



THESIS RC09-2399

**STUDI PENGARUH FUNGSI BANGUNAN PENGENDALI BANJIR
(BENDALI) PADA PENGURANGAN DEBIT PUNCAK BANJIR DI
DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) AMPAL KOTA BALIKPAPAN**

**Rossana Margaret Kadar Yanti
3113 205 007**

**Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Edijatno
Dr. techn Umboro Lasminto, S.T., M.Sc**

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN DAN REKAYASA SUMBER AIR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015



THESIS RC09-2399

**STUDY OF INFLUENCE OF FLOOD CONTROL CONSTRUCTION
FUNCTION TO THE PEAK DISCHARGE DECREASE ON AMPAL
CATCHMENT AREA, BALIKPAPAN**

Rossana Margaret Kadar Yanti
3113 205 007

Supervisor
Dr. Ir. Edijatno
Dr. techn Umboro Lasminto, S.T., M.Sc

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN DAN REKAYASA SUMBER AIR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015

**STUDI PENGARUH FUNGSI BANGUNAN PENGENDALI BANJIR
(BENDALI) PADA PENGURANGAN DEBIT PUNCAK BANJIR DI DAERAH
ALIRAN SUNGAI (DAS) AMPAL KOTA BALIKPAPAN**

**Thesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (MT)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

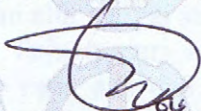
oleh :

**ROSSANA MARGARET KADAR YANTI
NRP. 3113 205 007**

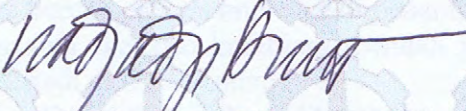
**Tanggal Ujian : 15 Januari 2015
Periode Wisuda : Maret 2015**

Disetujui oleh :

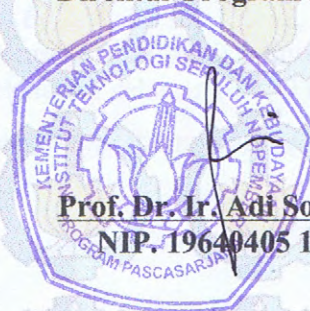

**1. Dr. Ir. Edijatno, DEA (Pembimbing I)
NIP. 19520311 198003 1 003**


**2. Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc (Pembimbing II)
NIP. 1972120202 199802 1 001**


**3. Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc (Penguji)
NIP. 19610927 198701 1 001**


**4. Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc (Penguji)
NIP. 19540113 198010 1 001**

Direktur Program Pascasarjana,



**Prof. Dr. Ir. Adi Soeprijanto, M.T.
NIP. 19640405 199002 1 001**

STUDI PENGARUH FUNGSI BANGUNAN PENGENDALI BANJIR (BENDALI) PADA PENGURANGAN DEBIT PUNCAK BANJIR DI DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) AMPAL KOTA BALIKPAPAN

Nama Mahasiswa : Rossana Margaret Kadar Yanti
NRP : 3113 205 007
Dosen Pembimbing 1 : Dr. Ir. Edijatno
Dosen Pembimbing 2 : Dr. techn Umboro Lasminto, ST, M.Sc

ABSTRAK

Daerah Aliran Sungai (DAS) Klandasan Besar atau Ampal terletak di Kecamatan Balikpapan Selatan Kota Balikpapan Provinsi Kalimantan Timur. DAS seluas 25.273 km² ini memiliki sungai sepanjang 4.699 km. Sistem Drainase Ampal atau Klandasan Besar terdiri dari saluran primer yang berupa alur sungai asli yang langsung bermuara ke laut. Pada musim penghujan, debit yang mengalir dari hulu sungai Ampal cukup besar dan sering melampaui kapasitas alir sungai, sehingga menyebabkan terjadinya luapan air ke lahan di kiri dan kanan sungai.

Salah satu usaha untuk mengurangi debit aliran sungai adalah dengan menampung sebagian air di hulu dan tengah dengan bangunan pengendali banjir (Bendali). Hal ini bertujuan untuk menghasilkan sistem drainase ramah lingkungan. Pelaksanaan program penanganan banjir yang sudah terlaksana sampai dengan saat ini adalah 3 bendali dari rencana keseluruhan 13 bendali dan perbaikan alur sungai sepanjang 8350 m dari rencana keseluruhan 12811 m.

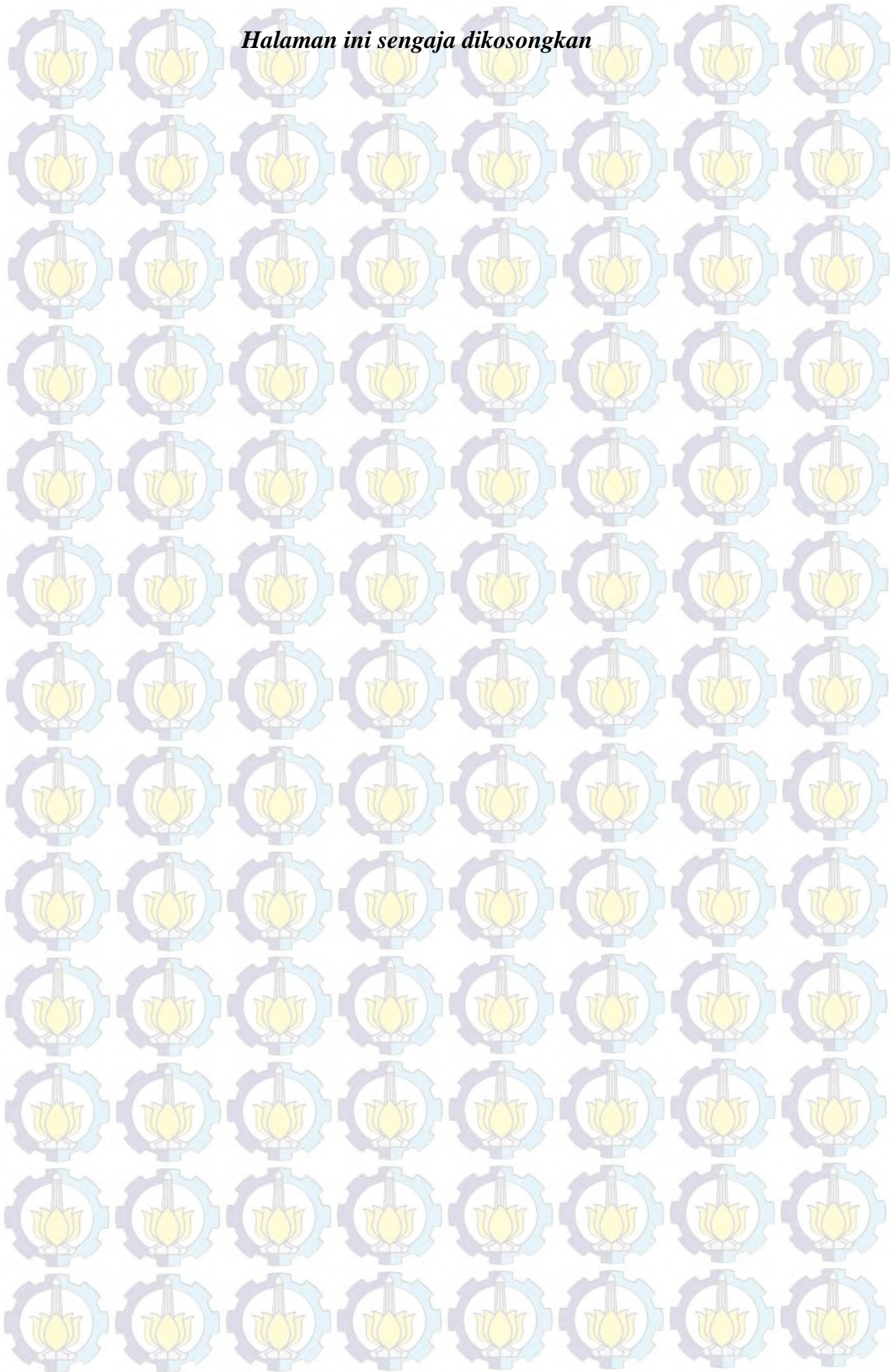
Tujuan dari studi ini adalah mengetahui bagaimana kondisi sistem drainase yang ada dan kapasitas eksisting dari sungai Ampal. Kemudian besar penurunan banjir atau genangan bila pengelolaan drainase ramah lingkungan dengan pembangunan bendali diterapkan pada DAS Ampal, serta mengetahui jumlah bendali yang harus dibangun untuk mengurangi banjir yang terjadi.

Dalam studi ini dilakukan pemodelan hidrologi dan hidrolika dari DAS Ampal. Analisa hidrologi dengan menggunakan program bantuan HEC-HMS akan menghasilkan debit banjir rencana dengan periode ulang tertentu. Sedangkan untuk analisa hidrolika, digunakan program bantuan HEC-RAS dengan hasil analisa berupa elevasi muka air di penampang sungai. Analisa ini bertujuan untuk mengetahui skenario kombinasi bendali yang terbaik dalam pengurangan banjir yang terjadi di DAS Ampal.

Dari hasil analisa, diketahui besar penurunan debit puncak banjir (ΔQ) yang terjadi di sungai Ampal di tiap-tiap skenario adalah sebesar 7.60 m³/det, 35.80 m³/det, 79.10 m³/det, 85.60 m³/det dan 68.50 m³/det. Masing-masing skenario ini, menurunkan debit dari kondisi eksisting yaitu sebesar 168.50 m³/det. Dengan analisa tersebut, diperoleh jumlah bendali yang direkomendasikan untuk dibangun di DAS Ampal dalam mengurangi banjir yang terjadi. Bendali tersebut berjumlah 10 bendali, yaitu bendali 1, 2, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, dan 13. Dengan penerapan 10 bendali ini, diperoleh penurunan nilai debit banjir (ΔQ) di sungai utama sebesar 69.50 m³/det dari kondisi eksisting sebesar 168.50 m³/det.

Kata kunci : DAS Ampal Kota Balikpapan, banjir, bangunan pengendali banjir.

Halaman ini sengaja dikosongkan



STUDY OF INFLUENCE OF FLOOD CONTROL CONSTRUCTION FUNCTION TO THE PEAK DISCHARGE DECREASE ON AMPAL CATCHMENT AREA, BALIKPAPAN

Student : Rossana Margaret Kadar Yanti
Student ID Number : 3113 205 007
Supervisor 1 : Dr. Ir. Edijatno
Supervisor 2 : Dr. techn Umboro Lasminto, ST, M.Sc

ABSTRACT

Klandasan Besar/Ampal Catchment Area is in South Balikpapan Subdistrict, Balikpapan City, East Kalimantan Province. This catchment area has 25.273 km² for area and 4.699 kms for main river length. Klandasan Besar/Ampal drainage system has primer channel that has flow route leading to the sea. In rainy season, discharge from the upstream of Ampal River is huge and exceeds river capacity. It causes flood around the river.

One of solutions to reduce river discharge is to keep the water remain in upstream and middle of river by flood control construction. The purpose is to make eco-friendly drainage system. There are 13 flood control constructions and 12.811 meters of river route rehabilitations, but only 3 flood control constructions and 8.350 meters of river route rehabilitations that have been implemented.

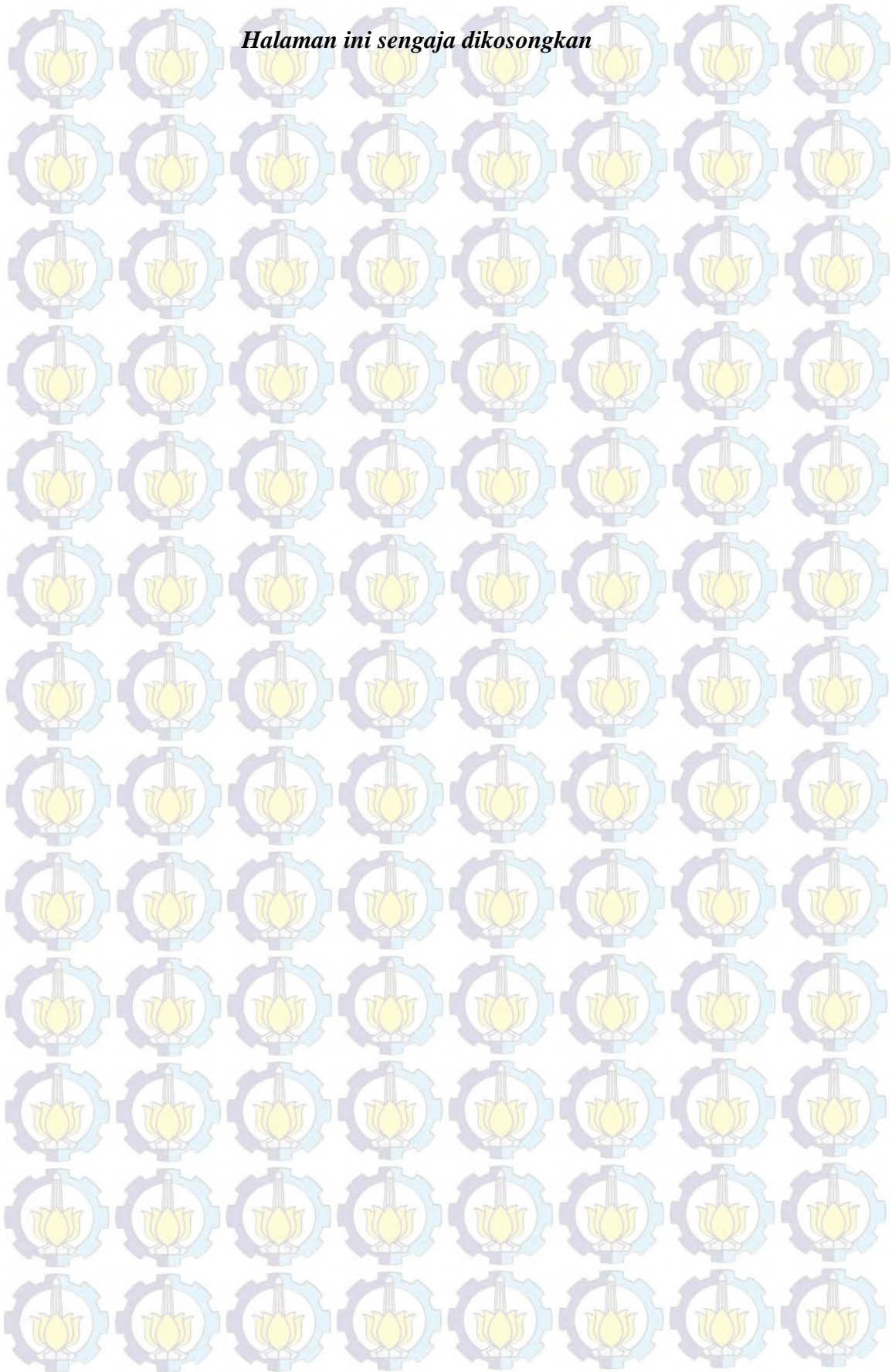
Purpose of this study is to know how drainage system and existing capacity of Ampal River condition are. The second purpose is to know the decrease of flood if eco-friendly drainage system implemented in Ampal cathment area. The last purpose is to know the number of flood control conctruction required to decrease flood.

This study made hydrology and hydraulics modeling of Ampal Catchment Area. Hydrology analysis using HEC-HMS produces flood discharge plan in particular period. Hydraulics analysis using HEC-RAS produces water surface elevation of the river. These analysis aim to know scenario of the best flood control constructions combination in decreasing flood in Ampal Catchment Area.

Analysis shows the amount of peak discharge decrease in Ampal River from each scenario. The results are 7.60 m³/sec, 35.80 m³/sec, 79.10 m³/sec, 85.60 m³/sec and 68.50 m³/sec. Meanwhile, the existing discharge is 168.50 m³/sec. This analysis shows the number of flood control constructions that influence Ampal Catchment Area in decreasing flood. The number of flood control construction is 10 that are 1, 2, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 and 13. Implementation of 10 flood control construction decreases 69.50 m³/sec of discharge in main river from 168.50 m³/sec of existing condition.

Keywords : Ampal Catchment Area, flood, flood control construction.

Halaman ini sengaja dikosongkan



STUDI PENGARUH FUNGSI BANGUNAN PENGENDALI BANJIR (BENDALI) PADA PENGURANGAN DEBIT PUNCAK BANJIR DI DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) AMPAL KOTA BALIKPAPAN

Nama Mahasiswa : Rossana Margaret Kadar Yanti
NRP : 3113 205 007
Dosen Pembimbing 1 : Dr. Ir. Edijatno
Dosen Pembimbing 2 : Dr. techn Umboro Lasminto, ST, M.Sc

ABSTRAK

Daerah Aliran Sungai (DAS) Klandasan Besar atau Ampal terletak di Kecamatan Balikpapan Selatan Kota Balikpapan Provinsi Kalimantan Timur. DAS seluas 25.273 km² ini memiliki sungai sepanjang 4.699 km. Sistem Drainase Ampal atau Klandasan Besar terdiri dari saluran primer yang berupa alur sungai asli yang langsung bermuara ke laut. Pada musim penghujan, debit yang mengalir dari hulu sungai Ampal cukup besar dan sering melampaui kapasitas alir sungai, sehingga menyebabkan terjadinya luapan air ke lahan di kiri dan kanan sungai.

Salah satu usaha untuk mengurangi debit aliran sungai adalah dengan menampung sebagian air di hulu dan tengah dengan bangunan pengendali banjir (Bendali). Hal ini bertujuan untuk menghasilkan sistem drainase ramah lingkungan. Pelaksanaan program penanganan banjir yang sudah terlaksana sampai dengan saat ini adalah 3 bendali dari rencana keseluruhan 13 bendali dan perbaikan alur sungai sepanjang 8350 m dari rencana keseluruhan 12811 m.

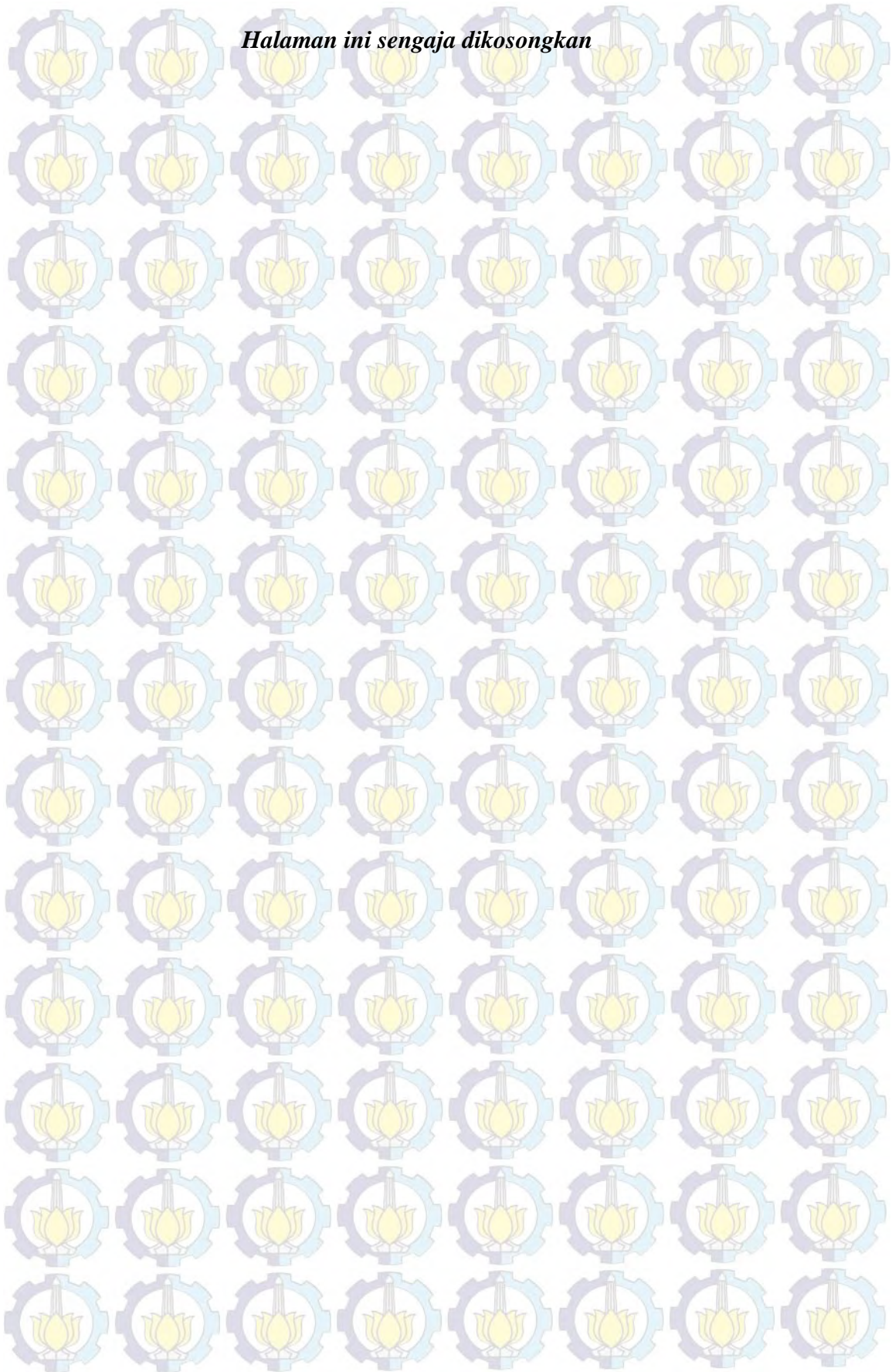
Tujuan dari studi ini adalah mengetahui bagaimana kondisi sistem drainase yang ada dan kapasitas eksisting dari sungai Ampal. Kemudian besar penurunan banjir atau genangan bila pengelolaan drainase ramah lingkungan dengan pembangunan bendali diterapkan pada DAS Ampal, serta mengetahui jumlah bendali yang harus dibangun untuk mengurangi banjir yang terjadi.

Dalam studi ini dilakukan pemodelan hidrologi dan hidrolika dari DAS Ampal. Analisa hidrologi dengan menggunakan program bantuan HEC-HMS akan menghasilkan debit banjir rencana dengan periode ulang tertentu. Sedangkan untuk analisa hidrolika, digunakan program bantuan HEC-RAS dengan hasil analisa berupa elevasi muka air di penampang sungai. Analisa ini bertujuan untuk mengetahui skenario kombinasi bendali yang terbaik dalam pengurangan banjir yang terjadi di DAS Ampal.

Dari hasil analisa, diketahui besar penurunan debit puncak banjir (ΔQ) yang terjadi di sungai Ampal di tiap-tiap skenario adalah sebesar 7.60 m³/det, 35.80 m³/det, 79.10 m³/det, 85.60 m³/det dan 68.50 m³/det. Masing-masing skenario ini, menurunkan debit dari kondisi eksisting yaitu sebesar 168.50 m³/det. Dengan analisa tersebut, diperoleh jumlah bendali yang direkomendasikan untuk dibangun di DAS Ampal dalam mengurangi banjir yang terjadi. Bendali tersebut berjumlah 10 bendali, yaitu bendali 1, 2, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, dan 13. Dengan penerapan 10 bendali ini, diperoleh penurunan nilai debit banjir (ΔQ) di sungai utama sebesar 69.50 m³/det dari kondisi eksisting sebesar 168.50 m³/det.

Kata kunci : DAS Ampal Kota Balikpapan, banjir, bangunan pengendali banjir.

Halaman ini sengaja dikosongkan



STUDY OF INFLUENCE OF FLOOD CONTROL CONSTRUCTION FUNCTION TO THE PEAK DISCHARGE DECREASE ON AMPAL CATCHMENT AREA, BALIKPAPAN

Student : Rossana Margaret Kadar Yanti
Student ID Number : 3113 205 007
Supervisor 1 : Dr. Ir. Edijatno
Supervisor 2 : Dr. techn Umboro Lasminto, ST, M.Sc

ABSTRACT

Klandasan Besar/Ampal Catchment Area is in South Balikpapan Subdistrict, Balikpapan City, East Kalimantan Province. This catchment area has 25.273 km² for area and 4.699 kms for main river length. Klandasan Besar/Ampal drainage system has primer channel that has flow route leading to the sea. In rainy season, discharge from the upstream of Ampal River is huge and exceeds river capacity. It causes flood around the river.

One of solutions to reduce river discharge is to keep the water remain in upstream and middle of river by flood control construction. The purpose is to make eco-friendly drainage system. There are 13 flood control constructions and 12.811 meters of river route rehabilitations, but only 3 flood control constructions and 8.350 meters of river route rehabilitations that have been implemented.

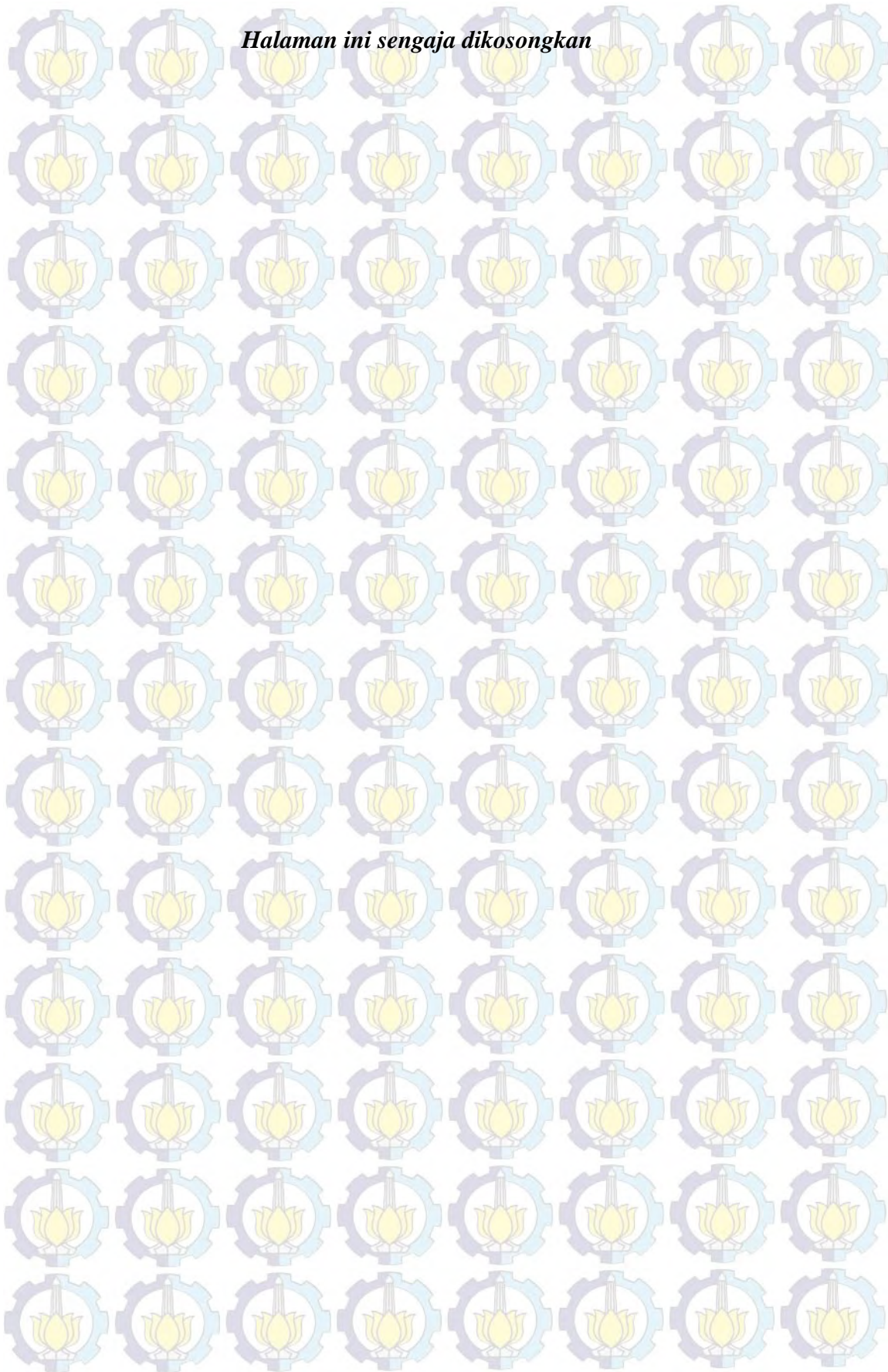
Purpose of this study is to know how drainage system and existing capacity of Ampal River condition are. The second purpose is to know the decrease of flood if eco-friendly drainage system implemented in Ampal cathment area. The last purpose is to know the number of flood control construction required to decrease flood.

This study made hydrology and hydraulics modeling of Ampal Catchment Area. Hydrology analysis using HEC-HMS produces flood discharge plan in particular period. Hydraulics analysis using HEC-RAS produces water surface elevation of the river. These analysis aim to know scenario of the best flood control constructions combination in decreasing flood in Ampal Catchment Area.

Analysis shows the amount of peak discharge decrease in Ampal River from each scenario. The results are 7.60 m³/sec, 35.80 m³/sec, 79.10 m³/sec, 85.60 m³/sec and 68.50 m³/sec. Meanwhile, the existing discharge is 168.50 m³/sec. This analysis shows the number of flood control constructions that influence Ampal Catchment Area in decreasing flood. The number of flood control construction is 10 that are 1, 2, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 and 13. Implementation of 10 flood control construction decreases 69.50 m³/sec of discharge in main river from 168.50 m³/sec of existing condition.

Keywords : Ampal Catchment Area, flood, flood control construction.

Halaman ini sengaja dikosongkan



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Thesis dengan judul “Studi Pengaruh Fungsi Bangunan Pengendali Banjir (Bendali) Pada Pengurangan Debit Puncak Banjir di Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal Kota Balikpapan” seperti yang diharapkan. Selama proses penyusunan Thesis ini, penulis mendapatkan banyak bimbingan, dukungan dan pengarahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat yang besar, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang tulus dan sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua Orang Tua, Bapak Drs. Arif Dwiyanto, M. Ap dan ibu Henny Kartikawati yang selalu memberi dukungan finansial, moral, serta doa yang tidak pernah putus.
2. DIKTI yang telah memberikan beasiswa, sehingga penulis mampu menyelesaikan program studi pascasarjana ini dengan baik.
3. Bapak Dr. Ir. Edijatno selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan saran, bimbingan dan waktunya, sehingga penulisan Thesis ini berjalan dengan baik dan lancar.
4. Bapak Dr. techn Umboro Lasminto, ST, MSc. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan saran, bimbingan, waktunya serta semangat untuk penulis, sehingga Thesis ini bisa menjadi lebih baik.
5. Reska Dwi Cahyanti dan Rayhannaldi Suryatmadja atas semangat, keusilan dan keceriaannya. Terimakasih sudah menjadi adik yang menyebarkan sekaligus menyenangkan.
6. Agil Hijriansyah, seseorang yang sudah menemani disaat susah maupun senang. Terimakasih atas segala masukan, saran, waktu dan perhatian yang telah diberikan.
7. Hary Puji Astuti, Mercyanof Febrianda, Chandra Murprabowo, terimakasih banyak atas waktu bermain, belajar dan bercerita bersamanya. Semoga lekas berkumpul kembali.

8. Retno Purnama Sari dan Endah Wahyuni, terimakasih atas keributan di jejaring sosialnya, kalian luar biasa.

9. Seluruh teman-teman MRSA ITS 2013, terimakasih atas keributan dan kegilaan yang luar biasa dalam satu setengah tahun ini. Semoga dipertemukan kembali dalam kondisi sehat dan sukses.

10. Seluruh teman-teman Sipil ITS 2009, terimakasih atas kekeluargaan yang begitu hangat walaupun saling berjauhan.

11. Seluruh keluarga dan kerabat yang sudah mendoakan dan menyemangati.

12. Semua pihak yang telah membantu.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan Thesis ini banyak terdapat kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran dari berbagai pihak sangat diharapkan penulis agar laporan ini menjadi lebih baik.

Surabaya, Februari 2015

Penulis

DAFTAR ISI

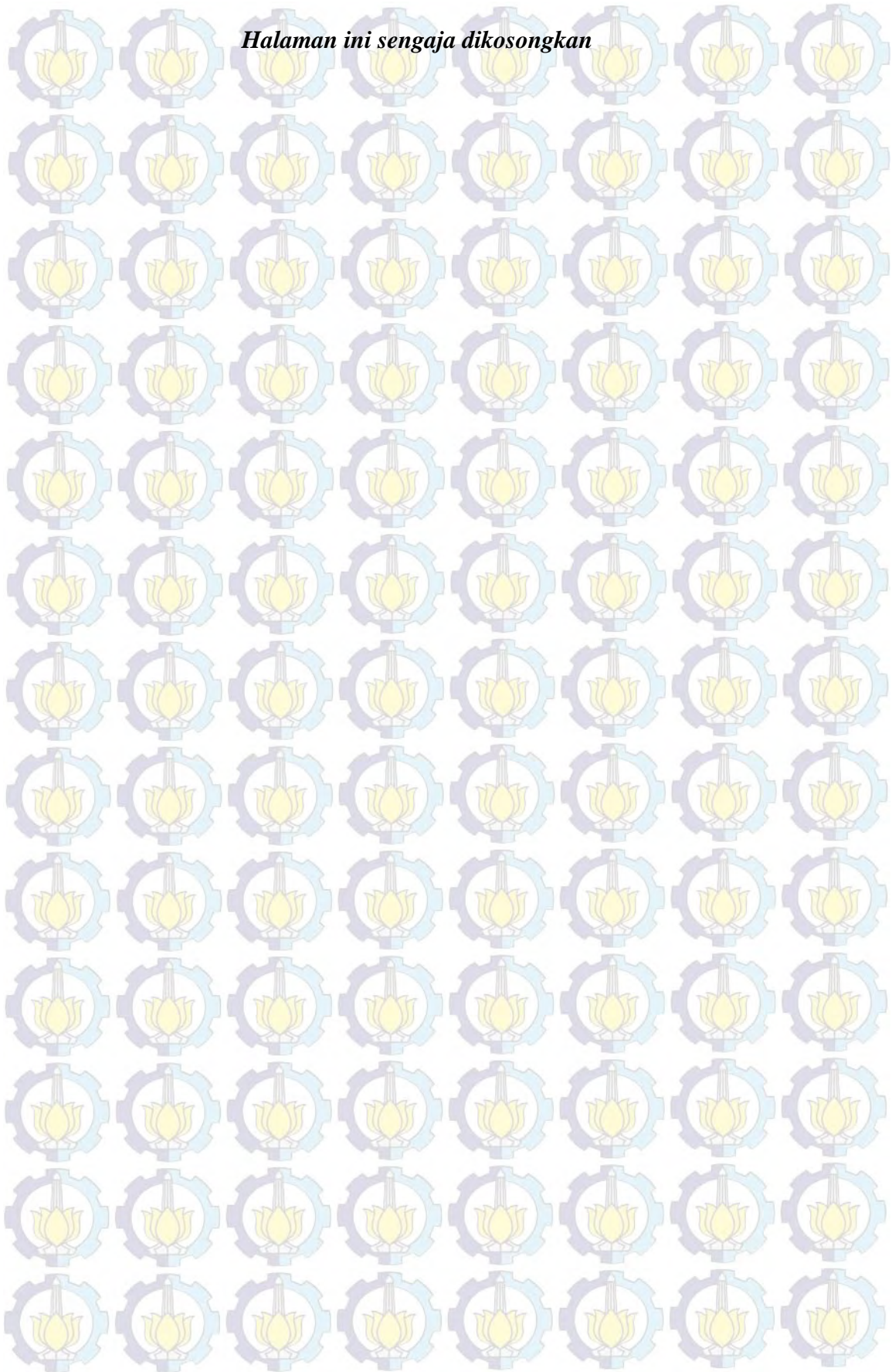
Halaman Judul.....	i
Lembar Pengesahan	iii
Abstrak	v
Abstract	vii
Kata Pengantar	ix
Daftar Isi.....	xi
Daftar Tabel	xv
Daftar Gambar.....	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Manfaat Penelitian.....	6
1.5 Batasan Masalah.....	6
BAB 2 DASAR TEORI	
2.1 Banjir	7
2.2 Analisa Hidrologi	8
2.2.1 Curah Hujan Wilayah	8
2.2.2 Analisa Distribusi Frekuensi.....	8
2.2.3 Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi	10
2.2.4 Perhitungan Curah Hujan	11
2.2.5 Perhitungan Rata-rata Hujan Sampai Jam ke-t.....	11
2.2.6 Analisa Intensitas Hujan	11
2.2.7 Analisa Debit Banjir Rencana	12
2.3 Bendali (Bangunan Pengendali Banjir).....	13
2.3.1 Kapasitas Bendali	13
2.3.2 Penelusuran Banjir.....	14
2.3.4 Tanggul	14
2.4 Konsep Pemodelan Hidrologi Dengan HEC-HMS	15
2.4.1 Definisi HEC-HMS	15
2.4.2 Metode Perhitungan Volume Limpasan	15
2.4.3 Limpasan <i>SCS Curve Number</i> (CN).....	16
2.4.4 Metode Perhitungan Hidrograf Satuan Sintesis.....	17
2.4.5 Hidrograf Satuan SCS.....	17
2.5 Pemahaman Konsep Pemodelan Aliran Sungai Dengan HEC-RAS.....	18
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Sistematika Pelaksanaan Penelitian.....	19
3.1.1 Tahap Persiapan.....	19
3.1.2 Pengumpulan Data.....	19
3.1.3 Analisa Data.....	20
3.1.4 Penyusunan Skenario.....	20
3.1.5 Kesimpulan dan Saran	23

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Lokasi Studi	25
4.2 Analisa Hidrologi.....	26
4.2.1 Distribusi Curah Hujan Wilayah.....	26
4.2.2 Analisa Frekuensi.....	26
4.2.3 Uji Kecocokan Sebaran.....	28
4.2.3.1 Uji Chi Kuadrat	28
4.2.3.1.1 Uji Chi Kuadrat Untuk Distribusi Pearson Tipe III.....	28
4.2.3.1.2 Uji Chi Kuadrat Untuk Distribusi Gumbel Tipe I	29
4.2.3.2 Uji Smirnov-Kolmogorov	30
4.2.3.2.1 Uji Smirnov-Kolmogorov Untuk Distribusi Pearson Tipe III dan Gumbel Tipe I.....	30
4.2.4 Kesimpulan Analisa Frekuensi	31
4.2.5 Perhitungan Curah Hujan Periode Ulang.....	31
4.2.6 Perhitungan Distribusi Hujan.....	32
4.2.6.1 Perhitungan Rata-rata Hujan Pada Jam ke-t.....	32
4.2.6.2 Perhitungan Tinggi Hujan Pada Jam ke-t.....	33
4.2.7 Pemodelan dengan HEC-HMS	34
4.2.7.1 Perhitungan Luasan Sub DAS Ampal dan Kemiringan Rata-rata Tiap Sub DAS	36
4.2.7.2 Menentukan % Absorpsi pada tiap Sub DAS Ampal.....	38
4.2.7.3 Perhitungan Time Lag Sub DAS.....	38
4.2.8 Input Data HEC-HMS.....	40
4.2.8.1 Basin Model <i>Attributes</i>	40
4.2.8.2 Parameter Basin Model	41
4.2.9 Hasil Pemodelan dengan HEC-HMS.....	44
4.2.9.1 Hasil Pemodelan Eksisting DAS Ampal	44
4.2.9.2 Hasil Pemodelan Skenario 1 DAS Ampal.....	48
4.2.9.3 Hasil Pemodelan Skenario 2 DAS Ampal.....	52
4.2.9.4 Hasil Pemodelan Skenario 3 DAS Ampal.....	56
4.2.9.5 Hasil Pemodelan Skenario 4 DAS Ampal.....	60
4.2.9.6 Kesimpulan Hasil Pemodelan Tiap-Tiap Skenario	64
4.3 Analisa Hidrolika.....	68
4.3.1 Analisa Hidrolika Eksisting DAS Ampal	68
4.3.2 Analisa Hidrolika Skenario 1 DAS Ampal	69
4.3.3 Analisa Hidrolika Skenario 2 DAS Ampal	70
4.3.4 Analisa Hidrolika Skenario 3 DAS Ampal.....	71
4.3.5 Analisa Hidrolika Skenario 4 DAS Ampal	72
4.3.6 Kesimpulan Analisa Hidrolika.....	73
4.3.7 Pengaruh Fungsi Bendali Terhadap Pengurangan Banjir DAS Ampal ..	75
4.3.7.1 Pengaruh Fungsi Bendali Dalam Kondisi Eksisting	76
4.3.7.2 Pengaruh Fungsi Bendali Dalam Skenario 1.....	77
4.3.7.3 Pengaruh Fungsi Bendali Dalam Skenario 2.....	79
4.3.7.4 Pengaruh Fungsi Bendali Dalam Skenario 3.....	81
4.3.7.5 Pengaruh Fungsi Bendali Dalam Skenario 4.....	83
4.3.7.6 Kesimpulan Pengaruh Fungsi Bendali di Tiap-tiap Skenario	85

4.3.8 Kesimpulan Hasil Analisa Hidrologi dan Hidrolika.....	88
4.3.8.1 Hasil Analisa Hidrologi Skenario 5 DAS Ampal	90
4.3.8.2 Analisa Hasil Hidrolika Skenario 5 DAS Ampal	94
4.3.8.3 Pengaruh Fungsi Bendali Dalam Skenario 5	94
4.3.8.4 Hasil Analisa Penerapan Skenario 5 DAS Ampal	96
BAB 5 KESIMPULAN	
5.1 Kesimpulan.....	105
5.2 Saran	106
5.3 Manfaat Penelitian.....	106
DAFTAR PUSTAKA	107
LAMPIRAN A (Letak dan Jumlah Bendali Tiap Skenario)	109
LAMPIRAN B (Nilai Absorpsi pada tiap Sub DAS Ampal)	113
LAMPIRAN C (Data Bangunan Pengendali Banjir (Bendali) DAS Ampal)	125

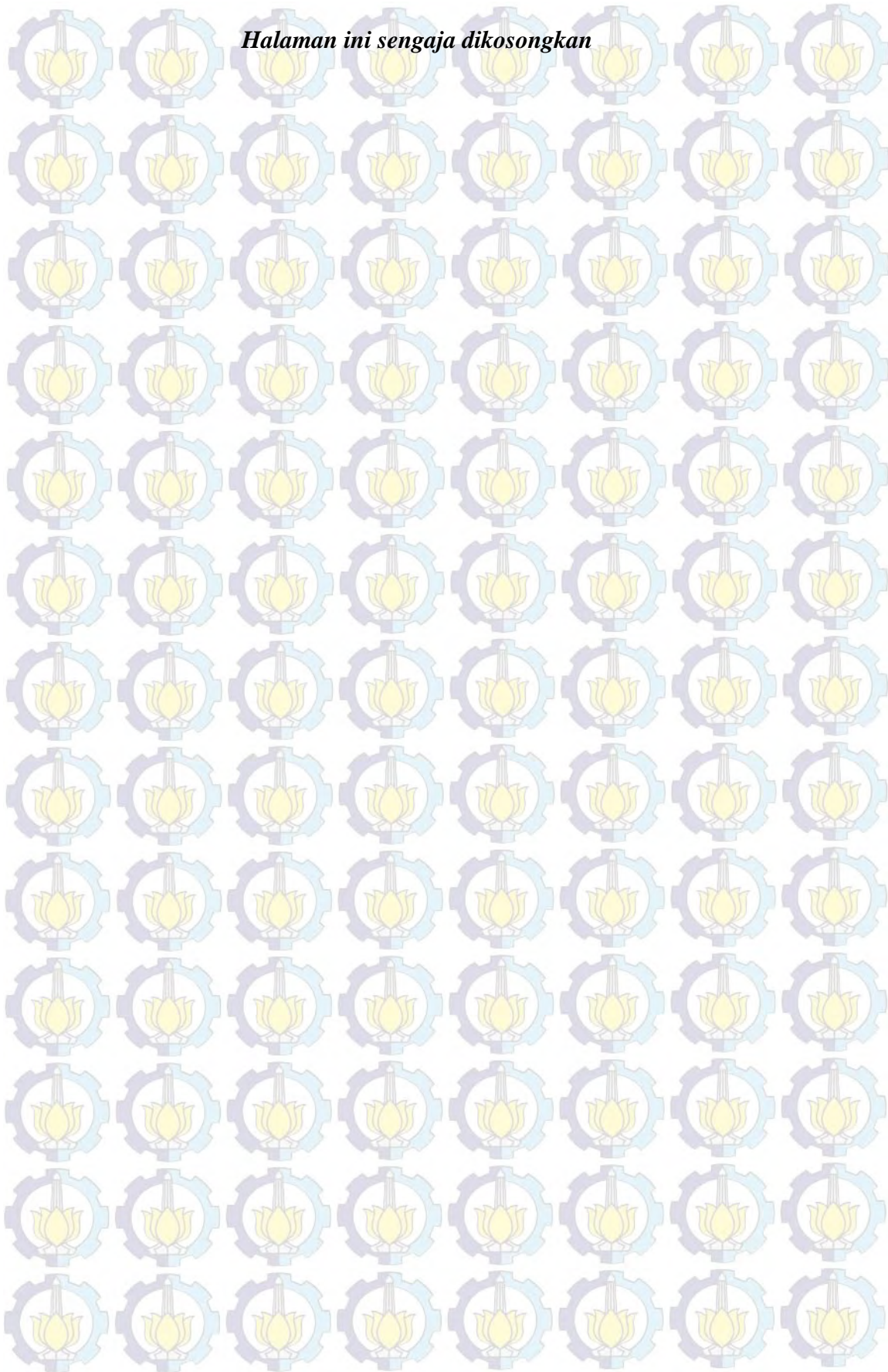
Halaman ini sengaja dikosongkan



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Pembagian Wilayah Drainase Kota Balikpapan Berdasarkan KAK	2
Tabel 4.1 Data Curah Hujan Maksimum	26
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Parameter Statistik.....	27
Tabel 4.3 Uji Chi Kuadrat – Distribusi Pearson Tipe III	28
Tabel 4.4 Uji Chi Kuadrat – Distribusi Gumbel Tipe I.....	29
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Uji Smirnov – Kolmogorov.....	30
Tabel 4.6 Kesimpulan Uji Kecocokan	31
Tabel 4.7 Curah Hujan Periode Ulang Distribusi Gumbel Tipe I.....	31
Tabel 4.8 Curah Hujan Jam – Jaman	33
Tabel 4.9 Luasan Masing-masing dan Panjang Aliran Tiap Sub DAS.....	36
Tabel 4.10 Panjang dan Kemiringan Sungai Tiap Sub DAS	37
Tabel 4.11 Perhitungan Nilai % Absorpsi Pada Sub DAS 1.....	38
Tabel 4.12 Time Lag Pada Masing-masing Sub DAS	39
Tabel 4.13 Nilai <i>Initial Loss</i> Tiap Sub DAS	41
Tabel 4.14 Nilai <i>Curve Number</i>	42
Tabel 4.15 Nilai <i>Impervious</i>	42
Tabel 4.16 Volume Komulatif Bendali 1	43
Tabel 4.17 Debit <i>Outflow</i> dan Tampungandan Bendali.....	43
Tabel 4.18 Hasil <i>running</i> Eksisting DAS Ampal.....	44
Tabel 4.19 Hasil <i>running</i> Skenario 1 DAS Ampal	48
Tabel 4.20 Hasil <i>running</i> Skenario 2 DAS Ampal	52
Tabel 4.21 Hasil <i>running</i> Skenario 3 DAS Ampal	56
Tabel 4.22 Hasil <i>running</i> Skenario 4 DAS Ampal	60
Tabel 4.23 Besar Penurunan Debit Masing-Masing Skenario	65
Tabel 4.24 Perbandingan Hasil Analisa Hidrolika Kondisi Eksisting dan Skenario ..	74
Tabel 4.25 Perbandingan Kapasitas dan Debit Hidrologi Eksisting	76
Tabel 4.26 Perbandingan Kapasitas dan Debit Hidrologi Skenario 1.....	78
Tabel 4.27 Perbandingan Kapasitas dan Debit Hidrologi Skenario 2.....	80
Tabel 4.28 Perbandingan Kapasitas dan Debit Hidrologi Skenario 3.....	82
Tabel 4.29 Perbandingan Kapasitas dan Debit Hidrologi Skenario 4.....	83
Tabel 4.30 Perbandingan Kondisi Eksisting dengan Tiap-Tiap Skenario	85
Tabel 4.31 Hasil <i>running</i> Skenario 5 DAS Ampal	90
Tabel 4.32 Perbandingan Kapasitas dan Debit Hidrologi Skenario 5.....	95
Tabel 4.33 Perbandingan Hasil Analisa Hidrolika Eksisting dan Skenario.....	97
Tabel 4.34 Perbandingan Kondisi Eksisting Dengan Masing-Masing Skenario	100

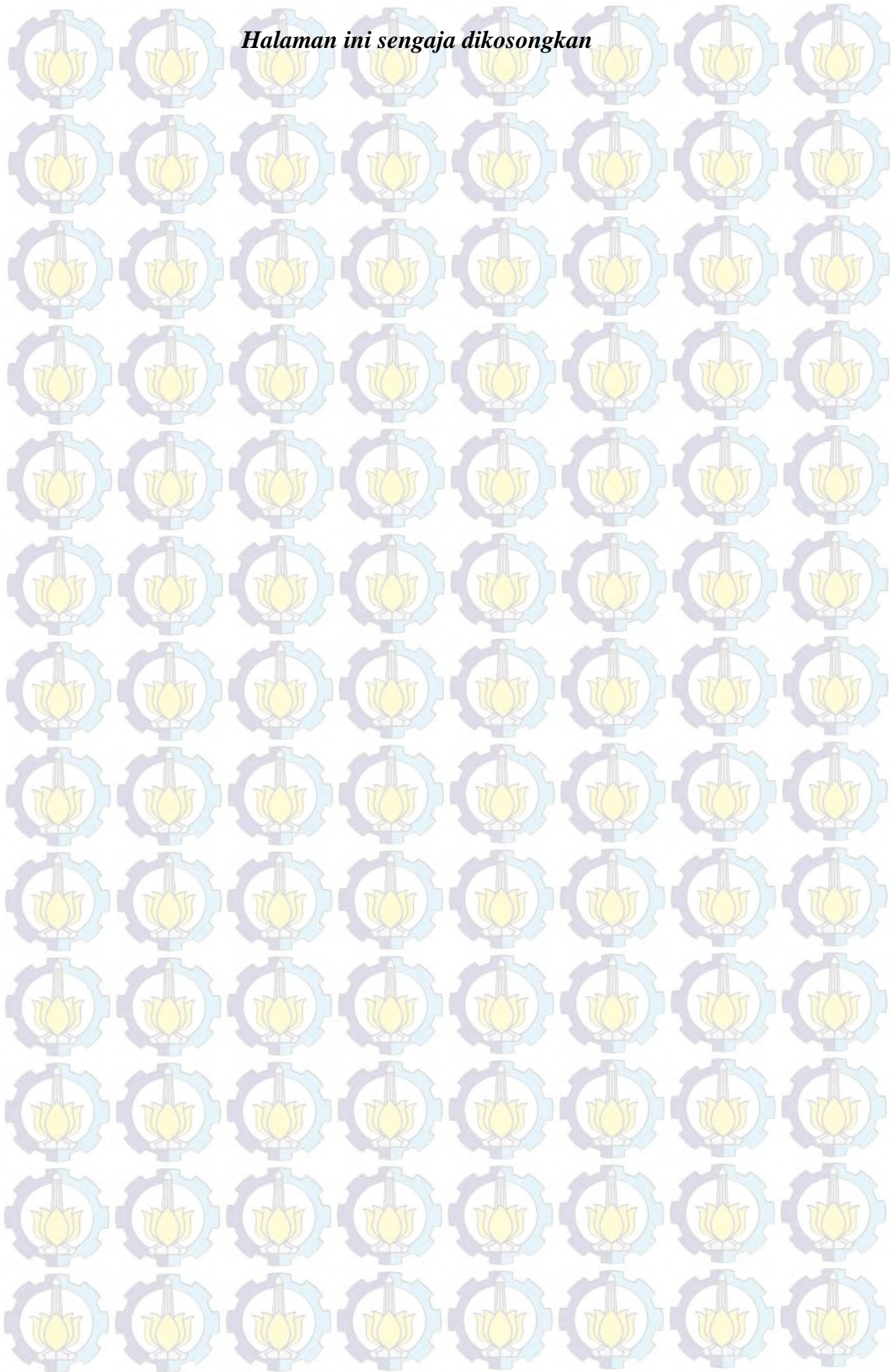
Halaman ini sengaja dikosongkan



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 DAS Klandasan Besar atau Ampal	4
Gambar 2.1 Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu	12
Gambar 2.2 Penampang Memanjang Bendali.....	13
Gambar 3.1 Lokasi Bendali dan Genangan.....	22
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian	24
Gambar 4.1 Lokasi Studi – Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal	25
Gambar 4.2 Pembagian Sub DAS Ampal	34
Gambar 4.3 Peta Skematik Sub DAS Ampal.....	35
Gambar 4.4 Tampilan Pemodelan DAS Ampal Eksisting	41
Gambar 4.5 Skema Hasil Analisa Eksisting DAS Ampal.....	47
Gambar 4.6 Perbandingan Hasil Eksisting dan Skneario 1.....	51
Gambar 4.7 Perbandingan Hasil Eksisting dan Skneario 2.....	55
Gambar 4.8 Perbandingan Hasil Eksisting dan Skneario 3.....	59
Gambar 4.9 Perbandingan Hasil Eksisting dan Skneario 4.....	63
Gambar 4.10 Grafik Penurunan Debit Puncak Pada Kondisi Eksisting	67
Gambar 4.11 Penampang Memanjang Sungai Ampal Kondisi Eksisting.....	69
Gambar 4.12 Penampang Memanjang Sungai Ampal Skenario 1	70
Gambar 4.13 Penampang Memanjang Sungai Ampal Skenario 2.....	71
Gambar 4.14 Penampang Memanjang Sungai Ampal Skenario 3.....	72
Gambar 4.15 Penampang Memanjang Sungai Ampal Skenario 4.....	73
Gambar 4.16 Letak Bendali Skenario 5	88
Gambar 4.17 Peta Skematik Skenario 5.....	89
Gambar 4.18 Perbandingan Hasil Eksisting dan Skenario 5.....	93
Gambar 4.19 Penampang Memanjang Sungai Ampal Skenario 5.....	94
Gambar 4.20 Grafik Perbandingan Penurunan Debit Hidrologi.....	99

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kota Balikpapan termasuk dalam wilayah Provinsi Kalimantan Timur dan merupakan salah satu kota besar di Kawasan Timur Indonesia. Kota Balikpapan berpotensi sebagai simpul transportasi laut nasional, simpul transportasi udara nasional, kawasan andalan, dan kawasan pengembangan ekonomi terpadu (RTRWN Kota Balikpapan, 2008-2028). Kondisi strategis tersebut menjadikan Kota Balikpapan terus berkembang dengan pesat di berbagai sektor. Perkembangan yang pesat pada umumnya akan menimbulkan masalah kemampuan penyediaan prasarana dan sarana perkotaan, salah satu permasalahan yang terjadi adalah banjir yang terjadi di setiap musim penghujan.

