0.2908	10.143	0.393	25.80	0.43	0.30
P1	Primer	G5	G11	0.02	0.0	0.47	0.00	0.1	0.0	0.2	0.00	0.2	0.0	0.2	0.00	0.00	0.2	0	1	0.00	0.02	0	2	0.00	38.03	0.6338	38.52	0.655	58.84	0.98	0.65
P2	Primer	G4	G5	0.02	0.0	0.47	0.00	0.1	0.0	0.2	0.00	0.2	0.0	0.2	0.00	0.00	0.2	0	1	0.00	0.02	0	2	0.00	37.58	0.6263	17.1	0.635	26.93	0.45	0.63
P3	Primer	G3	G4	0.02	0.0	0.47	0.00	0.1	0.0	0.2	0.00	0.2	0.0	0.2	0.00	0.00	0.2	0	1	0.00	0.02	0	2	0.00	23.67	0.3945	18.665	0.655	28.50	0.48	0.40
P4	Primer	G2	G3	0.02	0.0	0.47	0.00	0.1	0	0.2	0.00	0.2	0.00	0.2	0.00	0.00	0.2	0	1	0.00	0.02	3.125	2	0.98	23.36	0.3894	12.1986	0.657	18.58	0.31	0.39
P5	Primer	G1	G2	0.02	0.0	0.47	0.00	0.1	0	0.2	0.00	0.2	0.00	0.2	0.00	0.00	0.2	4.22	1	3.90	0.02	3.125	2	0.98	22.31	0.3718	41.1346	0.650	63.30	1.06	0.39
P6	Primer	F2	G1	0.02	0.0	0.47	0.00	0.1	0	0.2	0.00	0.2	0.00	0.2	0.00	0.00	0.2	0	1	0.00	0.02	3.125	2	0.98	22.05	0.3675	9.9094	0.645	15.36	0.26	0.37
P7	Primer	F1	F2	0.02	0.0	0.47	0.00	0.1	0	0.2	0.00	0.2	0.00	0.2	0.00	0.00	0.2	0	1	0.00	0.02	3.125	2	0.98	21.05	0.3508	38.179	0.634	60.23	1.00	0.37
P8	Primer	E2	F1	0.02	0.0	0.47	0.00	0.1	0	0.2	0.00	0.2	0.00	0.2	0.00	0.00	0.2	0	1	0.00	0.02	3.125	2	0.98	20.86	0.3477	6.8622	0.624	11.00	0.18	0.35
P9	Primer	E1	E2	0.02	0.0	0.47	0.00	0.1	0	0.2	0.00	0.2	0.00	0.2	0.00	0.00	0.2	9.2352	1	5.62	0.02	3.125	2	0.98	19.73	0.3288	41.4186	0.607	68.23	1.14	0.35
P10	Primer	C2	E1	0.02	0.0	0.47	0.00	0.1	0	0.2	0.00	0.2	0.00	0.2	0.00	0.00	0.2	0	1	0.00	0.02	0	2	0.00	19.22	0.3204	17.791	0.590	30.17	0.50	0.33

Tabel perhitungan waktu konsentrasi (tc)





### 3. Perhitungan Intensitas Hujan dan debit Hidrologi

Dari data – data  $t_o$ ,  $t_f$ , dan  $t_c$  yang didapatkan, maka selanjutnya dapat dilakukan perhitungan intensitas hujan yang nantinya akan digunakan dalam perhitungan debit hidrologi ( $Q_{hidro}$ ). Dalam tugas kali ini telah ditentukan bahwa dalam melakukan analisis intensitas hujan digunakan *Rumus Mononobe* dan untuk menghitung besarnya debit Hidrologi digunakan *Rumus Rational*.

#### a. Saluran Tersier 1 ( $T_1$ )

Diketahui dari hasil perhitungan sebelumnya :

$$T_c = 0.32 \text{ jam } C_{gabungan} = 0.73$$

$$R_{24} = 88 \text{ mm/jam } A = 0.00346 \text{ km}^2$$

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{t_c}\right)^{\frac{2}{3}} = \frac{88}{24} \times \left(\frac{24}{0.32}\right)^{\frac{2}{3}} = 66.736 \text{ mm/jam}$$

$$Q_{Hidrologi} = 0.278 \times C \times I \times A$$

$$Q_{Hidrologi} = 0.278 \times 0.73 \times 66.736 \times 0.00346 = 0.0465 \text{ m}^3/\text{s}$$

#### b. Saluran Sekunder 2 ( $S_2$ )

Diketahui dari hasil perhitungan sebelumnya :

$$T_c = 0.35 \text{ jam } C_{gabungan} = 0.35$$

$$R_{24} = 110 \text{ mm/jam } A = 0.00293 \text{ km}^2$$

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{t_c}\right)^{\frac{2}{3}} = \frac{110}{24} \times \left(\frac{24}{0.35}\right)^{\frac{2}{3}} = 77.94 \text{ mm/jam}$$

$$Q_{Hidrologi} = 0.278 \times C \times I \times A$$

$$Q_{Hidrologi} = 0.278 \times 0.35 \times 77.94 \times 0.00293 = 0.091 \text{ m}^3/\text{s}$$

#### c. Saluran Primer 9 ( $P_9$ )

Diketahui dari hasil perhitungan sebelumnya :

$$T_c = 0.41 \text{ jam } C_{gabungan} = 0.66$$

$$R_{24} = 110 \text{ mm/jam } A = 0.02485 \text{ km}^2$$

$$I = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{t_c}\right)^{\frac{2}{3}} = \frac{110}{24} \times \left(\frac{24}{0.41}\right)^{\frac{2}{3}} = 69.5525 \text{ mm/jam}$$

$$Q_{Hidrologi} = 0.278 \times C \times I \times A$$

$$Q_{Hidrologi} = 0.278 \times 0.66 \times 69.5525 \times 0.02485 = 0.3183 \text{ m}^3/\text{s}$$





**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN**

BESAR  
IRI

R (Periode ulang)	I (mm/jam )
88.00	78.12132
88.00	121.8133
88.00	104.7795
88.00	128.7813
88.00	70.54282
88.00	70.26339
88.00	126.8364
88.00	122.7545
88.00	90.96609
88.00	74.86278
88.00	70.81875
88.00	68.48057
88.00	83.03538
88.00	81.81655
88.00	79.72787
88.00	60.08607
88.00	82.12422
88.00	42.69231
88.00	50.12986
88.00	89.19137
88.00	112.0197
88.00	146.6134
110.00	52.73293
110.00	88.72509
110.00	112.4211
110.00	84.16785
110.00	84.97382
110.00	100.3302
110.00	82.62392
110.00	86.75164
110.00	51.43022
110.00	52.31507
110.00	70.91914
110.00	71.86946
110.00	72.50627
110.00	74.78634
110.00	75.36677
110.00	77.75657
110.00	78.21385
110.00	81.20676

Nama Saluan	Jenis Saluran	Node		tc (jam)	C gabungan	I (mm/jam)	A (km2)	Qhidrologi (m3/s)
		Dari	Ke					
T1	Tersier	A1	A2	0.25	0.73	78.12	0.00346	0.054540
T2	Tersier	A7	D3	0.13	0.75	121.81	0.00028	0.007091
T3	Tersier	D2	D4	0.16	0.58	104.78	0.00023	0.003813
T4	Tersier	D1	D5	0.12	0.73	128.78	0.00261	0.067865
T5	Tersier	A3	A4	0.29	0.69	70.54	0.00645	0.087842
T6	Tersier	B1	C1	0.29	0.69	70.26	0.00508	0.068159
T7	Tersier	B2	B3	0.12	0.67	126.84	0.00014	0.003212
T8	Tersier	C4	C3	0.13	0.15	122.75	0.00002	0.000097
T9	Tersier	B4	B3	0.20	0.57	90.97	0.00197	0.028279
T10	Tersier	E4	E1	0.27	0.55	74.86	0.00377	0.043202
T11	Tersier	E3	E2	0.29	0.72	70.82	0.00264	0.037522
T12	Tersier	B5	F1	0.30	0.71	68.48	0.00243	0.033083
T13	Tersier	F3	F2	0.23	0.72	83.04	0.00240	0.039995
T14	Tersier	G10	G1	0.23	0.72	81.82	0.00168	0.027586
T15	Tersier	G9	G2	0.24	0.69	79.73	0.00179	0.027231
T16	Tersier	G8	G3	0.37	0.15	60.09	0.00018	0.000440
T17	Tersier	H1	D3	0.23	0.15	82.12	0.00037	0.001273
T18	Tersier	H2	H3	0.62	0.15	42.69	0.01937	0.034449
T19	Tersier	H4	H3	0.48	0.15	50.13	0.01464	0.030587
T20	Tersier	H5	G5	0.20	0.15	89.19	0.00018	0.000670
T21	Tersier	G7	G4	0.15	0.15	112.02	0.00077	0.003599
T22	Tersier	G6	G5	0.10	0.75	146.61	0.00019	0.005943
S1	Sekunder	H3	G4	0.63	0.15	52.73	0.03401	0.074727
S2	Sekunder	C3	C2	0.29	0.59	88.73	0.00249	0.036063
S3	Sekunder	B3	C3	0.20	0.59	112.42	0.00499	0.092016
S4	Sekunder	D5	C2	0.31	0.67	84.17	0.00565	0.088032
S5	Sekunder	D4	D5	0.31	0.61	84.97	0.00302	0.043734
S6	Sekunder	D3	D4	0.24	0.41	100.33	0.00069	0.007914
S7	Sekunder	C1	C2	0.32	0.70	82.62	0.00904	0.145420
S8	Sekunder	A3	C1	0.30	0.73	86.75	0.00377	0.066166
P1	Primer	G5	G11	0.65	0.33	51.43	0.10398	0.484742
P2	Primer	G4	G5	0.63	0.41	52.32	0.06948	0.415173
P3	Primer	G3	G4	0.40	0.67	70.92	0.03465	0.459281
P4	Primer	G2	G3	0.39	0.68	71.87	0.03442	0.464071
P5	Primer	G1	G2	0.39	0.67	72.51	0.03260	0.442866
P6	Primer	F2	G1	0.37	0.67	74.79	0.03075	0.4295
P7	Primer	F1	F2	0.37	0.67	75.37	0.02832	0.3961
P8	Primer	E2	F1	0.35	0.66	77.76	0.02577	0.3692
P9	Primer	E1	E2	0.35	0.66	78.21	0.02311	0.3296
P10	Primer	C2	E1	0.33	0.68	81.21	0.01915	0.2931

Tabel perhitungan Q hidrologi





## ANALISA HIDRAULIKA

Dalam perhitungan pada tugas kali ini, penulis merencanakan dimensi saluran dengan sistem trial dan error untuk setiap saluran dengan tujuan saluran yang direncanakan tidak boros namun tetap dapat menampung debit air yang melewati saluran tersebut. Persamaan debit aliran ( $Q$ ) menggunakan *Rumus Manning*. Perhitungan dimensi saluran diawali dengan mengasumsikan lebar saluran. Untuk mendapatkan nilai tinggi saluran ( $h$ ) dapat menggunakan alat bantu Microsoft Excel 2016 → What if Analysis → Goal Seek. Fungsi dari *Goal Seek* adalah untuk menemukan nilai optimum untuk rumus dalam 1 sel yang disebut sel tujuan – tunduk pada batas / pada nilai dari sel rumus lain pada lembar kerja agar debit hidrolika lebih besar dan hampir mendekati debit hidrologi yang telah dihitung

Contoh perencanaan :