Permasalahan banjir yang terjadi di Kota Balikpapan disebabkan oleh sistem drainase yang belum tertata dengan baik dalam hal hirarki dan fungsinya. Dengan adanya perkembangan kota yang pesat, pembukaan lahan untuk pemukiman dengan cara pemotongan perbukitan mengakibatkan meningkatnya erosi permukaan, dan menambah besarnya angkutan sedimen yang terjadi di sungai-sungai. Dengan bertambahnya sedimen mengakibatkan pendangkalan sungai dan saluran-saluran alam, sehingga tidak mampu menampung limpasan hujan.

Lebih detail lagi beberapa permasalahan yang berkaitan dengan drainase Kota Balikpapan dapat ditinjau dari kondisi klimatologi, kondisi topografi, dan tata guna lahan. Dari kondisi klimatologi, permasalahan drainase disebabkan cukup tingginya curah hujan yang terjadi berdasarkan data BMG, hujan rata-rata harian mencapai 140 mm (data tahun 1975-2012). Jika ditinjau dari kondisi topografinya, masalah drainase disebabkan besarnya kemiringan di daerah hulu sampai alur tengah. Hal ini menyebabkan kecepatan aliran menjadi besar dan membawa hasil gerusan lalu diendapkan di sungai bagian hilir. Sedangkan untuk permasalahan drainase yang disebabkan oleh tata guna lahan adalah pembangunan oleh masyarakat yang pada umumnya tidak memperhatikan drainase serta

kesadaran masyarakat untuk tidak membuang sampah di saluran yang masih rendah, dan berakibat pada penurunan kemampuan saluran.

Dalam penanganan permasalahan kota yang terjadi, selama ini Pemerintah Kota Balikpapan berpedoman pada Master Plan Drainase Kota Balikpapan. Master Plan Drainase Kota Balikpapan telah disusun pada tahun 2006 untuk periode hingga tahun 2015 dan Peraturan Daerah Kota Balikpapan Nomor 5 Tahun 2006 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Balikpapan 2005-2015 (Revisi Master Plan Drainase Kota Balikpapan, 2013). Pembagian wilayah drainase Kota Balikpapan berdasarkan daerah pengaliran sungai, karakteristik sungai, dan topografi kawasan yang berdasarkan Kerangka Acuan Kerja (KAK) dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Pembagian Wilayah Drainase Kota Balikpapan Berdasarkan KAK

No	Wilayah Drainase	Sub DAS	Keterangan
1	Wilayah Barat	10	1. Sungai Kematis
			2. Sungai Beruang
			3. Sungai Tempadung
			4. Sungai Barenga
			5. Sungai Tengah
			6. Sungai Teluk Pudak
			7. Sungai Teluk Waru
			8. Sungai Keminting
			9. Sungai Tanjung Batu
			10. Sungai Getah
2	Wilayah Wein	1	1. Sungai Wein Besar
3	Wilayah Somber	1	1. Sungai Somber
4	Wilayah Manggar	2	1. Sungai Manggar Besar
			2. Sungai Lamaru
5	Wilayah Selatan	12	1. Sungai Pandan Sari
			2. Sungai Klandasan Kecil
			3. Sungai Klandasan Besar/Ampal
			4. Sungai Sepinggian
			5. Sungai Sepinggian Kecil
			6. Sungai Batakan Kecil
			7. Sungai Batakan Besar
			8. Sungai Manggar Kecil

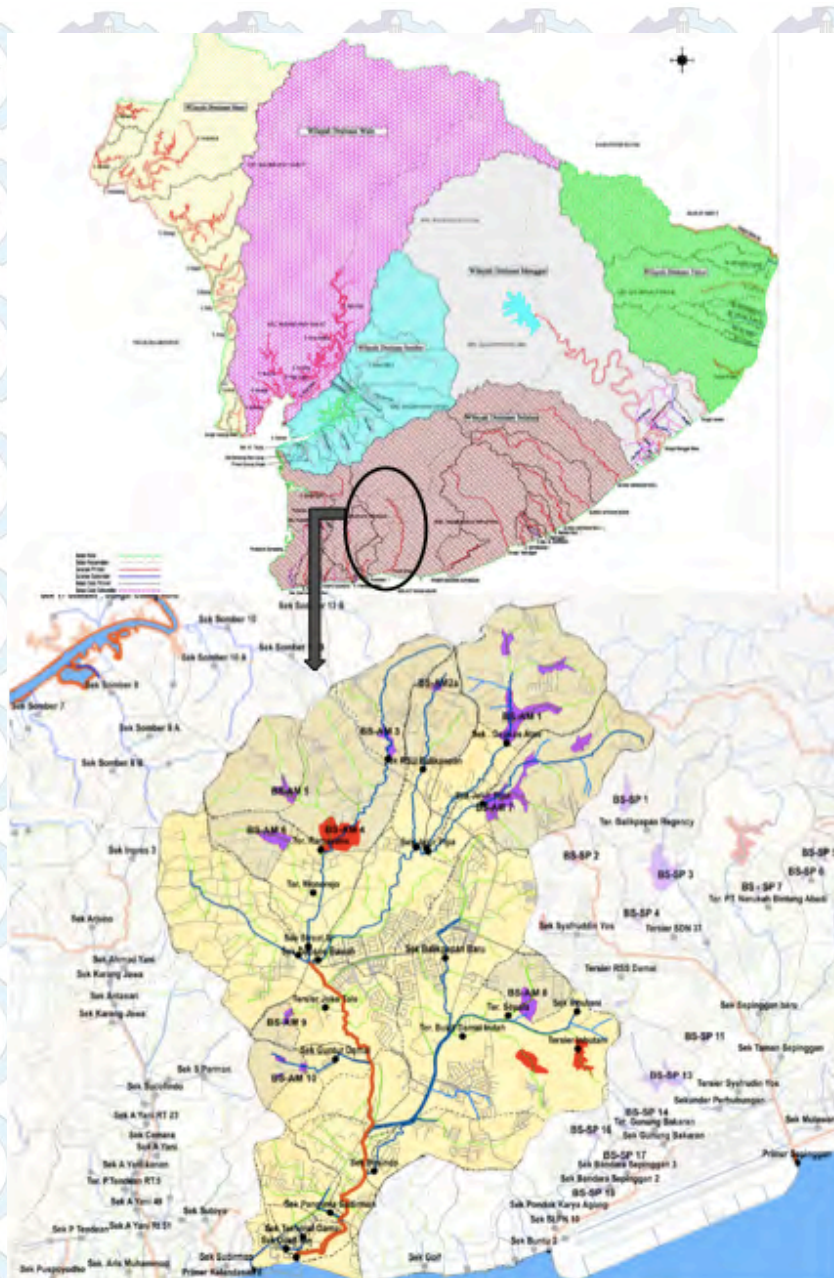
Lanjutan Tabel 1.1

No	Wilayah Drainase	Sub DAS	Keterangan
			9. Sungai Saluran I
			10. Sungai Saluran II
			11. Sungai Gunung Dubs
6	Wilayah Timur	4	1. Sungai Aji Raden
			2. Sungai Teritip
			3. Sungai Selok Api
			4. Sungai Teritip Tengah
Total		30 Sub DAS	43 Sub Sistem

Sumber : Master Plan Drainase Kota Balikpapan, 2006.

Mengacu pada permasalahan-permasalahan yang ada, dimana permasalahan utama yang ada pada sistem drainase Kota Balikpapan adalah masih kurangnya sistem drainase tersier, disamping belum memadainya saluran drainase sekunder dan primernya. Dengan kondisi tersebut, maka untuk mengantisipasi banjir dilakukan rencana peningkatan kapasitas saluran dan merehabilitasi saluran, terutama Sungai Klandasan Besar atau Ampal. Hal ini disebabkan karena sungai tersebut berada di daerah terbangun yang relatif padat, dan memiliki arti penting dari aspek sosial ekonomi kota (Appendix Deskripsi Sungai, 2006).

Daerah Aliran Sungai (DAS) Klandasan Besar atau Ampal terletak di Kecamatan Balikpapan Selatan Kota Balikpapan Provinsi Kalimantan Timur (Gambar 1.1). Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal memiliki luas sebesar 2527 ha dan panjang sungai sebesar 4.699 km (Master Plan Drainase, 2006). Sistem Drainase Ampal atau Klandasan Besar mempunyai saluran primer berupa alur sungai asli yang langsung bermuara ke laut. Kemiringan dasar sungai dari hulu ke hilir relatif cukup besar terutama pada daerah hulu. Sungai Ampal yang berada dalam daerah kota merupakan Saluran Drainase Basin yang mengalirkan debit banjir dari daerah hulu yang dilewatkan pada daerah perkotaan menuju daerah hilir (laut). Pada musim penghujan, debit yang mengalir dari hulu cukup besar dan sering melampaui kemampuan saluran, sehingga menyebabkan meluapnya air ke lahan dikiri dan kanan saluran.



Gambar 1.1 DAS Klandasan Besar atau Ampal
 (Sumber : Peta Master Plan Drinase Kota Balikpapan, 2006)

Luapan di kiri dan kanan sungai Ampal akan menimbulkan genangan banjir yang menyebar di seluruh wilayah kecamatan di Kota Balikpapan. Dari survei yang dilakukan, daerah genangan banjir yang terjadi beberapa tahun terakhir antara lain : Kawasan Sumber Rejo, Kawasan Kampung Timur dan RPH, Kawasan Gunung Samarinda, Kawasan sekitar RSS Damai, dan Kawasan sekitar perumahan Ampar Lestari.

Dengan adanya permasalahan-permasalahan yang ada, maka perlu dibangun drainase ramah lingkungan, salah satunya dengan pembangunan bendali atau bangunan pengendali banjir di beberapa titik rawan banjir untuk menampung limpasan air yang melebihi kapasitas saluran. Daerah Aliran Sungai Ampal sendiri direncanakan akan dilengkapi dengan 13 bendali (Gambar 1.1) serta direncanakan akan dilakukan perbaikan sungai sepanjang 12811 m. Pelaksanaan program penanganan banjir yang sudah terlaksana sampai dengan saat ini adalah 3 bendali dari rencana keseluruhan 13 bendali dan perbaikan alur sungai sepanjang 8350 m dari rencana keseluruhan 12811 m (Revisi Laporan Akhir Kota Balikpapan, 2013). Bendali yang sudah dibangun di DAS Ampal antara lain Bendali 11, Bendali 12 dan Bendali 13 (DPU Pengairan Kota Balikpapan, 2012).

Perencanaan 13 bendali merupakan upaya yang dilakukan oleh Pemerintah Kota Balikpapan untuk mengatasi banjir yang terjadi di DAS Ampal. Upaya pembangunan bendali-bendali ini perlu diteliti pengaruhnya terhadap pengurangan banjir di DAS Ampal, oleh karena itu pada tesis ini akan dimodelkan kondisi wilayah studi untuk mengetahui pengaruh bendali yang telah direncanakan. Pemodelan kondisi wilayah studi menggunakan program *HEC-HMS* untuk analisa hidrologi dan *HEC-RAS* untuk analisa hidrolika. Dikarenakan pentingnya mengetahui pengaruh bendali pada pengurangan banjir di DAS Ampal, maka diajukan penelitian yang berjudul “Studi Pengaruh Fungsi Bangunan Pengendali Banjir (Bendali) Pada Pengurangan Debit Puncak Banjir di Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal Kota Balikpapan”.

1.2. Rumusan Masalah

Dari permasalahan yang telah di jelaskan pada poin 1.1, dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Berapa kapasitas eksisting dari sungai Ampal?
2. Berapa penurunan debit puncak banjir bila metode pengelolaan drainase ramah lingkungan dengan pembangunan bendali diterapkan pada DAS Ampal?
3. Berapa jumlah bendali yang direkomendasikan dibangun di DAS Ampal untuk mengurangi debit puncak banjir?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui kapasitas eksisting sungai Ampal.
2. Mengetahui penurunan debit puncak banjir bila metode pengelolaan drainase ramah lingkungan dengan pembangunan bendali diterapkan pada DAS Ampal.
3. Mengetahui jumlah bendali yang direkomendasikan dibangun di DAS Ampal untuk mengurangi debit puncak banjir.

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini dilakukan agar pihak-pihak yang berkepentingan dapat memperoleh data tentang metode dan upaya yang dapat diterapkan pada daerah aliran sungai Ampal, manfaat yang dapat diperoleh antara lain :

1. Bagi Pemerintah, hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai informasi dalam upaya penanggulangan banjir di DAS Ampal. Selain itu, hasil penelitian ini dapat membantu pihak-pihak terkait yang menangani DAS di daerah penelitian dalam upaya penanggulangan banjir secara terpadu dan berkelanjutan.
2. Sebagai masukan untuk pengembangan kajian ilmiah maupun studi lanjutan tentang banjir pada suatu sungai dan upaya pengelolaan DAS.

1.5. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari studi penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Tidak meneliti anggaran biaya.
2. Tidak meneliti sedimentasi dari erosi dan pengaruhnya pada aliran sungai.

BAB 2 DASAR TEORI

2.1. Banjir

Masalah banjir pada umumnya terjadi akibat adanya interaksi berbagai faktor penyebab, baik yang bersifat alamiah maupun dampak kegiatan manusia. Faktor yang bersifat alamiah dapat dibagi dalam dua kelompok. Kelompok pertama menyangkut kondisi alam yang relatif statis, yaitu kondisi alur sungai, dan kelompok kedua menyangkut peristiwa alam yang bersifat dinamis, yaitu curah hujan yang tinggi, pembendungan muara sungai akibat pasang air laut, dan sedimentasi. Banjir yang diakibatkan oleh dampak kegiatan manusia antara lain pengembangan dan penataan ruang di dataran banjir, pembudidayaan dan penataan DAS (Daerah Aliran Sungai) yang kurang memperhatikan kaidah-kaidah konservasi tanah dan air, pembangunan sistem drainase kawasan pemukiman yang tidak berwawasan konservasi (Siswoko, 2002).

Upaya pengendalian banjir pada dasarnya memiliki dimensi yang cukup luas, meliputi aspek teknis maupun nonteknis. Aspek teknis sering dikaitkan dengan berbagai kegiatan fisik atau upaya struktur, yaitu pembangunan sarana dan prasarana pengendalian banjir dan atau memodifikasi kondisi alamiah sungai sehingga membentuk suatu sistem pengendalian banjir. Berbagai jenis kegiatan fisik antara lain adalah pembangunan tanggul banjir, normalisasi alur sungai, pembangunan waduk dan atau retensi banjir, dan pembangunan sistem drainase (Siswoko, 2002). Sedangkan untuk jenis kegiatan nonteknis adalah pengendalian banjir dengan tidak menggunakan upaya fisik atau struktur. Berbagai jenis kegiatan nonfisik antara lain adalah pengelolaan DAS, pengaturan tata guna lahan, pengembangan daerah banjir, dan pengaturan daerah banjir.

2.2. Analisa Hidrologi

2.2.1. Curah Hujan Wilayah

Curah hujan adalah jumlah air yang jatuh di permukaan tanah datar, tidak mengalir dan menguap selama periode tertentu yang diukur dalam satuan mm. Data curah hujan didapat dari alat penakar hujan yang diukur di suatu titik saja (*point rainfall*).

Untuk menghitung curah hujan rata-rata wilayah daerah aliran sungai (DAS) terdapat tiga macam cara, yaitu cara rata-rata Aljabar, Pligon Thiessen, dan Isohyet (Suripin, 2004). Curah hujan yang digunakan dalam studi ini adalah data curah hujan dari satu stasiun hujan Kota Balikpapan, karena Kota Balikpapan hanya memiliki satu stasiun hujan yang terdapat di daerah Sepinggian. Oleh karena itu, dalam perhitungan curah hujan rata-rata tidak menggunakan tiga macam tersebut diatas.

2.2.2. Analisa Distribusi Frekuensi

Analisa distribusi frekuensi bertujuan untuk menentukan besaran curah hujan dengan kala ulang tertentu. Metode yang digunakan untuk menentukan distribusi frekuensi pada studi ini adalah sebagai berikut :

1. Distribusi Pearson Tipe III
2. Distribusi Gumbel Tipe I

Setiap jenis distribusi atau sebaran mempunyai parameter statistik yang terdiri dari nilai rata-rata ($\mu = \bar{x}$), standart deviasi ($\sigma = S$), koefisien ketajaman (C_k), yang masing-masing dicari berdasarkan rumus.

Nilai rata-rata (*mean*) :

$$X_{rata - rata} = \frac{\sum X}{n} \dots\dots\dots (2.1)$$

Deviasi Standart (*standart deviation*) :

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dengan :

S = deviasi Standart (*standart deviation*)

X = data dalam sample

\bar{X} = nilai rata-rata hitung

n = jumlah pengamatan

Sumber : Soewarno, 1995.

Koefisien variasi (*coefficient of variation*)

Koefisien variasi adalah nilai perbandingan antara deviasi standar dengan nilai rata-rata hitung suatu distribusi. Besarnya koefisien variasi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dengan :

Cv = koefisien variasi (*coefficient of variation*)

S = deviasi Standart (*standart deviation*)

\bar{X} = nilai rata-rata hitung

Sumber : Soewarno, 1995.

Koefisien kemencengan (*coefficient of skewness*)

Kemencengan adalah nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrisan (*assymetry*) dari suatu bentuk distribusi. Pengukuran kemencengan adalah mengukur seberapa besar suatu kurva frekuensi dari suatu distribusi tidak simetri atau menceng. Umumnya ukuran kemencengan dinyatakan dengan besarnya koefisien kemencengan, dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$Cs = \frac{n \cdot \Sigma(X - \bar{X})^3}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot S^3} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dengan :

C_s = koefisien kemencengan (*coefficient of skewness*)

S = deviasi Standart (*standart deviation*)

X = data dalam sample

\bar{X} = nilai rata-rata hitung

n = jumlah pengamatan

Sumber : Soewarno, 1995.

Koefisien ketajaman (*coefficient of kutosis*)

Koefisien ketajaman dimaksudkan untuk mengukur keruncingan dari bentuk kurva distribusi, yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal.

Koefisien ketajaman digunakan untuk menentukan keruncingan kurva distribusi, yang dirumuskan sebagai berikut :

$$C_k = \frac{n^2 \cdot \Sigma(X - \bar{X})^4}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot (n-3) \cdot S^4} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dengan :

C_k = koefisien ketajaman (*coefficient of kutosis*)

S = deviasi Standart (*standart deviation*)

X = data dalam sample

\bar{X} = nilai rata-rata hitung

n = jumlah pengamatan

Sumber : Soewarno, 1995.

2.2.3. Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi

Untuk mengetahui kebenaran pemilihan distribusi yang digunakan dalam perhitungan curah hujan rencana diterima atau ditolak, maka perlu dilakukan uji kesesuaian distribusi. Metode yang umum digunakan dalam hal ini adalah Uji Chi-Kuadrat (*Chi-Square Test*) dan Uji Smirnov Kolmogorof.

2.2.4. Perhitungan Curah Hujan

Untuk daerah pemukiman umumnya dipilih hujan rencana dengan periode ulang antara 5-15 tahun. Daerah pusat pemerintahan yang penting, daerah komersil, dan daerah padat dengan nilai ekonomi tinggi dengan periode ulang antara 10-50 tahun. Perencanaan gorong-gorong jalan raya dan lapangan terbang dengan periode ulang antara 3-15 tahun. Perencanaan pengendalian banjir pada sungai dengan periode ulang antara 10-50 tahun (Bappeda Kota Balikpapan, 2006).

Dalam studi ini, digunakan hujan rencana dengan periode ulang 10 tahun. Periode ulang 10 tahun dipilih berdasarkan rencana saluran pelimpah dari bangunan pengendali banjir.

2.2.5. Perhitungan Rata-rata Hujan Sampai Jam ke-t

Perhitungan rata-rata hujan sampai jam ke-t, menggunakan rumus sebagai berikut.

$$R_t = \frac{R(T)^{2/3}}{T(t)} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dengan :

R_t = Rata-rata hujan pada jam ke-t (mm)

t = Waktu lamanya hujan (jam)

T = Lamanya hujan terpusat, dalam hal ini dipakai asumsi 5 jam

R_{24} = Curah hujan harian (mm)

2.2.6. Analisa Intensitas Hujan

Intensitas curah hujan adalah tinggi atau kedalaman curah hujan yang terjadi per satuan waktu dimana air tersebut berkonsentrasi. Intensitas curah hujan berbeda-beda sesuai dengan jangka waktu yang ditinjau yakni curah hujan tahunan (jumlah curah hujan dalam setahun), curah hujan bulanan (curah hujan dalam sebulan), dan curah hujan harian (curah hujan dalam 24 jam). Perhitungan intensitas hujan dilakukan menggunakan persamaan Mononobe. Mononobe menuliskan perumusan intensitas hujan harian sebagai berikut.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^m \dots\dots\dots (2.7)$$

Dengan :

R_{24} = curah hujan harian (24 jam)

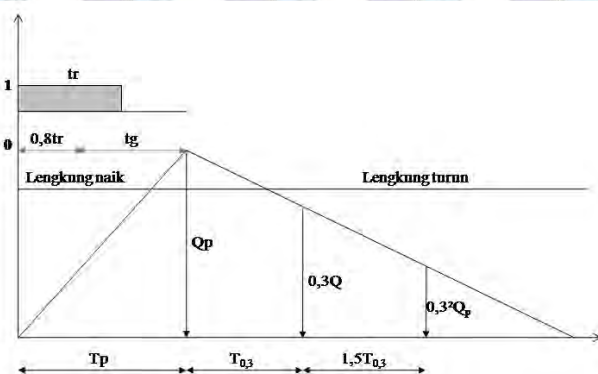
t_c = waktu konsentrasi hujan (jam)

m = sesuai dengan angka Van Breen, diambil $m = 2/3$

2.2.7. Analisa Debit Banjir Rencana

Jika tidak tersedia debit pengamatan banjir, maka untuk analisa debit banjir rencana digunakan sebuah pendekatan menggunakan hidrograf satuan. Debit banjir rencana adalah besarnya debit banjir kala ulang ulang tertentu yang ditetapkan sebagai dasar penentuan kapasitas dan dimensi bangunan-bangunan hidraulik, sehingga kerusakan yang ditimbulkan baik langsung maupun tidak langsung oleh banjir tidak boleh terjadi selama besaran banjir tidak terlampaui (Harto, 1993).

Konsep utama dari hidrograf satuan adalah hujan satuan yang berbeda-beda besarnya akan menghasilkan sebuah grafik distribusi yang hampir sama. Perhitungan hidrograf banjir dapat dihitung dengan menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu. Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu (gambar 2.1) yang dikembangkan di Jepang cukup baik untuk digunakan di Indonesia dengan koreksi pada debit puncak dan waktu capai puncak (Harto, 1993).



Gambar 2.1 Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

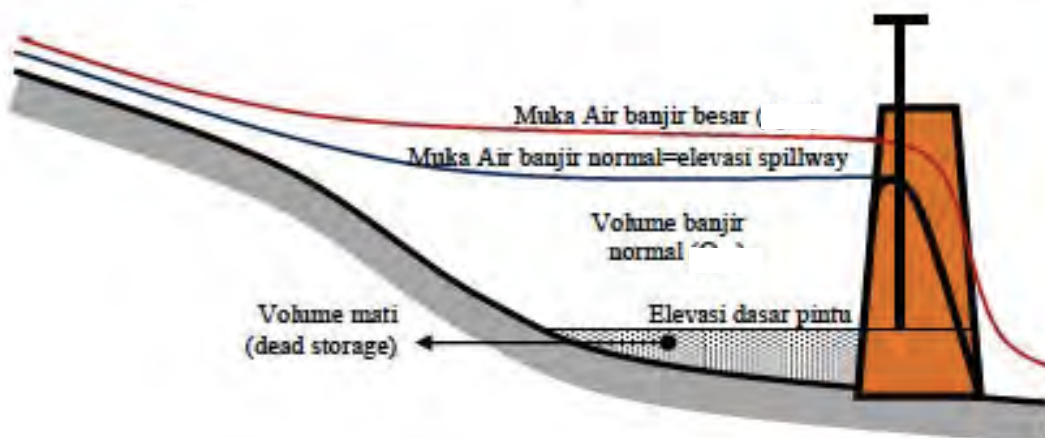
2.3. Bendali (Bangunan Pengendali Banjir)

Bendali (bangunan pengendali banjir) adalah bangunan tampungan air banjir sementara yang dibangun untuk menurunkan debit puncak banjir dan melepaskan kembali ke sungai sesuai dengan kapasitas sungai ketika debit sudah menurun. Berbeda dengan waduk multi tujuan yang berfungsi untuk menyimpan air dalam waktu relatif lama, bendali hanya menyimpan air pada saat terjadi banjir, dan mengosongkan kembali setelah banjir surut. Oleh karenanya, seluruh tampungan bendali dapat dimanfaatkan untuk pengendalian banjir.

2.3.1. Kapasitas Bendali

Kapasitas bendali, direncanakan menampung seluruh volume debit banjir rencana yang berasal dari DAS di hulunya. Pelepasan air dari bendali dilakukan dengan menggunakan spillway dengan periode ulang rencana 10 tahun. Untuk menjaga kesiapan bendali dalam menampung banjir berikutnya, maka waktu pengosongan bendali tidak lebih dari 24 jam.

Kapasitas total bendali harus sudah memperhitungkan volume cadangan untuk menampung sedimen yang masuk, sekalipun kemungkinan sedimen mengendap di bendali relatif kecil, karena air tidak berdiam lama didalam bendali (gambar 2.2).



Gambar 2.2 Penampang Memanjang Bendali

2.3.2. Penelusuran Banjir (*Flood Routing*)

Penelusuran banjir (*routing*) adalah prosedur dalam menentukan waktu dan besar terjadinya banjir (peramalan hidrograf banjir) pada satu titik tertentu di sebuah aliran sungai atau bagian sungai. Penelusuran banjir dibagi menjadi dua, yaitu penelusuran banjir lewat waduk (*reservoir flood routing*) dan penelusuran banjir lewat saluran terbuka (*channel flood routing*).

Penelusuran banjir berfungsi untuk menghitung besarnya perubahan banjir yang melewati suatu sungai dan waduk. Dengan penelusuran banjir ini, apabila hidrograf di bagian hulu sungai dan waduk diketahui, maka akan dapat dihitung bentuk hidrograf banjir di bagian hilirnya. Prinsip dasar penelusuran banjir dinyatakan dalam bentuk persamaan kontinuitas berikut.

$$I - O = \frac{dS}{dt} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dengan :

I = aliran masuk (inflow) (m³/det)

O = aliran keluar (outflow) (m³/det)

dS = perubahan tampungan (storage) (m³)

dt = interval waktu penelusuran (detik, jam, atau hari)

Persamaan (2.8) menunjukkan bahwa perubahan tampungan antara interval waktu (dt) adalah sama dengan aliran masuk dikurangi aliran keluar. Terdapat hubungan antara tampungan, aliran masuk, dan aliran keluar.

2.3.3. Tanggul

Tanggul adalah bangunan penahan di sepanjang aliran sungai atau saluran. Tanggul berfungsi untuk menahan dan menghindari luapan air banjir ke dataran atau wilayah di sekitarnya. Pembuatan tanggul ini dimaksudkan untuk meningkatkan kapasitas tampungan alur sungai, sehingga mampu mengalirkan debit banjir dengan periode ulang tertentu. Makin tinggi elevasi muka air, maka semakin tinggi pula tinggi elevasi tanggul yang diperlukan.

2.4. Konsep Pemodelan Hidrologi Dengan HEC-HMS

2.4.1. Definisi HEC-HMS

HEC HMS adalah salah satu perangkat lunak yang dikembangkan oleh *U. S. Army Corps of Engineering*. Perangkat lunak ini digunakan untuk analisa hidrologi dengan mensimulasikan proses curah hujan dan limpasan langsung (*run off*) dari sebuah daerah aliran sungai (DAS). HEC HMS dapat diaplikasikan dalam area geografik yang sangat luas untuk menyelesaikan masalah, meliputi hidrologi banjir dan limpasan air dari suatu DAS. Hidrograf satuan yang dihasilkan oleh HEC HMS dapat digunakan secara langsung ataupun digabungkan dengan perangkat lunak lain (*U. S. Army Corps of Engineering*, 2001).

Model HEC HMS dapat memberikan simulasi hidrologi dari puncak aliran harian untuk perhitungan debit banjir rencana dari suatu daerah aliran sungai (DAS). Dalam pengoperasiannya, HEC HMS menggunakan sistem windows, sehingga model ini menjadi mudah dipelajari dan mudah untuk digunakan, tetapi tetap dilakukan dengan pendalaman dan pemahaman dengan model yang digunakan.

Konsep dasar perhitungan model HEC HMS adalah data hujan sebagai input air untuk satu atau beberapa sub daerah tangkapan air (*sub basin*) yang sedang dianalisa. Setiap sub basin dianggap sebagai suatu tendon yang *non linier* dimana *inflownya* adalah data hujan.

2.4.2. Metode Perhitungan Volume Limpasan

HEC-HMS menganggap bahwa semua daratan dan perairan yang berada dalam suatu DAS dapat dikategorikan menjadi :

1. Lapisan lolos air (*pervious surface*)
2. Lapisan kedap air (*directly-connected impervious surface*)

Lapisan kedap air adalah bagian dari DAS yang memberikan kontribusi berupa limpasan langsung tanpa memperhitungkan infiltrasi, evaporasi, maupun jenis kehilangan volume lainnya. Di dalam pemodelan HEC-HMS, terdapat beberapa metode perhitungan limpasan (*runoff*) yang dapat digunakan, yaitu :

- a. *The initial and constant-rate loss model*
- b. *The deficit and constant-rate loss model*

c. *The SCS curve number (CN) loss model (composite or gridded)*

d. *The green and ampt loss model*

Karena keterbatasan data lapangan yang dibutuhkan didalam penggunaan metode-metode tersebut di atas, maka dalam metode perhitungan yang digunakan dalam tesis adalah metode SCS *curve number* (CN) karena dianggap paling mudah di aplikasikan dalam perhitungan.

2.4.3. Limpasan SCS Curve Number (CN)

Metode perhitungan dari *Soil Conservation Service* (SCS) *curve number* (CN) beranggapan bahwa hujan yang menghasilkan limpasan merupakan fungsi dari hujan kumulatif, tata guna lahan, jenis tanah serta kelembaban. Model perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$P_e = \frac{(P - I_a)^m}{P - I_a + S} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dengan :

- P_e = hujan kumulatif pada waktu t
- P = kedalaman hujan kumulatif pada waktu t
- I_a = keehilangan mula-mula (initial loss)
- S = kemampuan menyimpan maksimum

Hubungan antara nilai kemampuan penyimpanan maksimum dengan nilai dari karakteristik DAS yang diwaliki oleh nilai CN (*curve number*) adalah sebagai berikut.

$$S = \frac{1000 - 10CN}{CN} (EnglishUnit) \dots\dots\dots (2.10)$$

$$S = \frac{25400 - 254CN}{CN} (MetricUnit) \dots\dots\dots (2.11)$$

Nilai dari CN (*curve number*) bervariasi dari 100 (untuk permukaan yang digenangi air) hingga sekitar 30 (untuk permukaan tak kedap air dengan nilai infiltrasi tinggi).

2.4.4. Metode Perhitungan Hidrograf Satuan Sintesis

Dalam pemodelan menggunakan HEC HMS, disediakan beberapa pilihan metode yang dapat digunakan untuk perhitungan hidrograf satuan. Metode-metode yang ada antara lain adalah :

1. Hidrograf satuan sintetis Snyder
2. Hidrograf satuan SCS (*Soil Conservation Service*)
3. Hidrograf satuan Clark
4. Hidrograf satuan Clark modifikasi
5. Hidrograf satuan *Kinematic Wave*

Dalam studi ini, metode pemodelan HEC HMS yang digunakan adalah hidrograf satuan SCS (*Soil Conservation Service*) dan Hidrograf satuan *Kinematic Wave*.

2.4.5. Hidrograf Satuan SCS

Model SCS Unit Hidrograf adalah suatu Unit Hidrograf yang berdimensi.

SCS menyatakan bahwa puncak Unit Hidrograf dan waktu puncak Unit Hidrograf terkait oleh.

$$U_p = C \frac{A}{T_p} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dengan :

A = daerah aliran sungai

C = koefisien tetap

Waktu puncak (juga dikenal sebagai waktu kenaikan) terkait dengan jangka waktu unit dari kelebihan hujan.

$$T_p = \frac{\Delta t}{2} + t_{lag} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dengan :

Δt = jangka waktu kelebihan hujan

t_{lag} = perbedaan waktu antara pusat massa dari kelebihan curah hujan dan puncak dari Unit Hidrograf

Ketika waktu keterlambatan tersebut ditetapkan, HEC-HMS memecahkan persamaan untuk menentukan waktu dari puncak Unit Hidrograf dan menemukan puncak Unit Hidrograf.

2.5. Pemahaman Konsep Pemodelan Aliran Sungai Dengan HEC-RAS

Analisis perilaku sungai merupakan suatu analisis yang bukan saja kompleks, namun juga cukup rumit, dimana analisis sistem ini perlu dilakukan iterasi secara berulang dengan parameter-parameter tertentu untuk mencari variabel-variabel, baik pada aliran kondisi permanen (*steady flow*) maupun pada aliran kondisi tidak permanen (*unsteady flow*).

HEC-RAS memiliki empat komponen model satu dimensi, yaitu hitungan profil muka air aliran permanen, simulasi air tak permanen, hitungan transpor sedimen, dan hitungan kualitas air. Profil muka air dihitung dari suatu penampang dengan persamaan energi melalui prosedur iterasi yang disebut dengan *standart step method*. Persamaan energy yang dimaksud adalah sebagai berikut.

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \dots\dots\dots (2.14)$$

Dengan :

Y_1, Y_2 = tinggi muka air pada penampang melintang 1 dan 2 (m)

Z_1, Z_2 = garis datum persamaan pada penampang melintang 1 dan 2 (m)

V_1, V_2 = kecepatan rata-rata pada penampang melintang 1 dan 2 (m/det)

α_1, α_2 = koefisien Coriolis

g = percepatan gravitasi (m^2/det)

h_e = kehilangan tinggi energi (m)

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Sistematika Pelaksanaan Penelitian

Sistematika dalam pelaksanaan penelitian mengenai studi pengaruh fungsi bendali (bangunan pengendali banjir) pada pengurangan banjir di daerah aliran sungai (DAS) Ampal Kota Balikpapan adalah sebagai berikut :

3.1.1. Tahap Persiapan

Tahap persiapan merupakan tahapan awal yang dilakukan untuk mendapatkan gambaran sementara tentang kondisi dan lokasi DAS Ampal Kota Balikpapan. Survey lapangan dan pengumpulan literatur merupakan langkah-langkah yang digunakan untuk mengetahui kondisi dan lokasi studi serta menentukan masalah yang akan dianalisis.

3.1.2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan untuk mencapai tujuan penelitian. Pengumpulan data-data yang terkait dengan lokasi dan kondisi DAS Ampal Kota Balikpapan yang dikumpulkan dari berbagai sumber diantaranya :

1. Badan Perencanaan Pembanguna Daerah (BAPPEDA) Kota Balikpapan, berupa data curah hujan dari stasiun hujan Sepinggang, data peta genangan Kota Balikpapan, data peta DAS Ampal, data drainase DAS Ampal, RTRW Kota Balikpapan, data kapasitas sungai, dan data penampang melintang sungai Ampal.
2. Dinas Pekerjaan Umum Kota Balikpapan, berupa data lokasi bendali DAS Ampal Kota Balikpapan.

3.1.3. Analisa Data

Analisa data dilakukan sebagai bahan masukan untuk pengambilan keputusan, pemantauan, dan perbaikan apabila terjadi suatu masalah. Analisa data meliputi :

1. Analisa Hidrologi

a. Analisa Data Curah Hujan

Pada tahap ini, dilakukan perhitungan curah hujan periode ulang tertentu yang akan digunakan untuk mendapatkan besarnya debit yang terjadi di DAS Ampal Kota Balikpapan.

b. Analisa Debit Banjir Menggunakan *HEC-HMS*

Pada tahap ini dilakukan pemodelan hidrologi dengan *HEC-HMS*. Data yang digunakan dalam pemodelan *HEC-HMS* adalah data curah hujan efektif wilayah, panjang sungai, dan luas DAS Ampal. Hasil dari simulasi model adalah berupa hidrograf satuan sintesis.

2. Analisa Hidrolika

Pemodelan kondisi profil aliran sungai akan dilakukan dengan menggunakan bantuan program *HEC-RAS*. Pada pemodelan ini dilakukan dengan menerapkan hidrograf banjir hasil dari pemodelan hidrologi *HEC-HMS*. Hasil dari analisa hidrolika dengan menggunakan program bantuan *HEC-RAS* adalah data elevasi muka air pada penampang sungai.

3. Perbandingan Kapasitas Sungai dengan Debit yang Mengalir

Perbandingan ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan sungai dalam mengalirkan debit banjir yang terjadi. Bila kapasitas sungai lebih besar dibanding dengan debit hidrologi, maka sungai bebas dari genangan atau banjir.

3.1.4. Penyusunan Skenario

Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal direncanakan akan dilengkapi dengan 13 bendali (bangunan pengendali banjir). Dari program pelaksanaan penanganan banjir, bendali yang telah terlaksana (terbangun) sampai dengan saat ini adalah 3 bendali dari total keseluruhan 13 bendali. Bendali yang sudah dibangun di DAS

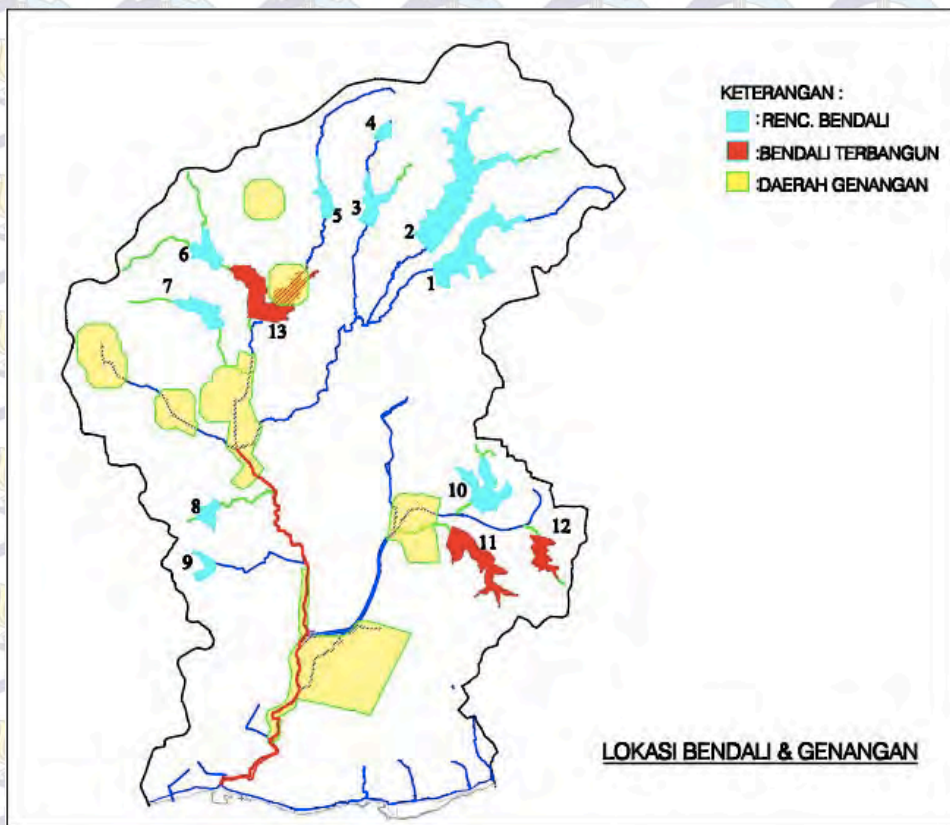
Ampal antara lain Bendali 11, Bendali 12 dan Bendali 13 (DPU Pengairan Kota Balikpapan, 2012).

Dengan direncanakannya 13 bendali pada DAS Ampal, maka perlu diketahui pengaruh fungsi dari bendali tersebut dalam penurunan banjir. Oleh karena itu perlu dilakukan penyusunan skenario yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan jumlah bendali terhadap besarnya genangan yang terjadi di DAS Ampal.

Penyusunan skenario dilakukan berdasarkan peta daerah genangan pada DAS Ampal (Gambar 3.1). Skenario ini dilakukan dengan cara mengkombinasikan bendali-bendali yang terletak di masing-masing daerah genangan, ditambah dengan 3 bendali terbangun. Berikut ini adalah skenario-skenario yang akan dilaksanakan berdasarkan letak bendali di masing-masing daerah genangan :

1. Skenario 1 terdiri dari : Bendali 5, 6, 10, 11, 12, 13.
2. Skenario 2 terdiri dari : Bendali 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13.
3. Skenario 3 terdiri dari : Bendali 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13.
4. Skenario 4 terdiri dari : Bendali 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13.

Dengan dilaksanakannya empat skenario pengerjaan, maka diharapkan mampu mengetahui besarnya pengurangan debit pada tiap-tiap skenario. Setelah diperoleh besarnya pengurangan debit, maka akan dilakukan penambahan skenario, yaitu skenario 5 guna mengetahui bendali-bendali yang paling berpengaruh pada penurunan banjir di DAS Ampal. Untuk mengetahui letak dan jumlah bendali di masing-masing skenario, dapat dilihat pada lampiran A.



Gambar 3.1 Lokasi Bendali dan Genangan

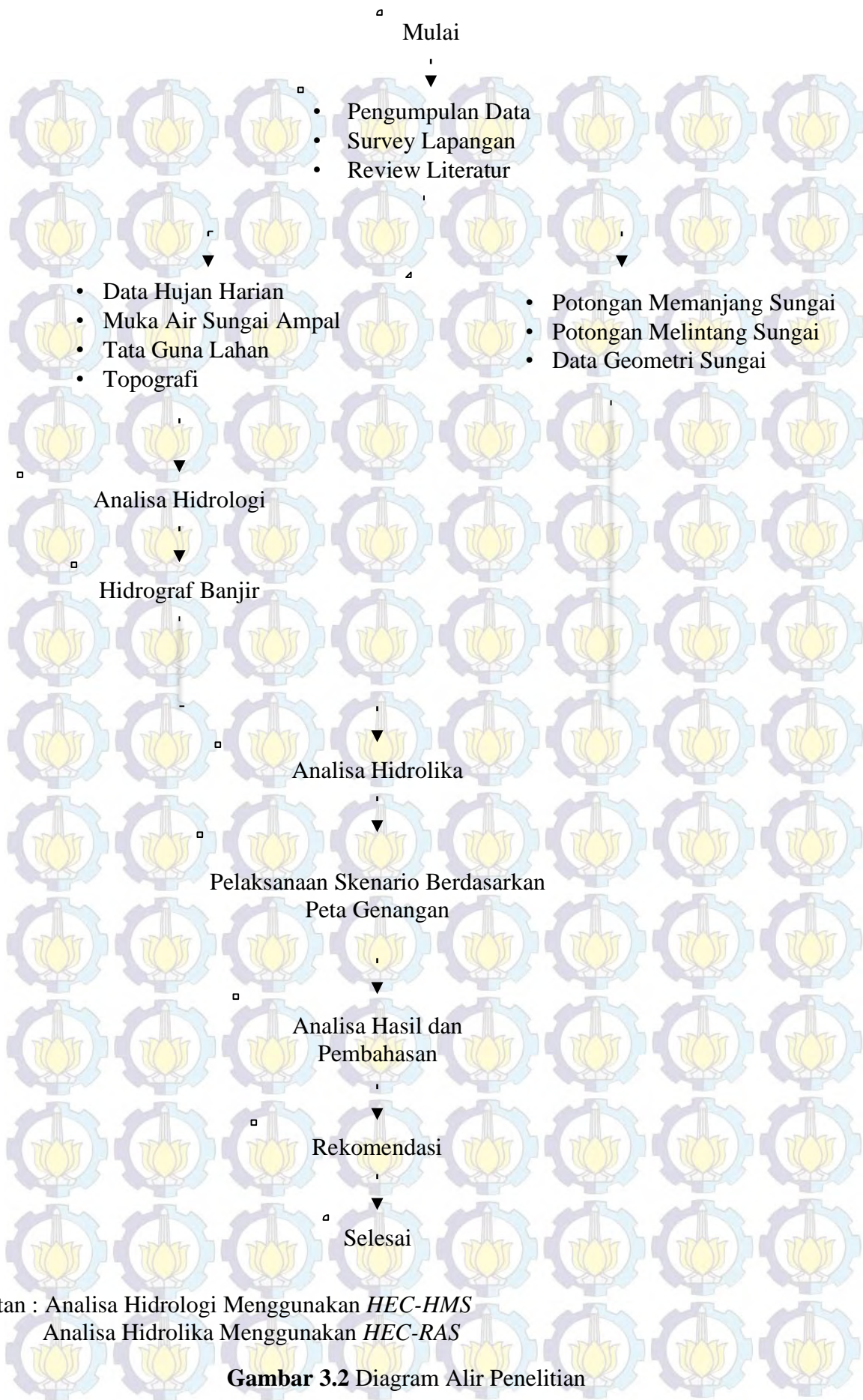
Prioritas Pembangunan Bendali, setelah dibuat skenario-skenario pekerjaan maka dipilih skenario yang paling memungkinkan untuk dilaksanakan terlebih dahulu pada DAS Ampal guna mengetahui besar penurunan banjir. Skenario-skenario yang ada disusun berdasarkan lokasi genangan yang terjadi di DAS.

Prioritas pembangunan bendali dilakukan berdasarkan lokasi genangan di DAS Ampal. Urutan pelaksanaan pembangunan bendali dimulai dari bendali yang terletak di hulu hingga ke hilir sungai. Selain itu, pelaksanaan pembangunan bendali juga memperhatikan ketersediaan bendali di masing-masing daerah genangan.

3.1.5. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dalam penelitian ini diperoleh dari hasil analisa data yang memuat jawaban-jawaban dari permasalahan yang ada di DAS Ampal Kota Balikpapan. Pada tahapan ini juga dirumuskan saran-saran yang perlu disampaikan yang bertujuan untuk penyempurnaan penelitian di masa yang akan datang.

Langkah-langkah pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada gambar 3.2 sebagai berikut.



Catatan : Analisa Hidrologi Menggunakan *HEC-HMS*
 Analisa Hidrolika Menggunakan *HEC-RAS*

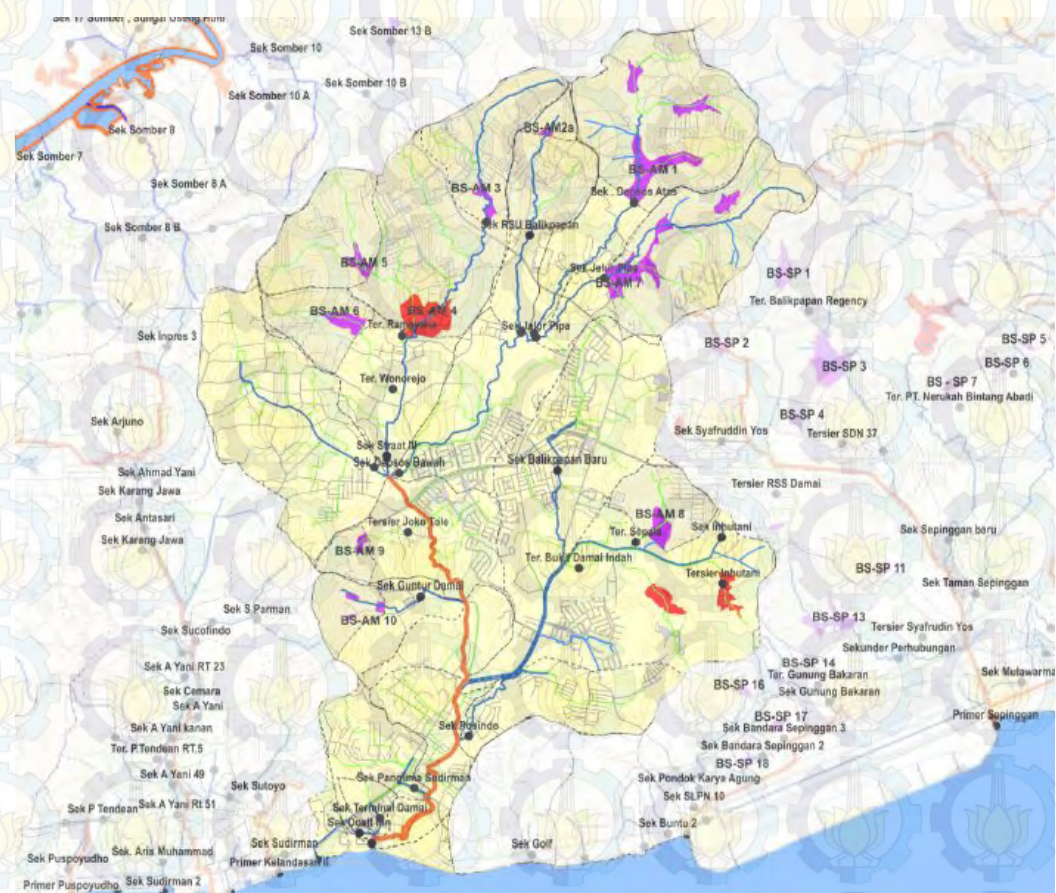
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Lokasi Studi

Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal atau disebut juga sebagai Sistem Klandasan Besar terletak di Kecamatan Balikpapan Selatan, Kota Balikpapan. DAS seluas 25.273 km² ini memiliki sungai sepanjang 4.699 km. DAS Ampal di utara dan barat laut dibatasi oleh DAS Sumber, di barat dibatasi oleh DAS Pandan Sari, di barat daya dibatasi oleh DAS Klandasan Kecil, di timur laut dibatasi oleh batas DAS Hulu Manggar Kecil dan Batakan Besar, sedangkan di timur dibatasi oleh DAS Sepinggan (Gambar 4.1).



Gambar 4.1 Lokasi Studi - Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal

4.2. Analisa Hidrologi

4.2.1. Distribusi Curah Hujan Wilayah

Curah hujan yang digunakan dalam studi ini merupakan curah hujan dari satu stasiun hujan. Hal ini dikarenakan wilayah Kota Balikpapan hanya memiliki satu stasiun hujan yang terletak di daerah Sepinggian. Data curah hujan maksimum yang terjadi di stasiun hujan Sepinggian selama 13 tahun dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Curah Hujan Maksimum

No.	Tahun	Rmax/thn
		(mm)
1	2001	76.8
2	2002	223.0
3	2003	181.6
4	2004	100.4
5	2005	107.5
6	2006	133.4
7	2007	154.2
8	2008	164.8
9	2009	132.0
10	2010	119.7
11	2011	119.6
12	2012	148.0
13	2013	94.0

Sumber : Bappeda Kota Balikpapan, 2014.

4.2.2. Analisa Frekuensi

Analisa frekuensi merupakan analisa mengenai pengulangan suatu data kejadian untuk menentukan periode ulang beserta probabilitasnya. Dalam perhitungan parameter statistik, data hujan pada tabel 4.1 diurutkan dari nilai yang terbesar hingga nilai yang terkecil. Hasil perhitungan parameter statistik dari tiap-tiap distribusi dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Parameter Statistik

No.	Tahun	X	\bar{X}	$X - \bar{X}$	$(X - \bar{X})^2$	$(X - \bar{X})^3$	$(X - \bar{X})^4$
		(mm)					
1	2002	223.00	135.00	88.00	7744.00	681472.00	59969536.00
2	2003	181.60	135.00	46.60	2171.56	101194.70	4715672.83
3	2008	164.80	135.00	29.80	888.04	26463.59	788615.04
4	2007	154.20	135.00	19.20	368.64	7077.89	135895.45
5	2012	148.00	135.00	13.00	169.00	2197.00	28561.00
6	2006	133.40	135.00	-1.60	2.56	-4.10	6.55
7	2009	132.00	135.00	-3.00	9.00	-27.00	81.00
8	2010	119.70	135.00	-15.30	234.09	-3581.58	54798.13
9	2011	119.60	135.00	-15.40	237.16	-3652.26	56244.87
10	2005	107.50	135.00	-27.50	756.25	-20796.88	571914.06
11	2004	100.40	135.00	-34.60	1197.16	-41421.74	1433192.07
12	2013	94.00	135.00	-41.00	1681.00	-68921.00	2825761.00
13	2001	76.80	135.00	-58.20	3387.24	-197137.37	11473394.82
Σ		1755.00		0.00	18845.70	482863.26	82053672.82

Sumber : Perhitungan

Dari tabel 4.2 diperoleh nilai parameter-parameter statistik sebagai berikut :

a. Nilai rata-rata (*mean*) :

$$X_{\text{rata-rata}} = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{1755}{13} = 135.00$$

b. Standar deviasi (*standart deviation*) :

$$S = \sqrt{\frac{\Sigma(X - \bar{X})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{18845.70}{13 - 1}} = 39.63$$

c. Koefisien variasi (*coefficient of variation*) :

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}} = \frac{39.63}{135.00} = 0.29$$

d. Koefisien kemencengan (*coefficient of skewness*) :

$$C_s = \frac{n \cdot \Sigma(X - \bar{X})^3}{(n - 1) \cdot (n - 2) \cdot S^3} = \frac{13 \cdot 482863.26}{12 \cdot 11 \cdot 39.63^3} = 0.76$$

e. Koefisien ketajaman (*coefficient of kutosis*) :

$$C_k = \frac{n^2 \cdot \Sigma(X - \bar{X})^4}{(n - 1) \cdot (n - 2) \cdot (n - 3) \cdot S^4} = \frac{13^2 \cdot 82053672.82}{12 \cdot 11 \cdot 10 \cdot 39.63^4} = 4.26$$

Berdasarkan perhitungan parameter statistik tersebut, diperoleh nilai koefisien kemencengan (C_s) = 0.76 dan nilai koefisien ketajaman (C_k) = 4.26.

4.2.3. Uji Kecocokan Sebaran

Persamaan distribusi yang dipilih dalam studi ini adalah distribusi Pearson Tipe III dan distribusi Gumbel Tipe I. Untuk menentukan kecocokan distribusi yang dipilih, maka diperlukan parameter pengujian.

4.2.3.1. Uji Chi Kuadrat

$$\text{Jumlah data (n)} = 13$$

$$\text{Jumlah kelas (G)} = 1 + 3.322 \log (n)$$

$$= 4.70, \text{ maka jumlah kelas (G) yang digunakan} = 5.$$

Data pengamatan dibagi menjadi 5 sub bagian dengan interval peluang $(P) = \frac{1}{5}$

= 0.20. Besarnya peluang untuk tiap-tiap sub bagian adalah :

$$1. \text{ Sub kelas 1} = P \leq 0.20$$

$$2. \text{ Sub kelas 2} = 0.20 \leq P \leq 0.40$$

$$3. \text{ Sub kelas 3} = 0.40 \leq P \leq 0.60$$

$$4. \text{ Sub kelas 4} = 0.60 \leq P \leq 0.80$$

$$5. \text{ Sub kelas 5} = P \geq 0.80$$

4.2.3.1.1. Uji Chi Kuadrat Untuk Distribusi Pearson Tipe III

Persamaan dasar yang digunakan dalam distribusi Pearson Tipe III adalah sebagai berikut :

$$X = \bar{X} + (k.S) \\ = 135.00 + (k \times 39.63)$$

$$C_s = 0.76$$

Untuk perhitungan selanjutnya, dapat dilihat pada tabel 4.3 sebagai berikut.

Tabel 4.3 Uji Chi Kuadrat – Distribusi Pearson Tipe III

No.	Nilai Batas Sub Kelas		Jumlah Data		$(O_i - E_i)^2$	$(O_i - E_i)^2 / E_i$	
			O_i	E_i			
1		<	121.59	6	2.60	11.56	4.45
2	121.59	<	126.97	0	2.60	6.76	2.60
3	126.97	<	136.54	2	2.60	0.36	0.14
4	136.54	<	166.40	3	2.60	0.16	0.06
5		>	166.40	2	2.60	0.36	0.14
	Σ			13	13	Xh^2	7.38

Sumber : Perhitungan

Dari tabel 4.3, diperoleh nilai $Xh^2 = 7.38$ dengan derajat kebebasan (dk) = $5 - 2 - 1 = 2$. Berdasarkan tabel nilai kritis dengan derajat kebebasan (dk) = 2 dan derajat kepercayaan (α) = 5%, diperoleh nilai $X^2 = 5.99$. Berdasarkan perhitungan diperoleh kesimpulan bahwa $Xh^2 > X^2$ yaitu $7.38 > 5.99$, sehingga persamaan Distribusi Pearson Tipe III ditolak.

4.2.3.1.2. Uji Chi Kuadrat Untuk Distribusi Gumbel Tipe I

Persamaan dasar yang digunakan dalam distribusi Gumbel Tipe I adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} X &= \bar{X} + (k.S) \\ &= 135.00 + (k \times 39.63) \\ C_s &= 0.76 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selanjutnya, dapat dilihat pada tabel 4.4 sebagai berikut.

Tabel 4.4 Uji Chi Kuadrat – Distribusi Gumbel Tipe I

No.	Nilai Batas Sub Kelas			Jumlah Data		$(O_i - E_i)^2$	$(O_i - E_i)^2 / E_i$
				O _i	E _i		
1		<	116.14	4	2.60	1.96	0.75
2	116.14	<	139.44	4	2.60	1.96	0.75
3	139.44	<	161.59	2	2.60	0.36	0.14
4	161.59	<	194.84	2	2.60	0.36	0.14
5		>	194.84	1	2.60	2.56	0.98
Σ				13	13	Xh^2	2.77

Sumber : Perhitungan

Dari tabel 4.3, diperoleh nilai $Xh^2 = 2.77$ dengan derajat kebebasan (dk) = $5 - 2 - 1 = 2$. Berdasarkan tabel nilai kritis dengan derajat kebebasan (dk) = 2 dan derajat kepercayaan (α) = 5%, diperoleh nilai $X^2 = 5.99$. Berdasarkan perhitungan diperoleh kesimpulan bahwa $Xh^2 > X^2$ yaitu $2.77 > 5.99$, sehingga persamaan Distribusi Gumbel Tipe I diterima.

4.2.3.2. Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji Smirnov-Kolmogorov sering disebut uji kecocokan non parametrik (*non parametric test*), karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu.

4.2.3.2.1. Uji Smirnov-Kolmogorov Untuk Distribusi Pearson Tipe III dan Gumbel Tipe I

Persamaan distribusi dapat diterima jika nilai D lebih besar dari D_0 . Apabila nilai D lebih kecil dari D_0 , maka persamaan distribusi ditolak. Perhitungan uji smirnov-kolmogorov untuk distribusi Pearson Tipe III dan Gumbel Tipe I, dapat dilihat pada tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Uji Smirnov-Kolmogorov

No.	Tahun	m	X	P(X)	P(X<)	f(t)	P'(X<)	P'X	D
1	2002	1	223.00	0.07	0.93	2.22	0.99	0.01	-0.06
2	2003	2	181.60	0.14	0.86	1.18	0.88	0.12	-0.02
3	2008	3	164.80	0.21	0.79	0.75	0.77	0.23	0.01
4	2007	4	154.20	0.29	0.71	0.48	0.68	0.32	0.03
5	2012	5	148.00	0.36	0.64	0.33	0.63	0.37	0.01
6	2006	6	133.40	0.43	0.57	-0.04	0.48	0.52	0.09
7	2009	7	132.00	0.50	0.50	-0.08	0.47	0.53	0.03
8	2010	8	119.70	0.57	0.43	-0.39	0.35	0.65	0.08
9	2011	9	119.60	0.64	0.36	-0.39	0.35	0.65	0.01
10	2005	10	107.50	0.71	0.29	-0.69	0.25	0.75	0.04
11	2004	11	100.40	0.79	0.21	-0.87	0.19	0.81	0.02
12	2013	12	94.00	0.86	0.14	-1.03	0.15	0.85	-0.01
13	2001	13	76.80	0.93	0.07	-1.47	0.07	0.93	0.00

Sumber : Perhitungan

Dari hasil perhitungan pada tabel 4.5, diperoleh nilai $D_{max} = 0.09$ pada data peringkat 6. Berdasarkan Tabel Nilai Kritis D_0 untuk Uji Smirnov-Kolmogorov dengan derajat kepercayaan 5% dan $N = 12$, maka diperoleh nilai $D_0 = 0.328$. Sehingga diperoleh kesimpulan besarnya nilai $D_{max} < D_0$, maka distribusi frekuensi diterima.

4.2.4. Kesimpulan Analisa Frekuensi

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil Uji kecocokan untuk menentukan persamaan distribusi yang digunakan dalam penelitian ini dituliskan pada tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6 Kesimpulan Uji Kecocokan

Pers. Distribusi	Uji Kecocokan							
	Chi-Kuadrat				Smirnov-Kolmogorov			
	Xh ²		X ²	Ket	Dmax		D ₀	Ket
Pearson Tipe III	7.38	>	5.99	DITOLAK	0.09	<	0.328	DITERIMA
Gumbel Tipe I	2.77	<	5.99	DITERIMA	0.09	<	0.328	DITERIMA

Sumber : Perhitungan

Dari tabel 4.6 dapat dilihat bahwa persamaan distribusi Gumbel Tipe I memenuhi persyaratan untuk uji Chi-Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov. Persamaan distribusi Gumbel Tipe I akan digunakan untuk perhitungan curah hujan periode ulang dalam penelitian ini.

4.2.5. Perhitungan Curah Hujan Periode Ulang

Perhitungan curah hujan menggunakan persamaan distribusi Gumbel Tipe I sebagai berikut :

$$X = \bar{X} + (k.S)$$

Dari perhitungan sebelumnya, diperoleh nilai :

$$\bar{X} = 135.00 \text{ dan } S = 39.63$$

Perhitungan curah hujan periode ulang dituliskan pada tabel 4.7 berikut.

Tabel 4.7 Curah Hujan Periode Ulang Distribusi Gumbel Tipe I

Periode Ulang (Tahun)	Nilai Varian Koreksi (Yt)	Faktor Frekuensi (K)	Xmax (mm)
2	0.37	-0.14	129.42
5	1.50	1.00	174.46
10	2.25	1.75	204.29
25	3.20	2.70	241.97
50	3.90	3.40	269.93
100	4.60	4.11	297.68

Sumber : Perhitungan

Untuk analisa Studi Pengaruh Fungsi Bendali Pada Pengurangan Debit Puncak Banjir di Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal Kota Balikpapan digunakan periode ulang 10 tahun.

4.2.6. Perhitungan Distribusi Hujan

Distribusi hujan berdasarkan data curah hujan hanya diperoleh data harian saja, sedangkan untuk mendapatkan debit dibutuhkan data dalam detik maupun jam-jam an. Oleh karena itu, untuk memperoleh data hujan terpusat selama 5 jam digunakan metode Nakayasu.

4.2.6.1. Perhitungan Rata-rata Hujan Pada Jam ke-t

$$R_t = \frac{R_{24} \cdot T^{\frac{2}{3}}}{T \cdot t^{\frac{2}{3}}}, \text{ dengan :}$$

R_t = Rata-rata hujan pada jam ke-t (mm)

t = Waktu lamanya hujan (jam)

T = Lamanya hujan terjadi, dalam hal ini dipakai asumsi 5 jam

R_{24} = Curah Hujan Efektif (mm)

Berdasarkan rumus tersebut, maka :

a. Jam ke-1

$$R_t = \frac{R_{24} \cdot 5^{\frac{2}{3}}}{5 \cdot 1^{\frac{2}{3}}} = 0.585R_{24}$$

b. Jam ke-2

$$R_t = \frac{R_{24} \cdot 5^{\frac{2}{3}}}{5 \cdot 2^{\frac{2}{3}}} = 0.368R_{24}$$

c. Jam ke-3

$$R_t = \frac{R_{24} \cdot 5^{\frac{2}{3}}}{5 \cdot 3^{\frac{2}{3}}} = 0.281R_{24}$$

d. Jam ke-4

$$R_t = \frac{R_{24} \cdot 5^{\frac{2}{3}}}{5 \cdot 4^{\frac{2}{3}}} = 0.232R_{24}$$

e. Jam ke-5

$$R_t = \frac{R_{24}}{5} \left(\frac{5}{5} \right)^{2/3} = 0.200R_{24}$$

4.2.6.2. Perhitungan Tinggi Hujan Pada Jam ke-t

Curah hujan hingga jam ke-t dirumuskan sebagai berikut.

$$R_T = t \times R_t - [(t-1) \times R(t-1)] , \text{ dengan :}$$

R_T = Curah hujan jam ke-T (mm)

R_t = Rata-rata hujan pada jam ke-t (mm)

t = Waktu hujan dari awal sampai jam ke-t (jam)

$R(t-1)$ = Rata-rata hujan dari awal sampai jam ke-(t-1) (mm)

Berdasarkan rumus tersebut, maka :

a. $R_1 = 1 \times R_1 - 0 = 0.585R_{24}$

b. $R_2 = 2 \times R_2 - [(2-1) \times R(2-1)] = 0.585R_{24}$

c. $R_3 = 3 \times R_3 - [(3-1) \times R(3-1)] = 0.151R_{24}$

d. $R_4 = 4 \times R_4 - [(4-1) \times R(4-1)] = 0.107R_{24}$

e. $R_5 = 5 \times R_5 - [(5-1) \times R(5-1)] = 0.072R_{24}$

Perhitungan tinggi hujan hingga jam ke-t untuk DAS Ampal Kota Balikpapan dapat dilihat pada tabel 4.8 sebagai berikut.

Tabel 4.8 Curah Hujan Jam-jaman

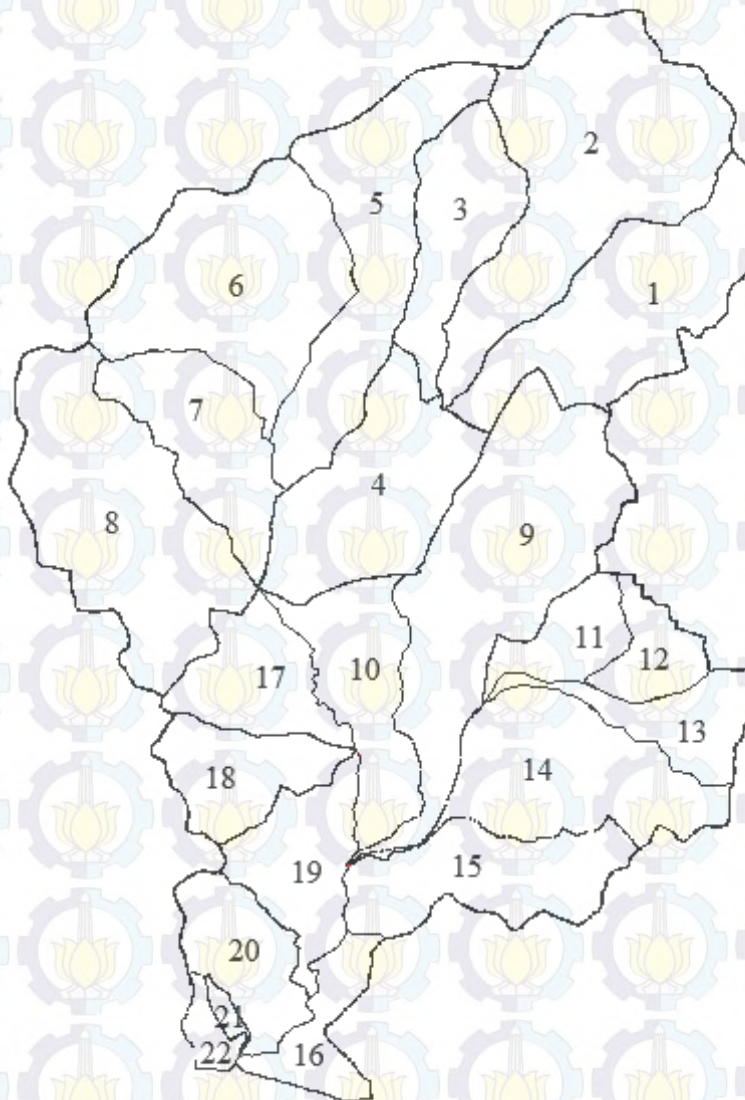
Waktu (jam)	Rasio (%)	Hujan jam-jaman (mm)					
		2 (tahun)	5 (tahun)	10 (tahun)	25 (tahun)	50 (tahun)	100 (tahun)
1	58.50	75.71	102.06	119.51	141.55	157.91	174.14
2	15.10	19.54	26.34	30.85	36.54	40.76	44.95
3	10.70	13.85	18.67	21.86	25.89	28.88	31.85
4	8.50	11.00	14.83	17.36	20.57	22.94	25.30
5	7.20	9.32	12.56	14.71	17.42	19.43	21.43
Hujan Harian (mm)		129.42	174.46	204.29	241.97	269.93	297.68

Sumber : Perhitungan

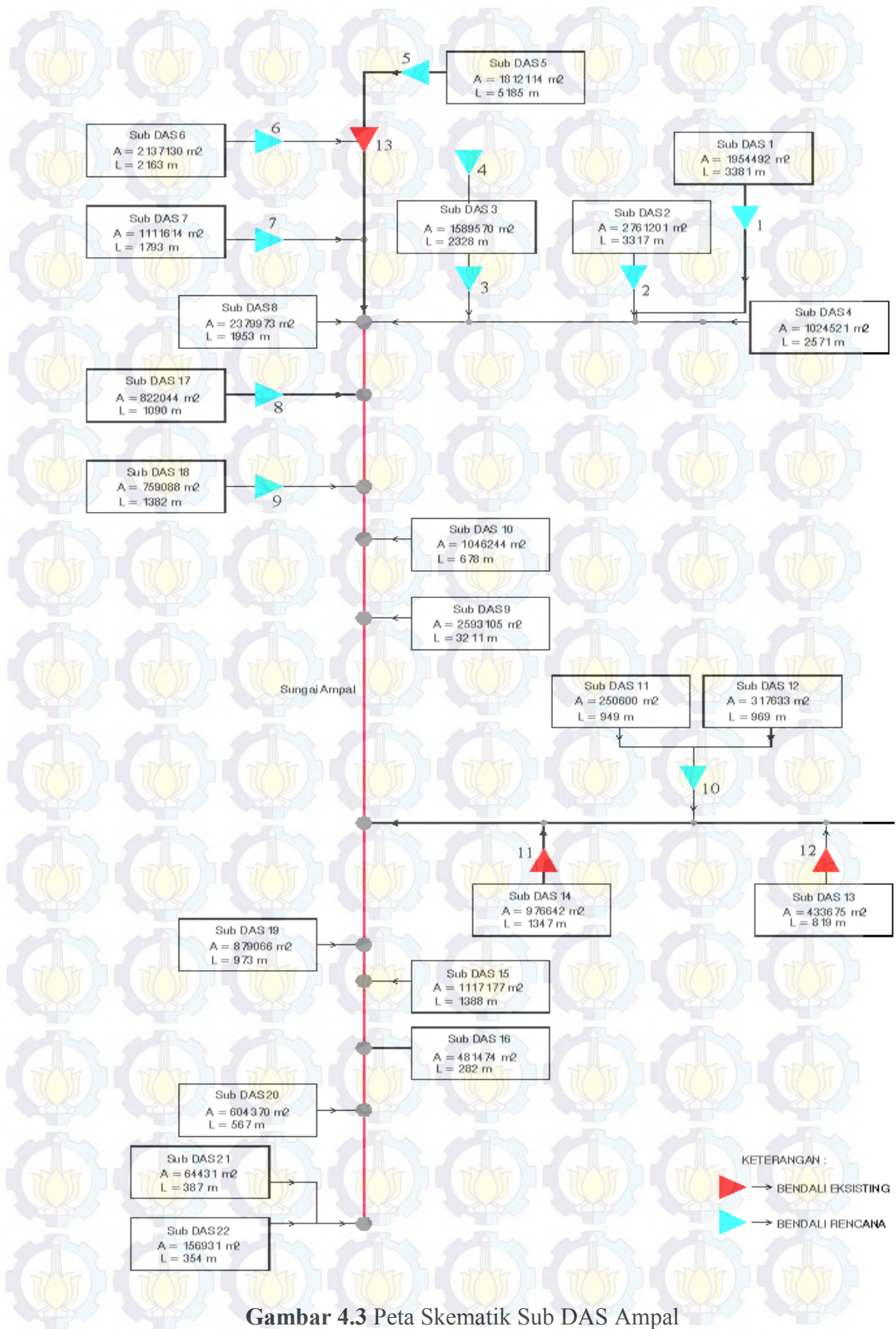
Curah hujan jam-jaman yang digunakan dalam studi ini adalah curah hujan periode ulang 10 tahun. Hal ini disebabkan karena sungai ampal merupakan saluran primer dalam sistem drainase DAS Ampal, serta pelimpah yang terdapat pada Bangunan Pengendali Banjir DAS Ampal direncanakan dengan periode 10 tahun.

4.2.7. Pemodelan dengan HEC-HMS

Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal terdiri dari 22 sub das, masing-masing luasan dapat dilihat pada gambar 4.2 dan 4.3.



Gambar 4.2 Pembagian Sub DAS Ampal



Gambar 4.3 Peta Skematik Sub DAS Ampal

4.2.7.1. Perhitungan Luasan Sub DAS Ampal dan Kemiringan Rata-rata Tiap Sub DAS

DAS Ampal Kota Balikpapan memiliki luas sebesar 25.273 km² dan sungai utama sepanjang 4.70 km. Berdasarkan daerah tangkapan air (*catchment area*) DAS Ampal dibagi menjadi 22 sub (tabel 4.9 dan tabel 4.10).

Tabel 4.9 Luasan Masing-masing dan Panjang Aliran Tiap Sub DAS

No.	Sub DAS	Luas Sub DAS		Kemiringan Rata-rata Lahan	Panjang Over Land Flow (L ₀)
		(m ²)	(km ²)	(%)	(ft)
1	Sub DAS 1	1954492.00	1.95	11.95	3359.92
2	Sub DAS 2	2761201.00	2.76	13.07	3110.14
3	Sub DAS 3	1589570.00	1.59	13.06	2420.52
4	Sub DAS 4	1024521.00	1.02	13.07	3340.39
5	Sub DAS 5	1812114.00	1.81	12.39	1912.40
6	Sub DAS 6	2137130.00	2.14	12.30	3838.88
7	Sub DAS 7	1111614.00	1.11	6.06	2907.57
8	Sub DAS 8	2379973.00	2.38	1.52	3411.85
9	Sub DAS 9	2593105.00	2.59	3.68	3930.40
10	Sub DAS 10	1046244.00	1.05	13.06	1902.26
11	Sub DAS 11	250600.00	0.25	16.52	718.50
12	Sub DAS 12	317633.00	0.32	11.18	1170.60
13	Sub DAS 13	433675.00	0.43	3.37	1102.68
14	Sub DAS 14	976642.00	0.98	3.92	1902.25
15	Sub DAS 15	1117177.00	1.12	10.55	1420.29
16	Sub DAS 16	481474.00	0.48	9.45	773.38
17	Sub DAS 17	822044.00	0.82	14.12	2429.10
18	Sub DAS 18	759088.00	0.76	17.72	1521.89
19	Sub DAS 19	879066.00	0.88	17.72	1546.85
20	Sub DAS 20	604370.00	0.60	9.45	1094.00
21	Sub DAS 21	64431.00	0.06	6.55	316.37
22	Sub DAS 22	156931.00	0.16	7.24	1063.19

Sumber : Perhitungan

Tabel 4.10 Panjang dan Kemiringan Sungai Tiap Sub DAS

No.	Sungai	Panjang Sungai (L)		Lebar (m)	Kemiringan Sungai (Y) (%)
		(m)	(km)		
1	Sungai 1	3381.00	3.38	6.00	0.0140
2	Sungai 2	3317.00	3.32	11.00	0.0100
3	Sungai 3	2328.00	2.33	4.50	0.0110
4	Sungai 4	2571.00	2.57	17.00	0.0100
5	Sungai 5	5185.00	5.19	15.00	0.0100
6	Sungai 6	2163.00	2.16	3.00	0.0035
7	Sungai 7	1793.00	1.79	2.50	0.0040
8	Sungai 8	1953.00	1.95	10.00	0.0070
9	Sungai 9	3211.00	3.21	4.50	0.0036
10	Sungai 10	678.00	0.68	1.50	0.0036
11	Sungai 23	3687.00	3.69	4.00	0.0060
12	Sungai 11	976.00	0.98	1.80	0.0100
13	Sungai 12	969.00	0.97	1.50	0.0070
14	Sungai 13	819.00	0.82	2.00	0.0060
15	Sungai 14	1347.00	1.35	2.00	0.0100
16	Sungai 15	1388.00	1.39	8.00	0.0047
17	Sungai 16	282.00	0.28	1.50	0.0066
18	Sungai 17	1090.00	1.09	2.00	0.0060
19	Sungai 18	1382.00	1.38	2.50	0.0040
20	Sungai 19	973.00	0.97	2.00	0.0040
21	Sungai 20	567.00	0.57	3.50	0.0066
22	Sungai 21	387.00	0.39	3.50	0.0100
23	Sungai 22	354.00	0.35	1.30	0.0116
24	Ampal 1	649.00	0.65	20.00	0.0030
25	Ampal 2	1024.00	1.02	20.00	0.0030
26	Ampal 3	718.00	0.72	20.00	0.0016
27	Ampal 4	62.00	0.06	20.00	0.0016
28	Ampal 5	167.00	0.17	20.00	0.0016
29	Ampal 6	359.00	0.36	20.00	0.0016
30	Ampal 7	151.00	0.15	20.00	0.0016
31	Ampal 8	309.00	0.31	20.00	0.0016
32	Ampal 9	433.00	0.43	40.00	0.0016
33	Ampal 10	827.00	0.83	40.00	0.0016

Sumber : Perhitungan

4.2.7.2. Menentukan % Absorpsi pada tiap Sub DAS Ampal

$$\% \text{ Absorpsi} = \frac{S(A_i.\%Abs)}{SA}, \text{ dengan :}$$

$\%Abs$ = Koefisien penyerapan untuk bagian daerah yang ditinjau dengan satu jenis permukaan

A_i = Luasan bagian daerah yang ditinjau

Perhitungan nilai absorpsi pada sub DAS 1 dapat dilihat pada tabel 4.11 sebagai berikut.

Tabel 4.11 Perhitungan Nilai % Absorpsi Pada Sub DAS 1

No	Jenis Ruang	Luas		Impervious (%)
		(km ²)	%	
1	Konservasi alam	0.22	11.33	0
2	Permukiman	0.99	50.77	65
3	Perumahan	0.16	8.22	65
4	Komersial	0.08	3.95	85
5	Kawasan industri	0.17	8.72	72
6	Kawasan wisata	0.02	1.04	0
7	Kawasan militer	0.01	0.33	20
8	Kawasan sektoral	0.22	11.46	20
9	Kawasan Khusus	0.07	3.48	20
10	Sarana dan prasarana	0.01	0.70	20
Total		1.95	100.00	51.17

Sumber : Perhitungan

Hasil perhitungan nilai absorpsi tiap Sub DAS dapat dilihat pada lampiran B.

4.2.7.3. Perhitungan Time Lag Sub DAS

Perhitungan time lag pada masing-masing sub DAS Ampal menggunakan rumus sebagai berikut :

$$t_L = \frac{L_0^{0.8} \cdot (S+1)^{0.7}}{1900 \cdot Y^{0.5}}, \text{ dengan :}$$

L_0 = panjang *overland flow* (ft)

S = retensi maksimum (inch)

$$S = \frac{1000}{CN - 10}$$

CN = curve number, yang berisi pengaruh dari tanah, tata guna lahan, kondisi hidrologi, dan soil moisture

Contoh perhitungan Time Lag pada Sub DAS 1 adalah sebagai berikut,

$$\text{Luas (A)} = 1954492.00 \text{ m}^2 = 1.95 \text{ km}^2$$

$$\text{Panjang Lahan (L)} = 954 \text{ m} = 0.95 \text{ km}$$

$$\text{Curve Number (CN)} = 82.80$$

$$\text{Retensi Maksimum (S)} = \frac{1000}{82.80 - 10} = 2.08$$

$$\text{Panjang Overland Flow (L}_0\text{)} = \frac{A}{2L} = \frac{1.95}{0.95} = 3359.92 \text{ ft}$$

$$\text{Time Lag (t}_L\text{)} = \frac{3359.92^{0.8} (2.08 + 1)^{0.7}}{1900(0.1195^{0.5})} = 2.21 \text{ jam} = 132.89 \text{ menit}$$

Time Lag untuk masing-masing Sub DAS dapat dilihat pada tabel 4.11 sebagai berikut :

Tabel 4.12 Time Lag Pada Masing-masing Sub DAS

No.	Sub DAS	Imperv	Curve Number (CN)	Panjang Over Land Flow (L ₀)	Retensi Maksimum (S)	Time Lag (t _L)	
		(%)		(ft)	(inch)	(jam)	(menit)
1	Sub DAS 1	51.17	82.80	3359.92	2.08	2.21	132.89
2	Sub DAS 2	50.95	79.50	3110.14	2.58	2.21	132.77
3	Sub DAS 3	51.10	81.60	2420.52	2.25	1.70	101.70
4	Sub DAS 4	50.25	79.50	3340.39	2.58	2.34	140.57
5	Sub DAS 5	50.25	86.20	1912.40	1.60	1.23	73.91
6	Sub DAS 6	44.17	86.20	3838.88	1.60	2.16	129.54
7	Sub DAS 7	45.47	83.70	2907.57	1.95	2.69	161.29
8	Sub DAS 8	48.02	79.50	3411.85	2.58	6.99	419.25
9	Sub DAS 9	49.06	79.50	3930.40	2.58	5.03	301.73
10	Sub DAS 10	48.66	81.60	1902.26	2.25	1.40	83.87
11	Sub DAS 11	46.77	80.20	718.50	2.47	0.60	35.78
12	Sub DAS 12	48.07	80.20	1170.60	2.47	1.07	64.27
13	Sub DAS 13	47.03	89.50	1102.68	1.17	1.34	80.45

Lanjutan Tabel 4.12

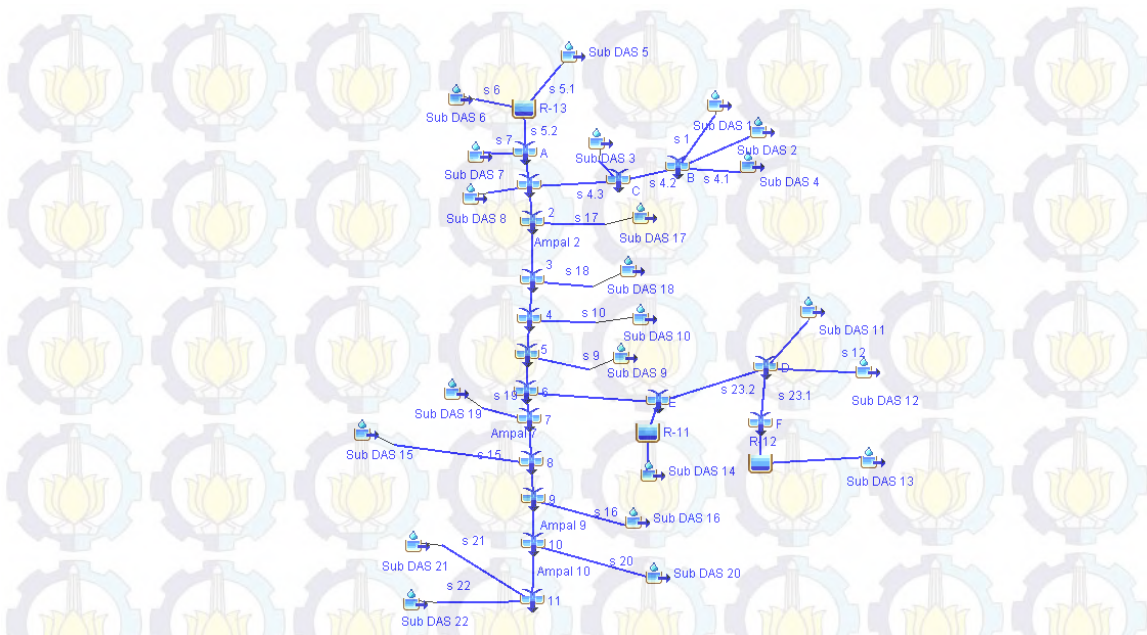
No.	Sub DAS	Imperv	Curve Number (CN)	Panjang Over Land Flow (L_0)	Retensi Maksimum (S)	Time Lag (t_L)	
		(%)		(ft)		(inch)	(jam)
14	Sub DAS 14	46.83	87.10	1902.25	1.48	2.11	126.59
15	Sub DAS 15	46.51	79.60	1420.29	2.56	1.31	78.69
16	Sub DAS 16	44.52	84.50	773.38	1.83	0.73	43.56
17	Sub DAS 17	43.62	79.50	2429.10	2.58	1.75	104.82
18	Sub DAS 18	43.42	79.00	1521.89	2.66	1.09	65.37
19	Sub DAS 19	43.22	79.00	1546.85	2.66	1.10	66.22
20	Sub DAS 20	43.35	84.50	1094.00	1.83	0.96	57.49
21	Sub DAS 21	51.17	81.60	316.37	2.25	0.47	28.20
22	Sub DAS 22	50.69	81.60	1063.19	2.25	1.18	70.73

Sumber : Perhitungan

4.2.8. Input Data HEC-HMS

4.2.8.1. Basin Model Attributes

Dalam studi ini digunakan program HEC-HMS untuk analisa hidrologi DAS Ampal dengan menggunakan pendekatan hidrologi di lapangan. Hasil proses *running* berupa data keluaran antara lain terdiri dari grafik hidrograf pada masing-masing titik kontrol yang dilengkapi dengan besarnya debit pada setiap titik dan data debit di DAS Ampal. Pemodelan penulisan banjir dengan HEC-HMS pada DAS Ampal dapat dilihat pada gambar 4.4 sebagai berikut.



Gambar 4.4 Tampilan Pemodelan DAS Ampal Eksisting

4.2.8.2. Parameter Basin Model

Parameter lahan pada basin model yang harus diinput pada model HEC-HMS adalah *loss rate, transform, baseflow method* dalam *subbasin editor*.

a. Parameter *basin loss rate* (SCS Curve Number)

Pengisian parameter basin model ini merupakan nilai dan koefisien karakteristik pengaliran lahan masing-masing sub basin.

1. *Initial loss* (mm)

Tabel 4.13 Nilai *Initial Loss* Tiap Sub DAS

No.	Sub DAS	Initial Loss (mm)	No.	Sub DAS	Initial Loss (mm)
1	Sub DAS 1	5	12	Sub DAS 12	5
2	Sub DAS 2	5	13	Sub DAS 13	5
3	Sub DAS 3	5	14	Sub DAS 14	5
4	Sub DAS 4	5	15	Sub DAS 15	5
5	Sub DAS 5	5	16	Sub DAS 16	5
6	Sub DAS 6	5	17	Sub DAS 17	5
7	Sub DAS 7	5	18	Sub DAS 18	5
8	Sub DAS 8	5	19	Sub DAS 19	5
9	Sub DAS 9	5	20	Sub DAS 20	5
10	Sub DAS 10	5	21	Sub DAS 21	5
11	Sub DAS 11	5	22	Sub DAS 22	5

Sumber : Perhitungan

2. SCS Curve Number

Tabel 4.14 Nilai *Curve Number*

No.	Sub DAS	Curve Number (CN)	No.	Sub DAS	Curve Number (CN)
1	Sub DAS 1	82.8	12	Sub DAS 12	80.2
2	Sub DAS 2	79.5	13	Sub DAS 13	89.5
3	Sub DAS 3	81.6	14	Sub DAS 14	87.1
4	Sub DAS 4	79.5	15	Sub DAS 15	79.6
5	Sub DAS 5	86.2	16	Sub DAS 16	84.5
6	Sub DAS 6	86.2	17	Sub DAS 17	79.5
7	Sub DAS 7	83.7	18	Sub DAS 18	79.0
8	Sub DAS 8	79.5	19	Sub DAS 19	79.0
9	Sub DAS 9	79.5	20	Sub DAS 20	84.5
10	Sub DAS 10	81.6	21	Sub DAS 21	81.6
11	Sub DAS 11	80.2	22	Sub DAS 22	81.6

Sumber : Perhitungan

3. Impervious

Tabel 4.15 Nilai *Impervious*

No.	Sub DAS	Impervious (%)	No.	Sub DAS	Impervious (%)
1	Sub DAS 1	51.17	12	Sub DAS 12	48.07
2	Sub DAS 2	50.95	13	Sub DAS 13	47.03
3	Sub DAS 3	51.1	14	Sub DAS 14	46.83
4	Sub DAS 4	50.25	15	Sub DAS 15	46.51
5	Sub DAS 5	50.25	16	Sub DAS 16	44.52
6	Sub DAS 6	44.17	17	Sub DAS 17	43.62
7	Sub DAS 7	45.47	18	Sub DAS 18	43.42
8	Sub DAS 8	48.02	19	Sub DAS 19	43.22
9	Sub DAS 9	49.06	20	Sub DAS 20	43.35
10	Sub DAS 10	48.66	21	Sub DAS 21	51.17
11	Sub DAS 11	46.77	22	Sub DAS 22	50.69

Sumber : Perhitungan

b. Penelusuran Banjir

Penelusuran banjir dilakukan secara manual dan menggunakan HEC-HMS.

Penelusuran banjir dengan menggunakan bantuan perangkat lunak HEC-HMS, dimana debit *outflow* dan tampungan dimasukkan sebagai input analisis perangkat lunak tersebut. Debit *outflow* bendali berupa limpasan pada *spillway*, dimana besar debitnya dapat dihitung dengan menggunakan rumus limpasan USBR.

Debit *outflow* dan tampungan untuk bendali 1 dapat dilihat pada tabel 4.16 dan 4.17 sebagai berikut.

Tabel 4.16 Volume Komulatif Bendali 1

Tinggi (m)	Elevasi (m)	Luas (m ²)	Volume (m ³)	Volume Komulatif (m ³)
0.00	22.50	199100.000	0.000	0.000
0.25	22.75	207585.365	51896.341	51896.341
0.50	23.00	216070.730	108035.365	159931.706
0.75	23.25	224556.095	168417.071	328348.778
1.00	23.50	233041.460	233041.460	561390.238
1.25	23.75	241526.825	301908.531	863298.769
1.50	24.00	250012.190	375018.285	1238317.054
1.75	24.25	258497.555	452370.721	1690687.775
2.00	24.50	266982.920	533965.840	2224653.615
2.25	24.75	275468.285	619803.641	2844457.256
2.50	25.00	283953.650	709884.125	3554341.381

Sumber : Perhitungan

Tabel 4.17 Debit *Outflow* dan Tampungan Bendali 1

Elevasi (m)	H (m)	C	Q ₀	Storage		S+Δt.Q/2 (10 ³)	S-Δt.Q/2 (10 ³)
			(m ³ /det)	(m ³)	(1000 m ³)		
22.50	0.00	1.834	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
22.75	0.25	1.830	1.080	51896.341	51.896	51.929	51.864
23.00	0.50	1.826	3.047	159931.706	159.932	160.023	159.840
23.25	0.75	1.822	5.585	328348.778	328.349	328.516	328.181
23.50	1.00	1.818	8.579	561390.238	561.390	561.648	561.133
23.75	1.25	1.814	11.963	863298.769	863.299	863.658	862.940
24.00	1.50	1.810	15.691	1238317.054	1238.317	1238.788	1237.846
24.25	1.75	1.806	19.729	1690687.775	1690.688	1691.280	1690.096
24.50	2.00	1.802	24.051	2224653.615	2224.654	2225.375	2223.932
24.75	2.25	1.797	28.634	2844457.256	2844.457	2845.316	2843.598
25.00	2.50	1.793	33.462	3554341.381	3554.341	3555.345	3553.338

Sumber : Perhitungan

Hasil perhitungan debit outflow dan tampungan untuk bendali-bendali di DAS Ampal dapat dilihat pada lampiran C.

4.2.9. Hasil Pemodelan HEC-HMS

Pemodelan menggunakan HEC-HMS dilakukan dengan input data hujan jam-jaman sesuai dengan perencanaan bangunan pelimpah pada bendali, yaitu periode ulang 10 tahunan. Parameter yang digunakan untuk pemodelan HEC-HMS adalah perhitungan yang disesuaikan dengan kondisi di lapangan.

Pemodelan ini digunakan untuk mengetahui pengaruh fungsi bendali dikaji melalui beberapa skenario sebagaimana dijelaskan pada bab 3, yaitu :

1. Skenario 1 terdiri dari : Bendali 5, 6, 10, 11, 12, 13.
2. Skenario 2 terdiri dari : Bendali 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13.
3. Skenario 3 terdiri dari : Bendali 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13.
4. Skenario 4 terdiri dari : Bendali 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13.

4.2.9.1. Hasil Pemodelan Eksisting DAS Ampal

Pemodelan eksisting DAS Ampal adalah terbangunnya tiga bangunan pengendali banjir (bendali) yaitu bendali 11, 12, dan 13. Dengan terbangunnya tiga bendali, maka diketahui debit dari masing-masing sub DAS dan sungai (tabel 4.18).

Tabel 4.18 Hasil *running* Eksisting DAS Ampal

Nama	Area	Q	Volume
	km ²	m ³ /det	1000 m ³
Sub DAS 1	1.95	22.10	353.90
Sub DAS 2	2.76	30.60	490.30
Sub DAS 3	1.59	21.40	286.30
Sub DAS 4	1.02	10.90	180.80
Sub DAS 5	1.81	31.00	334.90
Sub DAS 6	2.14	24.90	390.90
Sub DAS 7	1.11	11.00	199.70
Sub DAS 8	2.38	11.60	367.70
Sub DAS 9	2.59	16.40	441.90
Sub DAS 10	1.05	15.90	187.80
Sub DAS 11	0.25	6.00	44.10

Lanjutan Tabel 4.18

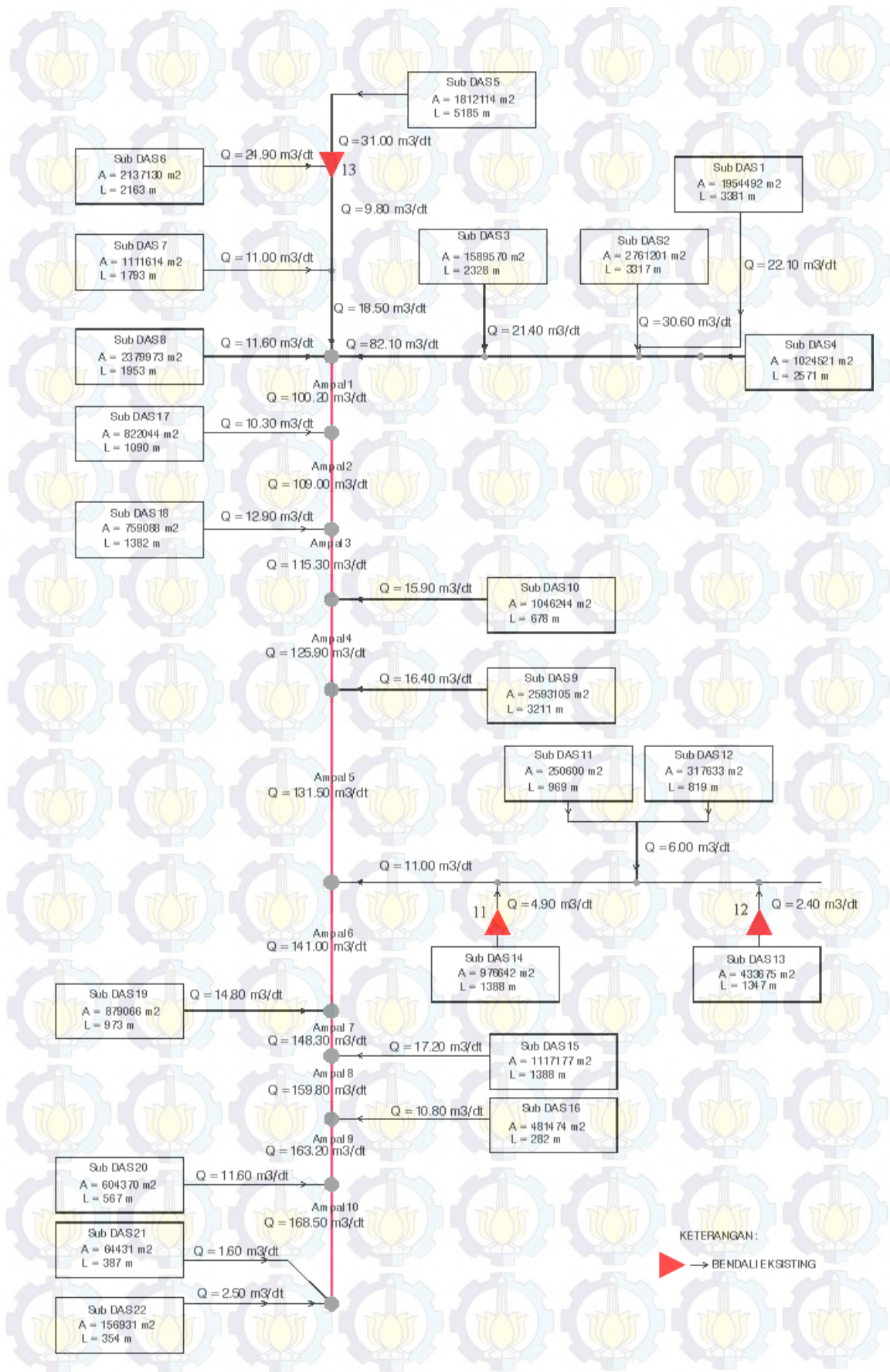
Nama	Area	Q	Volume
	km ²	m ³ /det	1000 m ³
Sub DAS 12	0.32	6.00	56.60
Sub DAS 13	0.43	7.10	80.80
Sub DAS 14	0.98	11.70	181.10
Sub DAS 17	0.82	10.30	142.40
Sub DAS 18	0.76	12.90	131.40
Sub DAS 19	0.88	14.80	152.10
Sub DAS 20	0.60	11.60	108.00
Sub DAS 21	0.06	1.60	10.80
Sub DAS 22	0.16	2.50	27.20
Sungai 1	1.95	22.10	353.50
Sungai 2	2.76	30.60	489.70
Sungai 3	1.59	21.40	286.10
Sungai 4.1	1.02	10.90	180.80
Sungai 4.2	5.73	63.50	1023.60
Sungai 4.3	7.32	82.10	1309.30
Sungai 5.1	1.81	31.00	334.30
Sungai 5.2	3.95	9.80	405.30
Sungai 5.3	5.06	18.50	601.30
Sungai 6	2.14	24.90	390.60
Sungai 7	1.11	11.00	199.50
Sungai 8	2.38	11.60	362.70
Sungai 9	2.59	16.40	437.30
Sungai 10	1.05	15.90	187.80
Sungai 11	0.25	6.00	44.00
Sungai 12	0.32	6.00	56.60
Sungai 13.1	0.43	7.10	80.80
Sungai 13.2	0.43	2.40	75.00
Sungai 14.1	0.98	11.70	181.10
Sungai 14.2	0.98	4.90	163.90
Sungai 15	1.12	17.20	196.30
Sungai 16	0.48	10.80	86.70
Sungai 17	0.82	10.30	142.40
Sungai 18	0.76	12.90	131.30
Sungai 19	0.88	14.80	152.00
Sungai 20	0.60	11.60	108.00
Sungai 21	0.06	1.60	10.80
Sungai 22	0.16	2.50	27.10
Sungai 23.1	0.43	2.40	74.40
Sungai 23.2	1.00	10.60	174.70
Sungai 23.3	1.98	11.00	336.50

Lanjutan Tabel 4.18

Nama	Area	Q	Volume
	km ²	m ³ /det	1000 m ³
Ampal 1	14.76	100.20	2267.40
Ampal 2	15.58	109.00	2400.30
Ampal 3	16.34	115.30	2527.80
Ampal 4	17.39	125.90	2715.20
Ampal 5	19.98	131.50	3151.60
Ampal 6	21.96	141.00	3485.80
Ampal 7	22.84	148.30	3636.80
Ampal 8	23.96	159.80	3831.10
Ampal 9	24.44	163.20	3914.20
Ampal 10	25.04	168.50	4015.30
A	5.06	18.50	604.80
B	5.73	63.50	1024.00
C	7.32	82.10	1309.70
D	1.00	10.60	175.10
E	1.98	11.00	338.50
F	0.43	2.40	75.00
1	14.76	100.20	2273.30
2	15.58	109.00	2409.80
3	16.34	115.30	2531.60
4	17.39	125.90	2715.60
5	19.98	131.50	3152.50
6	21.96	141.00	3488.00
7	22.84	148.30	3637.80
8	23.96	159.80	3833.10
9	24.44	163.20	3917.80
10	25.04	168.50	4022.20
11	25.26	170.40	4053.20
Reservoir 11	0.98	4.90	164.30
Reservoir 12	0.43	2.40	75.10
Reservoir 13	3.95	9.80	408.10

Sumber : Perhitungan

Dari tabel 4.18 menunjukkan hasil analisa eksisting DAS Ampal dengan tidak memperhitungkan nilai *baseflow*. Dari hasil analisa, diketahui bahwa debit maksimum yang terjadi sungai ampal bagian hilir (junction 11) adalah sebesar 170.40 m³/det (gambar 4.5).