### 1. Saluran Tersier 1 ( $T_1$ )

Diambil data perencanaan :

$$n = 0.015 \text{ (material beton)} B = 0.5 \text{ m}$$

$$h_{air} = 0.279 \text{ m } h_{saluran} = 0.5 \text{ m}$$

$$w \text{ saluran} = 0.22 \text{ m } I \text{ rencana} = 0.0005$$

$$A = b \times h = 0.5 \times 0.279 = 0.1393 \text{ m}^2$$

$$P = b + 2h = 0.5 + (2 \times 0.279) = 1.05722 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{0.1393}{1.05722} = 0.1317 \text{ m}$$

$$v = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{S} = \frac{1}{0.015} \times \left(\frac{0.1393}{1.05722}\right)^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{0.0005} = 0.386 \text{ m/s}$$

$$Q_{Hidrolika} = A \times v = (0.5 \times 0.279) \times 0.386 = 0.053 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\Delta Q = Q_{Hidrolika} - Q_{Hidrologi} = 0.053 - 0.053 = 0.000 \text{ (OK)}$$

$$h + W = 0.279 + 0.22 = 0.5 \text{ m}$$

### 2. Saluran Sekunder 2 ( $S_2$ )

Diambil data perencanaan :

$$n = 0.015 \text{ (material beton)} B = 0.5 \text{ m}$$

$$h_{air} = 0.209 \text{ m } h_{saluran} = 0.4 \text{ m}$$

$$w \text{ saluran} = 0.19 \text{ m } I \text{ rencana} = 0.0005$$

$$A = b \times h = 0.5 \times 0.209 = 0.104 \text{ m}^2$$

$$P = b + 2h = 0.5 + (2 \times 0.209) = 0.917 \text{ m}$$





$$R = \frac{A}{P} = \frac{0.104}{0.907} = 0.1137 \text{ m}$$

$$v = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{S} = \frac{1}{0.015} \times \left(\frac{0.104}{0.907}\right)^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{0.0005} = 0.35 \text{ m/s}$$

$$Q_{\text{Hidrolika}} = A \times v = (0.104 \times 0.279) \times 0.35 = 0.036 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\Delta Q = Q_{\text{Hidrolika}} - Q_{\text{Hidrologi}} = 0.036 - 0.036 = 0.000 \text{ (OK)}$$

$$h + W = 0.209 + 0.19 = 0.4 \text{ m}$$

### 3. Saluran Primer 9 (P<sub>9</sub>)

Diambil data perencanaan :

$$n = 0.015 \text{ (material beton)} B = 1 \text{ m}$$

$$h_{\text{air}} = 0.541 \text{ m } H_{\text{saluran}} = 0.9 \text{ m}$$

$$w_{\text{saluran}} = 0.36 \text{ m } I_{\text{rencana}} = 0.0005$$

$$A = b \times h = 1 \times 0.541 = 0.541 \text{ m}^2$$

$$P = b + 2h = 1 + (2 \times 0.541) = 2.08 \text{ m}$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{0.541}{2.08} = 0.259 \text{ m}$$

$$v = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{S} = \frac{1}{0.015} \times \left(\frac{0.541}{2.08}\right)^{\frac{2}{3}} \times \sqrt{0.0005} = 0.607 \text{ m/s}$$

$$Q_{\text{Hidrolika}} = A \times v = (0.541 \times 1) \times 0.607 = 0.328 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\Delta Q = Q_{\text{Hidrolika}} - Q_{\text{Hidrologi}} = 0.328 - 0.328 = 0.000 \text{ (OK)}$$

$$h + W = 0.541 + 0.36 = 0.9 \text{ m}$$







**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN**

Nama Saluran	Panjang Saluran L (m)	n	h air (m)	Lebar B (m)	A (m <sup>2</sup> )	P (m)	R (m)	i lapangan	i rencana	V (m/det)	Q(hidrolika) (m <sup>3</sup> /det)	ΔQ
T1	200	0.015	0.279	0.5	0.139305	1.05722	0.131765	0	0.0005	0.386	0.053773	0.00
T2	250	0.015	0.155	0.2	0.031	0.51	0.060784	0	0.0005	0.230	0.007144	0.00
T3	192.5	0.015	0.097	0.2	0.0194	0.394	0.049239	0	0.0005	0.200	0.003885	0.00
T4	57.5	0.015	0.333	0.5	0.1665	1.166	0.142796	0	0.0005	0.407	0.067809	0.00
T5	192.5	0.015	0.410	0.5	0.204809	1.319237	0.155248	0	0.0005	0.431	0.088192	0.00
T6	192.5	0.015	0.434	0.4	0.17367	1.268349	0.136926	0	0.0005	0.396	0.068777	0.00
T7	57.5	0.015	0.085	0.2	0.017	0.37	0.045946	0	0.0005	0.191	0.003251	0.00
T8	192.5	0.015	0.085	0.2	0.017	0.37	0.045946	0	0.0005	0.191	0.003251	0.00
T9	192.5	0.015	0.228	0.4	0.0912	0.856	0.106542	0	0.0005	0.335	0.030554	0.00
T10	57.5	0.015	0.237	0.5	0.118401	0.973605	0.121611	0	0.0005	0.366	0.043324	0.00
T11	192.5	0.015	0.285	0.4	0.114	0.97	0.117526	0	0.0005	0.358	0.040774	0.00
T12	192.5	0.015	0.265	0.4	0.106	0.93	0.113978	0	0.0005	0.350	0.037146	0.00
T13	57.5	0.015	0.277	0.4	0.1108	0.954	0.116143	0	0.0005	0.355	0.039318	0.00
T14	192.5	0.015	0.218	0.4	0.0872	0.836	0.104306	0	0.0005	0.330	0.028804	0.00
T15	192.5	0.015	0.217	0.4	0.0868	0.834	0.104077	0	0.0005	0.330	0.028630	0.00
T16	125	0.015	0.042	0.2	0.00841	0.2841	0.029602	0	0.0005	0.143	0.001200	0.00
T17	125	0.015	0.142	0.2	0.0284	0.484	0.058678	0	0.0005	0.225	0.006393	0.01
T18	67.5	0.015	0.239	0.5	0.1195	0.978	0.122188	0	0.0005	0.367	0.043865	0.01
T19	587.5	0.015	0.205	0.5	0.1025	0.91	0.112637	0	0.0005	0.348	0.035637	0.01
T20	100	0.015	0.200	0.2	0.04	0.6	0.066667	0	0.0005	0.245	0.009804	0.01
T21	250	0.015	0.134	0.2	0.0268	0.468	0.057265	0	0.0005	0.221	0.005935	0.00
T22	262.5	0.015	0.135	0.2	0.027	0.47	0.057447	0	0.0005	0.222	0.005992	0.00
S1	262.5	0.015	0.360	0.5	0.179906	1.219624	0.147509	0	0.0005	0.416	0.074872	0.00
S2	237.5	0.015	0.209	0.5	0.104278	0.917111	0.113702	0	0.0005	0.350	0.036484	0.00

Tabel perhitungan Qhiraulika





**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

Nama Saluran	Panjang Saluran L (m)	n	h air (m)	Lebar B (m)	A (m <sup>2</sup> )	P (m)	R (m)	i lapangan	i rencana	V (m/det)	Q(hidrolika) (m <sup>3</sup> /det)	ΔQ
S3	237.5	0.015	0.409	0.5	0.2045	1.318	0.155159	0	0.0005	0.430	0.088025	0.00
S4	217.5	0.015	0.409	0.5	0.204727	1.318909	0.155225	0	0.0005	0.431	0.088147	0.00
S5	215	0.015	0.239	0.5	0.119559	0.978235	0.122219	0	0.0005	0.367	0.043894	0.00
S6	55	0.015	0.118	0.3	0.035397	0.53598	0.066042	0	0.0005	0.244	0.008621	0.00
S7	55	0.015	0.496	0.6	0.297401	1.591338	0.186888	0	0.0005	0.487	0.144918	0.00
S8	12.5	0.015	0.420	0.4	0.167825	1.239125	0.135438	0	0.0005	0.393	0.065980	0.00
P1	142.5	0.015	0.824	0.9	0.741621	2.548046	0.291055	0	0.0005	0.655	0.485540	0.00
P2	6.25	0.015	0.727	0.9	0.654414	2.354253	0.277971	0	0.0005	0.635	0.415508	0.00
P3	6.25	0.015	0.697	1	0.697273	2.394547	0.291192	0	0.0005	0.655	0.456650	0.00
P4	57.5	0.015	0.704	1	0.703783	2.407566	0.292321	0	0.0005	0.657	0.462104	0.00
P5	57.5	0.015	0.678	1	0.678066	2.356132	0.287788	0	0.0005	0.650	0.440603	0.00
P6	6.25	0.015	0.662	1	0.661812	2.323624	0.284819	0	0.0005	0.645	0.427079	0.00
P7	6.25	0.015	0.622	1	0.622462	2.244925	0.277275	0	0.0005	0.634	0.394561	0.00
P8	50	0.015	0.590	1	0.589663	2.179326	0.270571	0	0.0005	0.624	0.367721	0.00
P9	50	0.015	0.541	1	0.540973	2.081946	0.25984	0	0.0005	0.607	0.328378	0.00
P10	6.25	0.015	0.495	1	0.495099	1.990198	0.248769	0	0.0005	0.590	0.291933	0.00

**Tabel perhitungan Qhiraulika**





## PERHITUNGAN ELEVASI

### 1. Menentukan elevasi muka air saluran

Menentukan elevasi muka air saluran, sebelumnya harus sudah ditentukan elevasi permukaan air tanah dihilir saluran primer dekat outlet / badan air / danau.

- Elevasi muka air saluran hilir dekat danau didapatkan dari Elevasi muka air = Elevasi dasar hilir + Hair
- Elevasi muka air di saluran hulu didapatkan dari elevasi muka air hilir +  $\Delta H$

### 2. Penentuan Elevasi Dasar Saluran

- Elevasi dasar saluran hilir (dekat danau) = Elevasi muka tanah dekat danau + H saluran
- Elevasi dasar saluran hilir = elevasi air hilir – hair
- Elevasi dasar saluran hulu = elevasi air hilir + (I x L) – hair hulu

### 3. Penentuan Elevasi Muka Tanah

Untuk menentukan elevasi muka tanah ditinjau berdasarkan elevasi dasar saluran dijumlahkan dengan Hsaluran untuk perencanaan ini, tinggi jagaan berada pada sekitar level 0.2 m. Pada umumnya semakin besar nilai Q, maka semakin besar pula nilai tinggi jagaannya.

- Elevasi muka tanah di hilir = elevasi dasar hilir + H saluran
- Elevasi muka tanah hulu = Elevasi dasar hulu + H saluran

Contoh perhitungan :

#### 1. Saluran Primer 2 (P<sub>2</sub>)

Panjang saluran (L) = 17.1 m

Kemiringan (S) = 0.0005

H air saluran= 0.73 m

H saluran = 0.9 m

$$\Delta H = S \times L = 0.0005 \times 17.1 = 0.00855 \text{ m}$$

- Elevasi muka tanah eksisting hilir = 15.05 m
- Elevasi muka air hilir didapat dari muka air hulu saluran setelahnya (Saluran Primer 1) = 14.85 m
- Elevasi muka air hulu = Elevasi muka air hilir +  $\Delta H = 14.85 + 0.00855 = 14.86 \text{ m}$
- Elevasi dasar saluran hilir = Elevasi muka air hilir – kedalaman air saluran = 14.85 – 0.73 = 14.12 m





- Elevasi dasar saluran hulu = Elevasi dasar saluran hilir +  $\Delta H$  saluran =  $14.12 + 0.00855$   
= 14.13 m
- Elevasi muka tanah saluran hilir = Elevasi dasar saluran hilir + ketinggian saluran =  
 $14.12 + 0.9 = 15.02$  m
- Elevasi muka tanah hulu = Elevasi dasar saluran hulu + ketinggian saluran =  $14.13 +$   
 $0.9 = 15.03$  m

Elevasi muka tanah saluran harus lebih kecil dibanding elevasi muka tanah eksisting untuk menghindari pengurugan di lapangan.