Gambar 4.5 Skema Hasil Analisa Eksisting DAS Ampal

4.2.9.2. Hasil Pemodelan Skenario 1 DAS Ampal

Sesuai dengan penjabaran tersebut di atas, pemodelan skenario 1 adalah terbangunnya tiga bendali eksisting ditambah dengan tiga bendali rencana (bendali 5, 6, dan 10). Dengan terbangunnya enam bendali, maka diketahui debit dari masing-masing sub DAS dan sungai (tabel 4.19).

Tabel 4.19 Hasil *running* Skenario 1 DAS Ampal

Nama	Area	Q	Volume
	km ²	m ³ /det	1000 m ³
Sub DAS 1	1.95	22.10	353.90
Sub DAS 2	2.76	30.60	490.30
Sub DAS 3	1.59	21.40	286.30
Sub DAS 4	1.02	10.90	180.80
Sub DAS 5	1.81	31.00	334.90
Sub DAS 6	2.14	24.90	390.90
Sub DAS 7	1.11	11.00	199.70
Sub DAS 8	2.38	11.60	367.70
Sub DAS 9	2.59	16.40	441.90
Sub DAS 10	1.05	15.90	187.80
Sub DAS 11	0.25	6.00	44.10
Sub DAS 12	0.32	6.00	56.60
Sub DAS 13	0.43	7.10	80.80
Sub DAS 14	0.98	11.70	181.10
Sub DAS 15	1.12	17.20	196.40
Sub DAS 16	0.48	10.80	86.70
Sub DAS 17	0.82	10.30	142.40
Sub DAS 18	0.76	12.90	131.40
Sub DAS 19	0.88	14.80	152.10
Sub DAS 20	0.60	11.60	108.00
Sub DAS 21	0.06	1.60	10.80
Sub DAS 22	0.16	2.50	27.20
Sungai 1	1.95	22.10	353.50
Sungai 2	2.76	30.60	489.70
Sungai 3	1.59	21.40	286.10
Sungai 4.1	1.02	10.90	180.80
Sungai 4.2	5.73	63.60	1023.60
Sungai 4.3	7.32	82.20	1309.30
Sungai 5.1	1.81	31.00	334.50
Sungai 5.2	1.81	9.40	312.70
Sungai 5.3	3.95	7.60	273.50

Lanjutan Tabel 4.19

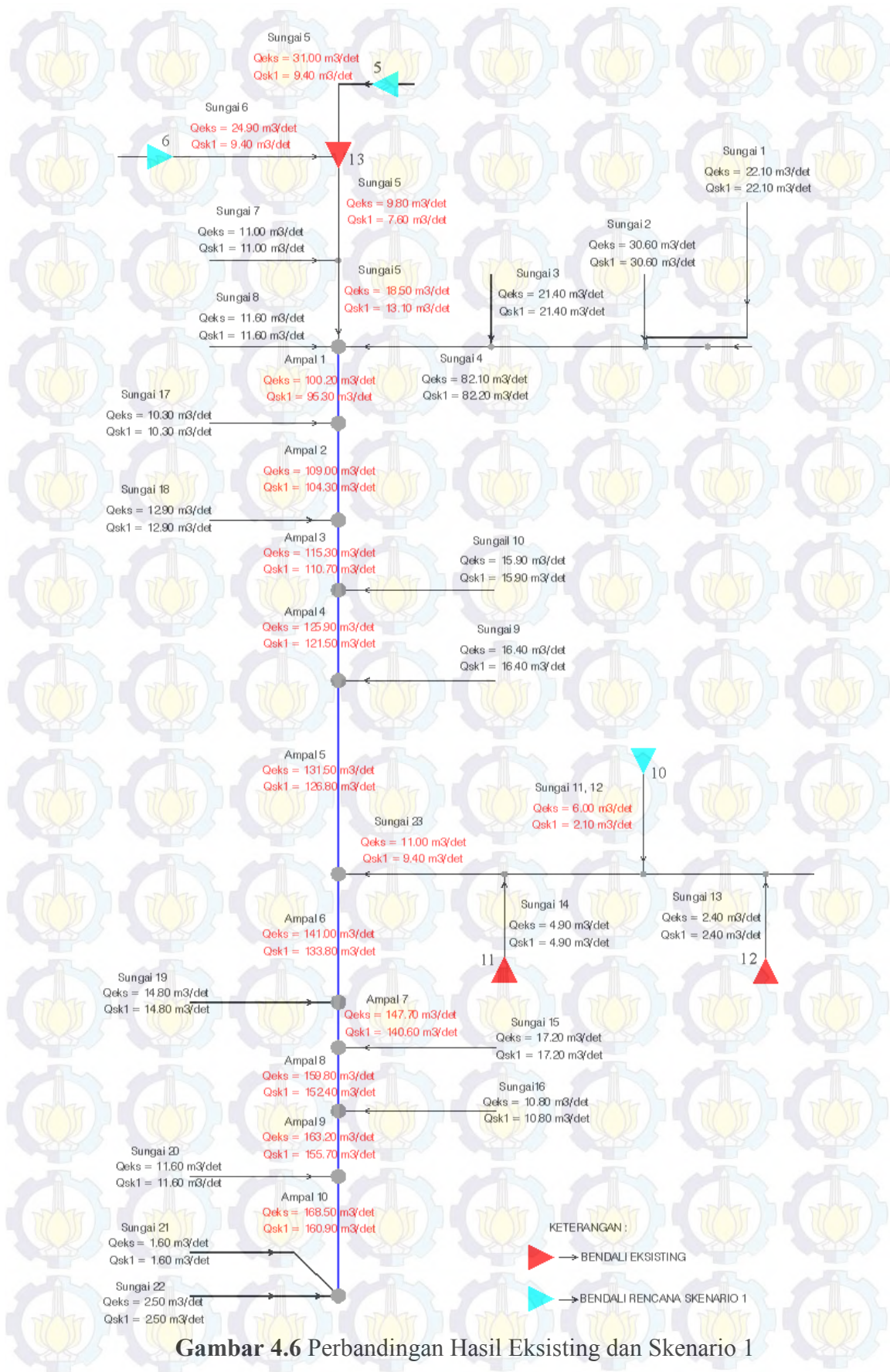
Nama	Area	Q	Volume
	km ²	m ³ /det	1000 m ³
Sungai 5.4	5.06	13.10	469.20
Sungai 6.1	2.14	24.90	390.70
Sungai 6.2	2.14	9.40	335.20
Sungai 7	1.11	11.00	199.50
Sungai 8	2.38	11.60	362.70
Sungai 9	2.59	16.40	437.30
Sungai 10	1.05	15.90	187.80
Sungai 11.1	0.25	6.00	44.00
Sungai 11.2	0.57	2.10	79.30
Sungai 12	0.32	2.10	56.60
Sungai 13.1	0.43	7.10	80.80
Sungai 13.2	0.43	2.40	75.00
Sungai 14.1	0.98	11.70	181.10
Sungai 14.2	0.98	4.90	163.90
Sungai 15	1.12	17.20	196.30
Sungai 16	0.48	10.80	86.70
Sungai 17	0.82	10.30	142.40
Sungai 18	0.76	12.90	131.30
Sungai 19	0.88	14.80	152.00
Sungai 20	0.60	11.60	108.00
Sungai 21	0.06	1.60	10.80
Sungai 22	0.16	2.50	27.10
Sungai 23.1	0.43	2.40	74.40
Sungai 23.2	1.00	4.60	153.00
Sungai 23.3	1.98	9.40	314.30
Ampal 1	14.76	95.30	2135.00
Ampal 2	15.58	104.30	2267.40
Ampal 3	16.34	110.70	2394.70
Ampal 4	17.39	121.50	2582.20
Ampal 5	19.98	126.80	3018.50
Ampal 6	21.96	133.80	3330.40
Ampal 7	22.84	141.10	3481.40
Ampal 8	23.96	152.40	3675.60
Ampal 9	24.44	155.70	3758.50
Ampal 10	25.04	160.90	3859.10
A	5.06	13.10	473.00
B	5.73	63.60	1024.00
C	7.32	82.20	1309.70
D	1.00	4.60	153.80
E	1.98	9.40	316.90

Lanjutan Tabel 4.19

Nama	Area	Q	Volume
	km ²	m ³ /det	1000 m ³
F	0.43	2.40	75.00
1	14.76	95.30	2141.10
2	15.58	104.30	2277.40
3	16.34	110.70	2398.80
4	17.39	121.50	2582.60
5	19.98	126.80	3019.50
6	21.96	133.80	3332.80
7	22.84	141.10	3482.40
8	23.96	152.40	3677.70
9	24.44	155.70	3762.30
10	25.04	160.90	3866.50
11	25.26	162.70	3897.10
Reservoir 5	1.81	9.40	315.50
Reservoir 6	2.14	9.40	336.90
Reservoir 10	0.57	2.10	79.40
Reservoir 11	0.98	4.90	164.30
Reservoir 12	0.43	2.40	75.10
Reservoir 13	3.95	7.60	276.40

Sumber : Perhitungan

Dari tabel 4.19 menunjukkan hasil analisa skenario 1 DAS Ampal dengan tidak memperhitungkan nilai *baseflow*. Dari hasil analisa, diketahui bahwa debit maksimum yang terjadi sungai ampal bagian hilir (junction 11) adalah sebesar 162.70 m³/det. Hal ini menunjukkan bahwa debit pada saat kondisi eksisting memiliki nilai yang lebih besar bila dibandingkan dengan debit skenario 1 (gambar 4.6).



Gambar 4.6 Perbandingan Hasil Eksisting dan Skenario 1

4.2.9.3. Hasil Pemodelan Skenario 2 DAS Ampal

Sesuai dengan penjabaran tersebut di atas, pemodelan skenario 2 adalah terbangunnya tiga bendali eksisting ditambah dengan enam bendali rencana (bendali 3, 4, 5, 6, 7, dan 10). Dengan terbangunnya sembilan bendali, maka diketahui debit dari masing-masing sub DAS dan sungai (tabel 4.20).

Tabel 4.20 Hasil *running* Skenario 2 DAS Ampal

Nama	Area	Q	Volume
	km ²	m ³ /det	1000 m ³
Sub DAS 1	1.95	22.10	353.90
Sub DAS 2	2.76	30.60	490.30
Sub DAS 3	1.59	21.40	286.30
Sub DAS 4	1.02	10.90	180.80
Sub DAS 5	1.81	31.00	334.90
Sub DAS 6	2.14	24.90	390.90
Sub DAS 7	1.11	11.00	199.70
Sub DAS 8	2.38	11.60	367.70
Sub DAS 9	2.59	16.40	441.90
Sub DAS 10	1.05	15.90	187.80
Sub DAS 11	0.25	6.00	44.10
Sub DAS 12	0.32	6.00	56.60
Sub DAS 13	0.43	7.10	80.80
Sub DAS 14	0.98	11.70	181.10
Sub DAS 15	1.12	17.20	196.40
Sub DAS 16	0.48	10.80	86.70
Sub DAS 17	0.82	10.30	142.40
Sub DAS 18	0.76	12.90	131.40
Sub DAS 19	0.88	14.80	152.10
Sub DAS 20	0.60	11.60	108.00
Sub DAS 21	0.06	1.60	10.80
Sub DAS 22	0.16	2.50	27.20
Sungai 1	1.95	22.10	353.50
Sungai 2	2.76	30.60	489.70
Sungai 3.1	1.59	21.40	286.30
Sungai 3.2	1.59	12.30	285.80
Sungai 3.3	1.59	5.50	206.00
Sungai 4.1	1.02	10.90	180.80
Sungai 4.2	5.73	63.50	1023.60
Sungai 4.3	7.32	65.50	1227.00
Sungai 5.1	1.81	31.00	334.50

Lanjutan Tabel 4.20

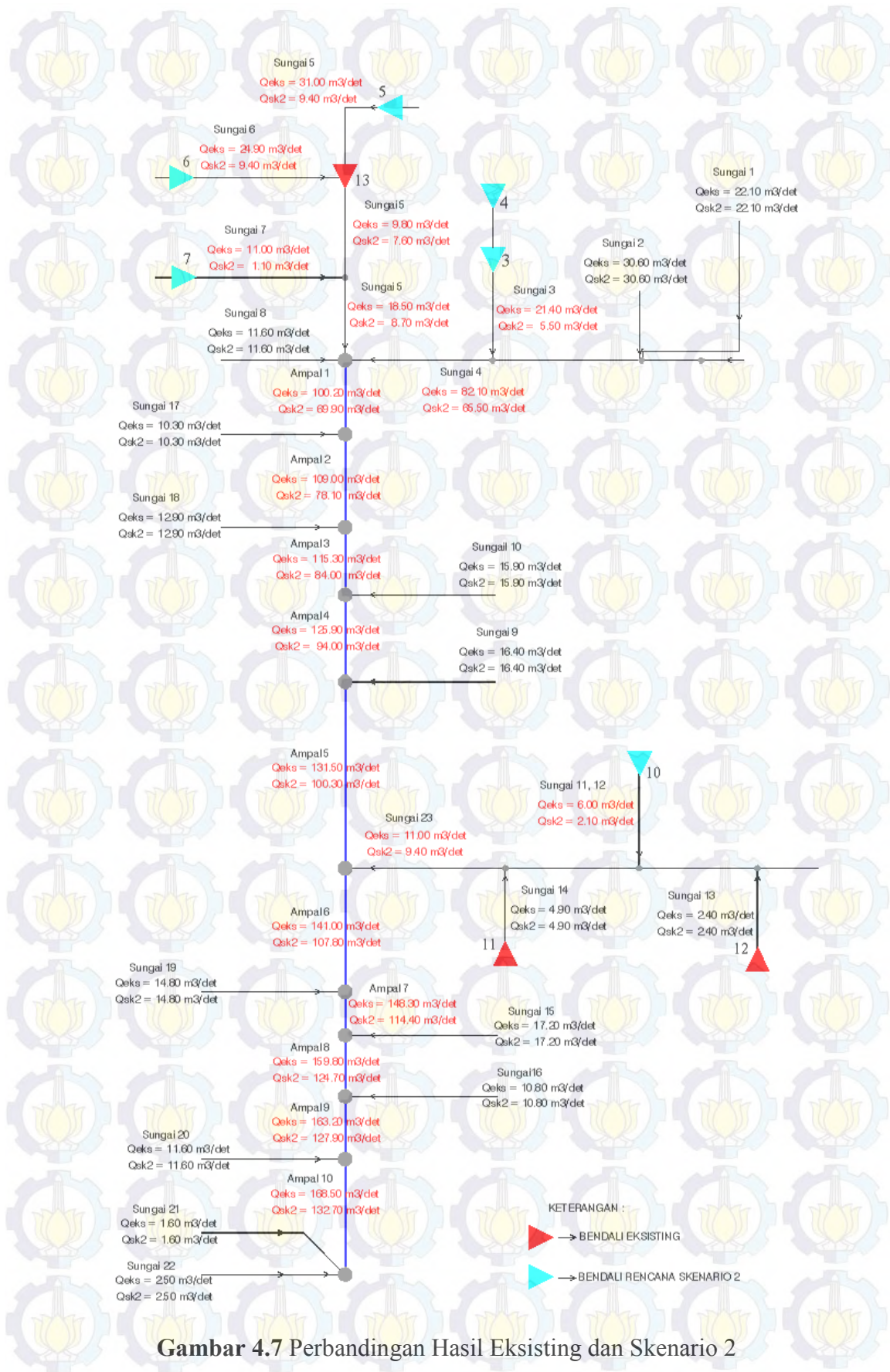
Nama	Area	Q	Volume
	km2	m3/det	1000 m3
Sungai 5.2	1.81	9.40	312.70
Sungai 5.3	3.95	7.60	273.50
Sungai 5.4	5.06	8.70	320.10
Sungai 6.1	2.14	24.90	390.70
Sungai 6.2	2.14	9.40	335.20
Sungai 7.1	1.11	11.00	199.60
Sungai 7.2	1.11	1.10	50.70
Sungai 8	2.38	11.60	362.70
Sungai 9	2.59	16.40	437.30
Sungai 10	1.05	15.90	187.80
Sungai 11.1	0.25	6.00	44.00
Sungai 11.2	0.57	2.10	79.30
Sungai 12	0.32	2.10	56.60
Sungai 13.1	0.43	7.10	80.80
Sungai 13.2	0.43	2.40	75.00
Sungai 14.1	0.98	11.70	181.10
Sungai 14.2	0.98	4.90	163.90
Sungai 15	1.12	17.20	196.30
Sungai 16	0.48	10.80	86.70
Sungai 17	0.82	10.30	142.40
Sungai 18	0.76	12.90	131.30
Sungai 19	0.88	14.80	152.00
Sungai 20	0.60	11.60	108.00
Sungai 21	0.06	1.60	10.80
Sungai 22	0.16	2.50	27.10
Sungai 23.1	0.43	2.40	74.40
Sungai 23.2	1.00	4.60	153.00
Sungai 23.3	1.98	9.40	314.30
Ampal 1	14.76	69.90	1902.40
Ampal 2	15.58	78.10	2033.00
Ampal 3	16.34	84.00	2159.40
Ampal 4	17.39	94.00	2346.80
Ampal 5	19.98	100.30	2782.90
Ampal 6	21.96	107.80	3094.40
Ampal 7	22.84	114.40	3245.20
Ampal 8	23.96	124.70	3439.10
Ampal 9	24.44	127.90	3521.30
Ampal 10	25.04	132.70	3620.80
A	5.06	8.70	324.20
B	5.73	63.50	1024.00

Lanjutan Tabel 4.20

Nama	Area	Q	Volume
	km ²	m ³ /det	1000 m ³
C	7.32	65.50	1229.60
D	1.00	4.60	153.80
E	1.98	9.40	316.90
F	0.43	2.40	75.00
1	14.76	69.90	1909.80
2	15.58	78.10	2044.80
3	16.34	84.00	2164.30
4	17.39	94.00	2347.20
5	19.98	100.30	2784.10
6	21.96	107.80	3097.20
7	22.84	114.40	3246.40
8	23.96	124.70	3441.50
9	24.44	127.90	3525.70
10	25.04	132.70	3629.30
11	25.26	134.50	3658.70
Reservoir 3	1.59	5.50	207.70
Reservoir 4	1.59	12.30	286.10
Reservoir 5	1.81	9.40	315.50
Reservoir 6	2.14	9.40	336.90
Reservoir 7	1.11	1.10	51.30
Reservoir 10	0.57	2.10	79.40
Reservoir 11	0.98	4.90	164.30
Reservoir 12	0.43	2.40	75.10
Reservoir 13	3.95	7.60	276.40

Sumber : Perhitungan

Dari tabel 4.20 menunjukkan hasil analisa skenario 2 DAS Ampal dengan tidak memperhitungkan nilai *baseflow*. Dari hasil analisa, diketahui bahwa debit maksimum yang terjadi sungai ampal bagian hilir (junction 11) adalah sebesar 134.50 m³/det. Hal ini menunjukkan bahwa debit pada saat kondisi eksisting memiliki nilai yang lebih besar bila dibandingkan dengan debit skenario 2 (gambar 4.7).



Gambar 4.7 Perbandingan Hasil Eksisting dan Skenario 2

4.2.9.4. Hasil Pemodelan Skenario 3 DAS Ampal

Sesuai dengan penjabaran tersebut di atas, pemodelan skenario 3 adalah terbangunnya tiga bendali eksisting ditambah dengan enam bendali rencana (bendali 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, dan 10). Dengan terbangunnya sembilan bendali, maka diketahui debit dari masing-masing sub DAS dan sungai (tabel 4.21).

Tabel 4.21 Hasil *running* Skenario 3 DAS Ampal

Nama	Area	Q	Volume
	km ²	m ³ /det	1000 m ³
Sub DAS 1	1.95	22.10	353.90
Sub DAS 2	2.76	30.60	490.30
Sub DAS 3	1.59	21.40	286.30
Sub DAS 4	1.02	10.90	180.80
Sub DAS 5	1.81	31.00	334.90
Sub DAS 6	2.14	24.90	390.90
Sub DAS 7	1.11	11.00	199.70
Sub DAS 8	2.38	11.60	367.70
Sub DAS 9	2.59	16.40	441.90
Sub DAS 10	1.05	15.90	187.80
Sub DAS 11	0.25	6.00	44.10
Sub DAS 12	0.32	5.60	56.60
Sub DAS 13	0.43	7.10	80.80
Sub DAS 14	0.98	11.70	181.10
Sub DAS 15	1.12	17.20	196.40
Sub DAS 16	0.48	10.80	86.70
Sub DAS 17	0.82	10.30	142.40
Sub DAS 18	0.76	12.90	131.40
Sub DAS 19	0.88	14.80	152.10
Sub DAS 20	0.60	11.60	108.00
Sub DAS 21	0.06	1.60	10.80
Sub DAS 22	0.16	2.50	27.20
Sungai 1.1	1.95	22.10	353.70
Sungai 1.2	1.95	4.60	182.10
Sungai 2.1	2.76	30.60	489.90
Sungai 2.2	2.76	5.00	199.70
Sungai 3.1	1.59	21.40	286.30
Sungai 3.2	1.59	12.30	285.80
Sungai 3.3	1.59	5.50	206.00
Sungai 4.1	1.02	10.90	180.80
Sungai 4.2	5.73	15.70	558.80

Lanjutan Tabel 4.21

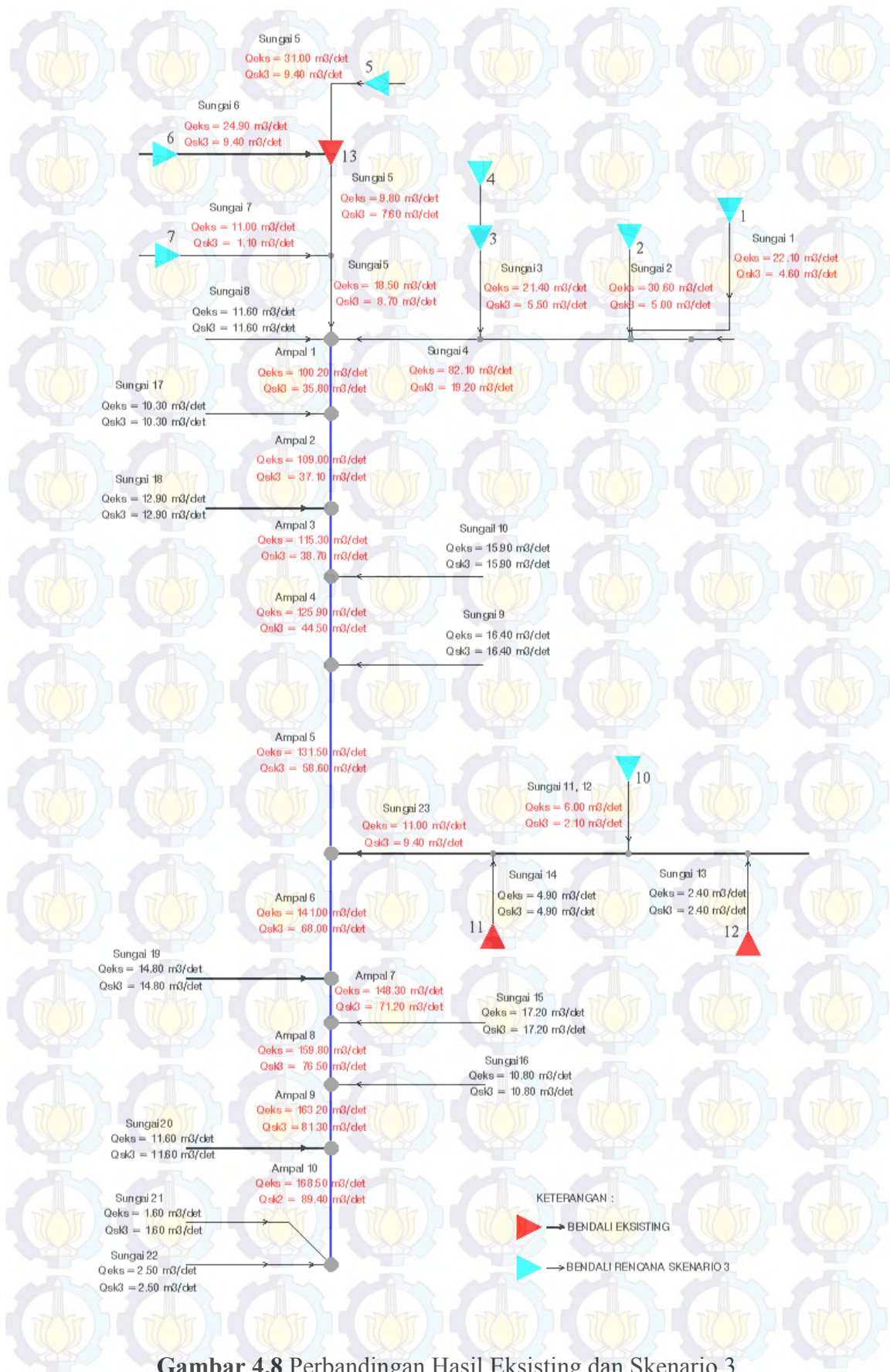
Nama	Area	Q	Volume
	km ²	m ³ /det	1000 m ³
Sungai 4.3	7.32	19.20	760.10
Sungai 5.1	1.81	31.00	334.50
Sungai 5.2	1.81	9.40	312.70
Sungai 5.3	3.95	7.60	273.50
Sungai 5.4	5.06	8.70	320.10
Sungai 6.1	2.14	24.90	390.70
Sungai 6.2	2.14	9.40	335.20
Sungai 7.1	1.11	11.00	199.60
Sungai 7.2	1.11	1.10	50.70
Sungai 8	2.38	11.60	362.70
Sungai 9	2.59	16.40	437.30
Sungai 10	1.05	15.90	187.80
Sungai 11.1	0.25	6.00	44.00
Sungai 11.2	0.57	2.10	79.30
Sungai 12	0.32	2.10	56.60
Sungai 13.1	0.43	7.10	80.80
Sungai 13.2	0.43	2.40	75.00
Sungai 14.1	0.98	11.70	181.10
Sungai 14.2	0.98	4.90	163.90
Sungai 15	1.12	17.20	196.30
Sungai 16	0.48	10.80	86.70
Sungai 17	0.82	10.30	142.40
Sungai 18	0.76	12.90	131.30
Sungai 19	0.88	14.80	152.00
Sungai 20	0.60	11.60	108.00
Sungai 21	0.06	1.60	10.80
Sungai 22	0.16	2.50	27.10
Sungai 23.1	0.43	2.40	74.40
Sungai 23.2	1.00	4.60	153.00
Sungai 23.3	1.98	9.40	314.30
Ampal 1	14.76	35.80	1433.50
Ampal 2	15.58	37.10	1561.10
Ampal 3	16.34	38.70	1686.20
Ampal 4	17.39	44.50	1873.50
Ampal 5	19.98	58.60	2309.30
Ampal 6	21.96	68.00	2620.20
Ampal 7	22.84	71.20	2770.80
Ampal 8	23.96	76.50	2964.10
Ampal 9	24.44	81.30	3045.50
Ampal 10	25.04	89.40	3143.30

Lanjutan Tabel 4.21

Nama	Area	Q	Volume
	km ²	m ³ /det	1000 m ³
A	5.06	8.70	324.20
B	5.73	15.70	562.60
C	7.32	19.20	764.90
D	1.00	4.60	153.80
E	1.98	9.40	316.90
F	0.43	2.40	75.00
1	14.76	35.80	1442.90
2	15.58	37.10	1575.90
3	16.34	38.70	1692.40
4	17.39	44.50	1874.00
5	19.98	58.60	2310.80
6	21.96	68.00	2623.60
7	22.84	71.20	2772.20
8	23.96	76.50	2967.10
9	24.44	81.30	3050.80
10	25.04	89.40	3153.50
11	25.26	92.20	3181.20
Reservoir 1	1.95	4.60	183.80
Reservoir 2	2.76	5.00	202.80
Reservoir 3	1.59	5.50	207.70
Reservoir 4	1.59	12.30	286.10
Reservoir 5	1.81	9.40	315.50
Reservoir 6	2.14	9.40	336.90
Reservoir 7	1.11	1.10	51.30
Reservoir 10	0.57	2.10	79.40
Reservoir 11	0.98	4.90	164.30
Reservoir 12	0.43	2.40	75.10
Reservoir 13	3.95	7.60	276.40

Sumber : Perhitungan

Dari tabel 4.21 menunjukkan hasil analisa skenario 3 DAS Ampal dengan tidak memperhitungkan nilai *baseflow*. Dari hasil analisa, diketahui bahwa debit maksimum yang terjadi sungai ampal bagian hilir (junction 11) adalah sebesar 92.20 m³/det. Hal ini menunjukkan bahwa debit pada saat kondisi eksisting memiliki nilai yang lebih besar bila dibandingkan dengan debit skenario 3 (gambar 4.8).



Gambar 4.8 Perbandingan Hasil Eksisting dan Skenario 3

4.2.9.5. Hasil Pemodelan Skenario 4 DAS Ampal

Sesuai dengan penjabaran tersebut di atas, pemodelan skenario 4 adalah terbangunnya seluruh bendali di kawasan DAS Ampal, baik eksisting maupun rencana yang seluruhnya berjumlah tiga belas bendali. Dengan terbangunnya bendali tersebut, maka diketahui debit dari masing-masing sub DAS dan sungai (tabel 4.22).

Tabel 4.22 Hasil *running* Skenario 4 DAS Ampal

Nama	Area	Q	Volume
	km ²	m ³ /det	1000 m ³
Sub DAS 1	1.95	22.10	353.90
Sub DAS 2	2.76	30.60	490.30
Sub DAS 3	1.59	21.40	286.30
Sub DAS 4	1.02	10.90	180.80
Sub DAS 5	1.81	31.00	334.90
Sub DAS 6	2.14	24.90	390.90
Sub DAS 7	1.11	11.00	199.70
Sub DAS 8	2.38	11.60	419.00
Sub DAS 9	2.59	16.40	457.50
Sub DAS 10	1.05	15.90	187.80
Sub DAS 11	0.25	6.00	44.10
Sub DAS 12	0.32	5.60	56.60
Sub DAS 13	0.43	7.10	80.80
Sub DAS 14	0.98	11.70	181.10
Sub DAS 15	1.12	17.20	196.40
Sub DAS 16	0.48	10.80	86.70
Sub DAS 17	0.82	10.30	142.40
Sub DAS 18	0.76	12.90	131.40
Sub DAS 19	0.88	14.80	152.10
Sub DAS 20	0.60	11.60	108.00
Sub DAS 21	0.06	1.60	10.80
Sub DAS 22	0.16	2.50	27.20
Sungai 1.1	1.95	22.10	353.70
Sungai 1.2	1.95	4.60	323.00
Sungai 2.1	2.76	30.60	490.10
Sungai 2.2	2.76	5.00	398.60
Sungai 3.1	1.59	21.40	286.30
Sungai 3.2	1.59	12.30	286.30
Sungai 3.3	1.59	5.50	285.10
Sungai 4.1	1.02	10.90	180.80
Sungai 4.2	5.73	15.70	900.70

Lanjutan Tabel 4.22

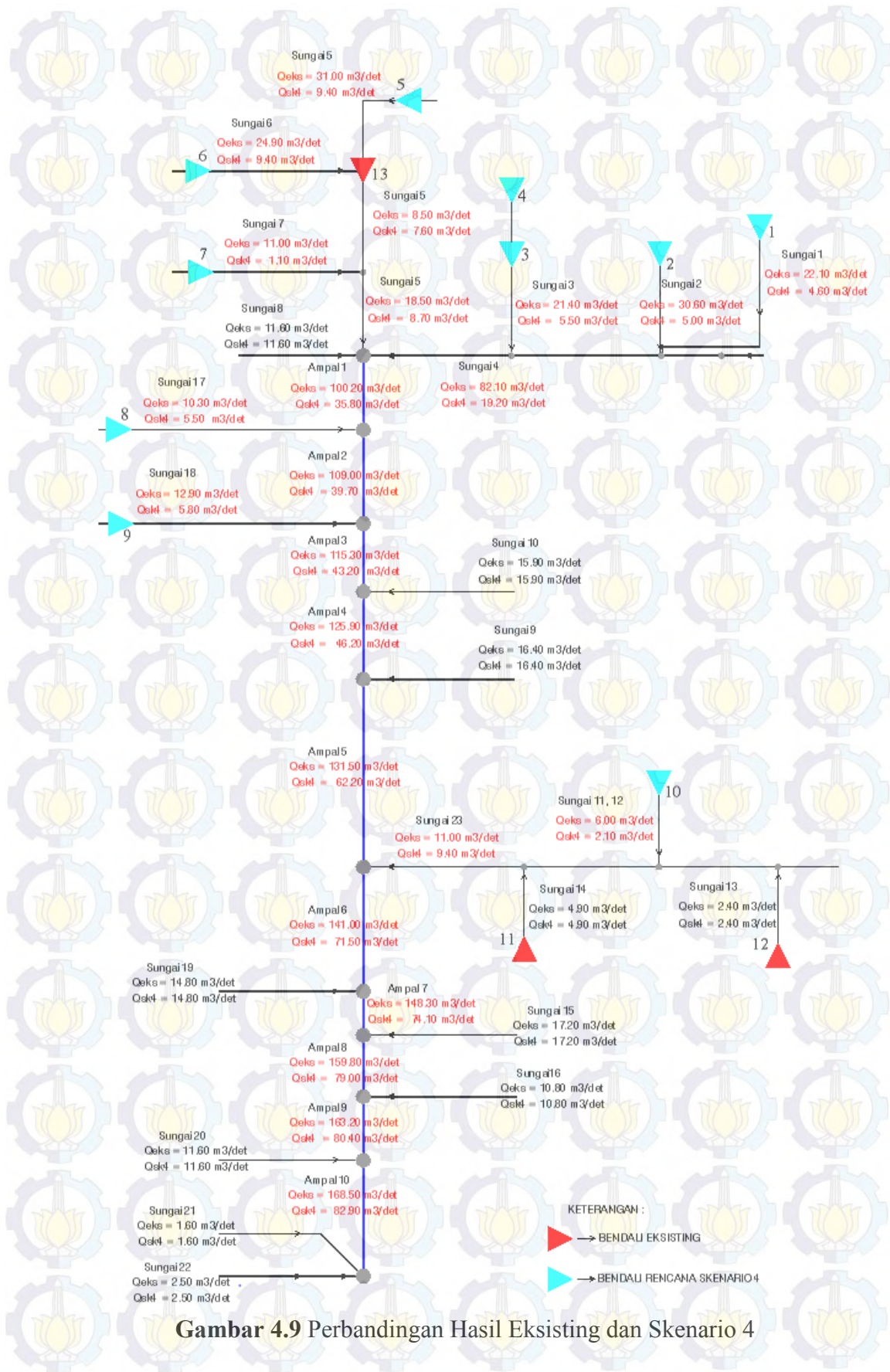
Nama	Area	Q	Volume
	km2	m3/det	1000 m3
Sungai 4.3	7.32	19.20	1184.10
Sungai 5.1	1.81	31.00	334.50
Sungai 5.2	1.81	9.40	334.40
Sungai 5.3	3.95	7.60	658.70
Sungai 5.4	5.06	8.70	788.80
Sungai 6.1	2.14	24.90	390.70
Sungai 6.2	2.14	9.40	390.50
Sungai 7.1	1.11	11.00	199.70
Sungai 7.2	1.11	1.10	132.10
Sungai 8	2.38	11.60	418.90
Sungai 9	2.59	16.40	457.30
Sungai 10	1.05	15.90	187.80
Sungai 11.1	0.25	6.00	44.00
Sungai 11.2	0.57	2.10	99.50
Sungai 12	0.32	2.10	56.60
Sungai 13.1	0.43	7.10	80.80
Sungai 13.2	0.43	2.40	80.80
Sungai 14.1	0.98	11.70	181.10
Sungai 14.2	0.98	4.90	181.10
Sungai 15	1.12	17.20	196.30
Sungai 16	0.48	10.80	86.70
Sungai 17.1	0.82	10.30	142.40
Sungai 17.2	0.82	5.50	142.40
Sungai 18.1	0.76	12.90	131.40
Sungai 18.2	0.76	5.80	131.40
Sungai 19	0.88	14.80	152.00
Sungai 20	0.60	11.60	108.00
Sungai 21	0.06	1.60	10.80
Sungai 22	0.16	2.50	27.10
Sungai 23.1	0.43	2.40	80.70
Sungai 23.2	1.00	4.60	180.10
Sungai 23.3	1.98	9.40	360.90
Ampal 1	14.76	35.80	2388.40
Ampal 2	15.58	39.70	2525.10
Ampal 3	16.34	43.20	2654.20
Ampal 4	17.39	46.20	2841.80
Ampal 5	19.98	62.20	3298.60
Ampal 6	21.96	71.50	3658.40
Ampal 7	22.84	74.10	3809.90
Ampal 8	23.96	79.00	4005.20

Lanjutan Tabel 4.22

Nama	Area	Q	Volume
	km ²	m ³ /det	1000 m ³
Ampal 9	24.44	80.40	4090.00
Ampal 10	25.04	82.90	4194.40
A	5.06	8.70	790.80
B	5.73	15.70	902.40
C	7.32	19.20	1185.80
D	1.00	4.60	180.20
E	1.98	9.40	361.20
F	0.43	2.40	80.80
1	14.76	35.80	2391.80
2	15.58	39.70	2530.80
3	16.34	43.20	2656.50
4	17.39	46.20	2842.00
5	19.98	62.20	3299.20
6	21.96	71.50	3659.50
7	22.84	74.10	3810.40
8	23.96	79.00	4006.20
9	24.44	80.40	4091.80
10	25.04	82.90	4198.00
11	25.26	83.80	4232.30
Reservoir 1	1.95	4.60	323.70
Reservoir 2	2.76	5.00	400.10
Reservoir 3	1.59	5.50	285.30
Reservoir 4	1.59	12.30	286.30
Reservoir 5	1.81	9.40	334.50
Reservoir 6	2.14	9.40	390.60
Reservoir 7	1.11	1.10	132.70
Reservoir 8	0.82	5.50	142.40
Reservoir 9	0.76	5.80	131.40
Reservoir 10	0.57	2.10	99.50
Reservoir 11	0.98	4.90	181.10
Reservoir 12	0.43	2.40	80.80
Reservoir 13	3.95	7.60	659.90

Sumber : Perhitungan

Dari tabel 4.22 menunjukkan hasil analisa skenario 4 DAS Ampal dengan tidak memperhitungkan nilai *baseflow*. Dari hasil analisa, diketahui bahwa debit maksimum yang terjadi sungai ampal bagian hilir (junction 11) adalah sebesar 83.80 m³/det (gambar 4.9).



Gambar 4.9 Perbandingan Hasil Eksisting dan Skenario 4

4.2.9.6. Kesimpulan Hasil Pemodelan Tiap-Tiap Skenario

Dari analisa masing-masing skenario tersebut di atas, dapat diketahui besar penurunan debit puncak banjir yang terjadi. Setelah diketahui besar penurunan debit yang terjadi, maka akan diketahui jumlah dan letak bendali-bendali yang memiliki peran fungsi dalam mengurangi debit puncak banjir yang terjadi di DAS Ampal. Pembangunan bendali dilakukan berdasarkan skala prioritas lokasi genangan yang terjadi di DAS. Besar penurunan masing-masing skenario disajikan dalam tabel 4.23 dan gambar 4.10 berikut.

Tabel 4.23 Besar Penurunan Debit Masing-Masing Skenario

Nama	Q Eksisting	Q Skenario 1	ΔQ	Q Skenario 2	ΔQ	Q Skenario 3	ΔQ	Q Skenario 4	ΔQ
	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det
Sungai 1	22.10	22.10	0.00	22.10	0.00	4.60	17.50	4.60	17.50
Sungai 2	30.60	30.60	0.00	30.60	0.00	5.00	25.60	5.00	25.60
Sungai 3	21.40	21.40	0.00	5.50	15.90	5.50	15.90	5.50	15.90
Sungai 4	82.10	82.20	0.00	65.50	16.60	19.20	62.90	19.20	62.90
Sungai 5	18.50	13.10	5.40	8.70	9.80	8.70	9.80	8.70	9.80
Sungai 6	24.90	9.40	15.50	9.40	15.50	9.40	15.50	9.40	15.50
Sungai 7	11.00	11.00	0.00	1.10	9.90	1.10	9.90	1.10	9.90
Sungai 8	11.60	11.60	0.00	11.60	0.00	11.60	0.00	11.60	0.00
Sungai 9	16.40	16.40	0.00	16.40	0.00	16.40	0.00	16.40	0.00
Sungai 10	15.90	15.90	0.00	15.90	0.00	15.90	0.00	15.90	0.00
Sungai 11	6.00	2.10	3.90	2.10	3.90	2.10	3.90	2.10	3.90
Sungai 12	6.00	2.10	3.90	2.10	3.90	2.10	3.90	2.10	3.90
Sungai 13	2.40	2.40	0.00	2.40	0.00	2.40	0.00	2.40	0.00
Sungai 14	4.90	4.90	0.00	4.90	0.00	4.90	0.00	4.90	0.00
Sungai 15	17.20	17.20	0.00	17.20	0.00	17.20	0.00	17.20	0.00
Sungai 16	10.80	10.80	0.00	10.80	0.00	10.80	0.00	10.80	0.00
Sungai 17	10.30	10.30	0.00	10.30	0.00	10.30	0.00	5.50	4.80
Sungai 18	12.90	12.90	0.00	12.90	0.00	12.90	0.00	5.80	7.10
Sungai 19	14.80	14.80	0.00	14.80	0.00	14.80	0.00	14.80	0.00
Sungai 20	11.60	11.60	0.00	11.60	0.00	11.60	0.00	11.60	0.00
Sungai 21	1.60	1.60	0.00	1.60	0.00	1.60	0.00	1.60	0.00
Sungai 22	2.50	2.50	0.00	2.50	0.00	2.50	0.00	2.50	0.00

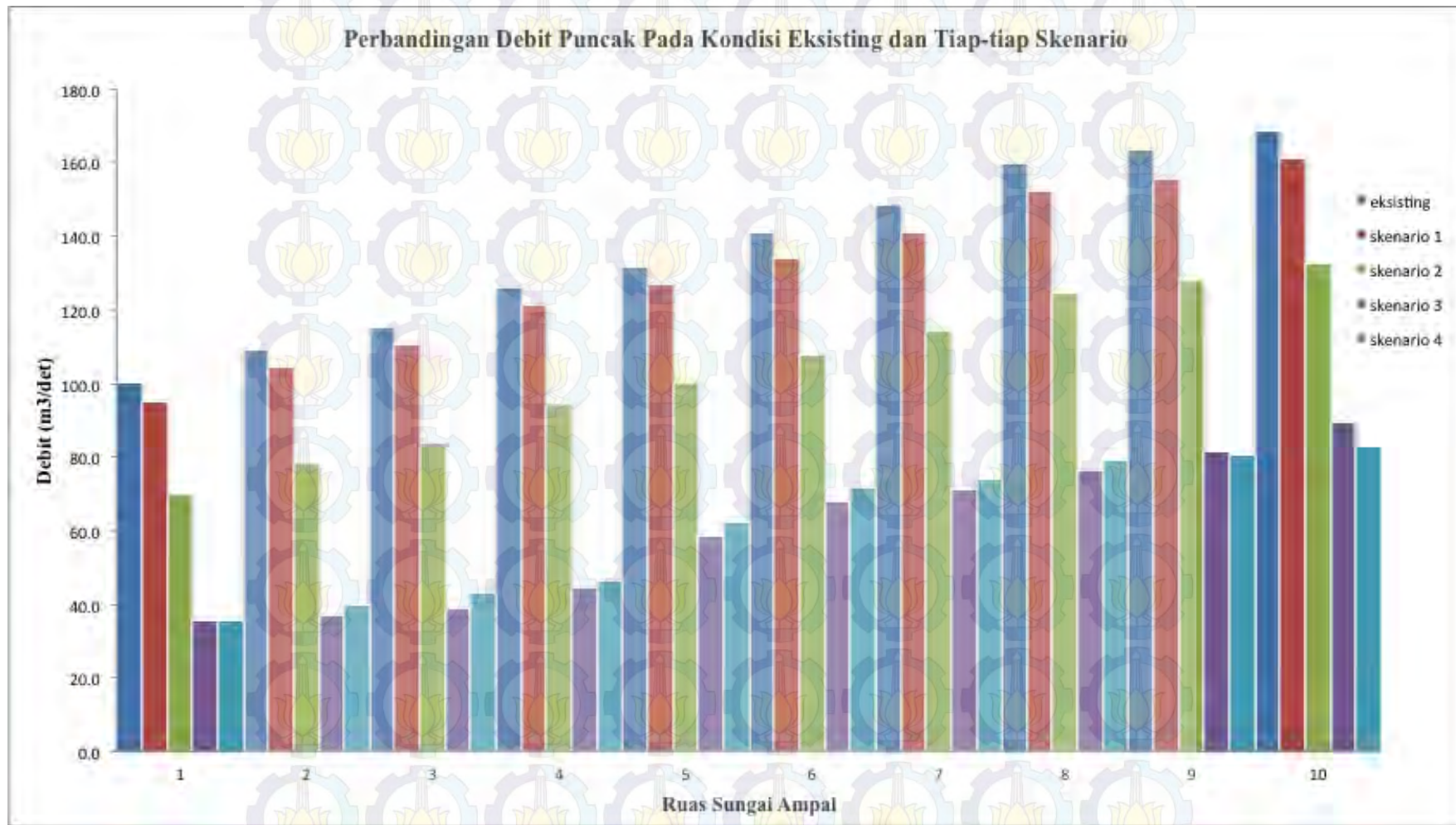
Lanjutan Tabel 4.23

Nama	Q Eksisting	Q Skenario 1	ΔQ	Q Skenario 2	ΔQ	Q Skenario 3	ΔQ	Q Skenario 4	ΔQ
	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det
Sungai 23	11.00	9.40	1.60	9.40	1.60	9.40	1.60	9.40	1.60
Ampal 1	100.20	95.30	4.90	69.90	30.30	35.80	64.40	35.80	64.40
Ampal 2	109.00	104.30	4.70	78.10	30.90	37.10	71.90	39.70	69.30
Ampal 3	115.30	110.70	4.60	84.00	31.30	38.70	76.60	43.20	72.10
Ampal 4	125.90	121.50	4.40	94.00	31.90	44.50	81.40	46.20	79.70
Ampal 5	131.50	126.80	4.70	100.30	31.20	58.60	72.90	62.20	69.30
Ampal 6	141.00	133.80	7.20	107.80	33.20	68.00	73.00	71.50	69.50
Ampal 7	148.30	141.10	7.20	114.40	33.90	71.20	77.10	74.10	74.20
Ampal 8	159.80	152.40	7.40	124.70	35.10	76.50	83.30	79.00	80.80
Ampal 9	163.20	155.70	7.50	127.90	35.30	81.30	81.90	80.40	82.80
Ampal 10	168.50	160.90	7.60	132.70	35.80	89.40	79.10	82.90	85.60

Keterangan tabel:

ΔQ = Selisih debit eksisting masing-masing skenario

Sumber : Perhitungan



Gambar 4.10 Grafik Penurunan Debit Puncak Pada Kondisi Eksisting dan Tiap-tiap Skenario

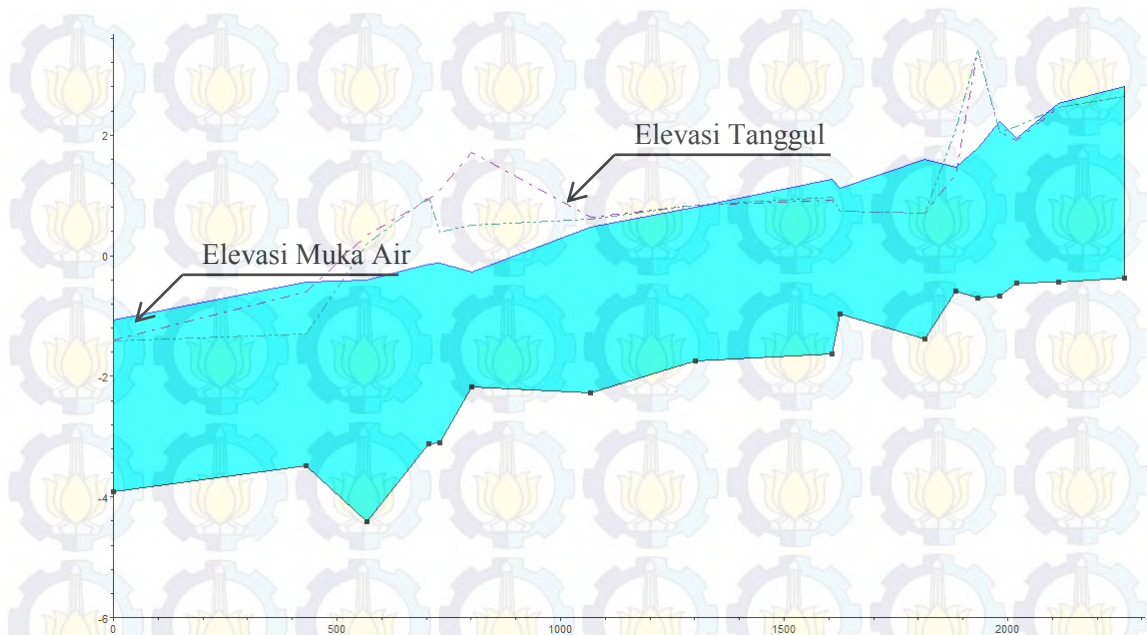
4.3. Analisa Hidrolika

Dalam studi ini, analisa hidrolika penampang sungai utama atau sungai Ampal menggunakan bantuan program HEC-RAS. Dengan analisa ini, dapat diketahui elevasi muka air banjir pada penampang sungai. Data penampang sungai yang digunakan dalam analisa HEC-RAS ini adalah data penampang sungai Ampal pada tahun 2006. Dengan adanya keterbatasan data penampang sungai, maka dalam analisa hidrolika ini hanya digunakan penampang melintang dari bagian tengah sungai Ampal sampai dengan hilir.

Dalam studi ini digunakan analisa aliran tidak tetap (*unsteady flow*) karena kedalaman aliran berubah sepanjang waktu tertentu. Debit yang digunakan dalam analisa HEC-RAS adalah debit dengan periode ulang 10 tahun. Debit ini diperoleh dari analisa hidrologi dengan menggunakan program HEC-HMS.

4.3.1. Analisa Hidrolika Eksisting DAS Ampal

Dari analisa hidrolika eksisting sungai ampal dapat diketahui elevasi muka air banjir pada penampang sungai. Debit banjir yang digunakan pada analisa ini adalah debit banjir rencana dengan periode ulang 10 tahun. Dengan menggunakan debit banjir rencana 10 tahunan (Q_{10}), dilakukan pemodelan pada saat kondisi eksisting. Kondisi eksisting DAS Ampal ini telah dilengkapi dengan 3 bangunan pengendali banjir. Hasil running dari program HEC-RAS pada kondisi eksisting dapat dilihat pada gambar 4.11 berikut.

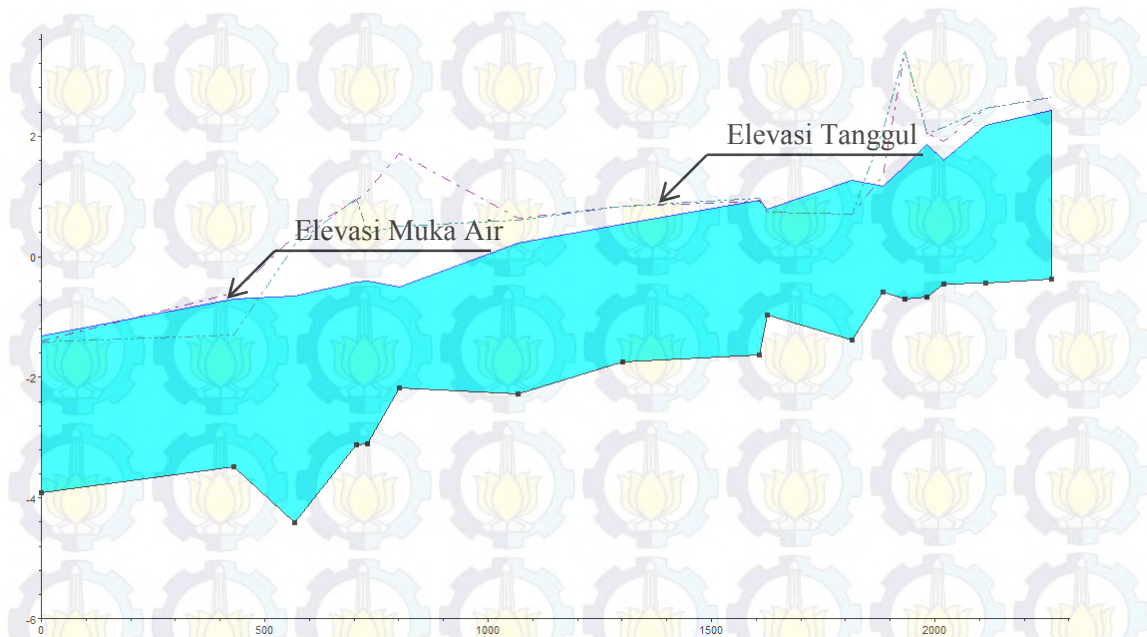


Gambar 4.11 Penampang Memanjang Sungai Ampal Kondisi Eksisting

Dari hasil analisa hidrolika diketahui bahwa sungai Ampal belum terbebas dari banjir. Hal ini ditunjukkan dengan elevasi muka air yang lebih tinggi dibandingkan dengan elevasi tanggul. Dengan adanya kondisi tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa 3 bangunan pengendali banjir belum mampu mengatasi banjir yang terjadi.

4.3.2. Analisa Hidrolika Skenario 1 DAS Ampal

Dari analisa hidrolika skenario 1 sungai ampal dapat diketahui elevasi muka air banjir pada penampang sungai. Debit banjir yang digunakan pada analisa ini adalah debit banjir rencana dengan periode ulang 10 tahun. Dengan menggunakan debit banjir rencana 10 tahunan (Q_{10}), dilakukan pemodelan skenario 1. Skenario 1 DAS Ampal telah dilengkapi dengan 3 bendali rencana ditambah dengan 3 bendali eksisting (terbangun). Hasil running dari program HEC-RAS pada skenario 1 dapat dilihat pada gambar 4.12 berikut.

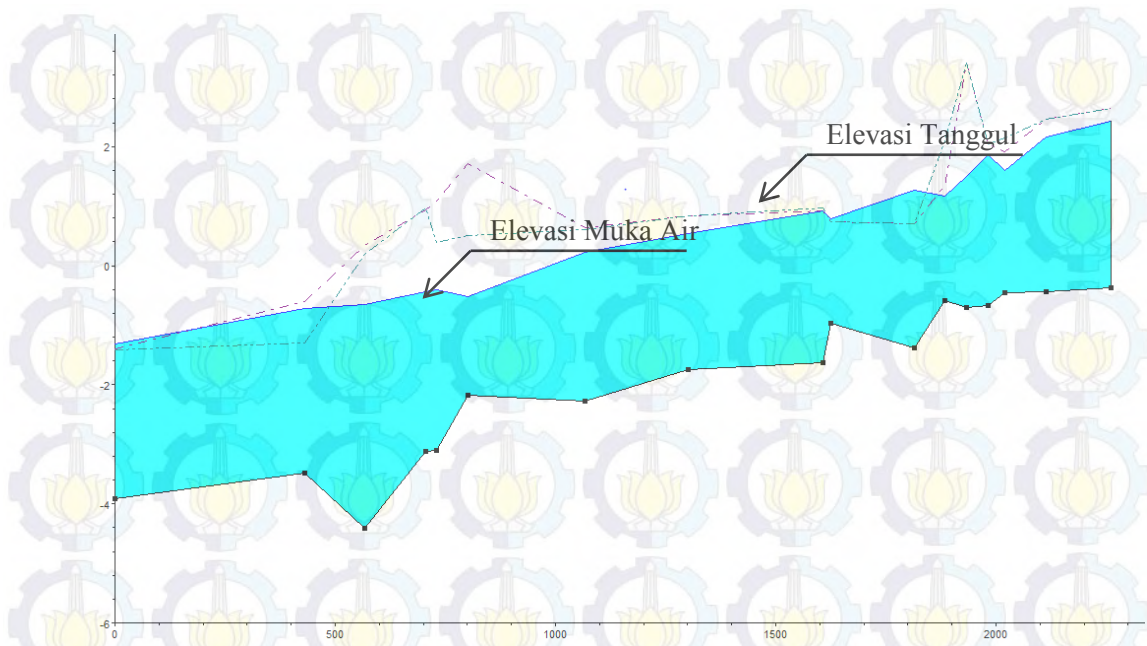


Gambar 4.12 Penampang Memanjang Sungai Ampal Skenario 1

Dari hasil analisa hidrolika sungai Ampal saat skenario 1 diterapkan, diketahui bahwa sungai Ampal masih belum terbebas dari banjir. Hal ini ditunjukkan dengan elevasi muka air yang lebih tinggi dibandingkan dengan elevasi tanggul. Dengan adanya kondisi tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa 6 bangunan pengendali banjir belum mampu mengatasi banjir tetapi sudah mampu menurunkan tinggi banjir yang terjadi.

4.3.3. Analisa Hidrolika Skenario 2 DAS Ampal

Dari analisa hidrolika skenario 2 sungai ampal dapat diketahui elevasi muka air banjir pada penampang sungai. Debit banjir yang digunakan pada analisa ini adalah debit banjir dengan periode ulang 10 tahun. Dengan menggunakan debit banjir rencana 10 tahunan (Q_{10}), dilakukan pemodelan skenario 2. Skenario 2 DAS Ampal telah dilengkapi dengan 6 bendali rencana ditambah dengan 3 bendali eksisting (terbangun). Hasil running dari program HEC-RAS pada skenario 2 dapat dilihat pada gambar 4.13 berikut.

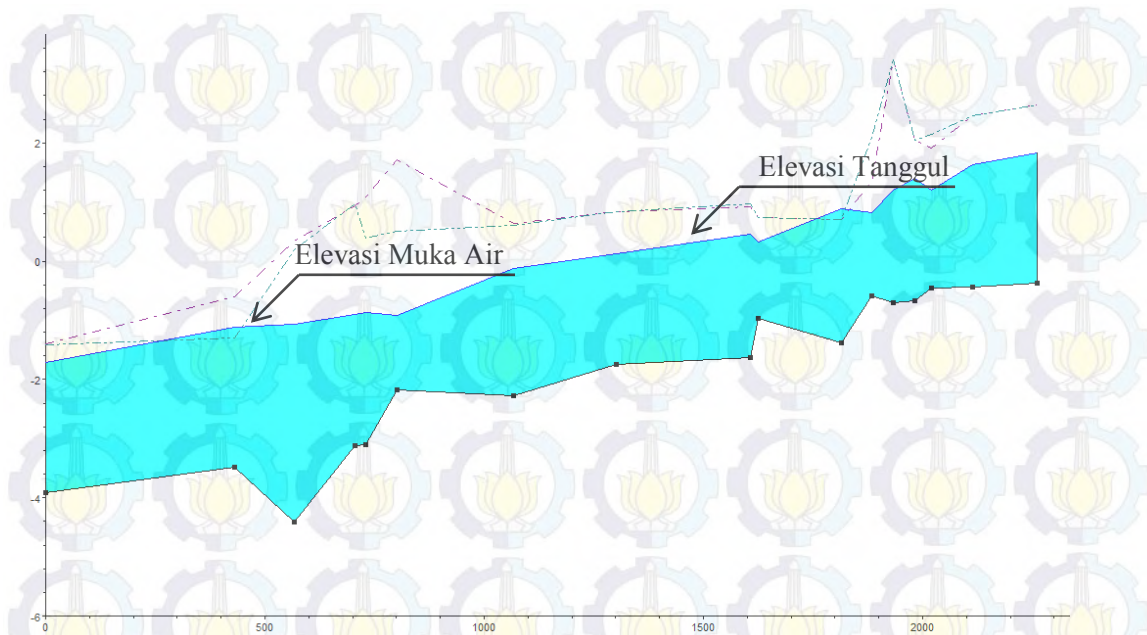


Gambar 4.13 Penampang Memanjang Sungai Ampal Skenario 2

Pada gambar 4.13, dapat diketahui bahwa hasil analisa hidrolika pada skenario 2 tidak memiliki perbedaan yang signifikan bila dibandingkan dengan skenario 1. Hal ini dibuktikan dengan elevasi muka air yang tidak jauh berbeda antara skenario 1 dan 2. Dengan adanya kondisi tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa 9 bangunan pengendali banjir belum mampu mengatasi banjir tetapi sudah mampu menurunkan tinggi banjir yang terjadi.

4.3.4. Analisa Hidrolika Skenario 3 DAS Ampal

Dari analisa hidrolika skenario 3 sungai ampal dapat diketahui elevasi muka air banjir pada penampang sungai. Debit banjir yang digunakan pada analisa ini adalah debit banjir dengan periode ulang 10 tahun. Dengan menggunakan debit banjir rencana 10 tahunan (Q_{10}), dilakukan pemodelan skenario 3. Skenario 3 DAS Ampal telah dilengkapi dengan 8 bendali rencana dan 3 bendali eksisting (terbangun). Hasil running dari program HEC-RAS pada skenario 3 dapat dilihat pada gambar 4.14 berikut.

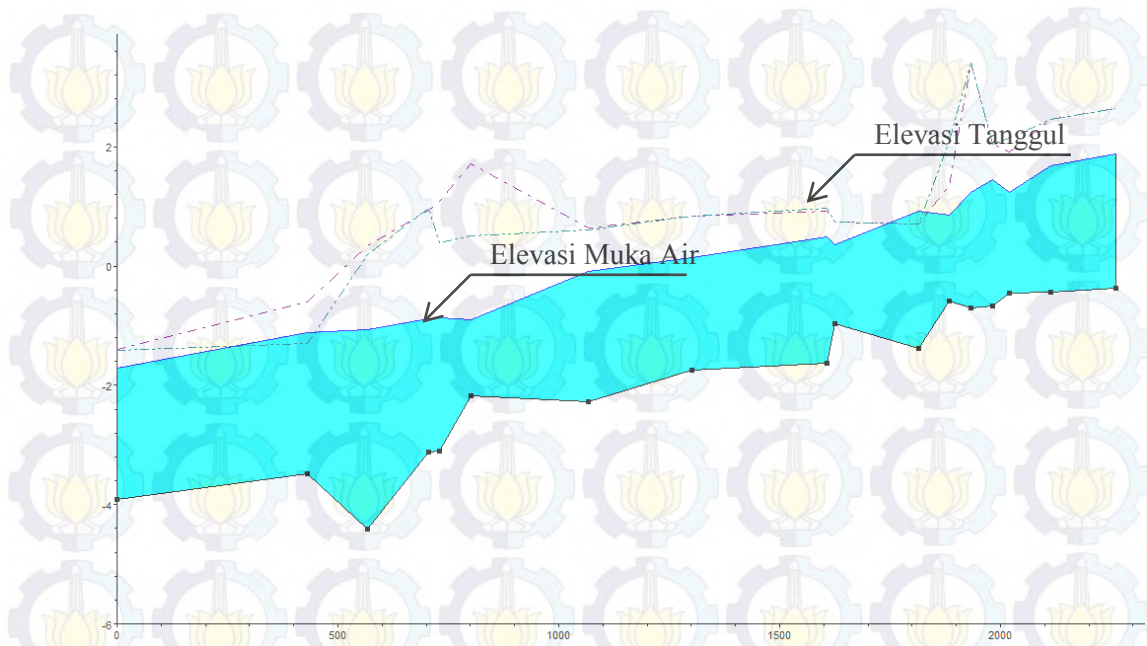


Gambar 4.14 Penampang Memanjang Sungai Ampal Skenario 3

Dari gambar 4.14 dapat diketahui hasil analisa hidrolika sungai Ampal saat skenario 3 diterapkan. Pada kondisi ini diketahui bahwa beberapa titik di ruas sungai Ampal sudah terbebas dari banjir. Hal ini ditunjukkan dengan elevasi muka air yang lebih rendah dibandingkan dengan elevasi tanggul. Dengan demikian, maka dapat disimpulkan bahwa dengan terbangunnya 11 bendali di DAS Ampal mampu menurunkan elevasi muka air hampir di seluruh ruas sungai utama.

4.3.5. Analisa Hidrolika Skenario 4 DAS Ampal

Dari analisa hidrolika skenario 4 sungai ampal dapat diketahui elevasi muka air banjir pada penampang sungai. Debit banjir yang digunakan pada analisa ini adalah debit banjir dengan periode ulang 10 tahun. Dengan menggunakan debit banjir rencana 10 tahunan (Q_{10}), dilakukan pemodelan skenario 4. Skenario 4 DAS Ampal telah dilengkapi dengan 10 bendali rencana ditambah dengan 3 bendali eksisting (terbangun). Hasil running dari program HEC-RAS pada skenario 4 dapat dilihat pada gambar 4.15 berikut.



Gambar 4.15 Penampang Memanjang Sungai Ampal Skenario 4

Pada gambar 4.15, dapat diketahui bahwa hasil analisa hidrolika pada skenario 4 tidak memiliki perbedaan yang signifikan bila dibandingkan dengan skenario 3. Hal ini dibuktikan dengan elevasi muka air yang tidak jauh berbeda antara skenario 3 dan 4. Dengan demikian, maka dapat disimpulkan bahwa dengan terbangunnya 13 bendali di DAS Ampal mampu menurunkan elevasi muka air hampir di seluruh ruas sungai utama.

4.3.6. Kesimpulan Analisa Hidrolika

Dari analisa hidrolika tersebut di atas, telah diketahui elevasi muka air pada penampang sungai Ampal pada kondisi eksisting dan tiap-tipa skenario. Perbandingan hasil analisa hidrolika pada kondisi eksisting dan masing-masing skenario disajikan pada tabel 4.24 sebagai berikut.

Tabel 4.24 Perbandingan Hasil Analisa Hidrolika Kondisi Eksisting dan Tiap-tiap Skenario

Cross Section	Tinggi Tanggul	El. Muka Air Eksisting	Ket	El. Muka Air Skenario 1	Ket	El. Muka Air Skenario 2	Ket	El. Muka Air Skenario 3	Ket	El. Muka Air Skenario 4	Ket
	(cm)	(cm)		(cm)		(cm)		(cm)		(cm)	
16	2.63	2.81	banjir	2.42		2.42		1.83		1.89	
15	2.46	2.52	banjir	2.17		2.17		1.64		1.69	
14	1.91	1.94		1.59		1.59		1.20		1.24	
13	2.04	2.23	banjir	1.87		1.87		1.40		1.44	
12	3.40	1.78		1.50		1.50		1.21		1.24	
11	1.35	1.46	banjir	1.18		1.17		0.84		0.85	
10	0.71	1.60	banjir	1.29	banjir	1.27	banjir	0.89	banjir	0.92	banjir
9	0.74	1.12	banjir	0.81	banjir	0.79	banjir	0.32		0.36	
8	0.97	1.26	banjir	0.96		0.93		0.46		0.50	
7	0.83	0.81		0.54		0.53		0.11		0.15	
6	0.64	0.48		0.24		0.23		-0.13		-0.10	
5	0.50	-0.27		-0.43		-0.52		-0.92		-0.91	
4	0.39	-0.12		-0.41		-0.44		-0.89		-0.87	
3	0.94	-0.14		-0.44		-0.44		-0.84		-0.89	
2	0.34	-0.40		-0.62		-0.66		-1.04		-1.07	
1	-1.30	-0.44	banjir	-0.70	banjir	-0.71	banjir	-1.13	banjir	-1.12	banjir
0	-1.40	-1.07	banjir	-1.29	banjir	-1.29	banjir	-1.65		-1.71	

Sumber : Perhitungan

Dari tabel 4.24, diketahui bahwa skenario-skenario yang direncanakan mampu mengurangi debit puncak banjir yang terjadi di sungai Ampal. Hal ini ditunjukkan dengan kondisi banjir yang terjadi di beberapa ruas sungai Ampal. Dari skenario-skenario yang telah dianalisa, diketahui bahwa skenario 3 dan 4 merupakan skenario yang mampu mengatasi banjir lebih baik dibanding dengan skenario 1 dan 2. Hal ini ditunjukkan dengan penurunan elevasi muka air dari kondisi eksisting. Bila skenario 3 dan 4 dibandingkan, maka dapat diketahui bahwa elevasi muka air pada skenario 3 lebih rendah dibandingkan dengan elevasi muka air pada skenario 4. Dengan adanya kondisi tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa skenario 3 merupakan skenario terbaik untuk mengurangi banjir yang terjadi di DAS Ampal.

4.3.7. Pengaruh Fungsi Bendali Terhadap Pengurangan Debit Puncak Banjir DAS Ampal

Pengaruh suatu penanganan pengendalian banjir di DAS Ampal telah dianalisa dalam bentuk skenario-skenario letak bendali. Dalam pelaksanaannya dilapangan, diperlukan dasar pertimbangan berpengaruh atau tidaknya suatu bangunan pengendali banjir (bendali) yang berujung pada terbangunnya bendali-bendali tersebut. Pada penelitian ini, analisa pengaruh fungsi bendali ditinjau dari kemampuan bendali menampung kelebihan debit yang terjadi.

Untuk mengetahui pengaruh serta fungsi dari suatu bendali, diperlukan data kapasitas sungai dan besarnya limpasan yang terjadi (debit hidrologi). Apabila limpasan yang terjadi di suatu Sub DAS memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan kapasitas sungai, maka diperlukan pengendalian banjir. Data kapasitas sungai utama dan sungai tiap-tiap Sub DAS dalam studi ini diperoleh dari data lapangan yang ada pada tahun 2013. Data kapasitas sungai utama berbeda dengan data penampang sungai yang digunakan dalam pemodelan hidrolika tersebut di atas. Kapasitas sungai diperoleh berdasarkan data dan bukan merupakan hasil analisa.

4.3.7.1. Pengaruh Fungsi Bendali Dalam Kondisi Eksisting

Pengaruh fungsi bendali dalam kondisi eksisting dapat diketahui dengan cara membandingkan antara kapasitas sungai dengan debit hidrologi yang terjadi baik di Sub DAS maupun DAS Ampal (tabel 4.25).

Tabel 4.25 Perbandingan Kapasitas dan Debit Hidrologi DAS Ampal Eksisting

No.	Nama	Kapasitas Sungai	Debit Hidrologi Eksisting	Keterangan
		m ³ /det	m ³ /det	
1	Ampal 1	60.69	100.20	Melebihi kapasitas
2	Ampal 2	110.78	109.00	
3	Ampal 3	112.86	115.30	Melebihi kapasitas
4	Ampal 4	119.44	125.90	Melebihi kapasitas
5	Ampal 5	121.74	131.50	Melebihi kapasitas
6	Ampal 6	149.61	141.00	
7	Ampal 7	165.57	148.30	
8	Ampal 8	190.28	159.80	
9	Ampal 9	190.64	163.20	
10	Ampal 10	190.64	168.50	
22	Sungai 1	11.75	22.10	Melebihi kapasitas
23	Sungai 2	10.98	30.60	Melebihi kapasitas
24	Sungai 3	22.74	21.40	
25	Sungai 4	39.19	82.10	Melebihi kapasitas
26	Sungai 5	41.75	18.50	
27	Sungai 6	7.99	24.90	Melebihi kapasitas
28	Sungai 7	6.96	11.00	Melebihi kapasitas
29	Sungai 8	18.95	11.60	
30	Sungai 9	23.89	16.40	
31	Sungai 10	9.20	15.90	Melebihi kapasitas
32	Sungai 11	3.30	6.00	Melebihi kapasitas
33	Sungai 12	2.98	5.60	Melebihi kapasitas
34	Sungai 13	4.32	2.40	
35	Sungai 14	8.78	4.90	
36	Sungai 15	11.30	17.20	Melebihi kapasitas
37	Sungai 16	0.20	10.80	Melebihi kapasitas
38	Sungai 17	3.90	10.30	Melebihi kapasitas
39	Sungai 18	6.92	12.90	Melebihi kapasitas
40	Sungai 19	4.00	14.80	Melebihi kapasitas
41	Sungai 20	4.99	11.60	Melebihi kapasitas

Lanjutan Tabel 4.25

No.	Nama	Kapasitas Sungai	Debit Hidrologi Eksisting	Keterangan
		m ³ /det	m ³ /det	
42	Sungai 21	0.42	1.60	Melebihi kapasitas
43	Sungai 22	0.42	2.50	Melebihi kapasitas
44	Sungai 23	12.05	11.00	

Sumber : Perhitungan

Berdasarkan tabel 2.25, diketahui bahwa dengan adanya 3 buah bendali yang masing-masing terletak di ruas sungai 5, ruas sungai 13 dan ruas sungai 14 mampu menurunkan debit puncak banjir yang terjadi. Dengan adanya 3 bendali ini, maka sungai 5, 13, dan 14 dapat mengalirkan debit banjir ke sungai utama tanpa melebihi kapasitasnya. Hal ini menunjukkan bahwa 3 bendali eksisting memiliki fungsi dan pengaruh terhadap pengurangan debit puncak banjir di Sub DAS 5, 13, dan 14. Akan tetapi, 3 bendali ini belum cukup mampu mengatasi permasalahan yang terjadi di sungai utama yaitu sungai Ampal dan beberapa Sub DAS lainnya. Hal ini ditunjukkan dengan besarnya debit yang mengalir masih melebihi kapasitas dari sungai.

4.3.7.2. Pengaruh Fungsi Bendali Dalam Skenario 1

Dalam skenario 1, terdapat penambahan 3 bendali dari kondisi eksisting. Dengan adanya penambahan bendali tersebut, maka total jumlah bendali terbangun pada skenario 1 adalah sebanyak 6 bendali. Alasan dilaksanakannya skenario 1 adalah karena kondisi eksisting dengan 3 bendali belum mampu mengatasi kelebihan debit yang terjadi di sungai utama dan di beberapa Sub DAS lainnya. Pengaruh fungsi bendali dalam skenario 1 dapat diketahui dengan cara membandingkan antara kapasitas sungai dengan debit hidrologi yang terjadi baik di Sub DAS maupun di sungai Ampal (tabel 4.26).

Tabel 4.26 Perbandingan Kapasitas dan Debit Hidrologi DAS Ampal Skenario 1

No.	Nama	Kapasitas Sungai	Debit Hidrologi Skenario 1	Keterangan
		m ³ /det	m ³ /det	
1	Ampal 1	60.69	95.30	Melebihi kapasitas
2	Ampal 2	110.78	104.30	
3	Ampal 3	112.86	110.70	
4	Ampal 4	119.44	121.50	Melebihi kapasitas
5	Ampal 5	121.74	126.80	Melebihi kapasitas
6	Ampal 6	149.61	133.80	
7	Ampal 7	165.57	141.10	
8	Ampal 8	190.28	152.40	
9	Ampal 9	190.64	155.70	
10	Ampal 10	190.64	160.90	
22	Sungai 1	11.75	22.10	Melebihi kapasitas
23	Sungai 2	10.98	30.60	Melebihi kapasitas
24	Sungai 3	22.74	21.40	
25	Sungai 4	39.19	82.20	Melebihi kapasitas
26	Sungai 5	41.75	13.10	
27	Sungai 6	7.99	9.40	Melebihi kapasitas
28	Sungai 7	6.96	11.00	Melebihi kapasitas
29	Sungai 8	18.95	11.60	
30	Sungai 9	23.89	16.40	
31	Sungai 10	9.20	15.90	Melebihi kapasitas
32	Sungai 11	3.30	2.10	
33	Sungai 12	2.98	2.10	
34	Sungai 13	4.32	2.40	
35	Sungai 14	8.78	4.90	
36	Sungai 15	11.30	17.20	Melebihi kapasitas
37	Sungai 16	0.20	10.80	Melebihi kapasitas
38	Sungai 17	3.90	10.30	Melebihi kapasitas
39	Sungai 18	6.92	12.90	Melebihi kapasitas
40	Sungai 19	4.00	14.80	Melebihi kapasitas
41	Sungai 20	4.99	11.60	Melebihi kapasitas
42	Sungai 21	0.42	1.60	Melebihi kapasitas
43	Sungai 22	0.42	2.50	Melebihi kapasitas
44	Sungai 23	12.05	9.40	

Sumber : Perhitungan

Berdasarkan tabel 2.26, diketahui bahwa dengan adanya 6 buah bendali yang masing-masing terletak di ruas sungai 5, 6, 11, 12, 13 dan 14 mampu menurunkan debit puncak banjir yang terjadi. Untuk ruas sungai 6, diketahui bahwa bendali saja tidak cukup mampu untuk mengatasi kelebihan debit yang terjadi. Sedangkan untuk permasalahan kelebihan debit untuk ruas sungai 5, 11, 12, 13, dan 14 sudah dapat diatasi dengan pembangunan bendali. Meskipun permasalahan kelebihan debit yang terjadi di ruas sungai 6 belum dapat diatasi secara maksimal, hal ini tidak menjadikan bendali di ruas sungai 6 yaitu bendali 6 tidak memiliki pengaruh fungsi pada penurunan debit puncak banjir di Sub DAS 6. Hal ini dibuktikan bahwa sebelum terbangunnya bendali 6, debit yang mengalir di sungai 6 adalah sebesar $24.90 \text{ m}^3/\text{det}$ tetapi setelah bendali terbangun, besarnya debit menurun hingga $9.40 \text{ m}^3/\text{det}$.

Sama halnya dengan kondisi eksisting, skenario 1 dengan 6 bendali juga belum cukup mampu mengatasi permasalahan kelebihan debit yang mengalir di sungai utama yaitu sungai Ampal dan beberapa Sub DAS lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa diperlukan tambahan bendali guna mengatasi permasalahan banjir yang belum dapat terselesaikan dengan adanya 6 bendali.

4.3.7.3. Pengaruh Fungsi Bendali Dalam Skenario 2

Dalam skenario 2, terdapat penambahan 6 bendali dari kondisi eksisting. Dengan adanya penambahan bendali tersebut, maka total jumlah bendali terbangun pada skenario 2 adalah sebanyak 9 bendali. Sama halnya dengan skenario 1, skenario 2 dilaksanakan karena 3 dan 6 bendali belum mampu mengatasi kelebihan debit di sungai utama dan di beberapa Sub DAS lainnya. Pengaruh fungsi bendali dalam skenario 2 dapat diketahui dengan cara membandingkan antara kapasitas sungai dengan debit hidrologi yang terjadi baik di Sub DAS maupun DAS Ampal (tabel 4.27).

Tabel 4.27 Perbandingan Kapasitas dan Debit Hidrologi DAS Ampal Skenario 2

No.	Nama	Kapasitas Sungai	Debit Hidrologi Skenario 2	Keterangan
		m3/det	m3/det	
1	Ampal 1	60.69	69.90	Melebihi kapasitas
2	Ampal 2	110.78	78.10	
3	Ampal 3	112.86	84.00	
4	Ampal 4	119.44	94.00	
5	Ampal 5	121.74	100.30	
6	Ampal 6	149.61	107.80	
7	Ampal 7	165.57	114.40	
8	Ampal 8	190.28	124.70	
9	Ampal 9	190.64	127.90	
10	Ampal 10	190.64	132.70	
22	Sungai 1	11.75	22.10	Melebihi kapasitas
23	Sungai 2	10.98	30.60	Melebihi kapasitas
24	Sungai 3	22.74	5.50	
25	Sungai 4	39.19	65.50	Melebihi kapasitas
26	Sungai 5	41.75	8.70	
27	Sungai 6	7.99	9.40	Melebihi kapasitas
28	Sungai 7	6.96	1.10	
29	Sungai 8	18.95	11.60	
30	Sungai 9	23.89	16.40	
31	Sungai 10	9.20	15.90	Melebihi kapasitas
32	Sungai 11	3.30	2.10	
33	Sungai 12	2.98	2.10	
34	Sungai 13	4.32	2.40	
35	Sungai 14	8.78	4.90	
36	Sungai 15	11.30	17.20	Melebihi kapasitas
37	Sungai 16	0.20	10.80	Melebihi kapasitas
38	Sungai 17	3.90	10.30	Melebihi kapasitas
39	Sungai 18	6.92	12.90	Melebihi kapasitas
40	Sungai 19	4.00	14.80	Melebihi kapasitas
41	Sungai 20	4.99	11.60	Melebihi kapasitas
42	Sungai 21	0.42	1.60	Melebihi kapasitas
43	Sungai 22	0.42	2.50	Melebihi kapasitas
44	Sungai 23	12.05	9.40	

Sumber : Perhitungan

Berdasarkan tabel 2.27, diketahui bahwa dengan adanya 9 buah bendali yang masing-masing terletak di ruas sungai 3, 5, 6, 7, 11, 12, 13 dan 14 mampu menurunkan debit puncak banjir yang terjadi. Sama halnya dengan skenario 1, didalam skenario 2 juga diketahui bahwa sungai 6 masih terjadi kelebihan debit meskipun telah dibangun bendali. Hal ini disebabkan oleh kapasitas sungai yang belum mampu mengalirkan debit banjir yang mengalir. Sedangkan untuk permasalahan kelebihan debit di ruas sungai 3, 5, 7, 11, 12, 13, dan 14 sudah dapat diatasi dengan pembangunan bendali. Meskipun permasalahan kelebihan debit di ruas sungai 6 belum dapat diatasi secara maksimal, hal ini tidak menjadikan bendali di ruas sungai 6 yaitu bendali 6 tidak memiliki pengaruh fungsi pada penurunan debit puncak banjir di Sub DAS 6. Hal ini dibuktikan bahwa sebelum terbangunnya bendali 6, debit yang mengalir di sungai 6 adalah sebesar $24.90 \text{ m}^3/\text{det}$ tetapi setelah bendali terbangun, besarnya debit menurun hingga $9.40 \text{ m}^3/\text{det}$.

Bila dibandingkan dengan kondisi eksisting, skenario 2 sudah mampu menyelesaikan beberapa permasalahan kelebihan debit di sungai utama dan beberapa Sub DAS yaitu antara lain sungai ampal ruas 3, 4, dan 5, sungai 7, sungai 11, dan sungai 12. Akan tetapi, keberadaan 9 bendali masih harus ditambahkan guna menuntaskan permasalahan di sungai utama dan di beberapa Sub DAS lainnya.

4.3.7.4. Pengaruh Fungsi Bendali Dalam Skenario 3

Dalam skenario 3, terdapat penambahan 8 bendali dari kondisi eksisting. Dengan adanya penambahan bendali tersebut, maka total jumlah bendali terbangun pada skenario 3 adalah sebanyak 11 bendali. Alasan dilaksanakannya skenario 3 adalah untuk mengatasi permasalahan kelebihan debit di sungai utama dan beberapa Sub DAS lainnya. Sebelumnya telah dianalisa pengaruh serta fungsi bendali pada kondisi eksisting dan skenario 1 dan 2, dari hasil analisa tersebut diketahui bahwa masih terjadi kelebihan debit di ruas sungai utama dan beberapa Sub DAS lainnya. Oleh karena itu perlu diketahui pengaruh fungsi bendali dalam skenario 3 dengan cara membandingkan antara kapasitas

sungai dengan debit hidrologi yang mengalir, baik di Sub DAS maupun DAS Ampal (tabel 4.28).

Tabel 4.28 Perbandingan Kapasitas dan Debit Hidrologi DAS Ampal Skenario 3

No.	Nama	Kapasitas Sungai	Debit Hidrologi Skenario 3	Keterangan
		m3/det	m3/det	
1	Ampal 1	60.69	35.80	
2	Ampal 2	110.78	37.10	
3	Ampal 3	112.86	38.70	
4	Ampal 4	119.44	44.50	
5	Ampal 5	121.74	58.60	
6	Ampal 6	149.61	68.00	
7	Ampal 7	165.57	71.20	
8	Ampal 8	190.28	76.50	
9	Ampal 9	190.64	81.30	
10	Ampal 10	190.64	89.40	
22	Sungai 1	11.75	4.60	
23	Sungai 2	10.98	5.00	
24	Sungai 3	22.74	5.50	
25	Sungai 4	39.19	19.20	
26	Sungai 5	41.75	8.70	
27	Sungai 6	7.99	9.40	Melebihi kapasitas
28	Sungai 7	6.96	1.10	
29	Sungai 8	18.95	11.60	
30	Sungai 9	23.89	16.40	
31	Sungai 10	9.20	15.90	Melebihi kapasitas
32	Sungai 11	3.30	2.10	
33	Sungai 12	2.98	2.10	
34	Sungai 13	4.32	2.40	
35	Sungai 14	8.78	4.90	
36	Sungai 15	11.30	17.20	Melebihi kapasitas
37	Sungai 16	0.20	10.80	Melebihi kapasitas
38	Sungai 17	3.90	10.30	Melebihi kapasitas
39	Sungai 18	6.92	12.90	Melebihi kapasitas
40	Sungai 19	4.00	14.80	Melebihi kapasitas
41	Sungai 20	4.99	11.60	Melebihi kapasitas
42	Sungai 21	0.42	1.60	Melebihi kapasitas
43	Sungai 22	0.42	2.50	Melebihi kapasitas
44	Sungai 23	12.05	9.40	

Sumber : Perhitungan

Berdasarkan tabel 4.28, diketahui bahwa dengan adanya 11 bendali yang masing-masing terletak di ruas sungai 1, 2, 3, 5, 6, 7, 11, 12, 13 dan 14 mampu menurunkan debit puncak banjir yang terjadi. Dengan adanya 11 bendali tersebut dapat mengatasi permasalahan kelebihan debit yang terjadi di sungai utama dan di beberapa Sub DAS. Jika dibandingkan dengan kondisi eksisting, skenario 3 sudah mampu menyelesaikan permasalahan kelebihan debit di sungai utama dan beberapa Sub DAS yaitu antara lain di semua ruas sungai ampal, sungai 1, sungai 2, sungai 4, sungai 7, sungai 11, dan sungai 12. Akan tetapi, keberadaan 11 bendali masih harus ditambahkan guna menuntaskan permasalahan yang terjadi di sungai utama dan mengurangi banjir di beberapa Sub DAS lainnya.

4.3.7.5. Pengaruh Fungsi Bendali Dalam Skenario 4

Analisa skenario 4 bertujuan guna mengetahui pengaruh fungsi bendali bila semua bendali rencana akan dibangun. Skenario 4 terdiri dari 10 bendali rencana dan 3 bendali terbangun (eksisting). Oleh karena itu, perlu diketahui pengaruh fungsi bendali dalam skenario 4 dengan cara membandingkan antara kapasitas sungai (debit hidrolika sungai) dan debit hidrologi yang terjadi baik di Sub DAS maupun DAS Ampal (tabel 4.29).

Tabel 4.29 Perbandingan Kapasitas dan Debit Hidrologi DAS Ampal Skenario 4

No.	Nama	Kapasitas Sungai	Debit Hidrologi Skenario 4	Keterangan
		m ³ /det	m ³ /det	
1	Ampal 1	60.69	35.80	
2	Ampal 2	110.78	39.70	
3	Ampal 3	112.86	43.20	
4	Ampal 4	119.44	46.20	
5	Ampal 5	121.74	62.20	
6	Ampal 6	149.61	71.50	
7	Ampal 7	165.57	74.10	
8	Ampal 8	190.28	79.00	
9	Ampal 9	190.64	80.40	
10	Ampal 10	190.64	82.90	
22	Sungai 1	11.75	4.60	
23	Sungai 2	10.98	5.00	

Lanjutan Tabel 4.29

No.	Nama	Kapasitas Sungai	Debit Hidrologi Skenario 4	Keterangan
		m ³ /det	m ³ /det	
24	Sungai 3	22.74	5.50	
25	Sungai 4	39.19	19.20	
26	Sungai 5	41.75	8.70	
27	Sungai 6	7.99	9.40	Melebihi kapasitas
28	Sungai 7	6.96	1.10	
29	Sungai 8	18.95	11.60	
30	Sungai 9	23.89	16.40	
31	Sungai 10	9.20	15.90	Melebihi kapasitas
32	Sungai 11	3.30	2.10	
33	Sungai 12	2.98	2.10	
34	Sungai 13	4.32	2.40	
35	Sungai 14	8.78	4.90	
36	Sungai 15	11.30	17.20	Melebihi kapasitas
37	Sungai 16	0.20	10.80	Melebihi kapasitas
38	Sungai 17	3.90	5.50	Melebihi kapasitas
39	Sungai 18	6.92	5.80	
40	Sungai 19	4.00	14.80	Melebihi kapasitas
41	Sungai 20	4.99	11.60	Melebihi kapasitas
42	Sungai 21	0.42	1.60	Melebihi kapasitas
43	Sungai 22	0.42	2.50	Melebihi kapasitas
44	Sungai 23	12.05	9.40	

Sumber : Perhitungan

Dari tabel 4.29, diketahui bahwa dengan adanya 13 bendali mampu menyelesaikan permasalahan kelebihan debit yang terjadi di sungai utama dan beberapa Sub DAS. Akan tetapi, dalam skenario ini masih terdapat masalah di beberapa Sub DAS. Masalah tersebut meliputi kurangnya kapasitas sungai lokal, sehingga tidak mampu mengalirkan debit banjir yang terjadi.

4.3.7.6. Kesimpulan Pengaruh Fungsi Bendali di Tiap-tiap Skenario

Dari analisa tersebut di atas, telah diketahui sungai-sungai yang mengalami kelebihan debit. Sungai yang mengalami kelebihan debit pada kondisi eksisting adalah sungai Ampal ruas 1, 3, 4, dan 5, serta beberapa sungai di Sub DAS. Untuk mengetahui bendali-bendali yang berpengaruh pada pengurangan debit puncak banjir di DAS Ampal adalah dengan cara membandingkan kelebihan debit di sungai saat kondisi eksisting dan tiap-tiap skenario (tabel 4.30).

Tabel 4.30 Perbandingan Kondisi Eksisting dengan Tiap-Tiap Skenario

No.	Nama	Kondisi Eksisting	Kondisi Skenario 1	Kondisi Skenario 2	Kondisi Skenario 3	Kondisi Skenario 4
1	Ampal 1	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas		
2	Ampal 2					
3	Ampal 3	melebihi kapasitas				
4	Ampal 4	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas			
5	Ampal 5	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas			
6	Ampal 6					
7	Ampal 7					
8	Ampal 8					
9	Ampal 9					
10	Ampal 10					
22	Sungai 1	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas		
23	Sungai 2	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas		
24	Sungai 3					

Lanjutan Tabel 4.30

No.	Nama	Kondisi Eksisting	Kondisi Skenario 1	Kondisi Skenario 2	Kondisi Skenario 3	Kondisi Skenario 4
25	Sungai 4	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas		
26	Sungai 5					
27	Sungai 6	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas
28	Sungai 7	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas			
29	Sungai 8					
30	Sungai 9					
31	Sungai 10	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas
32	Sungai 11	melebihi kapasitas				
33	Sungai 12	melebihi kapasitas				
34	Sungai 13					
35	Sungai 14					
36	Sungai 15	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas
37	Sungai 16	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas
38	Sungai 17	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas
39	Sungai 18	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	
40	Sungai 19	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas
41	Sungai 20	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas
42	Sungai 21	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas
43	Sungai 22	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas
44	Sungai 23					

Sumber : Perhitungan

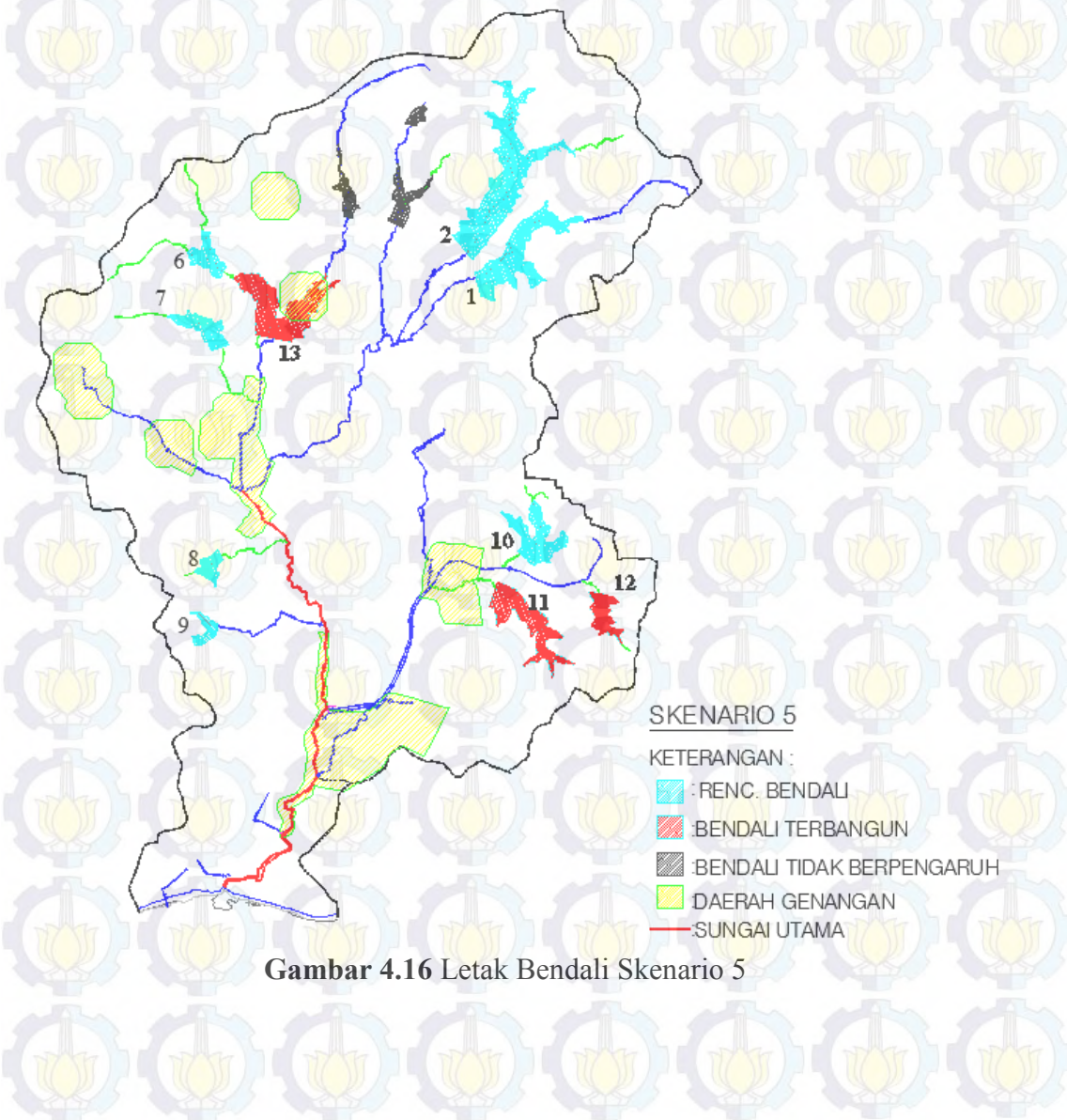
Diketahui sungai yang memiliki bendali adalah sungai 1, 2, 3, 5, 6, 7, 11, 12, 13, 14, 17, dan 18. Masing-masing sungai ini dikendalikan oleh 1 bendali, kecuali sungai 3, 5, 11, dan 12. Untuk sungai 3 dan 5 dikendalikan oleh 2 bendali, sedangkan untuk sungai 11 dan 12 hanya dikendalikan oleh 1 bendali yang sama.

Berdasarkan tabel 4.30 dapat dilihat bahwa pada saat kondisi eksisting, sungai 3 mampu mengalirkan debit banjir yang terjadi. Oleh karena itu, pengendali banjir tidak diperlukan untuk sungai 3. Sedangkan untuk sungai 5, hanya diperlukan 1 bendali agar Sub DAS 5 mampu mengalirkan debit sesuai kapasitas sungai.

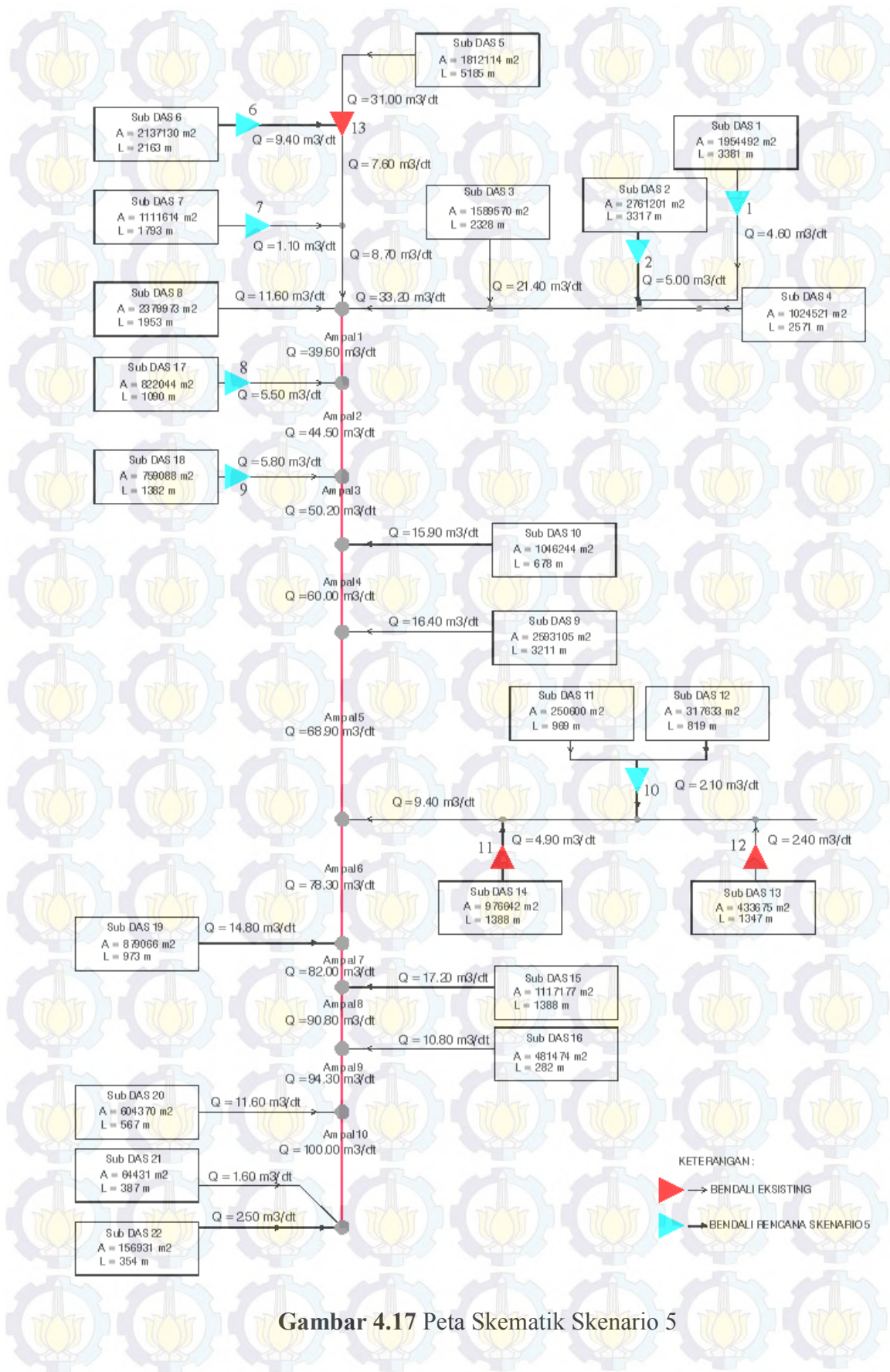
Dengan kondisi tersebut di atas, maka diperlukan skenario tambahan guna mengetahui pengaruh pengurangan jumlah bendali. Skenario tambahan atau skenario 5 nantinya akan terdiri dari bendali rencana dikurangi dengan 2 bendali di ruas sungai 3 dan 1 bendali di ruas sungai 5. Dengan demikian, maka bendali yang akan dianalisa pengaruh dan fungsinya dalam skenario ini adalah 10 bendali yaitu bendali 1, 2, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, dan 13.

4.3.8. Kesimpulan Hasil Analisa Hidrologi dan Hidrolika

Dari skenario 1 sampai dengan 4, telah diketahui lokasi-lokasi sungai yang tidak mampu mengalirkan debit sesuai dengan kapasitas. Hal ini diketahui berdasarkan data ketersediaan kapasitas sungai dalam mengalirkan debit banjir yang mengalir. Hasil analisa skenario-skenario tersebut di atas, diperoleh titik-titik permasalahan kelebihan debit yang terjadi di beberapa Sub DAS Ampal yaitu Sub DAS 6, 10, 15, 16, 17, 19, 20, 21, dan 22 serta diketahui pula bendali-bendali yang tidak memiliki peran fungsi dalam mengatasi kelebihan debit. Dengan demikian, maka dianalisa skenario tambahan atau skenario 5 yang terdiri dari 10 bendali berpengaruh dari total perencanaan 13 bendali (gambar 4.16 dan 4.17).



Gambar 4.16 Letak Bendali Skenario 5



Gambar 4.17 Peta Skematik Skenario 5

4.3.8.1. Hasil Analisa Hidrologi Skenario 5 DAS Ampal

Sesuai dengan penjabaran tersebut di atas, pemodelan skenario 5 adalah terbangunnya 10 bendali berpengaruh dari total perencanaan 13 bendali. Dengan terbangunnya bendali tersebut, maka diketahui debit dari masing-masing sub DAS dan sungai (tabel 4.31).