## **2. Saluran Sekunder 7 (S<sub>7</sub>)**

Panjang saluran (L) = 39.4436 m

Kemiringan (S) = 0.0005

H air saluran = 0.5 m

H saluran = 0.7 m

$$\Delta H = S \times L = 0.0005 \times 39.4436 = 0.0197 \text{ m}$$

- Elevasi muka tanah eksisting hilir = 15.8 m
- Elevasi muka air hilir didapat dari muka air hulu saluran setelahnya (Saluran Primer 10)  
= 14.99 m
- Elevasi muka air hulu = Elevasi muka air hilir +  $\Delta H = 14.99 + 0.0197 = 15.19$  m
- Elevasi dasar saluran hilir = Elevasi muka air hilir – kedalaman air saluran =  $14.99 - 0.5$   
= 14.49 m
- Elevasi dasar saluran hulu = Elevasi dasar saluran hilir +  $\Delta H$  saluran =  $14.49 + 0.0197 =$   
14.51 m
- Elevasi muka tanah saluran hilir = Elevasi dasar saluran hilir + ketinggian saluran =  $14.51$   
 $+ 0.7 = 15.19$  m
- Elevasi muka tanah hulu = Elevasi dasar saluran hulu + ketinggian saluran =  $14.51 + 0.7$   
= 15.21 m

Elevasi muka tanah saluran harus lebih kecil dibanding elevasi muka tanah eksisting untuk menghindari pengurugan di lapangan.

## **3. Saluran Tersier 5 (T<sub>5</sub>)**

Panjang saluran (L) = 235.14 m

Kemiringan (S) = 0.0005

H air saluran = 0.41 m



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

$$H \text{ saluran} = 0.7 \text{ m}$$

$$\Delta H = S \times L = 0.0005 \times 235.14 = 0.117 \text{ m}$$

- Elevasi muka tanah eksisting hilir = 15.93 m
- Elevasi muka air hilir didapat dari muka air hulu saluran setelahnya (Saluran Sekunder 8) = 15.02 m
- Elevasi muka air hulu = Elevasi muka air hilir +  $\Delta H = 15.02 + 0.117 = 15.14 \text{ m}$
- Elevasi dasar saluran hilir = Elevasi muka air hilir – kedalaman air saluran =  $15.14 - 0.41 = 14.61 \text{ m}$
- Elevasi dasar saluran hulu = Elevasi dasar saluran hilir +  $\Delta H$  saluran =  $14.61 + 0.117 = 14.73 \text{ m}$
- Elevasi muka tanah saluran hilir = Elevasi dasar saluran hilir + ketinggian saluran =  $14.61 + 0.7 = 15.31 \text{ m}$
- Elevasi muka tanah hulu = Elevasi dasar saluran hulu + ketinggian saluran =  $14.73 + 0.7 = 15.43 \text{ m}$

Elevasi muka tanah saluran harus lebih kecil dibanding elevasi muka tanah eksisting untuk menghindari pengurugan di lapangan.



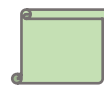


# TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN

DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL

Nama Saluran	Jenis Saluran	Node		L (m)	I rencana	h (Kedalaman Air) (m)	H (Kedalaman Saluran) (m)	W (Tinggi Jagaan) (m)	DeltaH (m)	h air saluran hilir (m)	h air saluran hulu (m)	Elevasi Dasar Saluran Hilir (m)	Elevasi Dasar Saluran Hulu (m)	Elevasi Muka Tanah Existing Hilir (m)	Elevasi Muka Tanah Existing Hulu (m)	Elevasi Muka Tanah Hilir (m)	Elevasi Muka Tanah Hulu (m)	Tinggi bangunan terjun	Jumlah bangunan terjun	Elevasi Muka Tanah Existing Hilir (m)	Elevasi Muka Tanah Existing Hulu (m)
		Dari	Ke																		
T1	Tersier	A1	A3	153.7076	0.000500	0.28	0.50	0.22	0.0769	15.020	15.097	14.74	14.82	15.93	16.15	15.24	15.32	0.28	1	15.24	15.32
T2	Tersier	A7	D3	93.14	0.000500	0.16	0.30	0.15	0.0466	15.042	15.088	14.89	14.93	15.86	16.14	15.19	15.23	0.30	3	15.19	15.23
T3	Tersier	D2	D4	53.995	0.000500	0.10	0.30	0.20	0.0270	15.040	15.067	14.94	14.97	15.85	16.00	15.24	15.27	0.37	2	15.24	15.27
T4	Tersier	D1	D5	149.568	0.000500	0.33	0.50	0.17	0.0748	14.993	15.068	14.66	14.74	15.83	16.00	15.16	15.24	0.38	2	15.16	15.24
T5	Tersier	A3	A4	235.14	0.000500	0.41	0.70	0.29	0.1176	15.020	15.140	14.61	14.73	15.93	16.05	15.31	15.43	0.21	2	15.31	15.43
T6	Tersier	B1	C1	218.7176	0.000500	0.43	0.60	0.17	0.1094	15.010	15.119	14.58	14.68	15.80	16.02	15.18	15.28	0.25	2	15.18	15.28
T7	Tersier	B2	B3	39.2278	0.000500	0.09	0.30	0.22	0.0196	15.047	15.066	14.96	14.98	15.83	16.01	15.26	15.28	0.24	2	15.26	15.28
T8	Tersier	C4	C3	40.9116	0.000500	0.09	0.30	0.22	0.0205	15.605	15.625	15.52	15.54	15.82	15.96	15.82	15.84	0.12	1	15.82	15.84
T9	Tersier	B4	B3	72.2046	0.000500	0.23	0.50	0.27	0.0361	15.047	15.083	14.82	14.85	15.83	15.92	15.32	15.35	0.28	2	15.32	15.35
T10	Tersier	E4	E1	167.3	0.000500	0.24	0.40	0.16	0.0837	14.980	15.064	14.74	14.83	15.58	15.66	15.14	15.23	0.22	1	15.14	15.23
T11	Tersier	E3	E2	193.1378	0.000500	0.29	0.50	0.22	0.0966	14.940	15.037	14.66	14.75	15.49	15.65	15.16	15.25	0.20	2	15.16	15.25
T12	Tersier	B5	F1	207.971	0.000500	0.27	0.50	0.24	0.1040	14.920	15.024	14.66	14.76	15.40	15.58	15.16	15.26	0.16	2	15.16	15.26
T13	Tersier	F3	F2	113.5458	0.000500	0.28	0.50	0.22	0.0568	15.300	15.357	15.02	15.08	15.37	15.43	15.52	15.58	0.00	0	15.5	15.56
T14	Tersier	G10	G1	111.743	0.000500	0.22	0.40	0.18	0.0559	14.910	14.966	14.69	14.75	15.30	15.36	15.09	15.15	0.21	1	15.31	15.35
T15	Tersier	G9	G2	122.468	0.000500	0.22	0.50	0.28	0.0612	14.880	14.941	14.66	14.72	15.22	15.33	15.16	15.22	0.11	1	15.2	15.3
T16	Tersier	G8	G3	130.017	0.000500	0.04	0.20	0.16	0.0650	14.870	14.935	14.83	14.89	15.19	15.34	15.03	15.09	0.25	1	15.15	15.31
T17	Tersier	H1	D3	99.08	0.000500	0.14	0.40	0.20	0.0495	15.042	15.670	14.90	15.53	15.86	15.87	15.30	15.93	0.06	-1	15.30	15.93
T18	Tersier	H2	H3	349.5358	0.000500	0.24	0.50	0.20	0.1748	14.868	15.043	14.63	14.80	15.18	15.77	15.13	15.30	0.23	2	15.13	15.30
T19	Tersier	H4	H3	159.1394	0.000500	0.21	0.40	0.20	0.0796	14.868	14.948	14.66	14.74	15.18	15.18	15.06	15.14	0.04	1	15.15	15.2
T20	Tersier	H5	G5	151.4942	0.000500	0.20	0.40	0.20	0.0757	14.850	14.926	14.65	14.73	15.05	15.10	15.05	15.13	0.03	-1	15.05	15.13
T21	Tersier	G7	G4	32.6963	0.000500	0.13	0.30	0.20	0.0163	14.860	14.876	14.73	14.75	15.12	15.13	15.03	15.05	0.08	1	15.03	15.05
T22	Tersier	G6	G5	64.8606	0.000500	0.14	0.30	0.20	0.0324	14.850	14.882	14.72	14.75	15.05	15.06	15.02	15.05	0.01	1	15.02	15.05
S1	Sekunder	H3	G4	16.5492	0.000500	0.36	0.60	0.20	0.0083	14.860	14.868	14.50	14.43	15.12	15.18	15.10	15.03	0.15	1	15.10	15.03
S2	Sekunder	C3	C2	107.9954	0.000500	0.21	0.40	0.19	0.0540	14.990	15.044	14.78	14.84	15.70	15.82	15.18	15.24	0.29	2	15.18	15.24
S3	Sekunder	B3	C3	5.28	0.000500	0.41	0.60	0.19	0.0026	15.044	15.047	14.63	14.64	15.82	15.83	15.23	15.24	0.30	2	15.23	15.24
S4	Sekunder	D5	C2	6.823	0.000500	0.44	0.60	0.16	0.0034	14.990	14.993	14.55	14.56	15.70	15.83	15.15	15.16	0.22	3	15.15	15.16
S5	Sekunder	D4	D5	89.18	0.000500	0.24	0.40	0.16	0.0446	14.993	15.038	14.75	14.80	15.83	15.85	15.15	15.20	0.22	3	15.15	15.20
S6	Sekunder	D3	D4	7.068	0.000500	0.12	0.30	0.18	0.0035	15.038	15.042	14.92	14.93	15.85	15.86	15.22	15.23	0.21	3	15.22	15.23
S7	Sekunder	C1	C2	39.4436	0.000500	0.50	0.70	0.20	0.0197	14.990	15.010	14.49	14.51	15.70	15.80	15.19	15.21	0.59	1	15.19	15.21
S8	Sekunder	A3	C1	10.143	0.000500	0.42	0.70	0.28	0.0051	15.010	15.020	14.59	14.60	15.80	15.93	15.29	15.30	0.31	2	15.29	15.30
P1	Primer	G5	G11	38.52	0.000500	0.82	1.00	0.18	0.0193	14.830	14.850	14.00	14.02	15.00	15.05	15.00	15.02	0.00	1	15.00	15.02
P2	Primer	G4	G5	17.1	0.000500	0.73	0.90	0.17	0.0086	14.850	14.860	14.12	14.13	15.05	15.12	15.02	15.03	0.09	1	15.02	15.03
P3	Primer	G3	G4	18.665	0.000500	0.70	0.90	0.20	0.0093	14.860	14.870	14.16	14.17	15.12	15.19	15.06	15.07	0.12	1	15.06	15.07
P4	Primer	G2	G3	12.1986	0.000500	0.70	0.90	0.20	0.0061	14.870	14.880	14.17	14.18	15.19	15.22	15.07	15.08	0.14	1	15.07	15.08
P5	Primer	G1	G2	41.1346	0.000500	0.68	0.90	0.22	0.0206	14.880	14.910	14.20	14.23	15.22	15.30	15.10	15.13	0.17	1	15.10	15.13
P6	Primer	F2	G1	9.9103	0.000500	0.66	0.90	0.24	0.0050	14.910	14.920	14.25	14.26	15.30	15.37	15.15	15.16	0.21	1	15.15	15.16
P7	Primer	F1	F2	38.179	0.000500	0.62	0.90	0.28	0.0191	14.920	14.940	14.30	14.32	15.37	15.40	15.20	15.22	0.18	1	15.20	15.22
P8	Primer	E2	F1	6.8622	0.000500	0.59	0.90	0.31	0.0034	14.940	14.950	14.35	14.36	15.40	15.49	15.25	15.26	0.23	1	15.25	15.26
P9	Primer	E1	E2	41.4186	0.000500	0.54	0.90	0.36	0.0207	14.950	14.980	14.41	14.44	15.49	15.58	15.31	15.34	0.24	1	15.31	15.34
P10	Primer	C2	E1	17.791	0.000500	0.50	0.90	0.40	0.0089	14.980	14.990	14.48	14.49	15.58	15.70	15.38	15.39	0.31	1	15.38	15.39

Tabel perhitungan elevasi





## ANALISIS BACKWATER

Backwater adalah suatu kondisi yang terjadi akibat pengaruh pasang surut di muara saluran yaitu pada saat permukaan air danau melebihi permukaan air saluran sehingga alirannya terbalik dari danau dan masuk menuju saluran kembali. Tentunya hal ini dapat berpengaruh pada saluran drainase ini diantaranya adalah banjir karena meluapnya air yang dibuang ke badan air / danau.

Analisa Back water atau profil air balik diperlukan untuk mengetahui ketinggian air pada jarak tertentu akibat bertemunya saluran pembuang akhir dengan muaranya. Elevasi air yang terjadi dapat dianalisis dengan metode tahapan langsung (direct step method). analisis profil air balik diperlukan untuk menentukan sampai seberapa jauh pengaruh kenaikan muka air di saluran akibat pasang surut air laut. Perhitungan profil muka air dimulai dengan kedalaman yang diketahui  $h_1$ , yang diperoleh dari hubungan kedalaman debit (Rating curve). Kedalaman  $h_2$ , baik di hulu atau dihilirnya tergantung pada jenis aliran subkritis atau superkritis.

### 1. Analisa Backwater ketika saluran terdapat air

Diketahui :

- Elevasi tanah existing di sekeliling danau (hilir muka tanah saluran primer 1 ) = 15.00 m
- Ketinggian air pada saluran = 0.82 m
- Ketinggian saluran = 1 m
- Elevasi muka air danau 1.5 m dari muka tanah disekelilingnya

Maka :

- Elevasi muka air danau =  $15.00 - 1.5 = 13.5$  m
- Elevasi muka air di hilir saluran = Elevasi muka tanah – (Hsal – hair)  
 $= 15.00 - (1 - 0.82) = 14.82$  m
- Elevasi muka air di hilir saluran = 14.86 m > elevasi muka air danau = 13.5 m

Ketika saluran drainase terisi air elevasi muka air salurannya berada lebih tinggi dibandingkan elevasi muka air danau maka *tidak terjadi backwater*.

### 2. Analisa Backwater Ketika Saluran Surut Tidak Terdapat Air

- Elevasi muka air di hilir = Elevasi muka tanah – H saluran



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**

$$= 15.00 - 1 = 14.00 \text{ m}$$

- Elevasi muka air di hilir = 14.00 m > elevasi muka air danau = 13.5 m

Ketika saluran drainase surut tidak terdapat air, elevasi dasar salurannya tetap berada lebih tinggi dibandingkan elevasi muka air danau, maka *tidak terjadi backwater*.

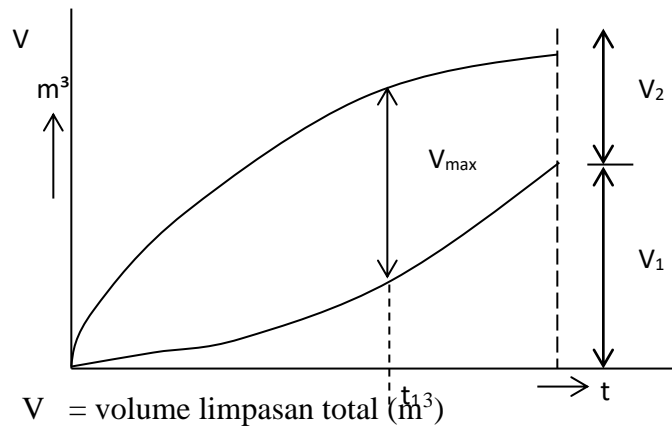




## PERENCANAAN KOLAM TAMPUNG

Hubungan antara inflow ( $I$ , aliran masuk ke kolam tampung) dari saluran-saluran drainase, outflow ( $O$ , aliran keluar dari busem) dan storage ( $V$ , tampungan dalam kolam tampung)

### 1. Pengaliran secara gravitasi (tanpa pintu, pompa)



$V$  = volume limpasan total ( $m^3$ )

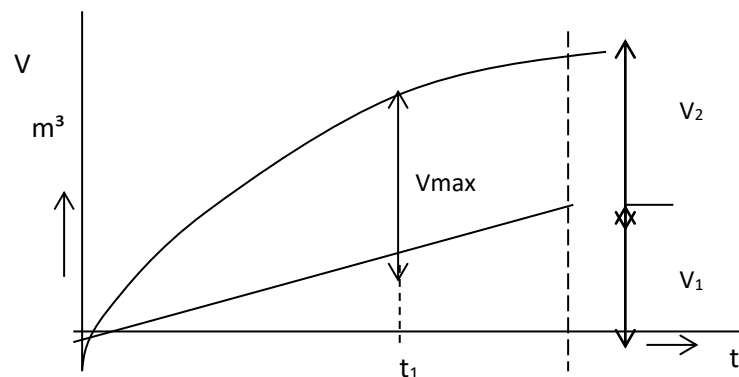
$V_1$  = volume yang dibuang secara gravitasi ( $m^3$ )

$V_2$  = volume akhir busem ( $m^3$ )

$V_{max}$  = volume maksimum busem ( $m^3$ )

### 2. Pengaliran dengan pompa

Air dari dalam busem dibuang dengan bantuan pompa dengan debit konstan.

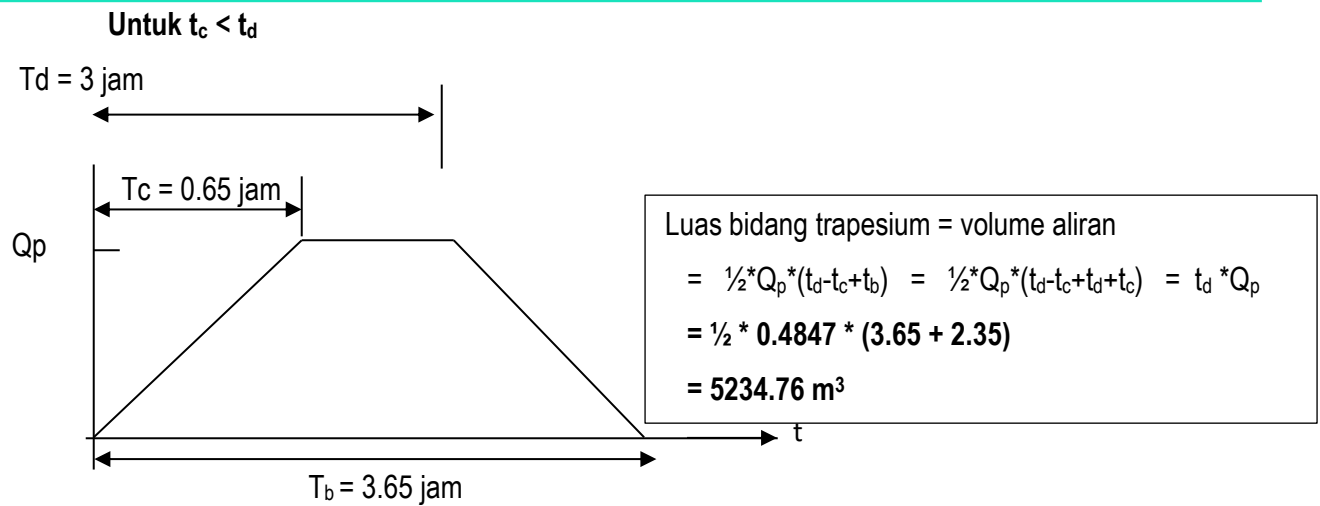


$V$  = volume limpasan total ( $m^3$ )

$V_1$  = volume yang dibuang dengan bantuan pompa dengan debit konstan ( $m^3$ )

$V_2$  = volume akhir busem ( $m^3$ )

$V_{max}$  = volume maksimum busem ( $m^3$ )



Diketahui :

$T_c$  inlet = 0.65 jam

$Q$  hidrologi =  $0.278 \times C \times I \times A$

$= 0.278 \times 0.33 \times 51.43 \times 0.10398 = 0.4847 \text{ m}^3/\text{s}$

$T_c$  outlet = waktu konsentrasi outlet

Rata – rata lama hujan di kota Surabaya ( $t_d$ ) = 3 jam

### Deisgn Kolam Tampung

Direncanakan berbentuk penampang segi empat dengan tinggi 2.5 m

$V_o$  = limpasan air

$A_o \times h = 5234.76 \text{ m}^3$

$A_o = \frac{5235.76}{h} = \frac{5235.76}{2.5} = 2093.9 \text{ m}^2$

Jika diambil  $b = 50 \text{ m}$ , maka lebar kolam tampung = 41.87 m

Sehingga kolam tampung yang digunakan didesign minimum dengan panjang kolam tampung sebesar 50 m, lebar kolam tampung sebesar 41.87 m dan tinggi kolam tampung sebesar 2.5 m



## **PENUTUP**

Berdasarkan uraian yang telah dijelaskan dan data – data yang telah diperoleh, maka penulis dapat mengambil simpulan dan saran yang mungkin berguna bagi pembaca maupun pihak perencana sistem drainase perkotaan yang berkelanjutan.

### **1. Kesimpulan**

Dari uraian dan perhitungan yang telah dilakukan pada bab – bab sebelumnya dapat disimpulkan :

- Debit limpasan air yang membebani ujung saluran primer pada kawasan tugas ini adalah sebesar 0.485 m/s dengan menggunakan dimensi saluran didapatkan lebar saluran sebesar 0.9 m dan tinggi saluran sebesar 0.9 m
- Dari analisa dan perhitungan pada bab sebelumnya, diperoleh besar dimensi saluran primer, sekunder, tersier yang berbentuk segi empat dengan dimensi yang bervariasi
- Dalam perencanaan tugas kali ini direncanakan tidak terjadi backwater
- Dimensi minimum kolam tampung pada ujung saluran primer adalah 50 x 41.87 x 2.5 m

### **2. Saran**

Dari hasil perhitungan pada bab – bab sebelumnya terdapat beberapa batasan dalam tugas besar perencanaan sistem drainase ini yaitu tidak merencanakan kapasitas danau. Oleh karena itu perlu diadakan perencanaan lebih lanjut mengenai sistem drainase kawasan tersebut sebagaimana membangun sistem drainase yang berwawasan lingkungan serta sedapat mungkin menahan air dulu ke dalam waduk, kolam retensi dan sebagainya.



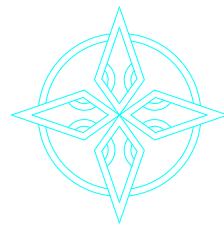
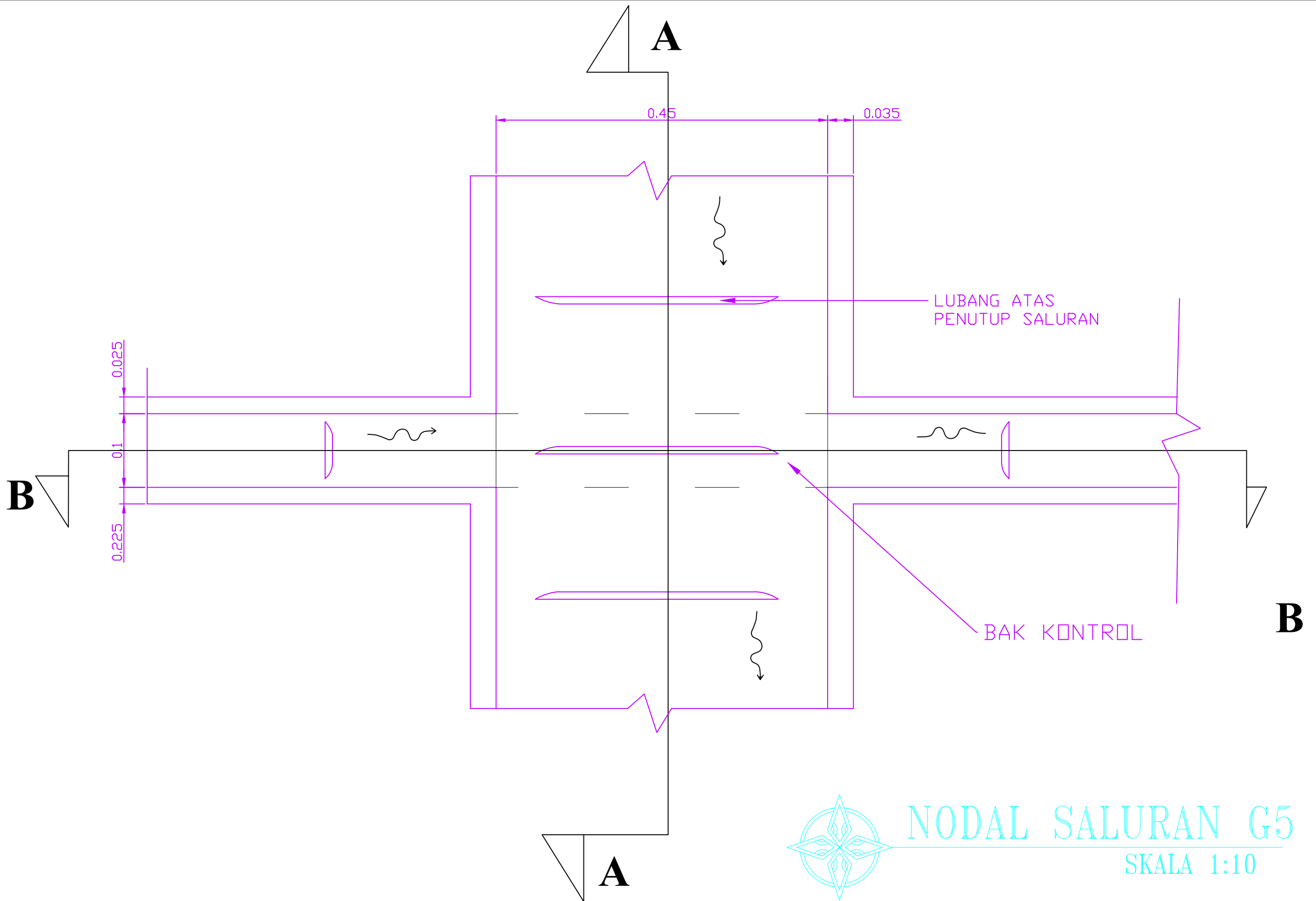
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