Tabel 4.31 Hasil *running* Skenario 5 DAS Ampal

Nama	Area	Q	Volume
	km ²	m ³ /det	1000 m ³
Sub DAS 1	1.95	22.10	353.90
Sub DAS 2	2.76	30.60	490.30
Sub DAS 3	1.59	21.40	286.30
Sub DAS 4	1.02	10.90	180.80
Sub DAS 5	1.81	31.00	334.90
Sub DAS 6	2.14	24.90	390.90
Sub DAS 7	1.11	11.00	199.70
Sub DAS 8	2.38	11.60	419.00
Sub DAS 9	2.59	16.40	457.50
Sub DAS 10	1.05	15.90	187.80
Sub DAS 11	0.25	6.00	44.10
Sub DAS 12	0.32	5.60	56.60
Sub DAS 13	0.43	7.10	80.80
Sub DAS 14	0.98	11.70	181.10
Sub DAS 15	1.12	17.20	196.40
Sub DAS 16	0.48	10.80	86.70
Sub DAS 17	0.82	10.30	142.40
Sub DAS 18	0.76	12.90	131.40
Sub DAS 19	0.88	14.80	152.10
Sub DAS 20	0.60	11.60	108.00
Sub DAS 21	0.06	1.60	10.80
Sub DAS 22	0.16	2.50	27.20
Sungai 1.1	1.95	22.10	353.70
Sungai 1.2	1.95	4.60	323.00
Sungai 2.1	2.76	30.60	490.10
Sungai 2.2	2.76	5.00	398.60
Sungai 3	1.59	21.40	286.20
Sungai 4.1	1.02	10.90	180.80
Sungai 4.2	5.73	15.70	900.70
Sungai 4.3	7.32	33.20	1185.10
Sungai 5.1	1.81	31.00	334.40

Lanjutan Tabel 4.31

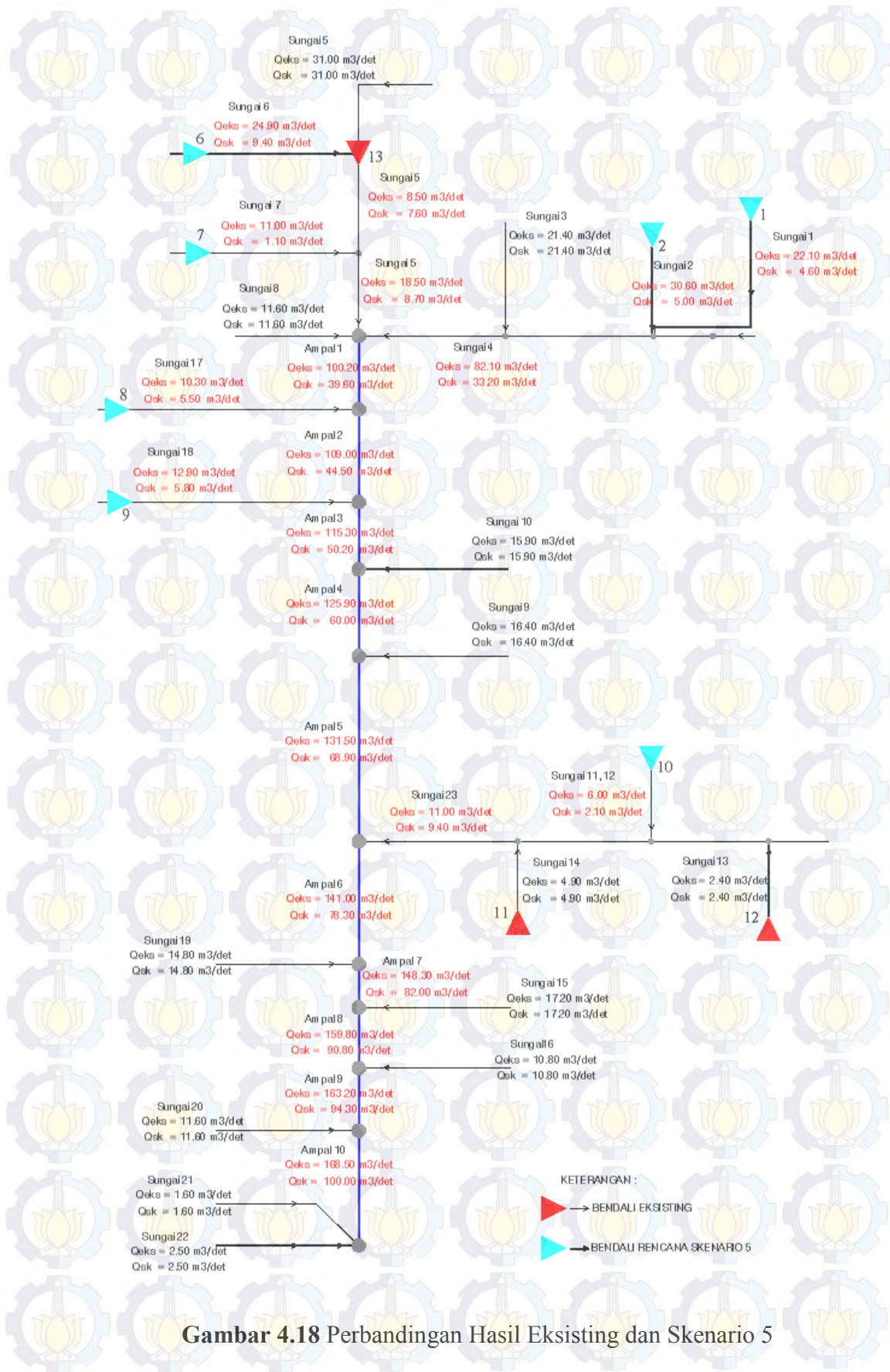
Nama	Area	Q	Volume
	km ²	m ³ /det	1000 m ³
Sungai 5.2	3.95	7.60	670.40
Sungai 5.3	5.06	8.70	800.70
Sungai 6.1	2.14	24.90	390.70
Sungai 6.2	2.14	9.40	390.50
Sungai 7.1	1.11	11.00	199.70
Sungai 7.2	1.11	1.10	132.10
Sungai 8	2.38	11.60	418.90
Sungai 9	2.59	16.40	457.30
Sungai 10	1.05	15.90	187.80
Sungai 11.1	0.25	6.00	44.00
Sungai 11.2	0.57	2.10	99.50
Sungai 12	0.32	2.10	56.60
Sungai 13.1	0.43	7.10	80.80
Sungai 13.2	0.43	2.40	80.80
Sungai 14.1	0.98	11.70	181.10
Sungai 14.2	0.98	4.90	181.10
Sungai 15	1.12	17.20	196.30
Sungai 16	0.48	10.80	86.70
Sungai 17.1	0.82	10.30	142.40
Sungai 17.2	0.82	5.50	142.40
Sungai 18.1	0.76	12.90	131.40
Sungai 18.2	0.76	5.80	131.40
Sungai 19	0.88	14.80	152.00
Sungai 20	0.60	11.60	108.00
Sungai 21	0.06	1.60	10.80
Sungai 22	0.16	2.50	27.10
Sungai 23.1	0.43	2.40	80.70
Sungai 23.2	1.00	4.60	180.10
Sungai 23.3	1.98	9.40	360.90
Ampal 1	14.76	39.60	2401.30
Ampal 2	15.58	44.50	2538.30
Ampal 3	16.34	50.20	2667.50
Ampal 4	17.39	60.00	2855.10
Ampal 5	19.98	68.90	3312.00
Ampal 6	21.96	78.30	3671.70
Ampal 7	22.84	82.00	3823.30
Ampal 8	23.96	90.80	4018.70
Ampal 9	24.44	94.30	4103.60
Ampal 10	25.04	100.00	4208.10
A	5.06	8.70	802.50

Lanjutan Tabel 4.31

Nama	Area	Q	Volume
	km ²	m ³ /det	1000 m ³
B		15.70	902.40
C	7.32	33.20	1186.90
D	1.00	4.60	180.20
E	1.98	9.40	361.20
F	0.43	2.40	80.80
1	14.76	39.60	2404.70
2	15.58	44.50	2543.70
3	16.34	50.20	2669.70
4	17.39	60.00	2855.30
5	19.98	68.90	3312.50
6	21.96	78.30	3672.80
7	22.84	82.00	3823.80
8	23.96	90.80	4019.60
9	24.44	94.30	4105.30
10	25.04	100.00	4211.60
11	25.26	102.10	4246.10
Reservoir 1	1.95	4.60	323.70
Reservoir 2	2.76	5.00	400.10
Reservoir 6	2.14	9.40	390.60
Reservoir 7	1.11	1.10	132.70
Reservoir 8	0.82	5.50	142.40
Reservoir 9	0.76	5.80	131.40
Reservoir 10	0.57	2.10	99.50
Reservoir 11	0.98	4.90	181.10
Reservoir 12	0.43	2.40	80.80
Reservoir 13	3.95	7.60	671.50

Sumber : Perhitungan

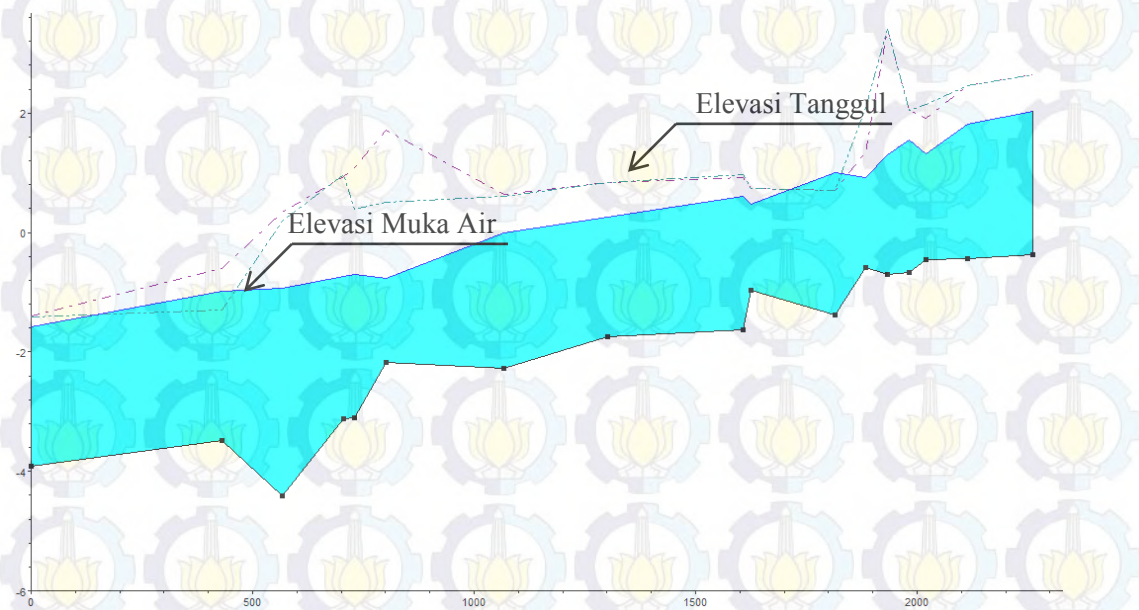
Dari tabel 4.31 menunjukkan hasil analisa skenario 5 DAS Ampal dengan tidak memperhitungkan nilai *baseflow*. Dari hasil analisa, diketahui bahwa debit maksimum yang terjadi sungai ampal bagian hilir (junction 11) adalah sebesar 102.10 m³/det. Hal ini menunjukkan bahwa debit pada saat kondisi eksisting memiliki nilai yang lebih besar bila dibandingkan dengan debit skenario 5 (gambar 4.18).



Gambar 4.18 Perbandingan Hasil Eksisting dan Skenario 5

4.3.8.2. Hasil Analisa Hidrolika Skenario 5 DAS Ampal

Dari analisa hidrolika skenario 5 sungai ampal dapat diketahui elevasi muka air banjir pada penampang sungai. Debit banjir yang digunakan pada analisa ini adalah debit banjir dengan periode ulang 10 tahun. Dengan menggunakan debit banjir rencana 10 tahunan (Q_{10}), dilakukan pemodelan skenario 5. Skenario 5 DAS Ampal telah dilengkapi dengan 7 bendali rencana dan 3 bendali eksisting (terbangun). Hasil running dari program HEC-RAS pada skenario 5 dapat dilihat pada gambar 4.19 berikut.



Gambar 4.19 Penampang Memanjang Sungai Ampal Skenario 5

Dari gambar 4.19 dapat diketahui hasil analisa hidrolika sungai Ampal saat skenario 5 diterapkan. Pada kondisi ini diketahui terdapat titik banjir yang terjadi di ruas sungai Ampal. Hal ini ditunjukkan dengan elevasi muka air yang lebih tinggi dibandingkan dengan elevasi tanggul.

4.3.8.3. Pengaruh Fungsi Bendali Dalam Skenario 5

Skenario 5 terdiri dari 10 bendali yang berpengaruh pada pengurangan debit puncak banjir di DAS Ampal. Cara yang digunakan untuk mengetahui besar pengurangan debit puncak banjir yang terjadi adalah dengan membandingkan antara kapasitas sungai dengan debit hidrologi yang mengalir, baik di Sub DAS maupun DAS Ampal (tabel 4.32).

Tabel 4.32 Perbandingan Kapasitas dan Debit Hidrologi DAS Ampal Skenario 5

No.	Nama	Kapasitas Sungai	Debit Hidrologi Skenario 5	Keterangan
		m ³ /det	m ³ /det	
1	Ampal 1	60.69	39.60	
2	Ampal 2	110.78	44.50	
3	Ampal 3	112.86	50.20	
4	Ampal 4	119.44	60.00	
5	Ampal 5	121.74	68.90	
6	Ampal 6	149.61	78.30	
7	Ampal 7	165.57	82.00	
8	Ampal 8	190.28	90.80	
9	Ampal 9	190.64	94.30	
10	Ampal 10	190.64	100.00	
22	Sungai 1	11.75	4.60	
23	Sungai 2	10.98	5.00	
24	Sungai 3	22.74	21.40	
25	Sungai 4	39.19	33.20	
26	Sungai 5	41.75	8.70	
27	Sungai 6	7.99	9.40	melebihi kapasitas
28	Sungai 7	6.96	1.10	
29	Sungai 8	18.95	11.60	
30	Sungai 9	23.89	16.40	
31	Sungai 10	9.20	15.90	melebihi kapasitas
32	Sungai 11	3.30	2.10	
33	Sungai 12	2.98	2.10	
34	Sungai 13	4.32	2.40	
35	Sungai 14	8.78	4.90	
36	Sungai 15	11.30	17.20	melebihi kapasitas
37	Sungai 16	0.20	10.80	melebihi kapasitas
38	Sungai 17	3.90	5.50	melebihi kapasitas
39	Sungai 18	6.92	5.80	
40	Sungai 19	4.00	14.80	melebihi kapasitas
41	Sungai 20	4.99	11.60	melebihi kapasitas
42	Sungai 21	0.42	1.60	melebihi kapasitas
43	Sungai 22	0.42	2.50	melebihi kapasitas
44	Sungai 23	12.05	9.40	

Sumber : Perhitungan

Berbeda dengan hasil analisa hidrolika pada poin sebelumnya, dari perbandingan kapasitas sungai dengan debit hidrologi diketahui bahwa dengan adanya 10 bendali mampu menyelesaikan permasalahan kelebihan debit yang terjadi di sungai utama dan beberapa Sub DAS. Akan tetapi, dalam skenario ini masih terdapat beberapa sungai yang mengalami kelebihan debit. Hal ini disebabkan karena kurangnya kapasitas sungai lokal, sehingga tidak mampu mengalirkan debit banjir yang terjadi.

4.3.8.4. Hasil Analisa Penerapan Skenario 5 DAS Ampal

Dari hasil analisa hidrologi dan hidrolika pada penerapan skenario 5 DAS Ampal, diperoleh besar limpasan serta kemampuan bendali dalam menampung kelebihan debit yang terjadi di DAS Ampal. Hasil analisa hidrolika penerapan skenario 5 terdiri dari hasil pemodelan HEC-RAS dan hasil perbandingan antara debit hidrologi dan kapasitas sungai utama maupun sungai tiap-tiap Sub DAS.

Dengan adanya penambahan skenario yaitu skenario 5 yang terdiri dari 10 bendali berpengaruh, maka diperoleh hasil berupa gambaran sungai-sungai yang belum terbebas dari kelebihan debit. Meskipun permasalahan kelebihan debit di DAS Ampal belum dapat diatasi secara maksimal, hal ini tidak menjadikan bendali-bendali tersebut tidak memiliki pengaruh fungsi pada penurunan debit puncak banjir. Hal ini dapat dibuktikan dengan membandingkan kondisi pada skenario dengan kondisi eksisting (tabel 4.33, 4.34, 4.35 dan gambar 4.20).

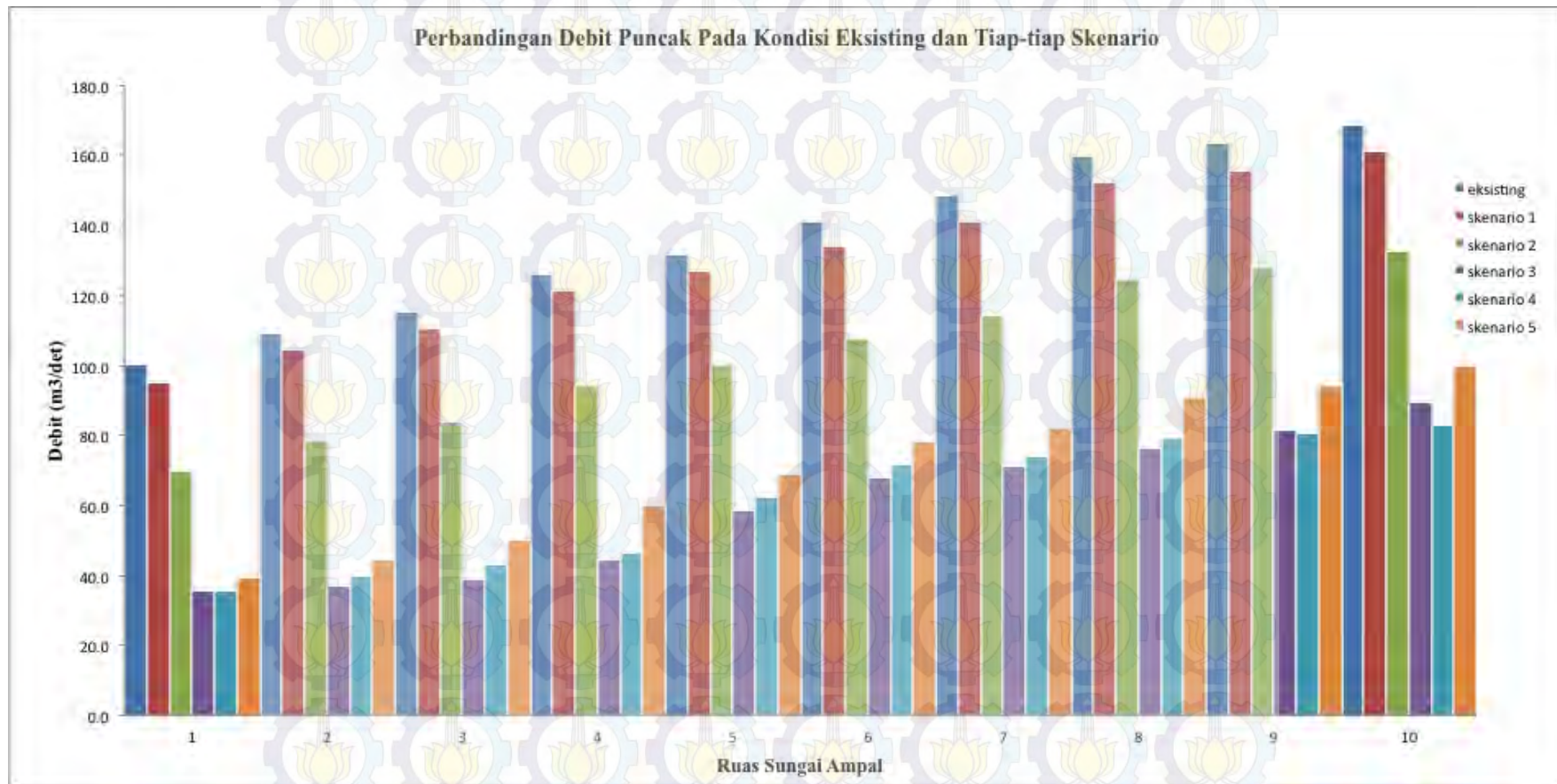
Tabel 4.33 Perbandingan Hasil Analisa Hidrologi Kondisi Eksisting dan Tiap-tiap Skenario

Nama	Q Eksisting	Q Skenario 1	ΔQ	Q Skenario 2	ΔQ	Q Skenario 3	ΔQ	Q Skenario 4	ΔQ	Q Skenario 5	ΔQ
	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det
Sungai 1	22.10	22.10	0.00	22.10	0.00	4.60	17.50	4.60	17.50	4.60	17.50
Sungai 2	30.60	30.60	0.00	30.60	0.00	5.00	25.60	5.00	25.60	5.00	25.60
Sungai 3	21.40	21.40	0.00	5.50	15.90	5.50	15.90	5.50	15.90	21.40	0.00
Sungai 4	82.10	82.20	0.00	65.50	16.60	19.20	62.90	19.20	62.90	33.20	48.90
Sungai 5	18.50	13.10	5.40	8.70	9.80	8.70	9.80	8.70	9.80	8.70	9.80
Sungai 6	24.90	9.40	15.50	9.40	15.50	9.40	15.50	9.40	15.50	9.40	15.50
Sungai 7	11.00	11.00	0.00	1.10	9.90	1.10	9.90	1.10	9.90	1.10	9.90
Sungai 8	11.60	11.60	0.00	11.60	0.00	11.60	0.00	11.60	0.00	11.60	0.00
Sungai 9	16.40	16.40	0.00	16.40	0.00	16.40	0.00	16.40	0.00	16.40	0.00
Sungai 10	15.90	15.90	0.00	15.90	0.00	15.90	0.00	15.90	0.00	15.90	0.00
Sungai 11	6.00	2.10	3.90	2.10	3.90	2.10	3.90	2.10	3.90	2.10	3.90
Sungai 12	6.00	2.10	3.90	2.10	3.90	2.10	3.90	2.10	3.90	2.10	3.90
Sungai 13	2.40	2.40	0.00	2.40	0.00	2.40	0.00	2.40	0.00	2.40	0.00
Sungai 14	4.90	4.90	0.00	4.90	0.00	4.90	0.00	4.90	0.00	4.90	0.00
Sungai 15	17.20	17.20	0.00	17.20	0.00	17.20	0.00	17.20	0.00	17.20	0.00
Sungai 16	10.80	10.80	0.00	10.80	0.00	10.80	0.00	10.80	0.00	10.80	0.00
Sungai 17	10.30	10.30	0.00	10.30	0.00	10.30	0.00	5.50	4.80	5.50	4.80
Sungai 18	12.90	12.90	0.00	12.90	0.00	12.90	0.00	5.80	7.10	5.80	7.10
Sungai 19	14.80	14.80	0.00	14.80	0.00	14.80	0.00	14.80	0.00	14.80	0.00
Sungai 20	11.60	11.60	0.00	11.60	0.00	11.60	0.00	11.60	0.00	11.60	0.00
Sungai 21	1.60	1.60	0.00	1.60	0.00	1.60	0.00	1.60	0.00	1.60	0.00
Sungai 22	2.50	2.50	0.00	2.50	0.00	2.50	0.00	2.50	0.00	2.50	0.00

Lanjutan Tabel 4.33

Nama	Q Eksisting	Q Skenario 1	ΔQ	Q Skenario 2	ΔQ	Q Skenario 3	ΔQ	Q Skenario 4	ΔQ	Q Skenario 5	ΔQ
	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det
Sungai 23	11.00	9.40	1.60	9.40	1.60	9.40	1.60	9.40	1.60	9.40	1.60
Ampal 1	100.20	95.30	4.90	69.90	30.30	35.80	64.40	35.80	64.40	39.60	60.60
Ampal 2	109.00	104.30	4.70	78.10	30.90	37.10	71.90	39.70	69.30	44.50	64.50
Ampal 3	115.30	110.70	4.60	84.00	31.30	38.70	76.60	43.20	72.10	50.20	65.10
Ampal 4	125.90	121.50	4.40	94.00	31.90	44.50	81.40	46.20	79.70	60.00	65.90
Ampal 5	131.50	126.80	4.70	100.30	31.20	58.60	72.90	62.20	69.30	68.90	62.60
Ampal 6	141.00	133.80	7.20	107.80	33.20	68.00	73.00	71.50	69.50	78.30	62.70
Ampal 7	148.30	141.10	7.20	114.40	33.90	71.20	77.10	74.10	74.20	82.00	66.30
Ampal 8	159.80	152.40	7.40	124.70	35.10	76.50	83.30	79.00	80.80	90.80	69.00
Ampal 9	163.20	155.70	7.50	127.90	35.30	81.30	81.90	80.40	82.80	94.30	68.90
Ampal 10	168.50	160.90	7.60	132.70	35.80	89.40	79.10	82.90	85.60	100.00	68.50

Sumber : Perhitungan



Gambar 4.20 Grafik Perbandingan Penurunan Debit Hidrologi Kondisi Eksisting dan Tiap-tiap Skenario

Tabel 4.34 Perbandingan Hasil Analisa Hidrolika Kondisi Eksisting dan Tiap-tiap Skenario

Cross Section	Tinggi Tanggul	El. Muka Air Eksisting	Ket	El. Muka Air Skenario 1	Ket	El. Muka Air Skenario 2	Ket	El. Muka Air Skenario 3	Ket	El. Muka Air Skenario 4	Ket	El. MukAir Skenario 5	Ket
	(cm)	(cm)		(cm)		(cm)		(cm)		(cm)		(cm)	
16	2.63	2.81	banjir	2.42		2.42		1.83		1.89		2.03	
15	2.46	2.52	banjir	2.17		2.17		1.64		1.69		1.81	
14	1.91	1.94		1.59		1.59		1.20		1.24		1.32	
13	2.04	2.23	banjir	1.87		1.87		1.40		1.44		1.55	
12	3.40	1.78		1.50		1.50		1.21		1.24		1.31	
11	1.35	1.46	banjir	1.18		1.17		0.84		0.85		0.93	
10	0.71	1.60	banjir	1.29	banjir	1.27	banjir	0.89	banjir	0.92	banjir	1.00	banjir
9	0.74	1.12	banjir	0.81	banjir	0.79	banjir	0.32		0.36		0.48	
8	0.97	1.26	banjir	0.96		0.93		0.46		0.50		0.61	
7	0.83	0.81		0.54		0.53		0.11		0.15		0.26	
6	0.64	0.48		0.24		0.23		-0.13		-0.10		-0.01	
5	0.50	-0.27		-0.43		-0.52		-0.92		-0.91		-0.77	
4	0.39	-0.12		-0.41		-0.44		-0.89		-0.87		-0.71	
3	0.94	-0.14		-0.44		-0.44		-0.84		-0.89		-0.73	
2	0.34	-0.40		-0.62		-0.66		-1.04		-1.07		-0.93	
1	-1.30	-0.44	banjir	-0.70	banjir	-0.71	banjir	-1.13	banjir	-1.12	banjir	-0.98	banjir
0	-1.40	-1.07	banjir	-1.29	banjir	-1.29	banjir	-1.65		-1.71		-1.57	

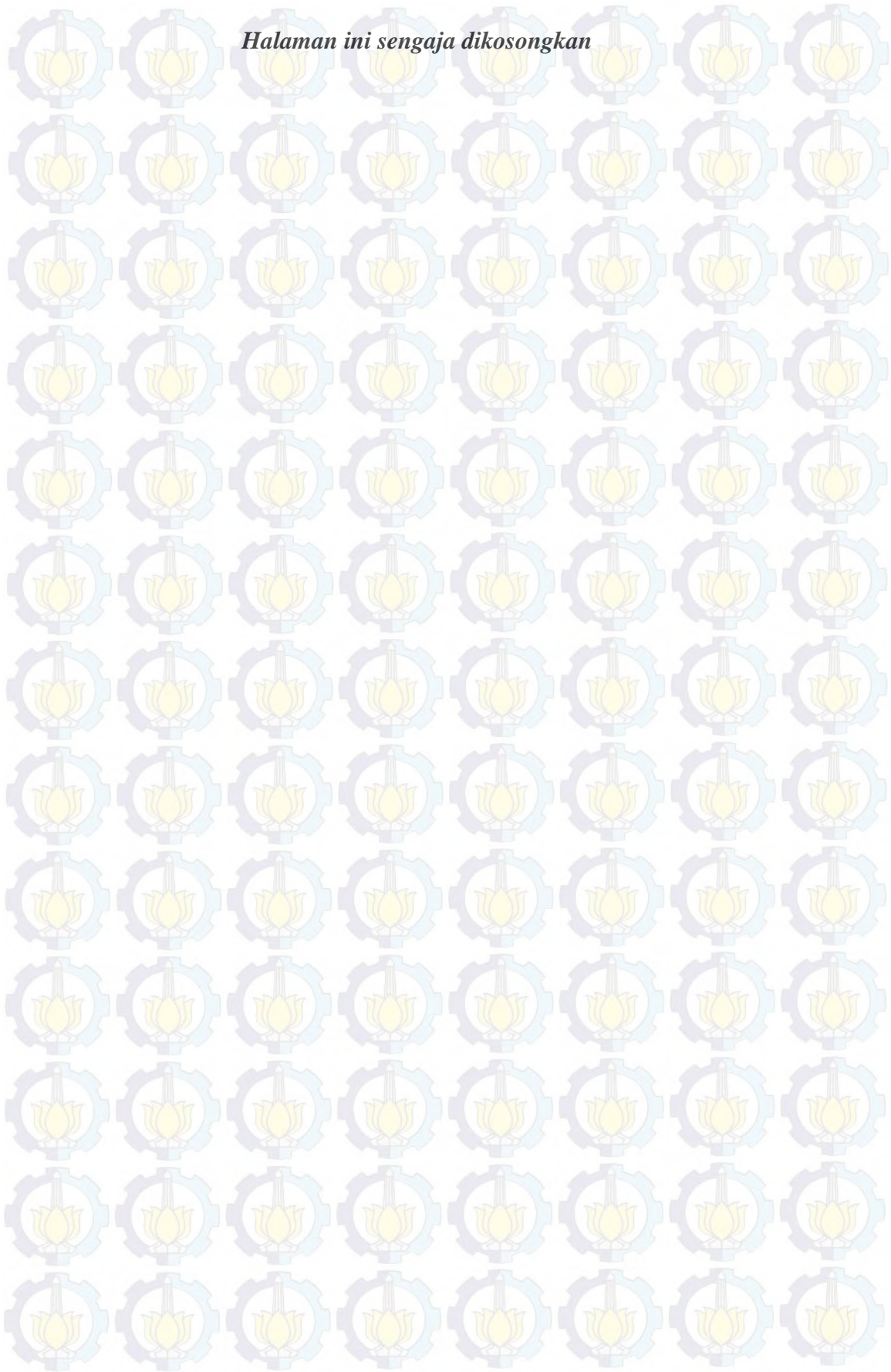
Sumber : Perhitungan

Tabel 4.35 Perbandingan Kondisi Eksisting Dengan Masing-Masing Skenario

No.	Nama	Kondisi Eksisting	Kondisi Skenario 1	Kondisi Skenario 2	Kondisi Skenario 3	Kondisi Skenario 4	Kondisi Skenario 5
1	Ampal 1	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas			
2	Ampal 2						
3	Ampal 3	melebihi kapasitas					
4	Ampal 4	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas				
5	Ampal 5	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas				
6	Ampal 6						
7	Ampal 7						
8	Ampal 8						
9	Ampal 9						
10	Ampal 10						
22	Sungai 1	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas			
23	Sungai 2	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas			
24	Sungai 3						
25	Sungai 4	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas			
26	Sungai 5						
27	Sungai 6	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas
28	Sungai 7	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas				
29	Sungai 8						
30	Sungai 9						
31	Sungai 10	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas
32	Sungai 11	melebihi kapasitas					

Dari tabel 4.33, 4.34 dan 4.35 diketahui besar dan letak kelebihan debit di masing-masing sungai di tiap-tiap skenario yang telah dianalisa. Masing-masing skenario terdiri dari bendali yang berbeda jumlah dan letaknya. Skenario 1 terdiri dari 6 bendali, skenario 2 terdiri dari 9 bendali, skenario 3 terdiri dari 11 bendali, skenario 4 terdiri dari 13 bendali dan skenario 5 terdiri dari 10 bendali. Masing-masing skenario ini memiliki peran fungsi dalam mengurangi debit puncak banjir yang terjadi, baik di sungai utama maupun di Sub DAS Ampal. Dari hasil analisa hidrolika tersebut di atas, diketahui bahwa lokasi kelebihan debit pada skenario 3, 4 dan 5 memiliki kesamaan. Dengan adanya kondisi tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa DAS Ampal hanya memerlukan 10 bendali sesuai dengan skenario 5 guna mengurangi debit puncak banjir yang terjadi di DAS Ampal. Untuk beberapa Sub DAS yang belum mampu mengalirkan debit yang terjadi dapat diatasi dengan meningkatkan kapasitas sungai yang ada.

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB 5 KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil analisa pada poin-poin sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa :

1. DAS Ampal memiliki luas sebesar 25.273 km² dan sungai sepanjang 4.699 km. Berdasarkan analisa data dengan distribusi Gumbel, diperoleh intensitas hujan rencana periode ulang 10 tahun sebesar 204.29 mm dan dengan analisa debit banjir menggunakan program HEC HMS diperoleh debit maksimum sungai Ampal kondisi eksisting bagian hilir sebesar 170.40 m³/det.
2. Berdasarkan data lapangan pada tahun 2013, diketahui kapasitas maksimum sungai Ampal bagian hilir adalah sebesar 190.64 m³/det dan bagian hulu sebesar 60.69 m³/det. Pada saat kondisi eksisting, sungai Ampal bagian hulu mengalami kelebihan debit yaitu sebesar 39.51 m³/det dari total debit yang mengalir sebesar 100.20 m³/det, sehingga mengakibatkan terjadinya banjir atau genangan.
3. Dari hasil analisa, diketahui besar penurunan debit puncak banjir (ΔQ) yang terjadi di sungai Ampal bila pembangunan bendali yang berjumlah 6, 9, 11, 13, dan 10 diterapkan adalah sebesar 7.60 m³/det, 35.80 m³/det, 79.10 m³/det, 85.60 m³/det dan 68.50 m³/det. Masing-masing skenario ini, menurunkan debit dari kondisi eksisting yaitu sebesar 168.50 m³/det.
4. Berdasarkan analisa skenario-skenario pada poin sebelumnya, direkomendasikan jumlah bendali terbangun di DAS Ampal untuk mengurangi debit puncak banjir sebesar 10 bendali, yaitu bendali 1, 2, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, dan 13.

5.2. Saran

Berdasarkan kesimpulan-kesimpulan yang telah dikemukakan pada poin sebelumnya, berikut ini ditampilkan beberapa saran sebagai berikut :

1. Masing-masing DAS memiliki karakteristik yang berbeda, sehingga penelitian ini hanya berlaku untuk DAS Ampal Kota Balikpapan.
2. Data hidrologi dan hidrolika yang lebih detail akan menghasilkan analisa pengaruh fungsi bendali pada pengurangan debit puncak banjir di DAS dengan lebih baik.

5.3. Manfaat Penelitian

Evaluasi ini diharapkan dapat dijadikan acuan bagi Pemerintah Kota Balikpapan dalam pelaksanaan pembangunan bangunan pengendali banjir (bendali) untuk mengurangi permasalahan banjir yang terjadi di DAS Ampal.

DAFTAR PUSTAKA

Affandy (2011), **Pemodelan Hujan Debit Menggunakan Model HEC-HMS di DAS Sampean Baru**, Jurnal Hidrologi, ITS, Surabaya.

Bappeda Kota Balikpapan, 2006, *Appendix Hidrologi Kota Balikpapan*.

FTSP ITS, 2006, *Appendix Deskripsi Sungai*.

FTSP ITS, 2006, *Master Plan Drainase Kota Balikpapan*.

Hydrologic Engineering Centre, 2002, *HEC-HMS Hydrolic Modelling System (Application Guide)*, US Army Corps of Engineering, Davis, CA.

Hydrologic Engineering Centre, 2002, *HEC-HMS Hydrolic Modelling System (Hydraulic Reference Manual)*, US Army Corps of Engineering, Davis, CA.

Hydrologic Engineering Centre, 2002, *HEC-HMS Hydrolic Modelling System (User's Manual)*, US Army Corps of Engineering, Davis, CA.

Hydrologic Engineering Centre, 2002, *HEC-RAS River Analysis Sistem (Application Guide)*, US Army Corps of Engineering, Davis, CA.

Hydrologic Engineering Centre, 2002, *HEC-RAS River Analysis Sistem (Hydraulic Reference Manual)*, US Army Corps of Engineering, Davis, CA.

Hydrologic Engineering Centre, 2002, *HEC-RAS River Analysis Sistem (User's Manual)*, US Army Corps of Engineering, Davis, CA.

PP No. 26 Tahun 2008 Tentang *RTRWN Kota Balikpapan*.

Reseda (2012), **Kajian Efektifitas Pengendalian Banjir di DAS Garang**, Thesis Magister, UNDIP, Semarang.

Sri Harto, Br., 1993, *Analisa Hidologi*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

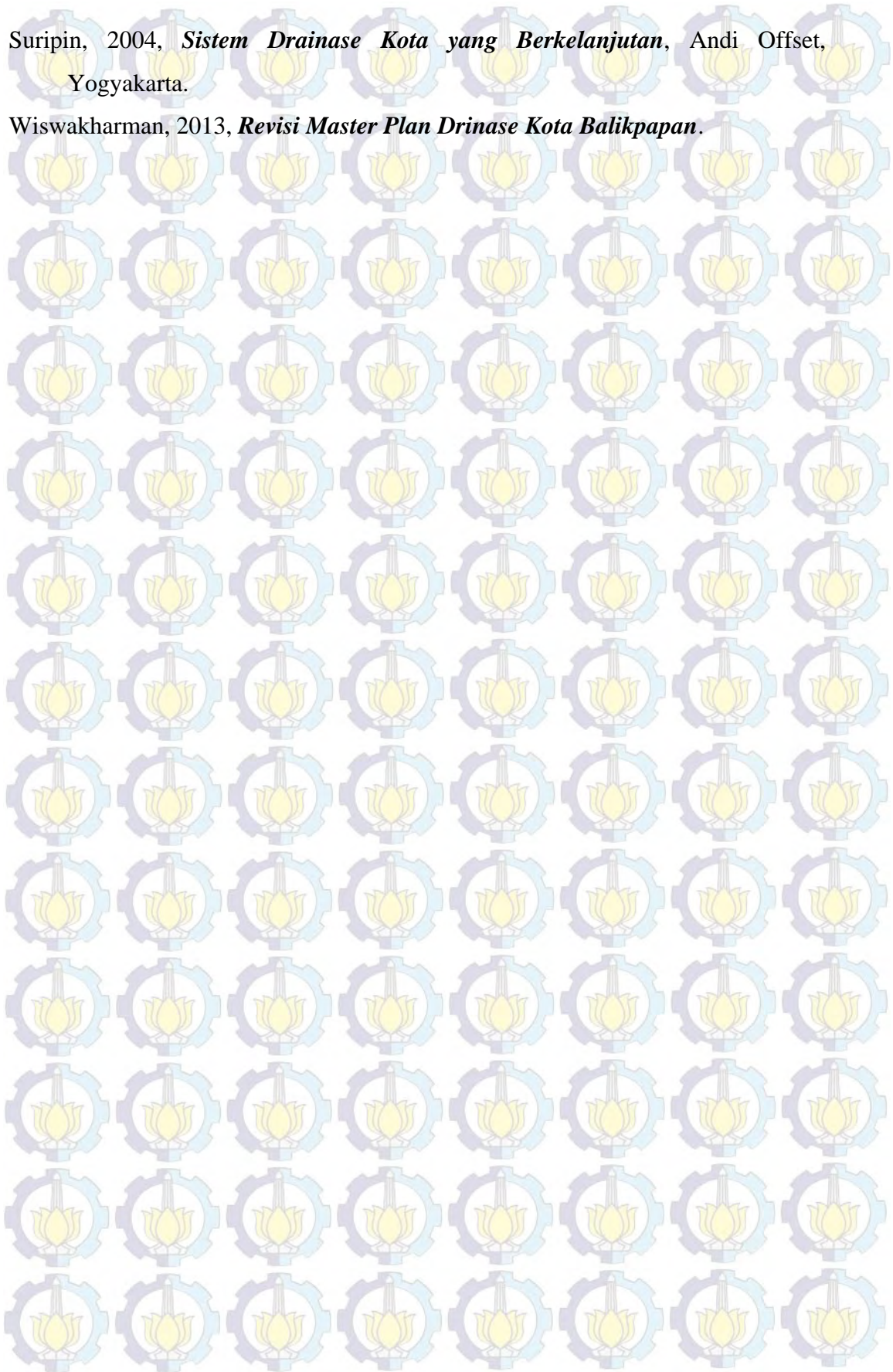
Siswoko, 2002, *Masalah Banjir dan Upaya Mengatasinya*. Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, Jakarta.

Soewarno, 1995, *Hidrologi "Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data"*, Nova, Bandung.

Sosrodarsono, 2006, *Hidrologi*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.

Suripin, 2004, *Sistem Drainase Kota yang Berkelanjutan*, Andi Offset,
Yogyakarta.

Wiswakharman, 2013, *Revisi Master Plan Drinase Kota Balikpapan*.

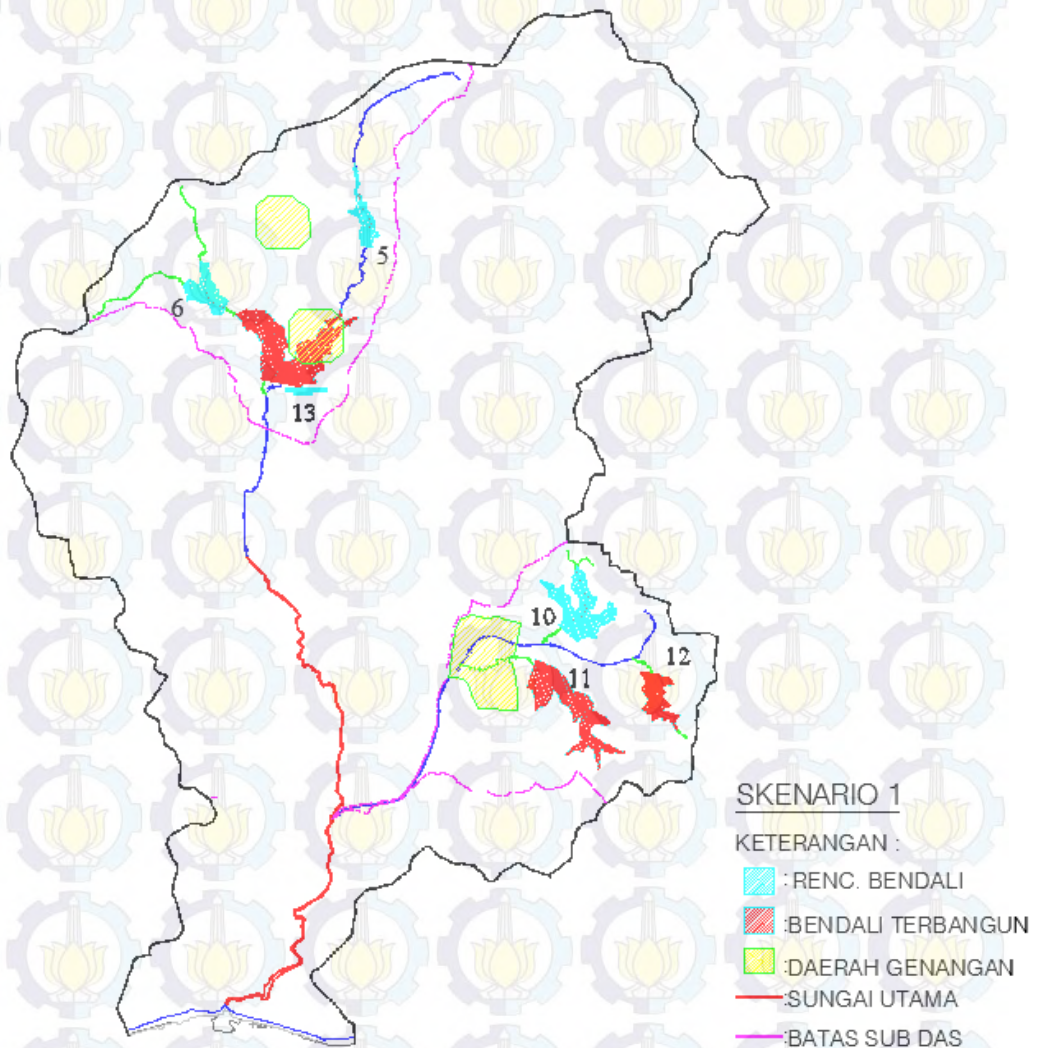


LAMPIRAN A

A. Letak dan Jumlah Bendali Tiap-Tiap Skenario

a. Skenario 1

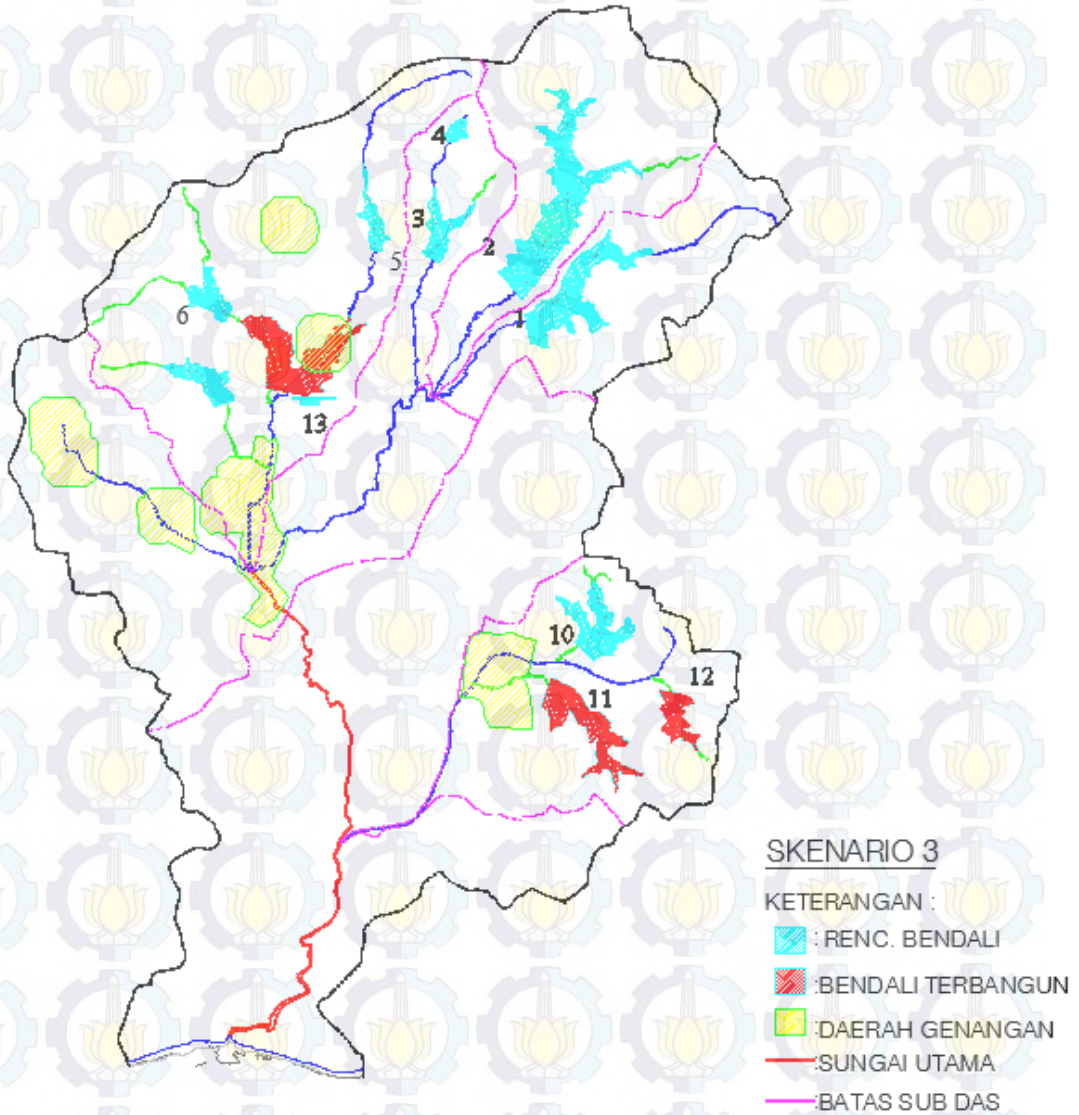
Skenario 1 terdiri dari 6 bendali, yaitu Bendali 5, 6, 10, 11, 12, 13 dengan lokasi sebagai berikut (gambar A.1).



Gambar A.1 Letak dan Jumlah Bendali Skenario 1

c. Skenario 3

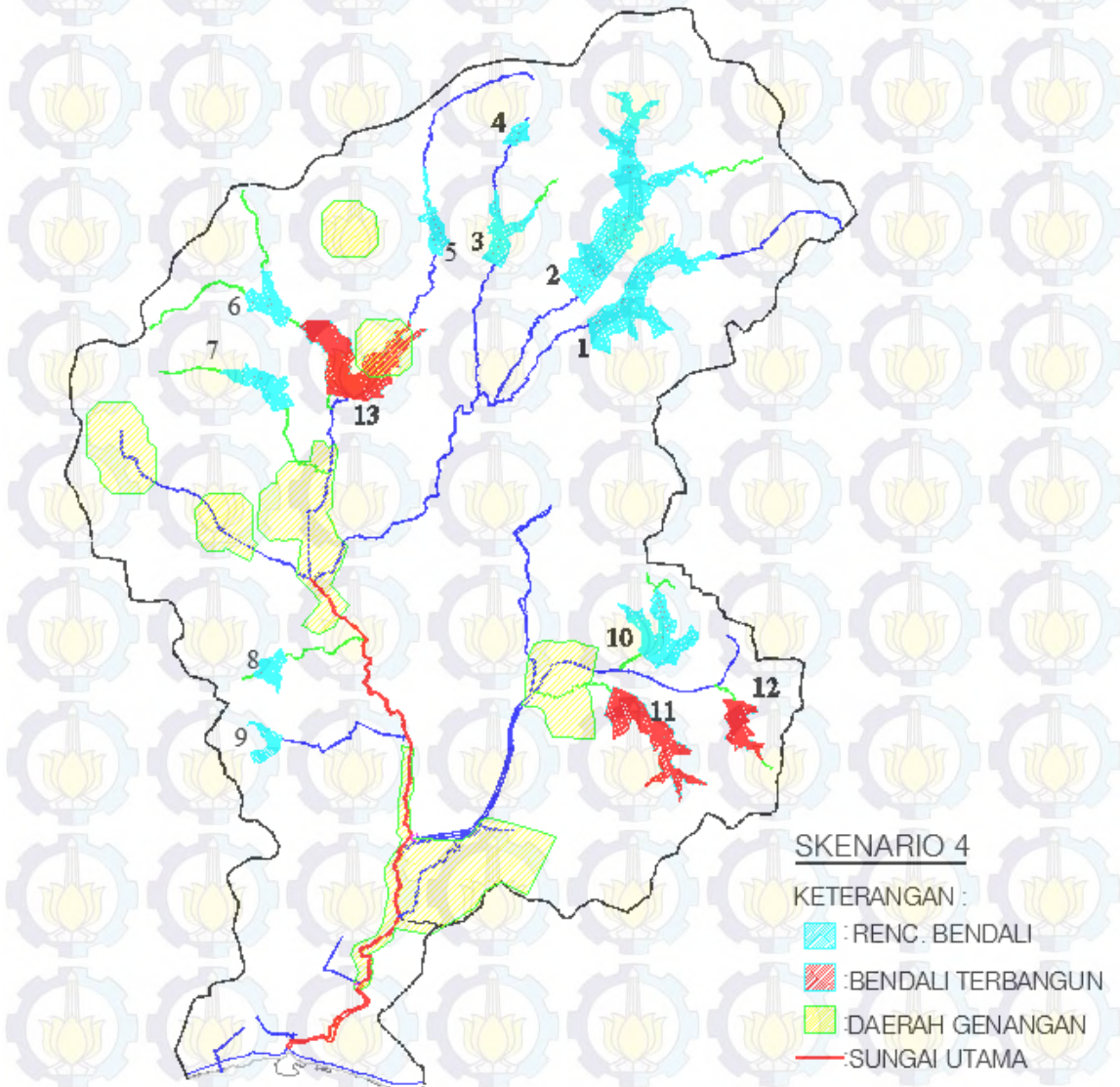
Skenario 3 terdiri dari 11 bendali, yaitu Bendali 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13 dengan lokasi sebagai berikut (gambar A.3).



Gambar A.3 Letak dan Jumlah Bendali Skenario 3

d. Skenario 4

Skenario 4 terdiri dari 13 bendali, yaitu Bendali 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 dengan lokasi sebagai berikut (gambar A.4).