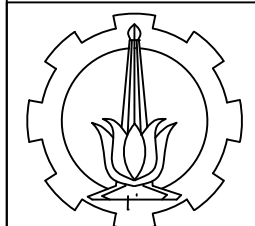


FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN  
KEBUMIHAN  
  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

NAMA TUGAS	DOSEN ASISTEN	NAMA / NRP	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
<b>DRAINASE</b>	Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc	IRFANANDA S.H. (0311174000011) SENOPATI I. (0311174000083)		

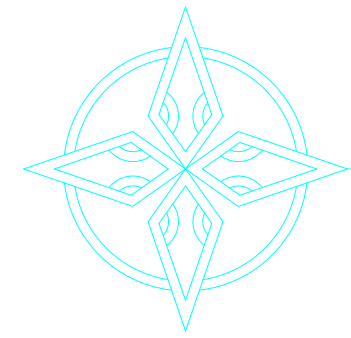
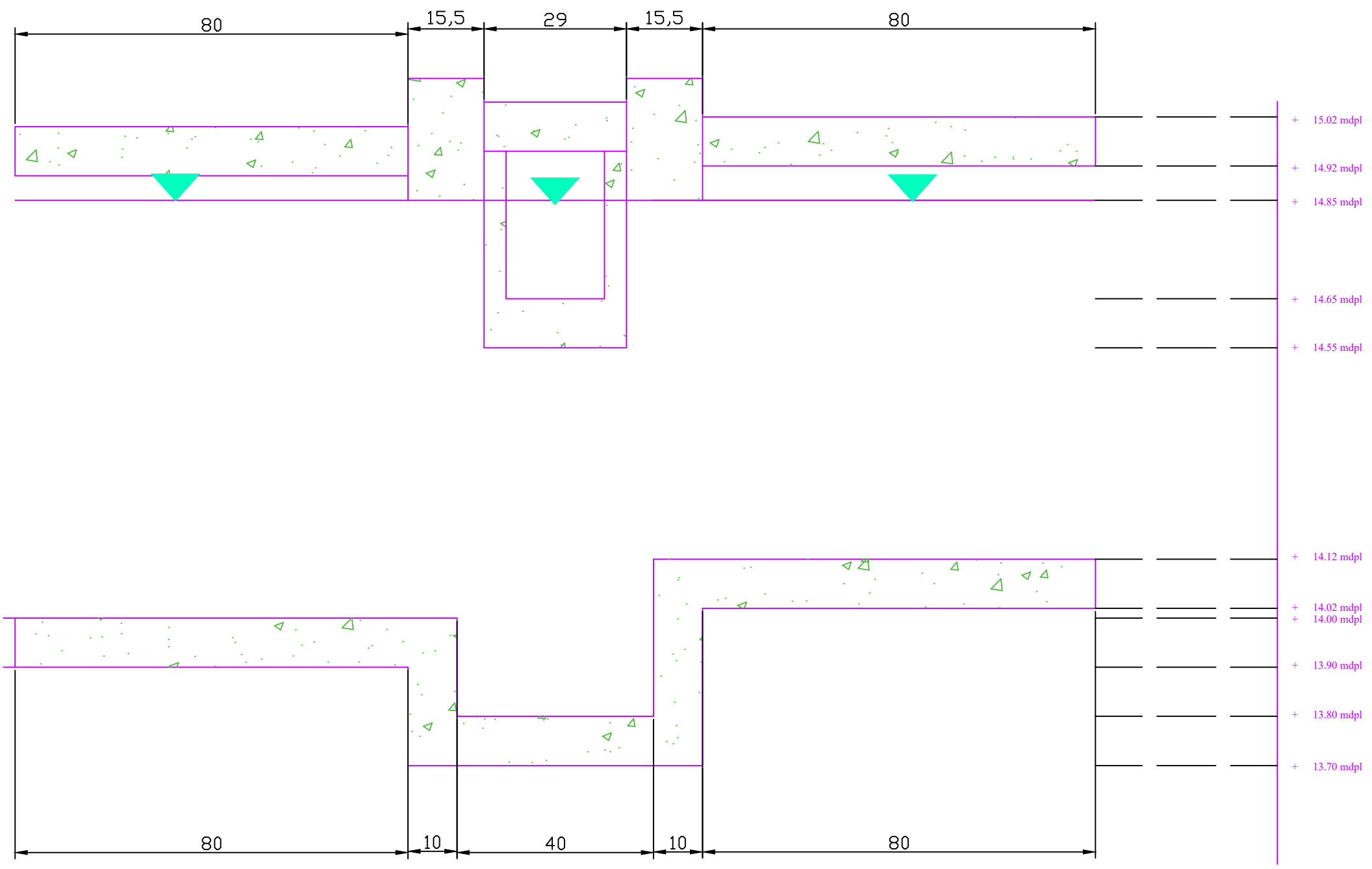


NODAL SALURAN G5  
SKALA 1:10



FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN  
KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

NAMA TUGAS KP	DOSEN ASISTEN	NAMA / NRP	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
<b>DRAINASE</b>	Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc	IRFANANDA S.H. (0311174000011) SENOPATI I. (0311174000083)		

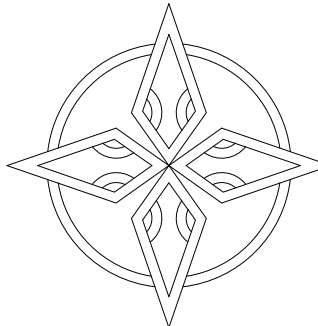
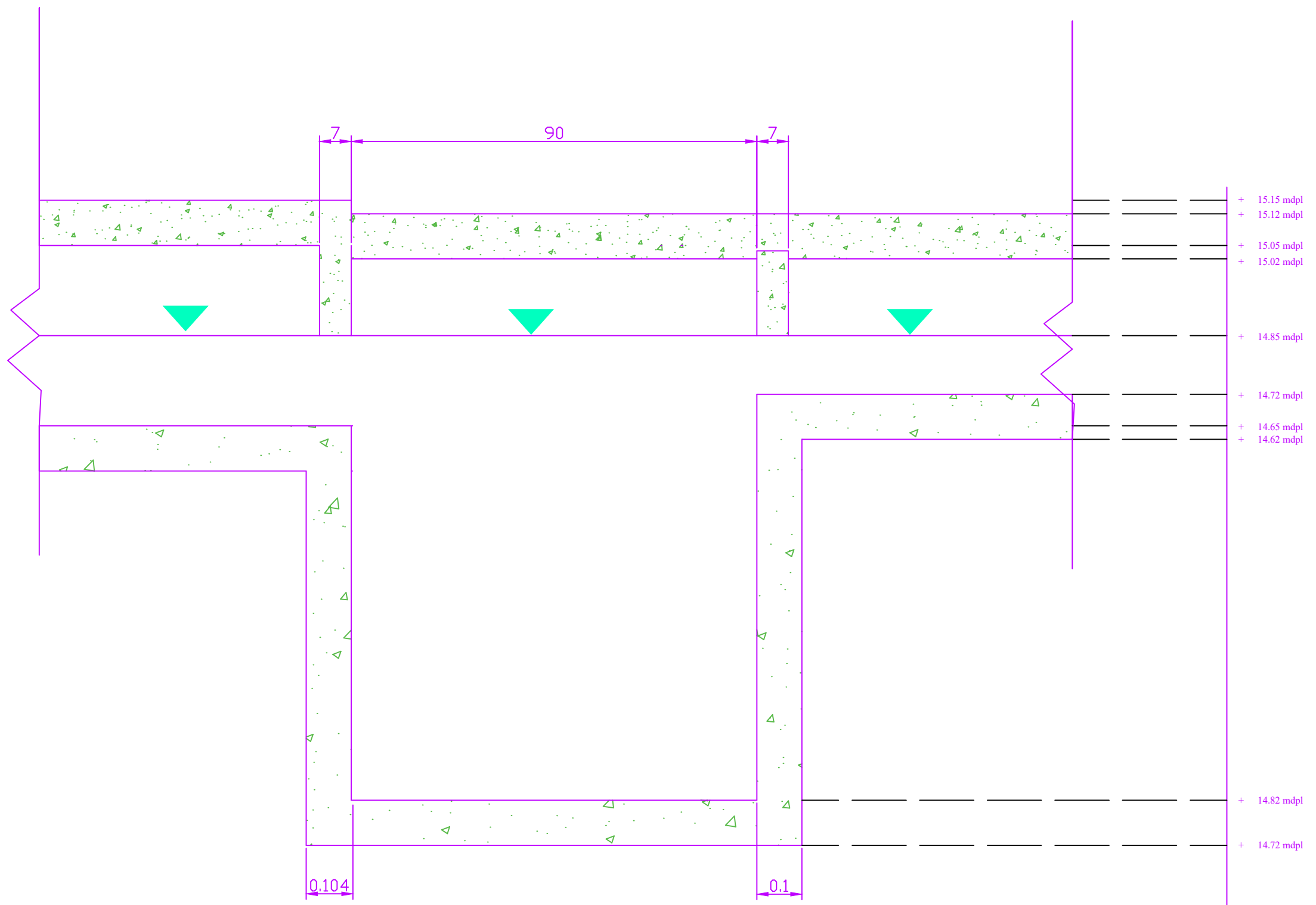


POTONGAN A-A  
SKALA 1:10

	FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	NAMA TUGAS KP	DOSEN ASISTEN	NAMA / NRP	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
		<b>DRAINASE</b>	Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc	IRFANANDA S.H. (0311174000011) SENOPATI I. (0311174000083)		

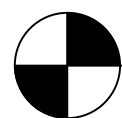
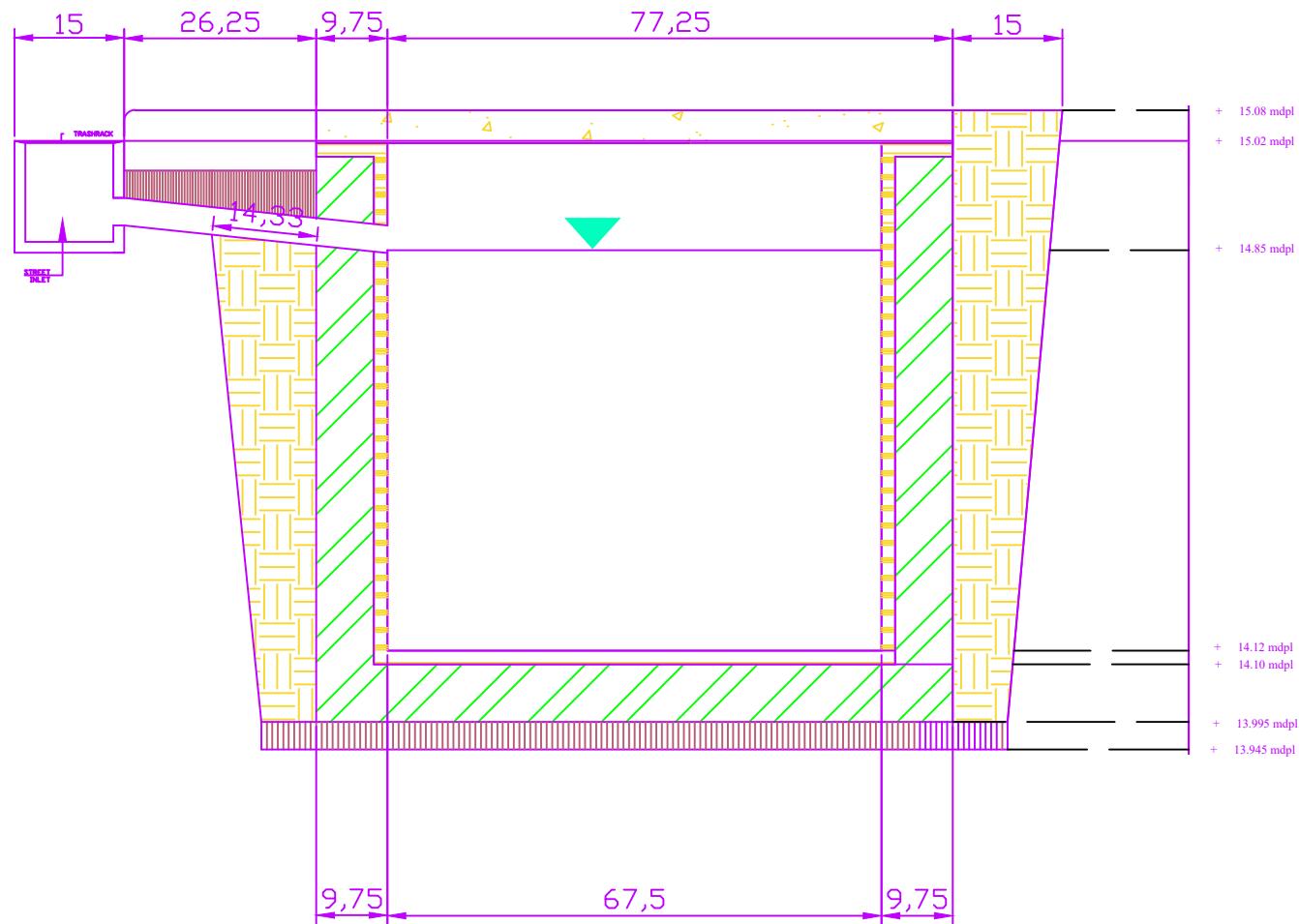
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

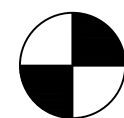
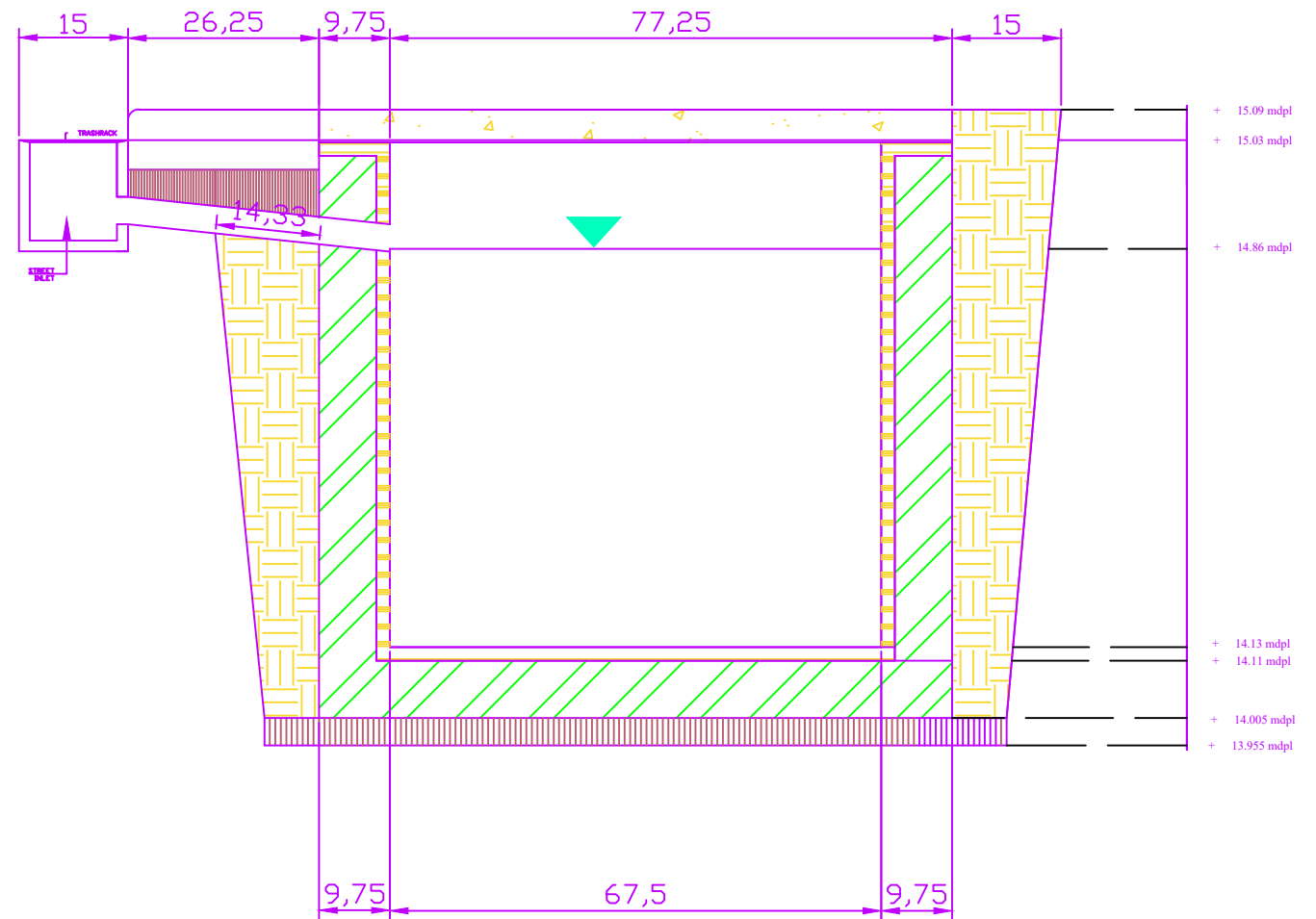


POTONGAN B-B  
SKALA 1:10

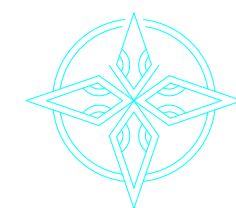
	FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER	NAMA TUGAS KP	DOSEN ASISTEN	NAMA / NRP	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
		<b>DRAINASE</b>	Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc	IRFANANDA S.H. (0311174000011) SENOPATI I. (0311174000083)		




POTONGAN MELINTANG HILIR



POTONGAN MELINTANG HULU



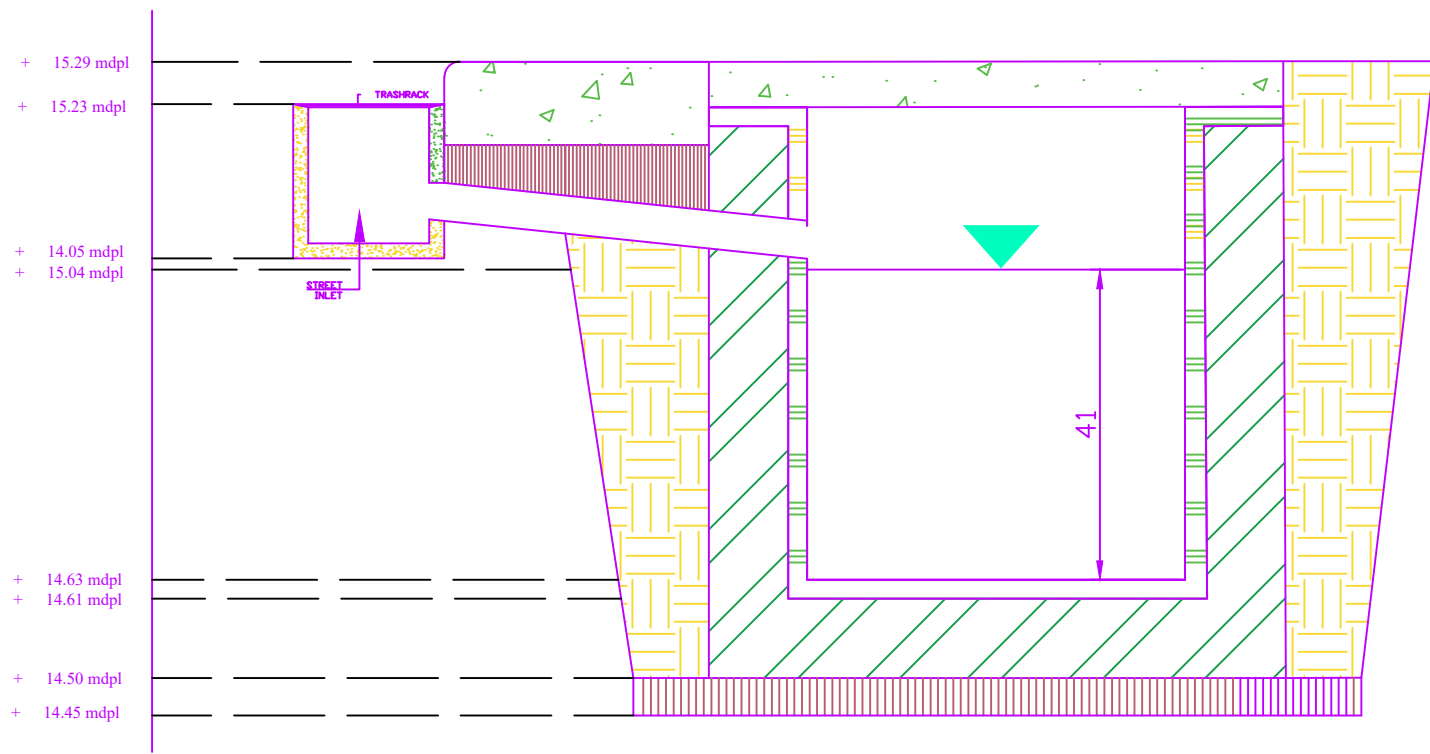
SALURAN PRIMER 2  
SKALA 1:10

 <p>FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER</p>	NAMA TUGAS KP	DOSEN ASISTEN	NAMA / NRP	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
	<b>DRAINASE</b>	Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc	IRFANANDA S.H. (0311174000011) SENOPATI I. (0311174000083)		