Gambar A.4 Letak dan Jumlah Bendali Skenario 4

LAMPIRAN B

B. Nilai Absorpsi pada tiap Sub DAS Ampal

Tabel B. 1 Perhitungan Nilai % Absorpsi Pada Sub DAS 1

No	Jenis Ruang	Luas		Impervious (%)
		(km ²)	%	
1	Konservasi alam	0.22	11.33	0
2	Permukiman	0.99	50.77	65
3	Perumahan	0.16	8.22	65
4	Komersial	0.08	3.95	85
5	Kawasan industri	0.17	8.72	72
6	Kawasan wisata	0.02	1.04	0
7	Kawasan militer	0.01	0.33	20
8	Kawasan sektoral	0.22	11.46	20
9	Kawasan Khusus	0.07	3.48	20
10	Sarana dan prasarana	0.01	0.70	20
	Total	1.95	100.00	51.17

Sumber : Perhitungan

Tabel B. 2 Perhitungan Nilai % Absorpsi Pada Sub DAS 2

No	Jenis Ruang	Luas		Impervious (%)
		(km ²)	%	
1	Konservasi alam	0.31	11.33	0
2	Permukiman	1.39	50.27	65
3	Perumahan	0.23	8.22	65
4	Komersial	0.11	3.95	85
5	Kawasan industri	0.24	8.72	72
6	Kawasan wisata	0.03	1.04	0
7	Kawasan militer	0.01	0.33	20
8	Kawasan sektoral	0.32	11.46	20
9	Kawasan Khusus	0.10	3.48	20
10	Sarana dan prasarana	0.03	1.20	20
	Total	2.76	100.00	50.95

Sumber : Perhitungan

Tabel B. 3 Perhitungan Nilai % Absorpsi Pada Sub DAS 3

No	Jenis Ruang	Luas		Impervious
		(km ²)	%	(%)
1	Konservasi alam	0.18	11.33	0
2	Permukiman	0.80	50.60	65
3	Perumahan	0.13	8.22	65
4	Komersial	0.06	3.95	85
5	Kawasan industri	0.14	8.72	72
6	Kawasan wisata	0.02	1.04	0
7	Kawasan militer	0.00	0.00	20
8	Kawasan sektoral	0.18	11.46	20
9	Kawasan Khusus	0.06	3.48	20
10	Sarana dan prasarana	0.02	1.20	20
Total		1.59	100.00	51.10

Sumber : Perhitungan

Tabel B. 4 Perhitungan Nilai % Absorpsi Pada Sub DAS 4

No	Jenis Ruang	Luas		Impervious
		(km ²)	%	(%)
1	Konservasi alam	0.13	12.63	0
2	Permukiman	0.51	49.30	65
3	Perumahan	0.08	8.22	65
4	Komersial	0.04	3.95	85
5	Kawasan industri	0.09	8.72	72
6	Kawasan wisata	0.01	1.04	0
7	Kawasan militer	0.00	0.00	20
8	Kawasan sektoral	0.12	11.46	20
9	Kawasan Khusus	0.04	3.48	20
10	Sarana dan prasarana	0.01	1.20	20
Total		1.02	100.00	50.25

Sumber : Perhitungan

Tabel B. 5 Perhitungan Nilai % Absorpsi Pada Sub DAS 5

No	Jenis Ruang	Luas		Impervious (%)
		(km ²)	%	
1	Konservasi alam	0.22	12.00	0
2	Permukiman	0.89	49.30	65
3	Perumahan	0.15	8.22	65
4	Komersial	0.07	3.95	85
5	Kawasan industri	0.16	8.72	72
6	Kawasan wisata	0.03	1.68	0
7	Kawasan militer	0.00	0.00	20
8	Kawasan sektoral	0.21	11.46	20
9	Kawasan Khusus	0.06	3.48	20
10	Sarana dan prasarana	0.02	1.20	20
	Total	1.81	100.01	50.25

Sumber : Perhitungan

Tabel B. 6 Perhitungan Nilai % Absorpsi Pada Sub DAS 6

No	Jenis Ruang	Luas		Impervious (%)
		(km ²)	%	
1	Konservasi alam	0.47	22.10	0
2	Permukiman	0.85	40.00	65
3	Perumahan	0.18	8.22	65
4	Komersial	0.08	3.95	85
5	Kawasan industri	0.19	8.72	72
6	Kawasan wisata	0.02	1.04	0
7	Kawasan militer	0.01	0.33	20
8	Kawasan sektoral	0.24	11.46	20
9	Kawasan Khusus	0.07	3.48	20
10	Sarana dan prasarana	0.01	0.70	20
	Total	2.14	100.00	44.17

Sumber : Perhitungan

Tabel B. 7 Perhitungan Nilai % Absorpsi Pada Sub DAS 7

No	Jenis Ruang	Luas		Impervious
		(km ²)	%	(%)
1	Konservasi alam	0.22	20.10	0
2	Permukiman	0.47	42.00	65
3	Perumahan	0.09	8.22	65
4	Komersial	0.04	3.95	85
5	Kawasan industri	0.10	8.72	72
6	Kawasan wisata	0.01	1.04	0
7	Kawasan militer	0.00	0.33	20
8	Kawasan sektoral	0.13	11.46	20
9	Kawasan Khusus	0.04	3.48	20
10	Sarana dan prasarana	0.01	0.70	20
Total		1.11	100.00	45.47

Sumber : Perhitungan

Tabel B. 8 Perhitungan Nilai % Absorpsi Pada Sub DAS 8

No	Jenis Ruang	Luas		Impervious
		(km ²)	%	(%)
1	Konservasi alam	0.41	17.10	0
2	Permukiman	0.83	35.00	65
3	Perumahan	0.36	15.22	65
4	Komersial	0.17	6.95	85
5	Kawasan industri	0.21	8.72	72
6	Kawasan wisata	0.02	1.04	0
7	Kawasan militer	0.01	0.33	20
8	Kawasan sektoral	0.27	11.46	20
9	Kawasan Khusus	0.08	3.48	20
10	Sarana dan prasarana	0.02	0.70	20
Total		2.38	100.00	48.02

Sumber : Perhitungan

Tabel B. 9 Perhitungan Nilai % Absorpsi Pada Sub DAS 9

No	Jenis Ruang	Luas		Impervious
		(km ²)	%	(%)
1	Konservasi alam	0.44	17.10	0
2	Permukiman	0.91	35.00	65
3	Perumahan	0.39	15.22	65
4	Komersial	0.18	6.95	85
5	Kawasan industri	0.28	10.72	72
6	Kawasan wisata	0.03	1.04	0
7	Kawasan militer	0.00	0.00	20
8	Kawasan sektoral	0.25	9.46	20
9	Kawasan Khusus	0.09	3.48	20
10	Sarana dan prasarana	0.03	1.03	20
	Total	2.59	100.00	49.06

Sumber : Perhitungan

Tabel B. 10 Perhitungan Nilai % Absorpsi Pada Sub DAS 10

No	Jenis Ruang	Luas		Impervious
		(km ²)	%	(%)
1	Konservasi alam	0.18	17.10	0
2	Permukiman	0.39	37.00	65
3	Perumahan	0.16	15.22	65
4	Komersial	0.05	4.95	85
5	Kawasan industri	0.11	10.72	72
6	Kawasan wisata	0.01	1.04	0
7	Kawasan militer	0.00	0.00	20
8	Kawasan sektoral	0.10	9.46	20
9	Kawasan Khusus	0.04	3.48	20
10	Sarana dan prasarana	0.01	1.03	20
	Total	1.05	100.00	48.66

Sumber : Perhitungan

Tabel B. 11 Perhitungan Nilai % Absorpsi Pada Sub DAS 11

No	Jenis Ruang	Luas		Impervious
		(km ²)	%	(%)
1	Konservasi alam	0.05	18.10	0
2	Permukiman	0.10	40.00	65
3	Perumahan	0.03	12.22	65
4	Komersial	0.01	3.95	85
5	Kawasan industri	0.02	8.72	72
6	Kawasan wisata	0.00	1.04	0
7	Kawasan militer	0.00	0.33	20
8	Kawasan sektoral	0.03	11.46	20
9	Kawasan Khusus	0.01	3.48	20
10	Sarana dan prasarana	0.00	0.70	20
Total		0.25	100.00	46.77

Sumber : Perhitungan

Tabel B. 12 Perhitungan Nilai % Absorpsi Pada Sub DAS 12

No	Jenis Ruang	Luas		Impervious
		(km ²)	%	(%)
1	Konservasi alam	0.05	16.10	0
2	Permukiman	0.13	40.00	65
3	Perumahan	0.05	14.22	65
4	Komersial	0.01	3.95	85
5	Kawasan industri	0.03	8.72	72
6	Kawasan wisata	0.00	1.04	0
7	Kawasan militer	0.00	0.33	20
8	Kawasan sektoral	0.04	11.46	20
9	Kawasan Khusus	0.01	3.48	20
10	Sarana dan prasarana	0.00	0.70	20
Total		0.32	100.00	48.07

Sumber : Perhitungan

Tabel B. 13 Perhitungan Nilai % Absorpsi Pada Sub DAS 13

No	Jenis Ruang	Luas		Impervious
		(km ²)	%	(%)
1	Konservasi alam	0.07	16.10	0
2	Permukiman	0.17	40.00	65
3	Perumahan	0.06	14.22	65
4	Komersial	0.02	3.95	85
5	Kawasan industri	0.03	6.72	72
6	Kawasan wisata	0.00	1.04	0
7	Kawasan militer	0.00	0.33	20
8	Kawasan sektoral	0.05	11.46	20
9	Kawasan Khusus	0.02	3.48	20
10	Sarana dan prasarana	0.01	2.70	20
	Total	0.43	100.00	47.03

Sumber : Perhitungan

Tabel B. 14 Perhitungan Nilai % Absorpsi Pada Sub DAS 14

No	Jenis Ruang	Luas		Impervious
		(km ²)	%	(%)
1	Konservasi alam	0.16	16.10	0
2	Permukiman	0.39	40.00	65
3	Perumahan	0.14	14.22	65
4	Komersial	0.04	3.95	85
5	Kawasan industri	0.07	6.72	72
6	Kawasan wisata	0.02	2.04	0
7	Kawasan militer	0.00	0.33	20
8	Kawasan sektoral	0.10	10.46	20
9	Kawasan Khusus	0.03	3.48	20
10	Sarana dan prasarana	0.03	2.70	20
	Total	0.98	100.00	46.83

Sumber : Perhitungan

Tabel B. 15 Perhitungan Nilai % Absorpsi Pada Sub DAS 15

No	Jenis Ruang	Luas		Impervious
		(km ²)	%	(%)
1	Konservasi alam	0.19	16.60	0
2	Permukiman	0.44	39.50	65
3	Perumahan	0.16	14.22	65
4	Komersial	0.04	3.95	85
5	Kawasan industri	0.08	6.72	72
6	Kawasan wisata	0.02	2.04	0
7	Kawasan militer	0.00	0.33	20
8	Kawasan sektoral	0.12	10.46	20
9	Kawasan Khusus	0.04	3.48	20
10	Sarana dan prasarana	0.03	2.70	20
	Total	1.12	100.00	46.51

Sumber : Perhitungan

Tabel B. 16 Perhitungan Nilai % Absorpsi Pada Sub DAS 16

No	Jenis Ruang	Luas		Impervious
		(km ²)	%	(%)
1	Konservasi alam	0.09	18.10	0
2	Permukiman	0.17	35.00	65
3	Perumahan	0.06	12.22	65
4	Komersial	0.02	3.95	85
5	Kawasan industri	0.04	8.72	72
6	Kawasan wisata	0.01	1.04	0
7	Kawasan militer	0.00	0.33	20
8	Kawasan sektoral	0.06	11.46	20
9	Kawasan Khusus	0.02	3.48	20
10	Sarana dan prasarana	0.03	5.70	20
	Total	0.48	100.00	44.52

Sumber : Perhitungan

Tabel B. 17 Perhitungan Nilai % Absorpsi Pada Sub DAS 17

No	Jenis Ruang	Luas		Impervious (%)
		(km ²)	%	
1	Konservasi alam	0.15	18.10	0
2	Permukiman	0.27	33.00	65
3	Perumahan	0.10	12.22	65
4	Komersial	0.03	3.95	85
5	Kawasan industri	0.07	8.72	72
6	Kawasan wisata	0.01	1.04	0
7	Kawasan militer	0.02	2.33	20
8	Kawasan sektoral	0.09	11.46	20
9	Kawasan Khusus	0.03	3.48	20
10	Sarana dan prasarana	0.05	5.70	20
Total		0.82	100.00	43.62

Sumber : Perhitungan

Tabel B. 18 Perhitungan Nilai % Absorpsi Pada Sub DAS 18

No	Jenis Ruang	Luas		Impervious (%)
		(km ²)	%	
1	Konservasi alam	0.14	18.10	0
2	Permukiman	0.25	33.00	65
3	Perumahan	0.09	12.22	65
4	Komersial	0.03	3.95	85
5	Kawasan industri	0.07	8.72	72
6	Kawasan wisata	0.02	2.04	0
7	Kawasan militer	0.02	2.33	20
8	Kawasan sektoral	0.08	10.46	20
9	Kawasan Khusus	0.03	3.48	20
10	Sarana dan prasarana	0.04	5.70	20
Total		0.76	100.00	43.42

Sumber : Perhitungan

Tabel B. 19 Perhitungan Nilai % Absorpsi Pada Sub DAS 19

No	Jenis Ruang	Luas		Impervious
		(km ²)	%	(%)
1	Konservasi alam	0.16	18.10	0
2	Permukiman	0.29	33.00	65
3	Perumahan	0.11	12.22	65
4	Komersial	0.03	3.95	85
5	Kawasan industri	0.08	8.72	72
6	Kawasan wisata	0.03	3.04	0
7	Kawasan militer	0.02	2.33	20
8	Kawasan sektoral	0.08	9.46	20
9	Kawasan Khusus	0.03	3.48	20
10	Sarana dan prasarana	0.05	5.70	20
Total		0.88	100.00	43.22

Sumber : Perhitungan

Tabel B. 20 Perhitungan Nilai % Absorpsi Pada Sub DAS 20

No	Jenis Ruang	Luas		Impervious
		(km ²)	%	(%)
1	Konservasi alam	0.11	18.10	0
2	Permukiman	0.20	33.00	65
3	Perumahan	0.07	12.22	65
4	Komersial	0.03	4.95	85
5	Kawasan industri	0.05	7.72	72
6	Kawasan wisata	0.02	3.04	0
7	Kawasan militer	0.01	2.33	20
8	Kawasan sektoral	0.06	9.46	20
9	Kawasan Khusus	0.02	3.48	20
10	Sarana dan prasarana	0.03	5.70	20
Total		0.60	100.00	43.35

Sumber : Perhitungan

Tabel B. 21 Perhitungan Nilai % Absorpsi Pada Sub DAS 21

No	Jenis Ruang	Luas		Impervious
		(km ²)	%	(%)
1	Konservasi alam	0.01	11.33	0
2	Permukiman	0.03	50.77	65
3	Perumahan	0.01	8.22	65
4	Komersial	0.00	3.95	85
5	Kawasan industri	0.01	8.72	72
6	Kawasan wisata	0.00	1.04	0
7	Kawasan militer	0.00	0.33	20
8	Kawasan sektoral	0.01	11.46	20
9	Kawasan Khusus	0.00	3.58	20
10	Sarana dan prasarana	0.00	0.60	20
	Total	0.06	100.00	51.17

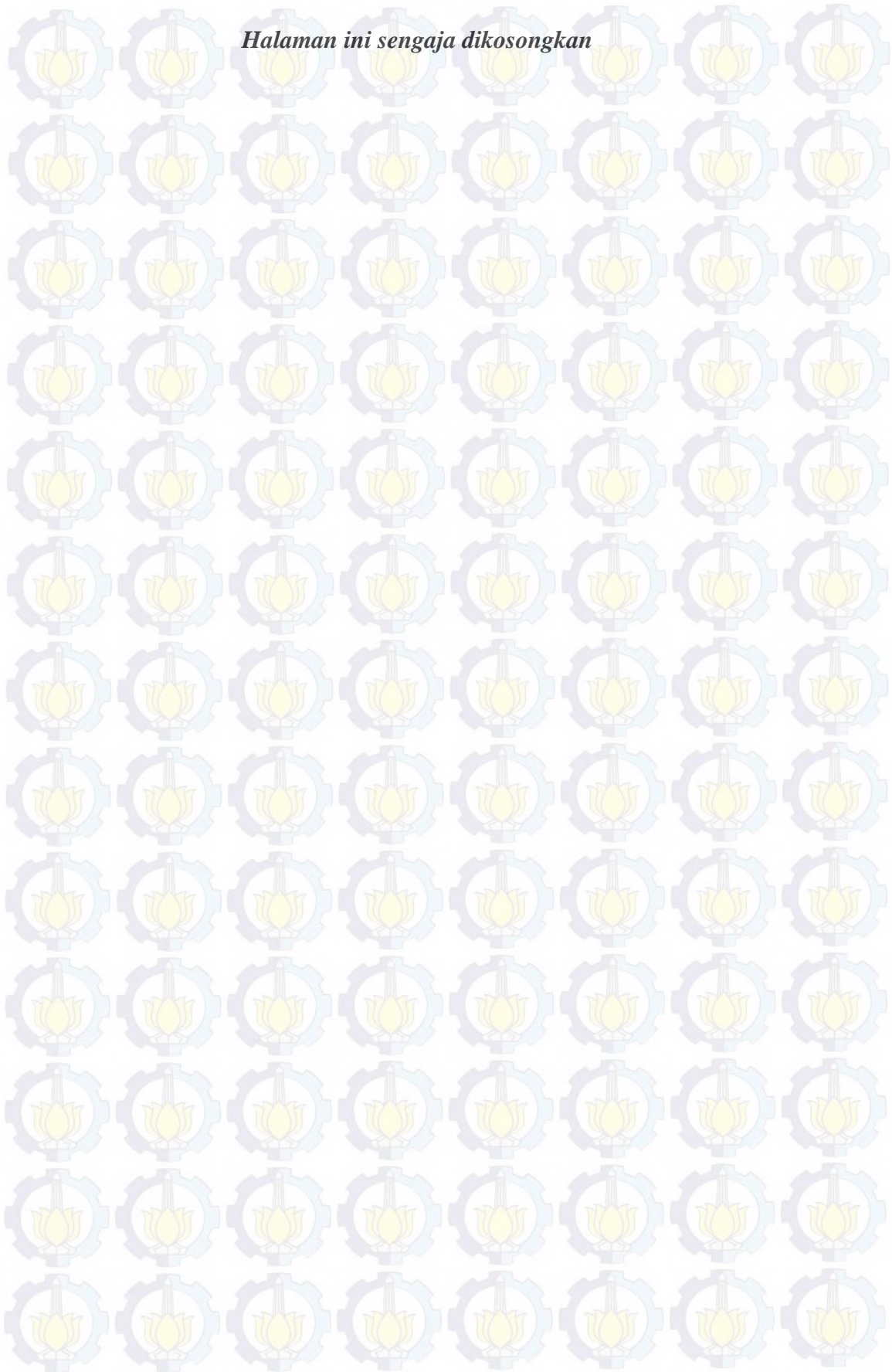
Sumber : Perhitungan

Tabel B. 22 Perhitungan Nilai % Absorpsi Pada Sub DAS 22

No	Jenis Ruang	Luas		Impervious
		(km ²)	%	(%)
1	Konservasi alam	0.02	11.33	0
2	Permukiman	0.08	50.27	65
3	Perumahan	0.01	8.22	65
4	Komersial	0.01	3.95	85
5	Kawasan industri	0.01	8.22	72
6	Kawasan wisata	0.00	1.04	0
7	Kawasan militer	0.00	0.83	20
8	Kawasan sektoral	0.02	11.46	20
9	Kawasan Khusus	0.01	3.48	20
10	Sarana dan prasarana	0.00	1.20	20
	Total	0.16	100.00	50.69

Sumber : Perhitungan

Halaman ini sengaja dikosongkan



LAMPIRAN C

C. Data Bangunan Pengendali Banjir (Bendali) DAS Ampal

a. Data Bendali 1

Volume Genangan : 643000 m³

Luas Genangan : 199100 m²

El. Puncak Spillway : +22.50

El. Dasar Bendung : +16.25

Lebar Spillway : 4.72 m

Tabel C.1 Volume Komulatif Bendali 1

Tinggi (m)	Elevasi (m)	Luas (m ²)	Volume (m ³)	Volume Komulatif (m ³)
0.00	22.50	199100.000	0.000	0.000
0.25	22.75	207585.365	51896.341	51896.341
0.50	23.00	216070.730	108035.365	159931.706
0.75	23.25	224556.095	168417.071	328348.778
1.00	23.50	233041.460	233041.460	561390.238
1.25	23.75	241526.825	301908.531	863298.769
1.50	24.00	250012.190	375018.285	1238317.054
1.75	24.25	258497.555	452370.721	1690687.775
2.00	24.50	266982.920	533965.840	2224653.615
2.25	24.75	275468.285	619803.641	2844457.256
2.50	25.00	283953.650	709884.125	3554341.381

Sumber : Perhitungan

Tabel C.2 Debit Outflow dan Tampungan Bendali 1

Elevasi (m)	H (m)	C	Q ₀	Storage		S+Δt.Q/2 (10 ³)	S-Δt.Q/2 (10 ³)
			(m ³ /det)	(m ³)	(1000 m ³)		
22.50	0.00	1.834	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
22.75	0.25	1.830	1.080	51896.341	51.896	51.929	51.864
23.00	0.50	1.826	3.047	159931.706	159.932	160.023	159.840
23.25	0.75	1.822	5.585	328348.778	328.349	328.516	328.181
23.50	1.00	1.818	8.579	561390.238	561.390	561.648	561.133
23.75	1.25	1.814	11.963	863298.769	863.299	863.658	862.940
24.00	1.50	1.810	15.691	1238317.054	1238.317	1238.788	1237.846
24.25	1.75	1.806	19.729	1690687.775	1690.688	1691.280	1690.096

Lanjutan Tabel B.2

Elevasi (m)	H (m)	C	Q ₀	Storage		S+Δt.Q/2 (10 ³)	S-Δt.Q/2 (10 ³)
			(m ³ /det)	(m ³)	(1000 m ³)		
24.50	2.00	1.802	24.051	2224653.615	2224.654	2225.375	2223.932
24.75	2.25	1.797	28.634	2844457.256	2844.457	2845.316	2843.598
25.00	2.50	1.793	33.462	3554341.381	3554.341	3555.345	3553.338

Sumber : Perhitungan

b. Data Bendali 2Volume Genangan : 1294000 m³Luas Genangan : 342600 m²

El. Puncak Spillway : +22.50

El. Dasar Bendung : +15.00

Lebar Spillway : 4.72 m

Tabel C.3 Volume Komulatif Bendali 2

Tinggi (m)	Elevasi (m)	Luas (m ²)	Volume (m ³)	Volume Komulatif (m ³)
0.00	22.50	342600.000	0.000	0.000
0.25	22.75	318548.530	79637.132	79637.132
0.50	23.00	294497.060	147248.530	226885.663
0.75	23.25	270445.590	202834.193	429719.855
1.00	23.50	246394.120	246394.120	676113.975
1.25	23.75	222342.650	277928.313	954042.287
1.50	24.00	198291.180	297436.770	1251479.058
1.75	24.25	174239.710	304919.492	1556398.550
2.00	24.50	150188.240	300376.480	1856775.030
2.25	24.75	126136.770	283807.732	2140582.763
2.50	25.00	102085.300	255213.250	2395796.013

Sumber : Perhitungan

Tabel C.4 Debit Outflow dan Tampungn Bendali 2

Elevasi (m)	H (m)	C	Q ₀	Storage		S+Δt.Q/2 (10 ³)	S-Δt.Q/2 (10 ³)
			(m ³ /det)	(m ³)	(1000 m ³)		
22.50	0.00	1.834	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
22.75	0.25	1.830	1.080	79637.132	79.637	79.670	79.605
23.00	0.50	1.826	3.047	226885.663	226.886	226.977	226.794
23.25	0.75	1.822	5.585	429719.855	429.720	429.887	429.552
23.50	1.00	1.818	8.579	676113.975	676.114	676.371	675.857
23.75	1.25	1.814	11.963	954042.287	954.042	954.401	953.683
24.00	1.50	1.810	15.691	1251479.058	1251.479	1251.950	1251.008
24.25	1.75	1.806	19.729	1556398.550	1556.399	1556.990	1555.807
24.50	2.00	1.802	24.051	1856775.030	1856.775	1857.497	1856.054
24.75	2.25	1.797	28.634	2140582.763	2140.583	2141.442	2139.724
25.00	2.50	1.793	33.462	2395796.013	2395.796	2396.800	2394.792

Sumber : Perhitungan

c. Data Bendali 3

Volume Genangan : 145000 m³

Luas Genangan : 61900 m²

El. Puncak Spillway : +22.50

El. Dasar Bendung : +18.75

Lebar Spillway : 4.72 m

Tabel C.5 Volume Komulatif Bendali 3

Tinggi (m)	Elevasi (m)	Luas (m ²)	Volume (m ³)	Volume Komulatif (m ³)
0.00	22.50	61900.000	0.000	0.000
0.25	22.75	81529.159	20382.290	20382.290
0.50	23.00	101158.318	50579.159	70961.449
0.75	23.25	120787.477	90590.608	161552.057
1.00	23.50	140416.636	140416.636	301968.693
1.25	23.75	160045.795	200057.244	502025.936
1.50	24.00	179674.954	269512.431	771538.367
1.75	24.25	199304.113	348782.198	1120320.565
2.00	24.50	218933.272	437866.544	1558187.109
2.25	24.75	238562.431	536765.470	2094952.579
2.50	25.00	258191.590	645478.975	2740431.554

Sumber : Perhitungan

Tabel C.6 Debit Outflow dan Tampungannya Bendali 3

Elevasi (m)	H (m)	C	Q ₀	Storage		S+Δt.Q/2 (10 ³)	S-Δt.Q/2 (10 ³)
			(m ³ /det)	(m ³)	(1000 m ³)		
22.50	0.00	1.834	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
22.75	0.25	1.830	1.080	20382.290	20.382	20.415	20.350
23.00	0.50	1.826	3.047	70961.449	70.961	71.053	70.870
23.25	0.75	1.822	5.585	161552.057	161.552	161.720	161.385
23.50	1.00	1.818	8.579	301968.693	301.969	302.226	301.711
23.75	1.25	1.814	11.963	502025.936	502.026	502.385	501.667
24.00	1.50	1.810	15.691	771538.367	771.538	772.009	771.068
24.25	1.75	1.806	19.729	1120320.565	1120.321	1120.912	1119.729
24.50	2.00	1.802	24.051	1558187.109	1558.187	1558.909	1557.466
24.75	2.25	1.797	28.634	2094952.579	2094.953	2095.812	2094.094
25.00	2.50	1.793	33.462	2740431.554	2740.432	2741.435	2739.428

Sumber : Perhitungan

d. Data Bendali 4

Volume Genangan : 68000 m³

Luas Genangan : 18100 m²

El. Puncak Spillway : +37.50

El. Dasar Bendung : +30.00

Lebar Spillway : 4.72 m

Tabel C.7 Volume Kumulatif Bendali 4

Tinggi (m)	Elevasi (m)	Luas (m ²)	Volume (m ³)	Volume Kumulatif (m ³)
0.00	37.50	18100.000	0.000	0.000
0.25	37.75	18812.288	4703.072	4703.072
0.50	38.00	19524.576	9762.288	14465.360
0.75	38.25	20236.864	15177.648	29643.008
1.00	38.50	20949.152	20949.152	50592.160
1.25	38.75	21661.440	27076.800	77668.960
1.50	39.00	22373.728	33560.592	111229.552
1.75	39.25	23086.016	40400.528	151630.080
2.00	39.50	23798.304	47596.608	199226.688
2.25	39.75	24510.592	55148.832	254375.520
2.50	40.00	25222.880	63057.200	317432.720

Sumber : Perhitungan

Tabel C.8 Debit Outflow dan Tampungannya Bendali 4

Elevasi (m)	H (m)	C	Q0	Storage		S+Δt.Q/2 (10 ³)	S-Δt.Q/2 (10 ³)
			(m ³ /det)	(m ³)	(1000 m ³)		
37.50	0.00	1.593	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
37.75	0.25	1.589	0.937	4703.072	4.703	4.731	4.675
38.00	0.50	1.585	2.644	14465.360	14.465	14.545	14.386
38.25	0.75	1.581	4.846	29643.008	29.643	29.788	29.498
38.50	1.00	1.577	7.442	50592.160	50.592	50.815	50.369
38.75	1.25	1.573	10.374	77668.960	77.669	77.980	77.358
39.00	1.50	1.569	13.602	111229.552	111.230	111.638	110.821
39.25	1.75	1.565	17.097	151630.080	151.630	152.143	151.117
39.50	2.00	1.561	20.834	199226.688	199.227	199.852	198.602
39.75	2.25	1.557	24.797	254375.520	254.376	255.119	253.632
40.00	2.50	1.553	28.968	317432.720	317.433	318.302	316.564

Sumber : Perhitungan

e. Data Bendali 5

Volume Genangan : 49000 m³

Luas Genangan : 38000 m²

El. Puncak Spillway : +20.00

El. Dasar Bendung : +17.50

Lebar Spillway : 4.72 m

Tabel C.9 Volume Kumulatif Bendali 5

Tinggi (m)	Elevasi (m)	Luas (m ²)	Volume (m ³)	Volume Kumulatif (m ³)
0.00	20.00	38000.000	0.000	0.000
0.25	20.25	43251.473	10812.868	10812.868
0.50	20.50	48502.945	24251.473	35064.341
0.75	20.75	53754.418	40315.813	75380.154
1.00	21.00	59005.890	59005.890	134386.044
1.25	21.25	64257.363	80321.703	214707.747
1.50	21.50	69508.835	104263.253	318970.999

Sumber : Perhitungan

Tabel C.10 Debit Outflow dan Tampungannya Bendali 5

Elevasi (m)	H (m)	C	Q ₀	Storage		S+Δt.Q/2 (10 ³)	S-Δt.Q/2 (10 ³)
			(m ³ /det)	(m ³)	(1000 m ³)		
20.00	0.00	1.660	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20.25	0.25	1.653	0.975	10812.868	10.813	10.842	10.784
20.50	0.50	1.646	2.747	35064.341	35.064	35.147	34.982
20.75	0.75	1.639	5.026	75380.154	75.380	75.531	75.229
21.00	1.00	1.633	7.707	134386.044	134.386	134.617	134.155
21.25	1.25	1.626	10.726	214707.747	214.708	215.030	214.386
21.50	1.50	1.619	14.042	318970.999	318.971	319.392	318.550

Sumber : Perhitungan

f. Data Bendali 6

Volume Genangan : 45000 m³

Luas Genangan : 56700 m²

El. Puncak Spillway : +15.00

El. Dasar Bendung : +13.75

Lebar Spillway : 4.72 m

Tabel C.11 Volume Kumulatif Bendali 6

Tinggi (m)	Elevasi (m)	Luas (m ²)	Volume (m ³)	Volume Kumulatif (m ³)
0.00	15.00	56700.000	0.000	0.000
0.25	15.25	62162.986	15540.746	15540.746
0.50	15.50	67625.972	33812.986	49353.732
0.75	15.75	73088.957	54816.718	104170.450
1.00	16.00	78551.943	78551.943	182722.393
1.25	16.25	84014.929	105018.661	287741.054
1.50	16.50	89477.915	134216.872	421957.926

Sumber : Perhitungan

Tabel C.12 Debit Outflow dan Tampungn Bendali 6

Elevasi (m)	H (m)	C	Q ₀	Storage		S+Δt.Q/2 (10 ³)	S-Δt.Q/2 (10 ³)
			(m ³ /det)	(m ³)	(1000 m ³)		
15.00	0.00	1.793	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15.25	0.25	1.787	1.054	15540.746	15.541	15.572	15.509
15.50	0.50	1.780	2.971	49353.732	49.354	49.443	49.265
15.75	0.75	1.773	5.437	104170.450	104.170	104.334	104.007
16.00	1.00	1.767	8.339	182722.393	182.722	182.973	182.472
16.25	1.25	1.760	11.609	287741.054	287.741	288.089	287.393
16.50	1.50	1.753	15.203	421957.926	421.958	422.414	421.502

Sumber : Perhitungan

g. Data Bendali 7

Volume Genangan : 133000 m³

Luas Genangan : 66800 m²

El. Puncak Spillway : +15.00

El. Dasar Bendung : +11.25

Lebar Spillway : 4.72 m

Tabel C.13 Volume Komulatif Bendali 7

Tinggi (m)	Elevasi (m)	Luas (m ²)	Volume (m ³)	Volume Komulatif (m ³)
0.00	15.00	66800.000	0.000	0.000
0.20	15.20	69664.234	13932.847	13932.847
0.40	15.40	1025661.748	410264.699	424197.546
0.60	15.60	1006420.572	603852.343	1028049.889
0.80	15.80	987179.396	789743.517	1817793.406
1.00	16.00	967938.220	967938.220	2785731.626

Sumber : Perhitungan

Tabel C.14 Debit Outflow dan Tampungannya Bendali 7

Elevasi (m)	H (m)	C	Q ₀	Storage		S+Δt.Q/2	S-Δt.Q/2
			(m ³ /det)	(m ³)	(1000 m ³)	(10 ³)	(10 ³)
15.00	0.00	1.593	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15.20	0.20	1.585	0.669	13932.847	13.933	13.953	13.913
15.40	0.40	1.577	1.883	424197.546	424.198	424.254	424.141
15.60	0.60	1.569	3.441	1028049.889	1028.050	1028.153	1027.947
15.80	0.80	1.561	5.271	1817793.406	1817.793	1817.952	1817.635
16.00	1.00	1.553	7.328	2785731.626	2785.732	2785.951	2785.512

Sumber : Perhitungan

h. Data Bendali 8

Volume Genangan : 85000 m³

Luas Genangan : 32700 m²

El. Puncak Spillway : +17.50

El. Dasar Bendung : +12.50

Lebar Spillway : 4.72 m

Tabel C.15 Volume Kumulatif Bendali 8

Tinggi (m)	Elevasi (m)	Luas (m ²)	Volume (m ³)	Volume Kumulatif (m ³)
0.00	17.50	32700.000	0.000	0.000
0.25	17.75	33966.137	8491.534	8491.534
0.50	18.00	35232.275	17616.137	26107.672
0.75	18.25	36498.412	27373.809	53481.481
1.00	18.50	37764.549	37764.549	91246.030
1.25	18.75	39030.687	48788.358	140034.388
1.50	19.00	40296.824	60445.236	200479.624

Sumber : Perhitungan

Tabel C.16 Debit Outflow dan Tampungannya Bendali 8

Elevasi (m)	H (m)	C	Q ₀	Storage		S+Δt.Q/2 (10 ³)	S-Δt.Q/2 (10 ³)
			(m ³ /det)	(m ³)	(1000 m ³)		
17.50	0.00	1.726	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17.75	0.25	1.720	1.015	8491.534	8.492	8.522	8.461
18.00	0.50	1.713	2.859	26107.672	26.108	26.193	26.022
18.25	0.75	1.706	5.231	53481.481	53.481	53.638	53.325
18.50	1.00	1.700	8.022	91246.030	91.246	91.487	91.005
18.75	1.25	1.693	11.168	140034.388	140.034	140.369	139.699
19.00	1.50	1.686	14.622	200479.624	200.480	200.918	200.041

Sumber : Perhitungan

i. Data Bendali 9

Volume Genangan : 53000 m³

Luas Genangan : 27800 m²

El. Puncak Spillway : +17.50

El. Dasar Bendung : +13.75

Lebar Spillway : 4.72 m

Tabel C.17 Volume Komulatif Bendali 9

Tinggi (m)	Elevasi (m)	Luas (m ²)	Volume (m ³)	Volume Komulatif (m ³)
0.00	17.50	27800.000	0.000	0.000
0.25	17.75	29174.285	7293.571	7293.571
0.50	18.00	30548.569	15274.285	22567.856
0.75	18.25	31922.854	23942.141	46509.996
1.00	18.50	33297.139	33297.139	79807.135
1.25	18.75	34671.423	43339.279	123146.414
1.50	19.00	36045.708	54068.562	177214.976

Sumber : Perhitungan

Tabel C.18 Debit Outflow dan Tampungannya Bendali 9

Elevasi (m)	H (m)	C	Q ₀	Storage		S+Δt.Q/2 (10 ³)	S-Δt.Q/2 (10 ³)
			(m ³ /det)	(m ³)	(1000 m ³)		
17.50	0.00	1.726	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17.75	0.25	1.720	1.015	7293.571	7.294	7.324	7.263
18.00	0.50	1.713	2.859	22567.856	22.568	22.654	22.482
18.25	0.75	1.706	5.231	46509.996	46.510	46.667	46.353
18.50	1.00	1.700	8.022	79807.135	79.807	80.048	79.566
18.75	1.25	1.693	11.168	123146.414	123.146	123.481	122.811
19.00	1.50	1.686	14.622	177214.976	177.215	177.654	176.776

Sumber : Perhitungan

j. Data Bendali 10

Volume Genangan : 266000 m³

Luas Genangan : 113800 m²

El. Puncak Spillway : +17.50

El. Dasar Bendung : +12.50

Lebar Spillway : 4.72 m

Tabel C.19 Volume Kumulatif Bendali 10

Tinggi (m)	Elevasi (m)	Luas (m ²)	Volume (m ³)	Volume Kumulatif (m ³)
0.00	17.50	113800.000	0.000	0.000
0.25	17.75	118613.053	29653.263	29653.263
0.50	18.00	123426.106	61713.053	91366.316
0.75	18.25	128239.159	96179.369	187545.686
1.00	18.50	133052.212	133052.212	320597.898
1.25	18.75	137865.265	172331.581	492929.479
1.50	19.00	142678.318	214017.477	706946.956

Sumber : Perhitungan

Tabel C.20 Debit Outflow dan Tampungn Bendali 10

Elevasi (m)	H (m)	C	Q ₀	Storage		S+Δt.Q/2 (10 ³)	S-Δt.Q/2 (10 ³)
			(m ³ /det)	(m ³)	(1000 m ³)		
17.50	0.00	1.726	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17.75	0.25	1.720	1.015	29653.263	29.653	29.684	29.623
18.00	0.50	1.713	2.859	91366.316	91.366	91.452	91.281
18.25	0.75	1.706	5.231	187545.686	187.546	187.703	187.389
18.50	1.00	1.700	8.022	320597.898	320.598	320.839	320.357
18.75	1.25	1.693	11.168	492929.479	492.929	493.265	492.594
19.00	1.50	1.686	14.622	706946.956	706.947	707.386	706.508

Sumber : Perhitungan

k. Data Bendali 11

Volume Genangan : 424000 m³

Luas Genangan : 47900 m²

El. Puncak Spillway : +17.50

El. Dasar Bendung : +12.50

Lebar Spillway : 4.72 m

Tabel C.21 Volume Komulatif Bendali 11

Tinggi (m)	Elevasi (m)	Luas (m ²)	Volume (m ³)	Volume Komulatif (m ³)
0.00	17.50	47900.000	0.000	0.000
0.25	17.75	56667.733	14166.933	14166.933
0.50	18.00	65435.466	32717.733	46884.666
0.75	18.25	74203.199	55652.399	102537.066
1.00	18.50	82970.932	82970.932	185507.998
1.25	18.75	91738.665	114673.331	300181.329
1.50	19.00	100506.398	150759.597	450940.926

Sumber : Perhitungan

Tabel C.22 Debit Outflow dan Tampungannya Bendali 11

Elevasi (m)	H (m)	C	Q ₀	Storage		S+Δt.Q/2 (10 ³)	S-Δt.Q/2 (10 ³)
			(m ³ /det)	(m ³)	(1000 m ³)		
17.50	0.00	1.726	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17.75	0.25	1.720	1.015	14166.933	14.167	14.197	14.136
18.00	0.50	1.713	2.859	46884.666	46.885	46.970	46.799
18.25	0.75	1.706	5.231	102537.066	102.537	102.694	102.380
18.50	1.00	1.700	8.022	185507.998	185.508	185.749	185.267
18.75	1.25	1.693	11.168	300181.329	300.181	300.516	299.846
19.00	1.50	1.686	14.622	450940.926	450.941	451.380	450.502

Sumber : Perhitungan

I. Data Bendali 12

Volume Genangan : 150000 m³

Luas Genangan : 57400 m²

El. Puncak Spillway : +22.50

El. Dasar Bendung : +17.50

Lebar Spillway : 4.72 m

Tabel C.23 Volume Kumulatif Bendali 12

Tinggi (m)	Elevasi (m)	Luas (m ²)	Volume (m ³)	Volume Kumulatif (m ³)
0.00	22.50	57400.000	0.000	0.000
0.25	22.75	60360.260	15090.065	15090.065
0.50	23.00	63320.520	31660.260	46750.325
0.75	23.25	66280.780	49710.585	96460.910
1.00	23.50	69241.040	69241.040	165701.950
1.25	23.75	72201.300	90251.625	255953.575
1.50	24.00	75161.560	112742.340	368695.915

Sumber : Perhitungan

Tabel C.24 Debit Outflow dan Tampungn Bendali 12

Elevasi (m)	H (m)	C	Q ₀	Storage		S+Δt.Q/2 (10 ³)	S-Δt.Q/2 (10 ³)
			(m ³ /det)	(m ³)	(1000 m ³)		
22.50	0.00	1.593	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
22.75	0.25	1.586	0.936	15090.065	15.090	15.118	15.062
23.00	0.50	1.579	2.636	46750.325	46.750	46.829	46.671
23.25	0.75	1.573	4.821	96460.910	96.461	96.606	96.316
23.50	1.00	1.566	7.391	165701.950	165.702	165.924	165.480
23.75	1.25	1.559	10.286	255953.575	255.954	256.262	255.645
24.00	1.50	1.553	13.463	368695.915	368.696	369.100	368.292

Sumber : Perhitungan

m. Data Bendali 13

Volume Genangan : 726798 m³

Luas Genangan : 135000 m²

El. Puncak Spillway : +14.00

El. Dasar Bendung : +10.00

Lebar Spillway : 4.72 m

Tabel C.25 Volume Komulatif Bendali 13

Tinggi (m)	Elevasi (m)	Luas (m ²)	Volume (m ³)	Volume Komulatif (m ³)
0.00	14.00	135000.000	0.000	0.000
0.20	14.20	140752.872	28150.574	28150.574
0.40	14.40	146505.744	58602.298	86752.872
0.60	14.60	152258.616	91355.170	178108.042
0.80	14.80	158011.488	126409.190	304517.232
1.00	15.00	163764.360	163764.360	468281.592
1.20	15.20	169517.232	203420.678	671702.270
1.40	15.40	175270.104	245378.146	917080.416
1.60	15.60	181022.976	289636.762	1206717.178
1.80	15.80	186775.848	336196.526	1542913.704
2.00	16.00	192528.720	385057.440	1927971.144

Sumber : Perhitungan

Tabel C.26 Debit Outflow dan Tampungn Bendali 13

Elevasi (m)	H (m)	C	Q0	Storage		S+Δt.Q/2 (10 ³)	S-Δt.Q/2 (10 ³)
			(m ³ /det)	(m ³)	(1000 m ³)		
14.00	0.00	1.914	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
14.20	0.20	1.910	0.807	28150.574	28.151	28.175	28.126
14.40	0.40	1.906	2.276	86752.872	86.753	86.821	86.685
14.60	0.60	1.902	4.173	178108.042	178.108	178.233	177.983
14.80	0.80	1.898	6.411	304517.232	304.517	304.710	304.325
15.00	1.00	1.894	8.941	468281.592	468.282	468.550	468.013
15.20	1.20	1.890	11.728	671702.270	671.702	672.054	671.350
15.40	1.40	1.886	14.747	917080.416	917.080	917.523	916.638
15.60	1.60	1.882	17.979	1206717.178	1206.717	1207.257	1206.178
15.80	1.80	1.878	21.407	1542913.704	1542.914	1543.556	1542.271
16.00	2.00	1.874	25.019	1927971.144	1927.971	1928.722	1927.221

Sumber : Perhitungan

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di kota Kediri pada tanggal 09 Maret 1991, merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Dengan nama Rossana Margaret Kadar Yanti. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu TK Bhayangkara Balikpapan, SDN 024 Balikpapan, SLTPN 5 Balikpapan, dan SMAN 5 Balikpapan. Setelah lulus dari SMA penulis diterima di jurusan Teknik Sipil FTSP ITS Surabaya dan lulus pada tahun 2013. Kemudian melanjutkan studi Program Pascasarjana Bidang Manajemen dan Rekayasa Sumber Air di jurusan Teknik Sipil FTSP ITS Surabaya dan terdaftar dengan NRP 3113205007 pada tahun 2013 dan lulus pada tahun 2015.

Di Jurusan Teknik Sipil ini penulis mengambil Thesis pada Bidang Studi Hidroteknik khususnya tentang studi banjir dengan judul "Studi Pengaruh Fungsi Bangunan Pengendali Banjir (Bendali) Pada Pengurangan Debet Puncak Banjir di Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal Kota Balikpapan". Selama masa perkuliahan, penulis aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Sipil FSTP ITS, juga pernah mengikuti berbagai kegiatan kepanitiaan, seminar dan pelatihan yang diselenggarakan oleh Jurusan Teknik Sipil maupun Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Apabila pembaca ingin berkorespondensi dengan Penulis, dapat menghubungi melalui email : Rossa.margareth@gmail.com

Penulis



THESIS RC09-2399

**STUDI PENGARUH FUNGSI BANGUNAN PENGENDALI BANJIR
(BENDALI) PADA PENGURANGAN DEBIT PUNCAK BANJIR DI
DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) AMPAL KOTA BALIKPAPAN**

Rossana Margaret Kadar Yanti
3113 205 007

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Edijatno
Dr. techn Umboro Lasminto, S.T., M.Sc

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN DAN REKAYASA SUMBER AIR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015



THESIS RC09-2399

**STUDY OF INFLUENCE OF FLOOD CONTROL CONSTRUCTION
FUNCTION TO THE PEAK DISCHARGE DECREASE ON AMPAL
CATCHMENT AREA, BALIKPAPAN**

Rossana Margaret Kadar Yanti
3113 205 007

Supervisor
Dr. Ir. Edijatno
Dr. techn Umboro Lasminto, S.T., M.Sc

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN DAN REKAYASA SUMBER AIR
JURUSAN TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2015

**STUDI PENGARUH FUNGSI BANGUNAN PENGENDALI BANJIR
(BENDALI) PADA PENGURANGAN DEBIT PUNCAK BANJIR DI DAERAH
ALIRAN SUNGAI (DAS) AMPAL KOTA BALIKPAPAN**

**Thesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Teknik (MT)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

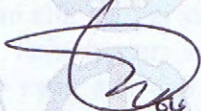
oleh :

**ROSSANA MARGARET KADAR YANTI
NRP. 3113 205 007**

**Tanggal Ujian : 15 Januari 2015
Periode Wisuda : Maret 2015**

Disetujui oleh :

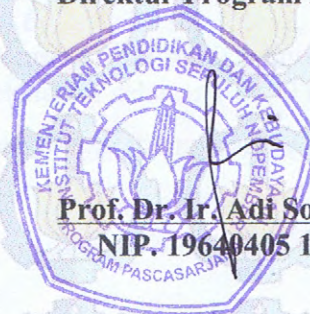

**1. Dr. Ir. Edijatno, DEA (Pembimbing I)
NIP. 19520311 198003 1 003**


**2. Dr. techn. Umboro Lasminto, S.T., M.Sc (Pembimbing II)
NIP. 1972120202 199802 1 001**


**3. Dr. Ir. Wasis Wardoyo, M.Sc (Penguji)
NIP. 19610927 198701 1 001**


**4. Prof. Dr. Ir. Nadjadji Anwar, M.Sc (Penguji)
NIP. 19540113 198010 1 001**

Direktur Program Pascasarjana,



**Prof. Dr. Ir. Adi Soeprijanto, M.T.
NIP. 19640405 199002 1 001**

STUDI PENGARUH FUNGSI BANGUNAN PENGENDALI BANJIR (BENDALI) PADA PENGURANGAN DEBIT PUNCAK BANJIR DI DAERAH ALIRAN SUNGAI (DAS) AMPAL KOTA BALIKPAPAN

Nama Mahasiswa : Rossana Margaret Kadar Yanti
NRP : 3113 205 007
Dosen Pembimbing 1 : Dr. Ir. Edijatno
Dosen Pembimbing 2 : Dr. techn Umboro Lasminto, ST, M.Sc

ABSTRAK

Daerah Aliran Sungai (DAS) Klandasan Besar atau Ampal terletak di Kecamatan Balikpapan Selatan Kota Balikpapan Provinsi Kalimantan Timur. DAS seluas 25.273 km² ini memiliki sungai sepanjang 4.699 km. Sistem Drainase Ampal atau Klandasan Besar terdiri dari saluran primer yang berupa alur sungai asli yang langsung bermuara ke laut. Pada musim penghujan, debit yang mengalir dari hulu sungai Ampal cukup besar dan sering melampaui kapasitas alir sungai, sehingga menyebabkan terjadinya luapan air ke lahan di kiri dan kanan sungai.

Salah satu usaha untuk mengurangi debit aliran sungai adalah dengan menampung sebagian air di hulu dan tengah dengan bangunan pengendali banjir (Bendali). Hal ini bertujuan untuk menghasilkan sistem drainase ramah lingkungan. Pelaksanaan program penanganan banjir yang sudah terlaksana sampai dengan saat ini adalah 3 bendali dari rencana keseluruhan 13 bendali dan perbaikan alur sungai sepanjang 8350 m dari rencana keseluruhan 12811 m.

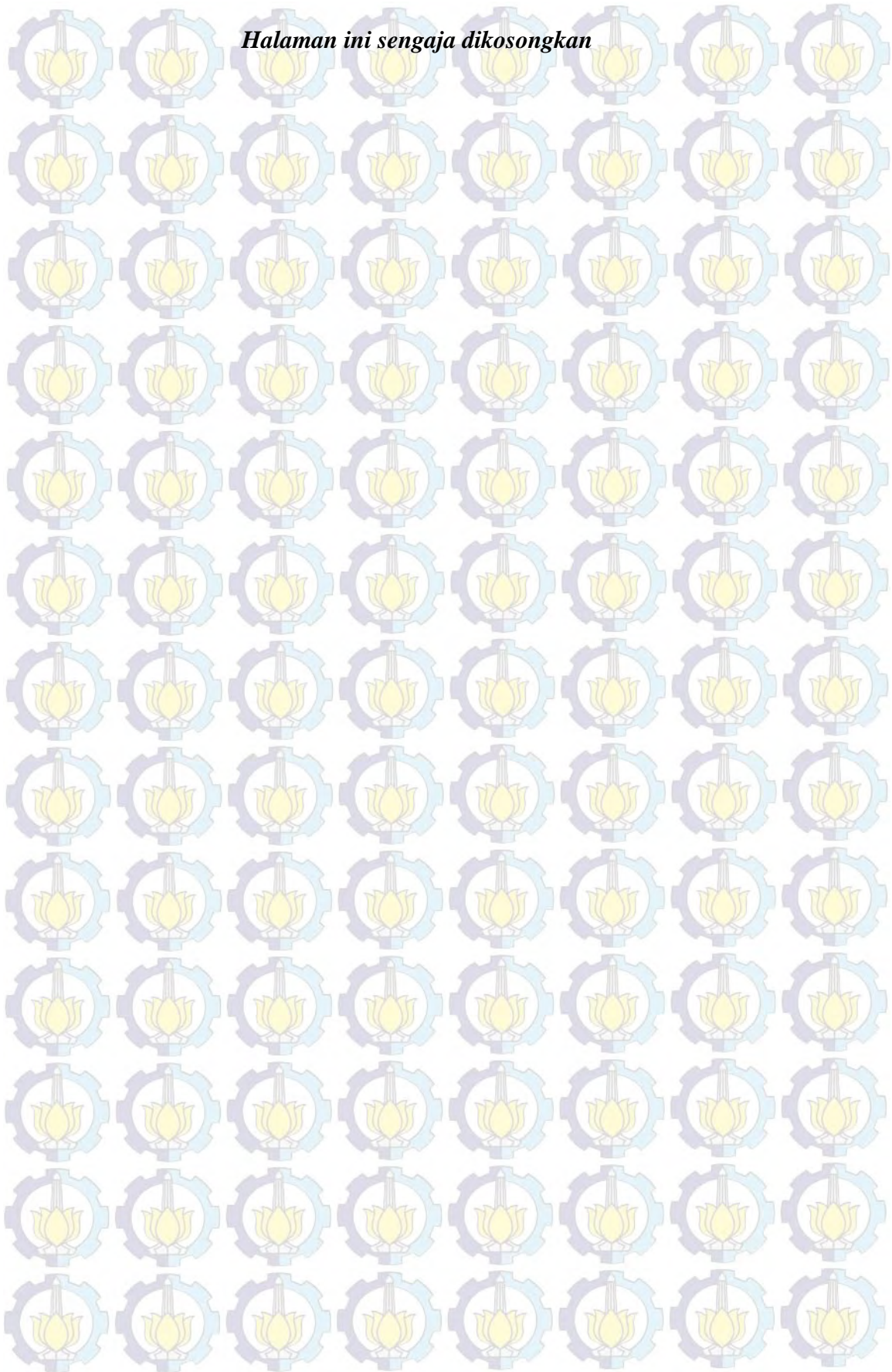
Tujuan dari studi ini adalah mengetahui bagaimana kondisi sistem drainase yang ada dan kapasitas eksisting dari sungai Ampal. Kemudian besar penurunan banjir atau genangan bila pengelolaan drainase ramah lingkungan dengan pembangunan bendali diterapkan pada DAS Ampal, serta mengetahui jumlah bendali yang harus dibangun untuk mengurangi banjir yang terjadi.