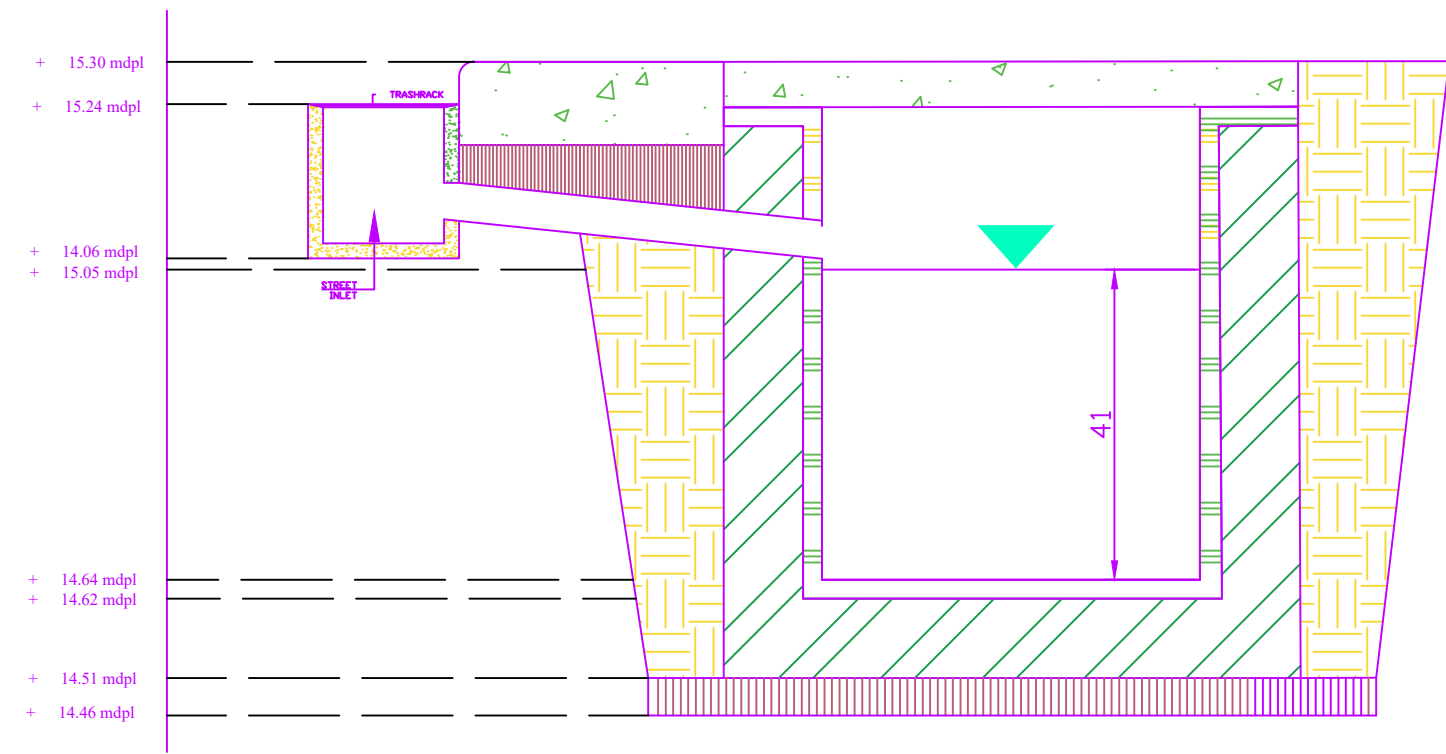


PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION

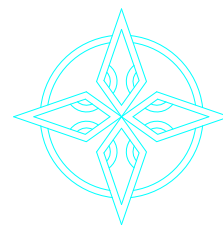
PRODUCED BY AN AUTODESK STUDENT VERSION




 POTONGAN MELINTANG HILIR

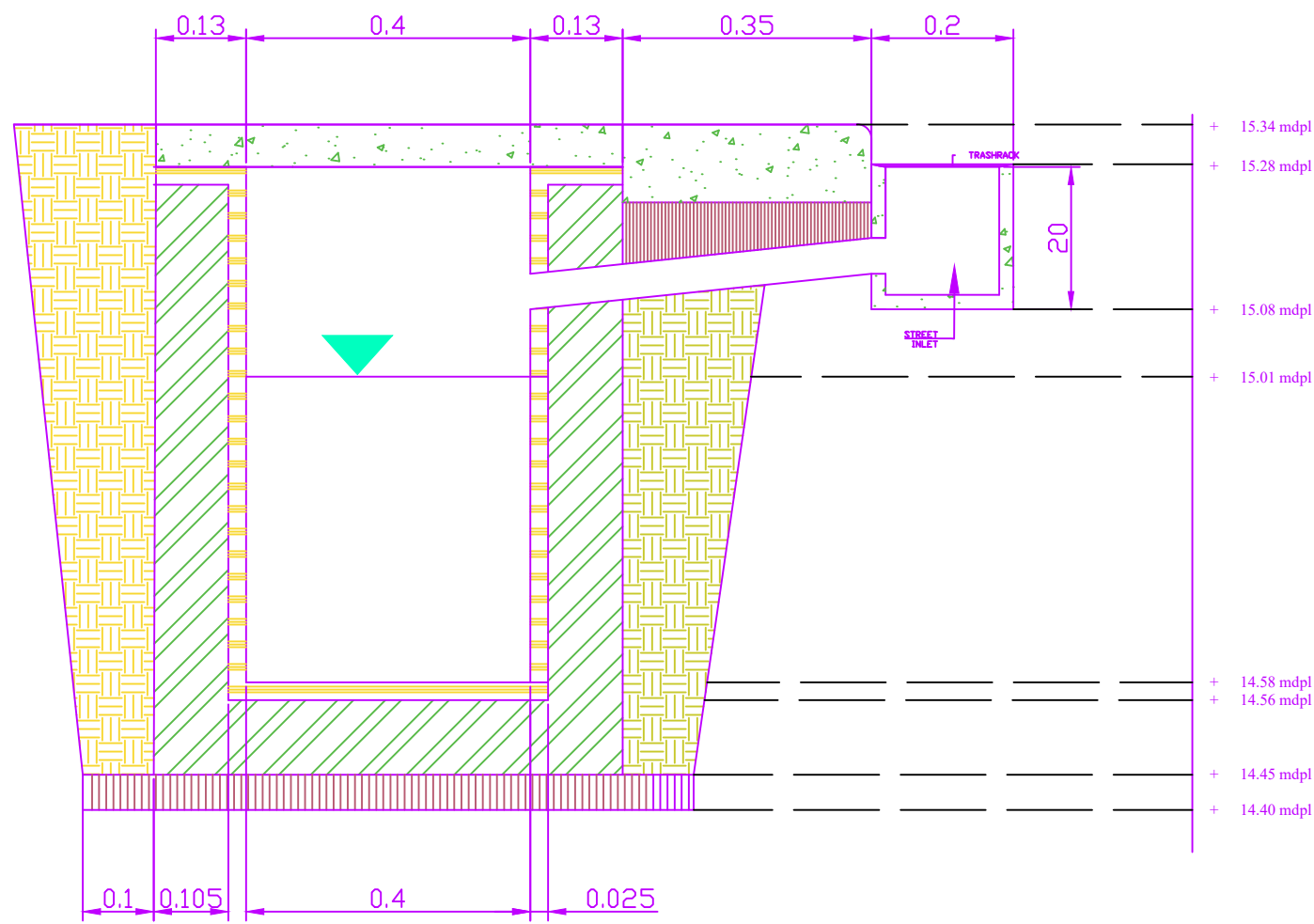


 POTONGAN MELINTANG HULU

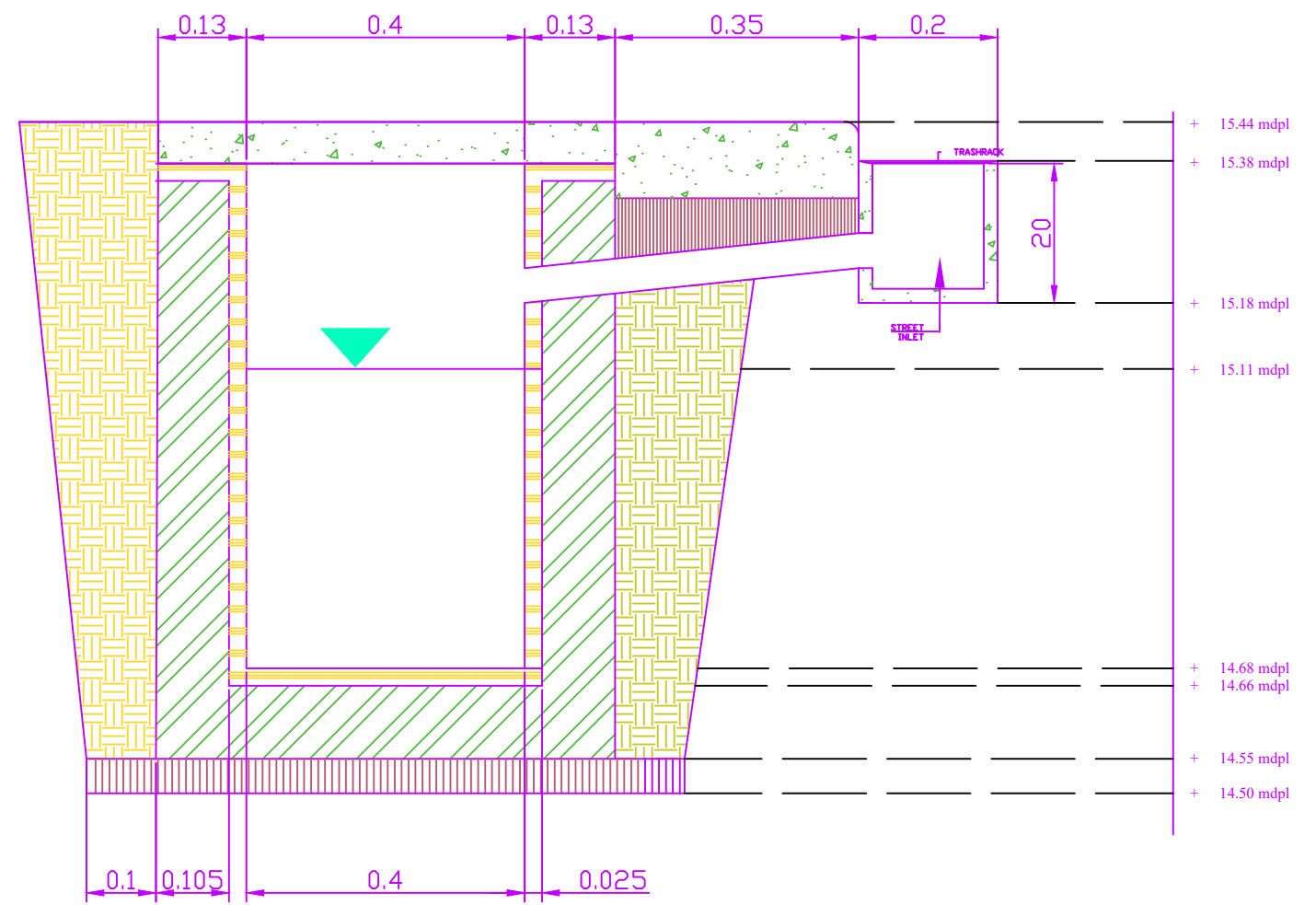


**SALURAN SEKUNDER 3**  
SKALA 1:10

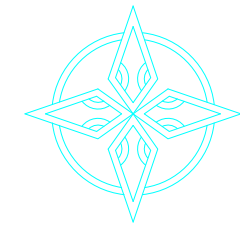
 <p>FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER</p>	NAMA TUGAS KP	DOSEN ASISTEN	NAMA / NRP	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
	<b>DRAINASE</b>	Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc	IRFANANDA S.H. (0311174000011) SENOPATI I. (0311174000083)		



 POTONGAN MELINTANG HILIR

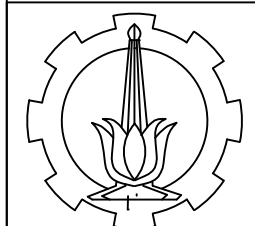


 POTONGAN MELINTANG HULU



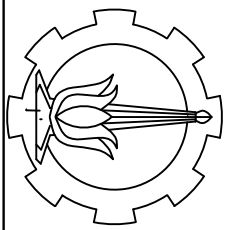
# SALURAN TERSIER 6

SKALA 1:10



FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

NAMA TUGAS KP	DOSEN ASISTEN	NAMA / NRP	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
<b>DRAINASE</b>	Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc	IRFANANDA S.H. (0311174000011) SENOPATI I. (0311174000083)		



FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

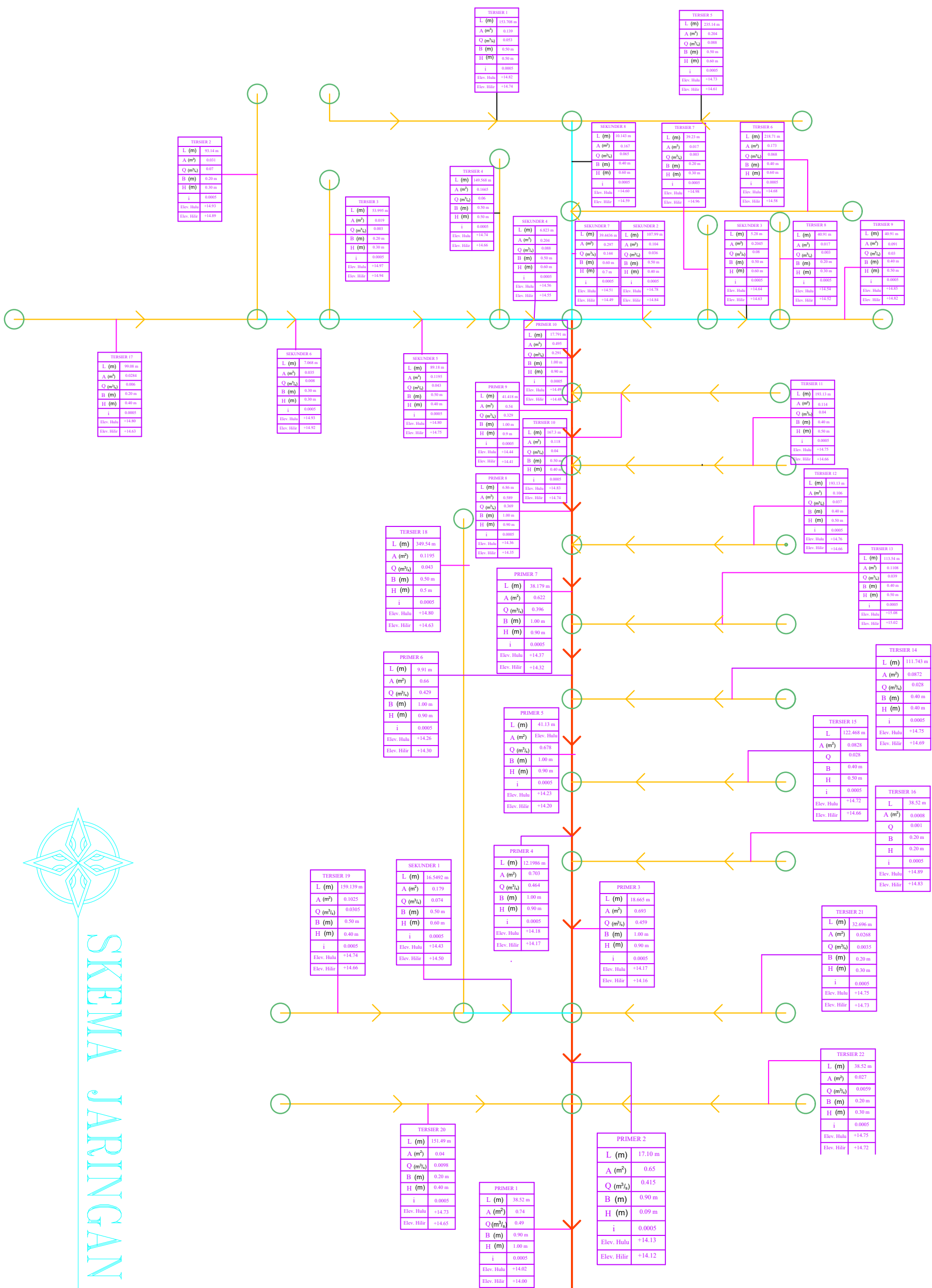
NAMA TUGAS  
**DRAINASE PERKOTAAN**

DOSEN ASISTEN  
**Moh. Bagus A., S.T., M.Sc**

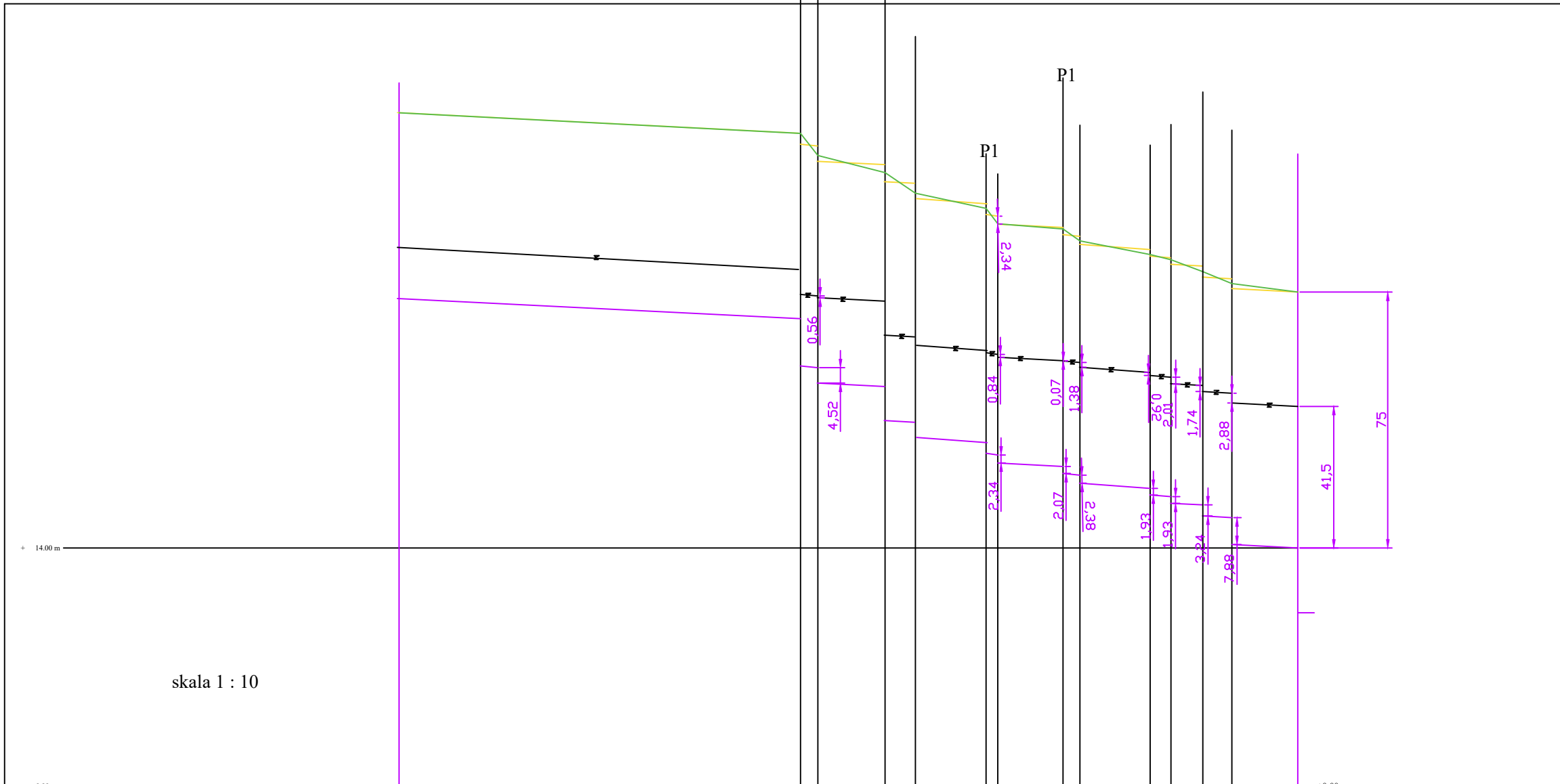
IRFANANDA SETIADI HUTOMO  
(03111740000011)

NOMOR LEMBAR

JUMLAH LEMBAR

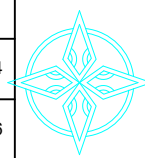


# DANAU

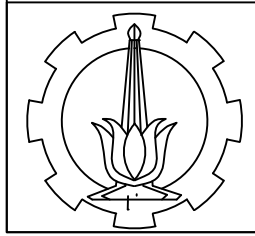


skala 1 : 10

		T5	S8	S7	P10	P9	P8	P7	P6	P5	P4	P3	P2	P1	
PANJANG SALURAN	←	117,57	19,07	8,9	20,71	3,43	19,09	20,95	6,1	19,33	8,526				10,42
ELEVASI DASAR SALURAN		+15.35	+15.23	+15.63	+15.23	+15.63	+15.23	+15.63	+15.23	+15.63	+15.23	+15.63	+15.23	+15.63	+15.23
ELEVASI MUKA AIR		+15.76	+15.64	+15.62	+15.62	+15.62	+15.62	+15.62	+15.62	+15.62	+15.62	+15.62	+15.62	+15.62	+15.62
ELEVASI TANAH SALURAN		+16.05	+15.93	+15.92	+15.92	+15.92	+15.92	+15.92	+15.92	+15.92	+15.92	+15.92	+15.92	+15.92	+15.92
ELEVASI TANAH EKSTING		+16.05	+15.93	+15.92	+15.92	+15.92	+15.92	+15.92	+15.92	+15.92	+15.92	+15.92	+15.92	+15.92	+15.92



SALURAN SEKUNDER 3  
SKALA 1:40



FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN  
KEBUMIHAN  
  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

NAMA TUGAS KP	DOSEN ASISTEN	NAMA / NRP	NOMOR LEMBAR	JUMLAH LEMBAR
<b>DRAINASE</b>	Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc	IRFANANDA S.H. (0311174000011) SENOPATI I. (0311174000083)		



**TUGAS BESAR PENGGANTI KERJA PRAKTEK  
KOMPONEN PERENCANAAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN  
BESERTA STUDI KASUS  
IRFANANDA S. HUTOMO & SENOPATI INGALOGO**



PROGRAM SARJANA S-1 DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL FTSPK - ITS  
**FORMULIR TUGAS PENGGANTI KERJA PRAKTEK**  
Departemen Teknik Sipil, Lt.2, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 601111  
Telp.031-5946094, Fax.031-5947284

1. Nama : IRFANANDA SETIADI HUTOMO Disetujui Nama Dosen : A.A. Gede Kartika, S.T., M.Sc  
NRP : 0311174000011 Dosen Wali Tanda Tangan : \_\_\_\_\_

2. Nama : SENOPATI INGALOGO Disetujui Nama Dosen : Dr. Trihanyndio Rendy S., M.T.  
NRP : 0311174000083 Dosen Wali Tanda Tangan : \_\_\_\_\_

Mahasiswa-mahasiswa tersebut diatas telah memenuhi syarat-syarat :

- Mata kuliah dan tugas-tugas sudah lulus minimum 102 sks
- Melampirkan daftar nilai tahap persiapan dan tahap sarjana
- Melampirkan copy FRS terakhir (yang memuat pengambilan Mata Kuliah Kerja Praktek)

**MENGAJUKAN TUGAS PENGGANTI KERJA PRAKTEK**

Bidang Keahlian <sup>\*)</sup> :  Struktur  Hidroteknik  Manajemen Konstruksi  
 Geoteknik  Transportasi  
*\*) pilih salah satu*

Judul Tugas Pengganti <sup>\*\*)</sup> : MODUL PANDUAN PERENCANAAN TUGAS BESAR DRAINASE PERKOTAAN  
Kerja Praktek \_\_\_\_\_

*\*\*) opsional, bisa berubah sesuai arahan dosen pembimbing tugas pengganti KP*

Surabaya, Juli 2020.....

Disetujui oleh,  
Sekretaris Departemen  
Bidang Akademik dan Kemahasiswaan



Data Irfanata, ST. MT. PhD

NIP.19800430 200501 1 002

Dosen Pembimbing Tugas Pengganti Kerja Praktek <sup>***)</sup>		
No	Nama Dosen	Tanda Tangan
1.	Dr. Ir. Wasis Wardoyo, MSc	
2.		

*\*\*\*) diisi oleh Pejabat/Pihak Departemen*