Dalam studi ini dilakukan pemodelan hidrologi dan hidrolika dari DAS Ampal. Analisa hidrologi dengan menggunakan program bantuan HEC-HMS akan menghasilkan debit banjir rencana dengan periode ulang tertentu. Sedangkan untuk analisa hidrolika, digunakan program bantuan HEC-RAS dengan hasil analisa berupa elevasi muka air di penampang sungai. Analisa ini bertujuan untuk mengetahui skenario kombinasi bendali yang terbaik dalam pengurangan banjir yang terjadi di DAS Ampal.

Dari hasil analisa, diketahui besar penurunan debit puncak banjir (ΔQ) yang terjadi di sungai Ampal di tiap-tiap skenario adalah sebesar 7.60 m³/det, 35.80 m³/det, 79.10 m³/det, 85.60 m³/det dan 68.50 m³/det. Masing-masing skenario ini, menurunkan debit dari kondisi eksisting yaitu sebesar 168.50 m³/det. Dengan analisa tersebut, diperoleh jumlah bendali yang direkomendasikan untuk dibangun di DAS Ampal dalam mengurangi banjir yang terjadi. Bendali tersebut berjumlah 10 bendali, yaitu bendali 1, 2, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, dan 13. Dengan penerapan 10 bendali ini, diperoleh penurunan nilai debit banjir (ΔQ) di sungai utama sebesar 69.50 m³/det dari kondisi eksisting sebesar 168.50 m³/det.

Kata kunci : DAS Ampal Kota Balikpapan, banjir, bangunan pengendali banjir.

Halaman ini sengaja dikosongkan



STUDY OF INFLUENCE OF FLOOD CONTROL CONSTRUCTION FUNCTION TO THE PEAK DISCHARGE DECREASE ON AMPAL CATCHMENT AREA, BALIKPAPAN

Student : Rossana Margaret Kadar Yanti
Student ID Number : 3113 205 007
Supervisor 1 : Dr. Ir. Edijatno
Supervisor 2 : Dr. techn Umboro Lasminto, ST, M.Sc

ABSTRACT

Klandasan Besar/Ampal Catchment Area is in South Balikpapan Subdistrict, Balikpapan City, East Kalimantan Province. This catchment area has 25.273 km² for area and 4.699 kms for main river length. Klandasan Besar/Ampal drainage system has primer channel that has flow route leading to the sea. In rainy season, discharge from the upstream of Ampal River is huge and exceeds river capacity. It causes flood around the river.

One of solutions to reduce river discharge is to keep the water remain in upstream and middle of river by flood control construction. The purpose is to make eco-friendly drainage system. There are 13 flood control constructions and 12.811 meters of river route rehabilitations, but only 3 flood control constructions and 8.350 meters of river route rehabilitations that have been implemented.

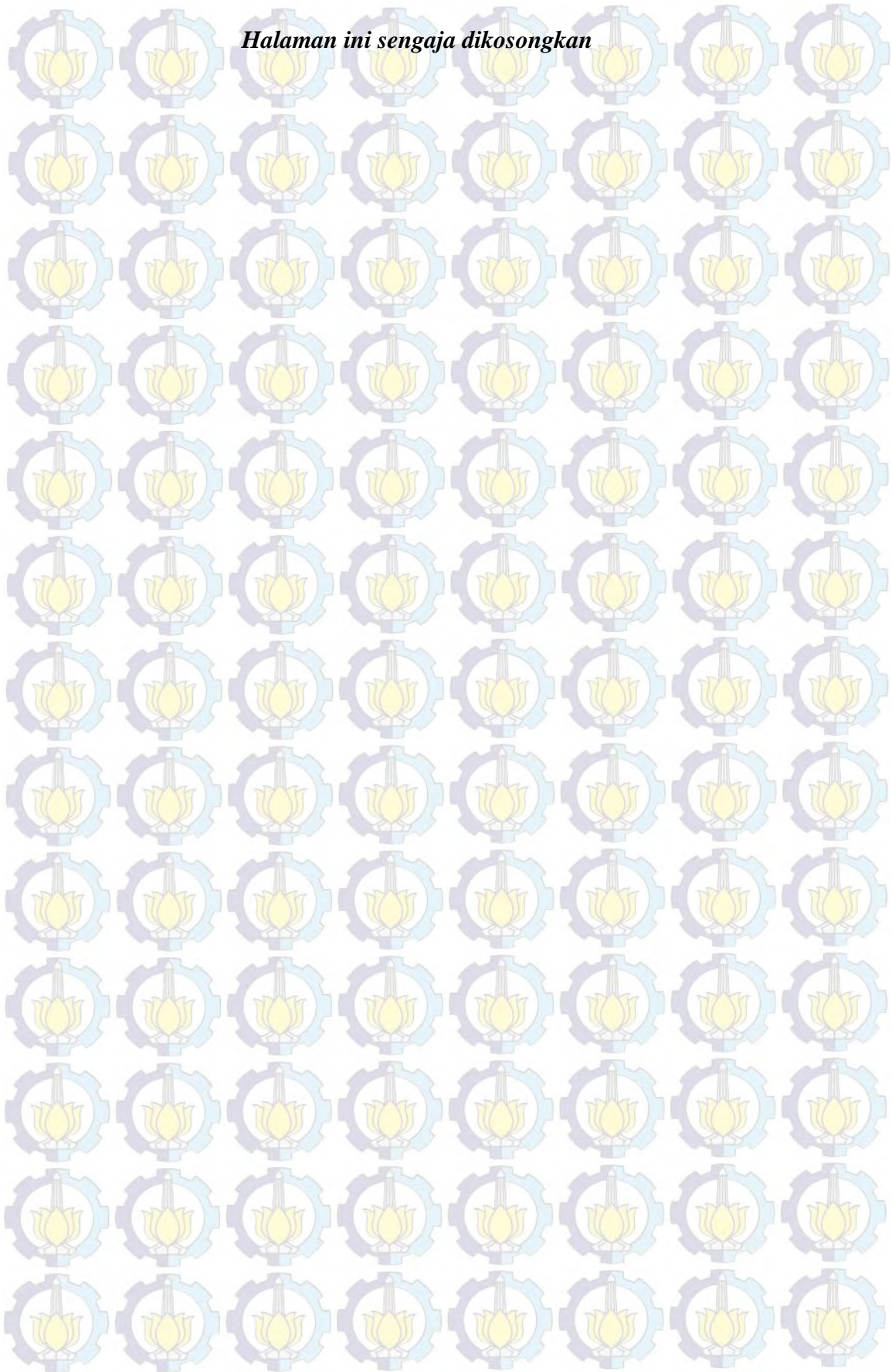
Purpose of this study is to know how drainage system and existing capacity of Ampal River condition are. The second purpose is to know the decrease of flood if eco-friendly drainage system implemented in Ampal cathment area. The last purpose is to know the number of flood control construction required to decrease flood.

This study made hydrology and hydraulics modeling of Ampal Catchment Area. Hydrology analysis using HEC-HMS produces flood discharge plan in particular period. Hydraulics analysis using HEC-RAS produces water surface elevation of the river. These analysis aim to know scenario of the best flood control constructions combination in decreasing flood in Ampal Catchment Area.

Analysis shows the amount of peak discharge decrease in Ampal River from each scenario. The results are 7.60 m³/sec, 35.80 m³/sec, 79.10 m³/sec, 85.60 m³/sec and 68.50 m³/sec. Meanwhile, the existing discharge is 168.50 m³/sec. This analysis shows the number of flood control constructions that influence Ampal Catchment Area in decreasing flood. The number of flood control construction is 10 that are 1, 2, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 and 13. Implementation of 10 flood control construction decreases 69.50 m³/sec of discharge in main river from 168.50 m³/sec of existing condition.

Keywords : Ampal Catchment Area, flood, flood control construction.

Halaman ini sengaja dikosongkan



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Thesis dengan judul “Studi Pengaruh Fungsi Bangunan Pengendali Banjir (Bendali) Pada Pengurangan Debit Puncak Banjir di Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal Kota Balikpapan” seperti yang diharapkan. Selama proses penyusunan Thesis ini, penulis mendapatkan banyak bimbingan, dukungan dan pengarahan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan segala kerendahan hati dan rasa hormat yang besar, penulis menyampaikan rasa terima kasih yang tulus dan sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua Orang Tua, Bapak Drs. Arif Dwiyanto, M. Ap dan ibu Henny Kartikawati yang selalu memberi dukungan finansial, moral, serta doa yang tidak pernah putus.
2. DIKTI yang telah memberikan beasiswa, sehingga penulis mampu menyelesaikan program studi pascasarjana ini dengan baik.
3. Bapak Dr. Ir. Edijatno selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan saran, bimbingan dan waktunya, sehingga penulisan Thesis ini berjalan dengan baik dan lancar.
4. Bapak Dr. techn Umboro Lasminto, ST, MSc. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan saran, bimbingan, waktunya serta semangat untuk penulis, sehingga Thesis ini bisa menjadi lebih baik.
5. Reska Dwi Cahyanti dan Rayhannaldi Suryatmadja atas semangat, keusilan dan keceriaannya. Terimakasih sudah menjadi adik yang menyebarkan sekaligus menyenangkan.
6. Agil Hijriansyah, seseorang yang sudah menemani disaat susah maupun senang. Terimakasih atas segala masukan, saran, waktu dan perhatian yang telah diberikan.
7. Hary Puji Astuti, Mercyanof Febrianda, Chandra Murprabowo, terimakasih banyak atas waktu bermain, belajar dan bercerita bersamanya. Semoga lekas berkumpul kembali.

8. Retno Purnama Sari dan Endah Wahyuni, terimakasih atas keributan di jejaring sosialnya, kalian luar biasa.

9. Seluruh teman-teman MRSA ITS 2013, terimakasih atas keributan dan kegilaan yang luar biasa dalam satu setengah tahun ini. Semoga dipertemukan kembali dalam kondisi sehat dan sukses.

10. Seluruh teman-teman Sipil ITS 2009, terimakasih atas kekeluargaan yang begitu hangat walaupun saling berjauhan.

11. Seluruh keluarga dan kerabat yang sudah mendoakan dan menyemangati.

12. Semua pihak yang telah membantu.

Penulis menyadari bahwa dalam proses penyusunan Thesis ini banyak terdapat kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran dari berbagai pihak sangat diharapkan penulis agar laporan ini menjadi lebih baik.

Surabaya, Februari 2015

Penulis

DAFTAR ISI

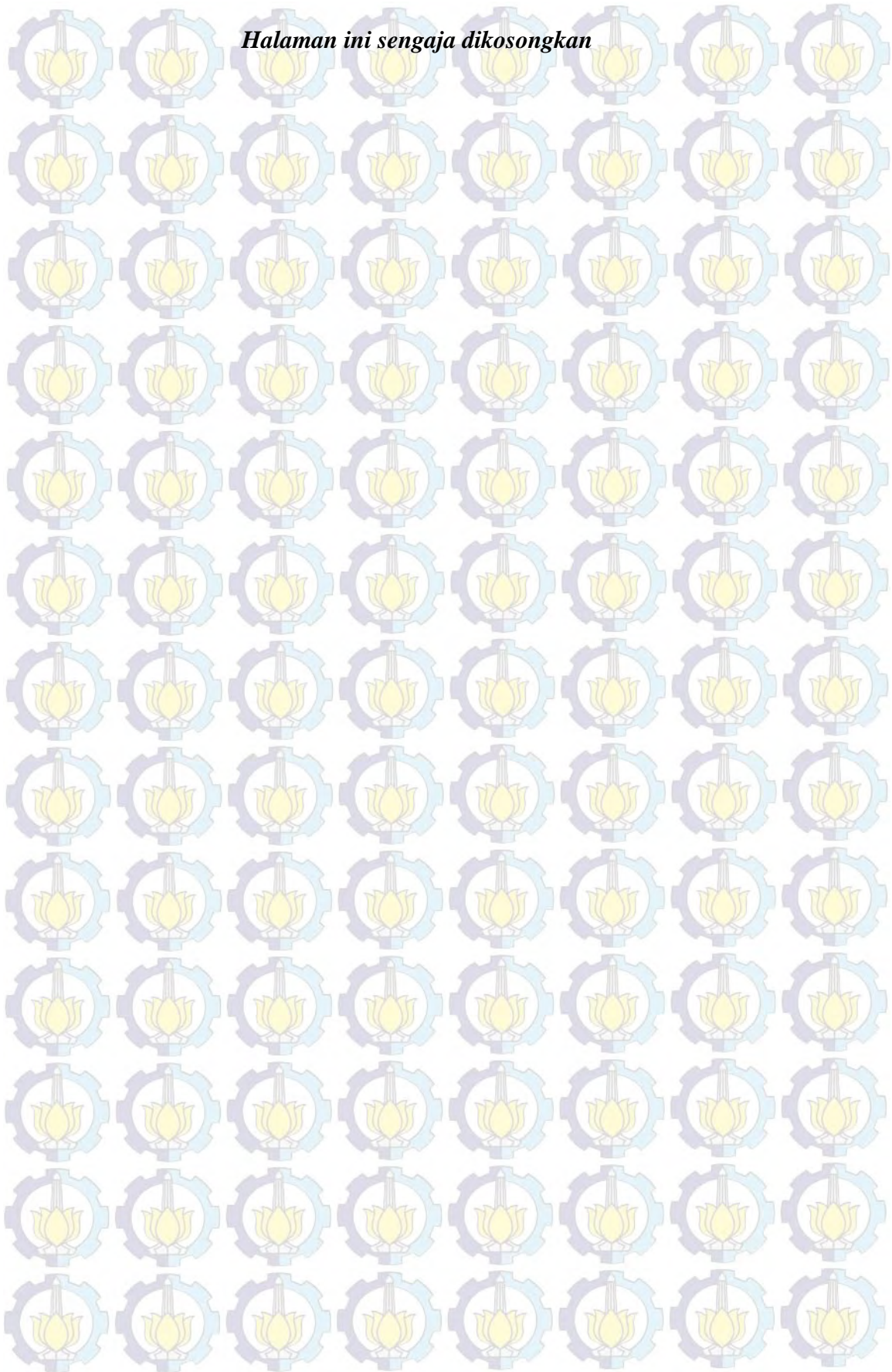
Halaman Judul.....	i
Lembar Pengesahan	iii
Abstrak	v
Abstract	vii
Kata Pengantar	ix
Daftar Isi.....	xi
Daftar Tabel	xv
Daftar Gambar.....	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Manfaat Penelitian.....	6
1.5 Batasan Masalah.....	6
BAB 2 DASAR TEORI	
2.1 Banjir	7
2.2 Analisa Hidrologi	8
2.2.1 Curah Hujan Wilayah	8
2.2.2 Analisa Distribusi Frekuensi.....	8
2.2.3 Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi	10
2.2.4 Perhitungan Curah Hujan	11
2.2.5 Perhitungan Rata-rata Hujan Sampai Jam ke-t.....	11
2.2.6 Analisa Intensitas Hujan	11
2.2.7 Analisa Debit Banjir Rencana	12
2.3 Bendali (Bangunan Pengendali Banjir).....	13
2.3.1 Kapasitas Bendali	13
2.3.2 Penelusuran Banjir.....	14
2.3.4 Tanggul	14
2.4 Konsep Pemodelan Hidrologi Dengan HEC-HMS	15
2.4.1 Definisi HEC-HMS	15
2.4.2 Metode Perhitungan Volume Limpasan	15
2.4.3 Limpasan <i>SCS Curve Number</i> (CN).....	16
2.4.4 Metode Perhitungan Hidrograf Satuan Sintesis.....	17
2.4.5 Hidrograf Satuan SCS.....	17
2.5 Pemahaman Konsep Pemodelan Aliran Sungai Dengan HEC-RAS.....	18
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Sistematika Pelaksanaan Penelitian.....	19
3.1.1 Tahap Persiapan.....	19
3.1.2 Pengumpulan Data.....	19
3.1.3 Analisa Data.....	20
3.1.4 Penyusunan Skenario.....	20
3.1.5 Kesimpulan dan Saran	23

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Lokasi Studi	25
4.2 Analisa Hidrologi.....	26
4.2.1 Distribusi Curah Hujan Wilayah.....	26
4.2.2 Analisa Frekuensi.....	26
4.2.3 Uji Kecocokan Sebaran.....	28
4.2.3.1 Uji Chi Kuadrat	28
4.2.3.1.1 Uji Chi Kuadrat Untuk Distribusi Pearson Tipe III.....	28
4.2.3.1.2 Uji Chi Kuadrat Untuk Distribusi Gumbel Tipe I	29
4.2.3.2 Uji Smirnov-Kolmogorov	30
4.2.3.2.1 Uji Smirnov-Kolmogorov Untuk Distribusi Pearson Tipe III dan Gumbel Tipe I.....	30
4.2.4 Kesimpulan Analisa Frekuensi	31
4.2.5 Perhitungan Curah Hujan Periode Ulang.....	31
4.2.6 Perhitungan Distribusi Hujan.....	32
4.2.6.1 Perhitungan Rata-rata Hujan Pada Jam ke-t.....	32
4.2.6.2 Perhitungan Tinggi Hujan Pada Jam ke-t.....	33
4.2.7 Pemodelan dengan HEC-HMS	34
4.2.7.1 Perhitungan Luasan Sub DAS Ampal dan Kemiringan Rata-rata Tiap Sub DAS	36
4.2.7.2 Menentukan % Absorpsi pada tiap Sub DAS Ampal.....	38
4.2.7.3 Perhitungan Time Lag Sub DAS.....	38
4.2.8 Input Data HEC-HMS.....	40
4.2.8.1 Basin Model <i>Attributes</i>	40
4.2.8.2 Parameter Basin Model	41
4.2.9 Hasil Pemodelan dengan HEC-HMS.....	44
4.2.9.1 Hasil Pemodelan Eksisting DAS Ampal	44
4.2.9.2 Hasil Pemodelan Skenario 1 DAS Ampal.....	48
4.2.9.3 Hasil Pemodelan Skenario 2 DAS Ampal.....	52
4.2.9.4 Hasil Pemodelan Skenario 3 DAS Ampal.....	56
4.2.9.5 Hasil Pemodelan Skenario 4 DAS Ampal.....	60
4.2.9.6 Kesimpulan Hasil Pemodelan Tiap-Tiap Skenario	64
4.3 Analisa Hidrolika.....	68
4.3.1 Analisa Hidrolika Eksisting DAS Ampal	68
4.3.2 Analisa Hidrolika Skenario 1 DAS Ampal	69
4.3.3 Analisa Hidrolika Skenario 2 DAS Ampal	70
4.3.4 Analisa Hidrolika Skenario 3 DAS Ampal.....	71
4.3.5 Analisa Hidrolika Skenario 4 DAS Ampal	72
4.3.6 Kesimpulan Analisa Hidrolika.....	73
4.3.7 Pengaruh Fungsi Bendali Terhadap Pengurangan Banjir DAS Ampal ..	75
4.3.7.1 Pengaruh Fungsi Bendali Dalam Kondisi Eksisting	76
4.3.7.2 Pengaruh Fungsi Bendali Dalam Skenario 1.....	77
4.3.7.3 Pengaruh Fungsi Bendali Dalam Skenario 2.....	79
4.3.7.4 Pengaruh Fungsi Bendali Dalam Skenario 3.....	81
4.3.7.5 Pengaruh Fungsi Bendali Dalam Skenario 4.....	83
4.3.7.6 Kesimpulan Pengaruh Fungsi Bendali di Tiap-tiap Skenario	85

4.3.8 Kesimpulan Hasil Analisa Hidrologi dan Hidrolika.....	88
4.3.8.1 Hasil Analisa Hidrologi Skenario 5 DAS Ampal	90
4.3.8.2 Analisa Hasil Hidrolika Skenario 5 DAS Ampal	94
4.3.8.3 Pengaruh Fungsi Bendali Dalam Skenario 5	94
4.3.8.4 Hasil Analisa Penerapan Skenario 5 DAS Ampal	96
BAB 5 KESIMPULAN	
5.1 Kesimpulan.....	105
5.2 Saran	106
5.3 Manfaat Penelitian.....	106
DAFTAR PUSTAKA	107
LAMPIRAN A (Letak dan Jumlah Bendali Tiap Skenario)	109
LAMPIRAN B (Nilai Absorpsi pada tiap Sub DAS Ampal)	113
LAMPIRAN C (Data Bangunan Pengendali Banjir (Bendali) DAS Ampal)	125

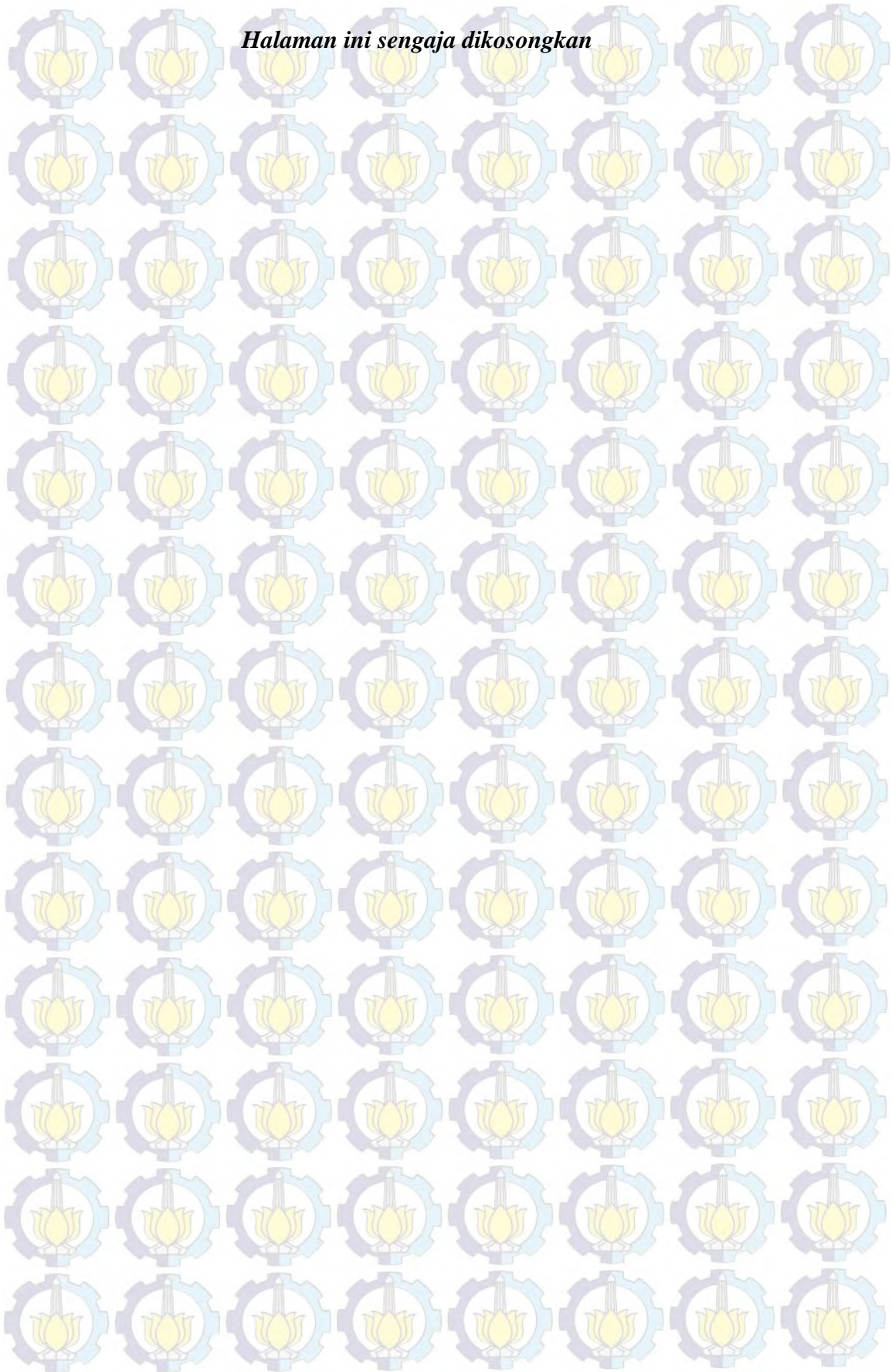
Halaman ini sengaja dikosongkan



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Pembagian Wilayah Drainase Kota Balikpapan Berdasarkan KAK	2
Tabel 4.1 Data Curah Hujan Maksimum	26
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Parameter Statistik.....	27
Tabel 4.3 Uji Chi Kuadrat – Distribusi Pearson Tipe III	28
Tabel 4.4 Uji Chi Kuadrat – Distribusi Gumbel Tipe I.....	29
Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Uji Smirnov – Kolmogorov.....	30
Tabel 4.6 Kesimpulan Uji Kecocokan	31
Tabel 4.7 Curah Hujan Periode Ulang Distribusi Gumbel Tipe I.....	31
Tabel 4.8 Curah Hujan Jam – Jaman	33
Tabel 4.9 Luasan Masing-masing dan Panjang Aliran Tiap Sub DAS.....	36
Tabel 4.10 Panjang dan Kemiringan Sungai Tiap Sub DAS	37
Tabel 4.11 Perhitungan Nilai % Absorpsi Pada Sub DAS 1.....	38
Tabel 4.12 Time Lag Pada Masing-masing Sub DAS	39
Tabel 4.13 Nilai <i>Initial Loss</i> Tiap Sub DAS	41
Tabel 4.14 Nilai <i>Curve Number</i>	42
Tabel 4.15 Nilai <i>Impervious</i>	42
Tabel 4.16 Volume Kumulatif Bendali 1	43
Tabel 4.17 Debit <i>Outflow</i> dan Tampungannya Bendali.....	43
Tabel 4.18 Hasil <i>running</i> Eksisting DAS Ampal.....	44
Tabel 4.19 Hasil <i>running</i> Skenario 1 DAS Ampal	48
Tabel 4.20 Hasil <i>running</i> Skenario 2 DAS Ampal	52
Tabel 4.21 Hasil <i>running</i> Skenario 3 DAS Ampal	56
Tabel 4.22 Hasil <i>running</i> Skenario 4 DAS Ampal	60
Tabel 4.23 Besar Penurunan Debit Masing-Masing Skenario	65
Tabel 4.24 Perbandingan Hasil Analisa Hidrolika Kondisi Eksisting dan Skenario ..	74
Tabel 4.25 Perbandingan Kapasitas dan Debit Hidrologi Eksisting	76
Tabel 4.26 Perbandingan Kapasitas dan Debit Hidrologi Skenario 1.....	78
Tabel 4.27 Perbandingan Kapasitas dan Debit Hidrologi Skenario 2.....	80
Tabel 4.28 Perbandingan Kapasitas dan Debit Hidrologi Skenario 3.....	82
Tabel 4.29 Perbandingan Kapasitas dan Debit Hidrologi Skenario 4.....	83
Tabel 4.30 Perbandingan Kondisi Eksisting dengan Tiap-Tiap Skenario	85
Tabel 4.31 Hasil <i>running</i> Skenario 5 DAS Ampal	90
Tabel 4.32 Perbandingan Kapasitas dan Debit Hidrologi Skenario 5.....	95
Tabel 4.33 Perbandingan Hasil Analisa Hidrolika Eksisting dan Skenario.....	97
Tabel 4.34 Perbandingan Kondisi Eksisting Dengan Masing-Masing Skenario	100

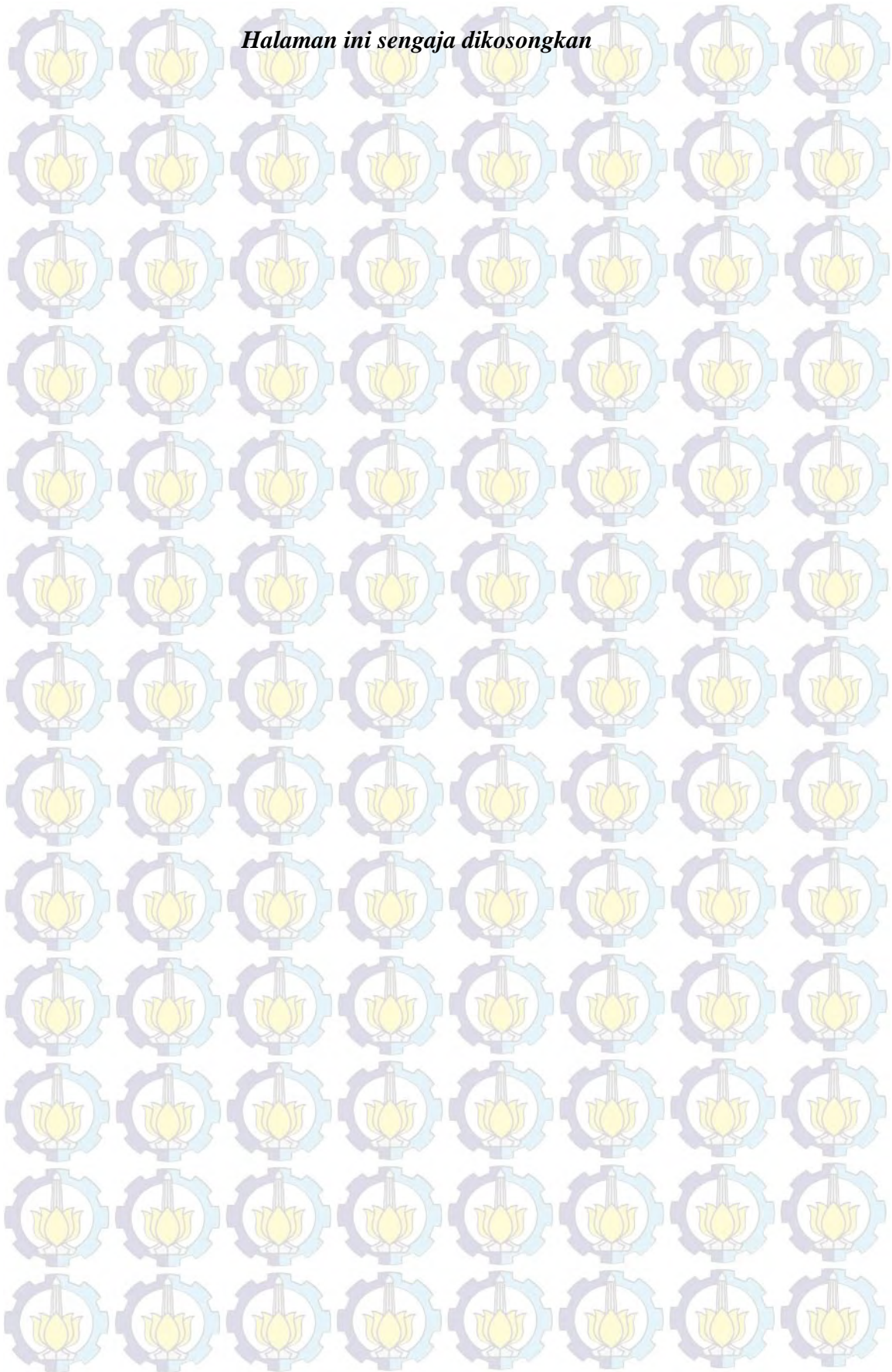
Halaman ini sengaja dikosongkan



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 DAS Klandasan Besar atau Ampal	4
Gambar 2.1 Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu	12
Gambar 2.2 Penampang Memanjang Bendali.....	13
Gambar 3.1 Lokasi Bendali dan Genangan.....	22
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian	24
Gambar 4.1 Lokasi Studi – Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal	25
Gambar 4.2 Pembagian Sub DAS Ampal	34
Gambar 4.3 Peta Skematik Sub DAS Ampal.....	35
Gambar 4.4 Tampilan Pemodelan DAS Ampal Eksisting	41
Gambar 4.5 Skema Hasil Analisa Eksisting DAS Ampal.....	47
Gambar 4.6 Perbandingan Hasil Eksisting dan Skneario 1.....	51
Gambar 4.7 Perbandingan Hasil Eksisting dan Skneario 2.....	55
Gambar 4.8 Perbandingan Hasil Eksisting dan Skneario 3.....	59
Gambar 4.9 Perbandingan Hasil Eksisting dan Skneario 4.....	63
Gambar 4.10 Grafik Penurunan Debit Puncak Pada Kondisi Eksisting	67
Gambar 4.11 Penampang Memanjang Sungai Ampal Kondisi Eksisting.....	69
Gambar 4.12 Penampang Memanjang Sungai Ampal Skenario 1	70
Gambar 4.13 Penampang Memanjang Sungai Ampal Skenario 2.....	71
Gambar 4.14 Penampang Memanjang Sungai Ampal Skenario 3.....	72
Gambar 4.15 Penampang Memanjang Sungai Ampal Skenario 4.....	73
Gambar 4.16 Letak Bendali Skenario 5	88
Gambar 4.17 Peta Skematik Skenario 5.....	89
Gambar 4.18 Perbandingan Hasil Eksisting dan Skenario 5.....	93
Gambar 4.19 Penampang Memanjang Sungai Ampal Skenario 5.....	94
Gambar 4.20 Grafik Perbandingan Penurunan Debit Hidrologi.....	99

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kota Balikpapan termasuk dalam wilayah Provinsi Kalimantan Timur dan merupakan salah satu kota besar di Kawasan Timur Indonesia. Kota Balikpapan berpotensi sebagai simpul transportasi laut nasional, simpul transportasi udara nasional, kawasan andalan, dan kawasan pengembangan ekonomi terpadu (RTRWN Kota Balikpapan, 2008-2028). Kondisi strategis tersebut menjadikan Kota Balikpapan terus berkembang dengan pesat di berbagai sektor. Perkembangan yang pesat pada umumnya akan menimbulkan masalah kemampuan penyediaan prasarana dan sarana perkotaan, salah satu permasalahan yang terjadi adalah banjir yang terjadi di setiap musim penghujan.

Permasalahan banjir yang terjadi di Kota Balikpapan disebabkan oleh sistem drainase yang belum tertata dengan baik dalam hal hirarki dan fungsinya. Dengan adanya perkembangan kota yang pesat, pembukaan lahan untuk pemukiman dengan cara pemotongan perbukitan mengakibatkan meningkatnya erosi permukaan, dan menambah besarnya angkutan sedimen yang terjadi di sungai-sungai. Dengan bertambahnya sedimen mengakibatkan pendangkalan sungai dan saluran-saluran alam, sehingga tidak mampu menampung limpasan hujan.

Lebih detail lagi beberapa permasalahan yang berkaitan dengan drainase Kota Balikpapan dapat ditinjau dari kondisi klimatologi, kondisi topografi, dan tata guna lahan. Dari kondisi klimatologi, permasalahan drainase disebabkan cukup tingginya curah hujan yang terjadi berdasarkan data BMG, hujan rata-rata harian mencapai 140 mm (data tahun 1975-2012). Jika ditinjau dari kondisi topografinya, masalah drainase disebabkan besarnya kemiringan di daerah hulu sampai alur tengah. Hal ini menyebabkan kecepatan aliran menjadi besar dan membawa hasil gerusan lalu diendapkan di sungai bagian hilir. Sedangkan untuk permasalahan drainase yang disebabkan oleh tata guna lahan adalah pembangunan oleh masyarakat yang pada umumnya tidak memperhatikan drainase serta

kesadaran masyarakat untuk tidak membuang sampah di saluran yang masih rendah, dan berakibat pada penurunan kemampuan saluran.

Dalam penanganan permasalahan kota yang terjadi, selama ini Pemerintah Kota Balikpapan berpedoman pada Master Plan Drainase Kota Balikpapan. Master Plan Drainase Kota Balikpapan telah disusun pada tahun 2006 untuk periode hingga tahun 2015 dan Peraturan Daerah Kota Balikpapan Nomor 5 Tahun 2006 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) Kota Balikpapan 2005-2015 (Revisi Master Plan Drainase Kota Balikpapan, 2013). Pembagian wilayah drainase Kota Balikpapan berdasarkan daerah pengaliran sungai, karakteristik sungai, dan topografi kawasan yang berdasarkan Kerangka Acuan Kerja (KAK) dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Pembagian Wilayah Drainase Kota Balikpapan Berdasarkan KAK

No	Wilayah Drainase	Sub DAS	Keterangan
1	Wilayah Barat	10	1. Sungai Kematis
			2. Sungai Beruang
			3. Sungai Tempadung
			4. Sungai Barenga
			5. Sungai Tengah
			6. Sungai Teluk Pudak
			7. Sungai Teluk Waru
			8. Sungai Keminting
			9. Sungai Tanjung Batu
			10. Sungai Getah
2	Wilayah Wein	1	1. Sungai Wein Besar
3	Wilayah Somber	1	1. Sungai Somber
4	Wilayah Manggar	2	1. Sungai Manggar Besar
			2. Sungai Lamaru
5	Wilayah Selatan	12	1. Sungai Pandan Sari
			2. Sungai Klandasan Kecil
			3. Sungai Klandasan Besar/Ampal
			4. Sungai Sepinggian
			5. Sungai Sepinggian Kecil
			6. Sungai Batakan Kecil
			7. Sungai Batakan Besar
			8. Sungai Manggar Kecil

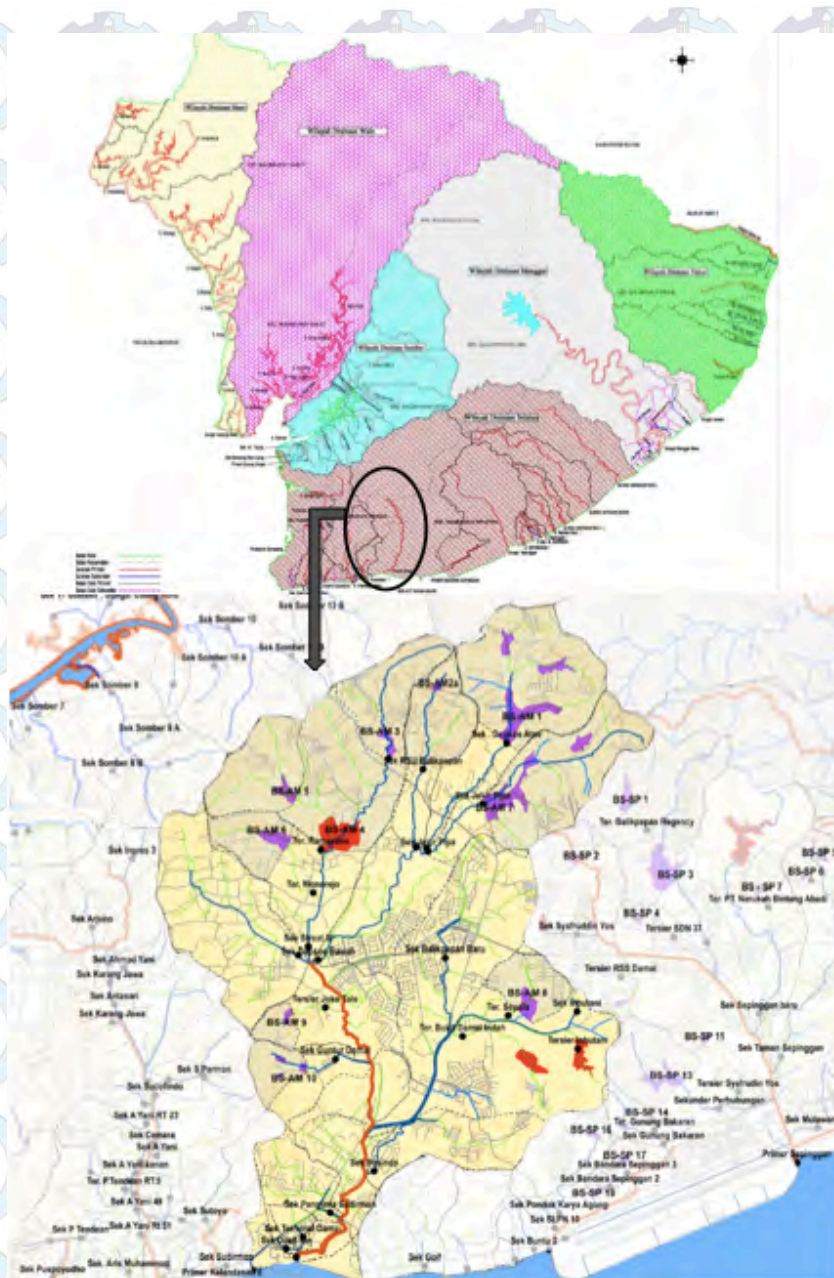
Lanjutan Tabel 1.1

No	Wilayah Drainase	Sub DAS	Keterangan
			9. Sungai Saluran I
			10. Sungai Saluran II
			11. Sungai Gunung Dubs
6	Wilayah Timur	4	1. Sungai Aji Raden
			2. Sungai Teritip
			3. Sungai Selok Api
			4. Sungai Teritip Tengah
Total		30 Sub DAS	43 Sub Sistem

Sumber : Master Plan Drainase Kota Balikpapan, 2006.

Mengacu pada permasalahan-permasalahan yang ada, dimana permasalahan utama yang ada pada sistem drainase Kota Balikpapan adalah masih kurangnya sistem drainase tersier, disamping belum memadainya saluran drainase sekunder dan primernya. Dengan kondisi tersebut, maka untuk mengantisipasi banjir dilakukan rencana peningkatan kapasitas saluran dan merehabilitasi saluran, terutama Sungai Klandasan Besar atau Ampal. Hal ini disebabkan karena sungai tersebut berada di daerah terbangun yang relatif padat, dan memiliki arti penting dari aspek sosial ekonomi kota (Appendix Deskripsi Sungai, 2006).

Daerah Aliran Sungai (DAS) Klandasan Besar atau Ampal terletak di Kecamatan Balikpapan Selatan Kota Balikpapan Provinsi Kalimantan Timur (Gambar 1.1). Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal memiliki luas sebesar 2527 ha dan panjang sungai sebesar 4.699 km (Master Plan Drainase, 2006). Sistem Drainase Ampal atau Klandasan Besar mempunyai saluran primer berupa alur sungai asli yang langsung bermuara ke laut. Kemiringan dasar sungai dari hulu ke hilir relatif cukup besar terutama pada daerah hulu. Sungai Ampal yang berada dalam daerah kota merupakan Saluran Drainase Basin yang mengalirkan debit banjir dari daerah hulu yang dilewatkan pada daerah perkotaan menuju daerah hilir (laut). Pada musim penghujan, debit yang mengalir dari hulu cukup besar dan sering melampaui kemampuan saluran, sehingga menyebabkan meluapnya air ke lahan dikiri dan kanan saluran.



Gambar 1.1 DAS Klandasan Besar atau Ampal
 (Sumber : Peta Master Plan Drinase Kota Balikpapan, 2006)

Luapan di kiri dan kanan sungai Ampal akan menimbulkan genangan banjir yang menyebar di seluruh wilayah kecamatan di Kota Balikpapan. Dari survei yang dilakukan, daerah genangan banjir yang terjadi beberapa tahun terakhir antara lain : Kawasan Sumber Rejo, Kawasan Kampung Timur dan RPH, Kawasan Gunung Samarinda, Kawasan sekitar RSS Damai, dan Kawasan sekitar perumahan Ampar Lestari.

Dengan adanya permasalahan-permasalahan yang ada, maka perlu dibangun drainase ramah lingkungan, salah satunya dengan pembangunan bendali atau bangunan pengendali banjir di beberapa titik rawan banjir untuk menampung limpasan air yang melebihi kapasitas saluran. Daerah Aliran Sungai Ampal sendiri direncanakan akan dilengkapi dengan 13 bendali (Gambar 1.1) serta direncanakan akan dilakukan perbaikan sungai sepanjang 12811 m. Pelaksanaan program penanganan banjir yang sudah terlaksana sampai dengan saat ini adalah 3 bendali dari rencana keseluruhan 13 bendali dan perbaikan alur sungai sepanjang 8350 m dari rencana keseluruhan 12811 m (Revisi Laporan Akhir Kota Balikpapan, 2013). Bendali yang sudah dibangun di DAS Ampal antara lain Bendali 11, Bendali 12 dan Bendali 13 (DPU Pengairan Kota Balikpapan, 2012).

Perencanaan 13 bendali merupakan upaya yang dilakukan oleh Pemerintah Kota Balikpapan untuk mengatasi banjir yang terjadi di DAS Ampal. Upaya pembangunan bendali-bendali ini perlu diteliti pengaruhnya terhadap pengurangan banjir di DAS Ampal, oleh karena itu pada tesis ini akan dimodelkan kondisi wilayah studi untuk mengetahui pengaruh bendali yang telah direncanakan. Pemodelan kondisi wilayah studi menggunakan program *HEC-HMS* untuk analisa hidrologi dan *HEC-RAS* untuk analisa hidrolika. Dikarenakan pentingnya mengetahui pengaruh bendali pada pengurangan banjir di DAS Ampal, maka diajukan penelitian yang berjudul “Studi Pengaruh Fungsi Bangunan Pengendali Banjir (Bendali) Pada Pengurangan Debit Puncak Banjir di Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal Kota Balikpapan”.

1.2. Rumusan Masalah

Dari permasalahan yang telah di jelaskan pada poin 1.1, dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Berapa kapasitas eksisting dari sungai Ampal?
2. Berapa penurunan debit puncak banjir bila metode pengelolaan drainase ramah lingkungan dengan pembangunan bendali diterapkan pada DAS Ampal?
3. Berapa jumlah bendali yang direkomendasikan dibangun di DAS Ampal untuk mengurangi debit puncak banjir?

1.3. Tujuan Penelitian

1. Mengetahui kapasitas eksisting sungai Ampal.
2. Mengetahui penurunan debit puncak banjir bila metode pengelolaan drainase ramah lingkungan dengan pembangunan bendali diterapkan pada DAS Ampal.
3. Mengetahui jumlah bendali yang direkomendasikan dibangun di DAS Ampal untuk mengurangi debit puncak banjir.

1.4. Manfaat Penelitian

Penelitian ini dilakukan agar pihak-pihak yang berkepentingan dapat memperoleh data tentang metode dan upaya yang dapat diterapkan pada daerah aliran sungai Ampal, manfaat yang dapat diperoleh antara lain :

1. Bagi Pemerintah, hasil penelitian ini dapat digunakan sebagai informasi dalam upaya penanggulangan banjir di DAS Ampal. Selain itu, hasil penelitian ini dapat membantu pihak-pihak terkait yang menangani DAS di daerah penelitian dalam upaya penanggulangan banjir secara terpadu dan berkelanjutan.
2. Sebagai masukan untuk pengembangan kajian ilmiah maupun studi lanjutan tentang banjir pada suatu sungai dan upaya pengelolaan DAS.

1.5. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari studi penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Tidak meneliti anggaran biaya.
2. Tidak meneliti sedimentasi dari erosi dan pengaruhnya pada aliran sungai.

BAB 2 DASAR TEORI

2.1. Banjir

Masalah banjir pada umumnya terjadi akibat adanya interaksi berbagai faktor penyebab, baik yang bersifat alamiah maupun dampak kegiatan manusia. Faktor yang bersifat alamiah dapat dibagi dalam dua kelompok. Kelompok pertama menyangkut kondisi alam yang relatif statis, yaitu kondisi alur sungai, dan kelompok kedua menyangkut peristiwa alam yang bersifat dinamis, yaitu curah hujan yang tinggi, pembendungan muara sungai akibat pasang air laut, dan sedimentasi. Banjir yang diakibatkan oleh dampak kegiatan manusia antara lain pengembangan dan penataan ruang di dataran banjir, pembudidayaan dan penataan DAS (Daerah Aliran Sungai) yang kurang memperhatikan kaidah-kaidah konservasi tanah dan air, pembangunan sistem drainase kawasan pemukiman yang tidak berwawasan konservasi (Siswoko, 2002).

Upaya pengendalian banjir pada dasarnya memiliki dimensi yang cukup luas, meliputi aspek teknis maupun nonteknis. Aspek teknis sering dikaitkan dengan berbagai kegiatan fisik atau upaya struktur, yaitu pembangunan sarana dan prasarana pengendalian banjir dan atau memodifikasi kondisi alamiah sungai sehingga membentuk suatu sistem pengendalian banjir. Berbagai jenis kegiatan fisik antara lain adalah pembangunan tanggul banjir, normalisasi alur sungai, pembangunan waduk dan atau retensi banjir, dan pembangunan sistem drainase (Siswoko, 2002). Sedangkan untuk jenis kegiatan nonteknis adalah pengendalian banjir dengan tidak menggunakan upaya fisik atau struktur. Berbagai jenis kegiatan nonfisik antara lain adalah pengelolaan DAS, pengaturan tata guna lahan, pengembangan daerah banjir, dan pengaturan daerah banjir.

2.2. Analisa Hidrologi

2.2.1. Curah Hujan Wilayah

Curah hujan adalah jumlah air yang jatuh di permukaan tanah datar, tidak mengalir dan menguap selama periode tertentu yang diukur dalam satuan mm. Data curah hujan didapat dari alat penakar hujan yang diukur di suatu titik saja (*point rainfall*).

Untuk menghitung curah hujan rata-rata wilayah daerah aliran sungai (DAS) terdapat tiga macam cara, yaitu cara rata-rata Aljabar, Pligon Thiessen, dan Isohyet (Suripin, 2004). Curah hujan yang digunakan dalam studi ini adalah data curah hujan dari satu stasiun hujan Kota Balikpapan, karena Kota Balikpapan hanya memiliki satu stasiun hujan yang terdapat di daerah Sepinggian. Oleh karena itu, dalam perhitungan curah hujan rata-rata tidak menggunakan tiga macam tersebut diatas.

2.2.2. Analisa Distribusi Frekuensi

Analisa distribusi frekuensi bertujuan untuk menentukan besaran curah hujan dengan kala ulang tertentu. Metode yang digunakan untuk menentukan distribusi frekuensi pada studi ini adalah sebagai berikut :

1. Distribusi Pearson Tipe III
2. Distribusi Gumbel Tipe I

Setiap jenis distribusi atau sebaran mempunyai parameter statistik yang terdiri dari nilai rata-rata ($\mu = \bar{x}$), standart deviasi ($\sigma = S$), koefisien ketajaman (C_k), yang masing-masing dicari berdasarkan rumus.

Nilai rata-rata (*mean*) :

$$X_{rata - rata} = \frac{\sum X}{n} \dots\dots\dots (2.1)$$

Deviasi Standart (*standart deviation*) :

$$S = \sqrt{\frac{\sum(X - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dengan :

S = deviasi Standart (*standart deviation*)

X = data dalam sample

\bar{X} = nilai rata-rata hitung

n = jumlah pengamatan

Sumber : Soewarno, 1995.

Koefisien variasi (*coefficient of variation*)

Koefisien variasi adalah nilai perbandingan antara deviasi standar dengan nilai rata-rata hitung suatu distribusi. Besarnya koefisien variasi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dengan :

Cv = koefisien variasi (*coefficient of variation*)

S = deviasi Standart (*standart deviation*)

\bar{X} = nilai rata-rata hitung

Sumber : Soewarno, 1995.

Koefisien kemencengan (*coefficient of skewness*)

Kemencengan adalah nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrisan (*assymetry*) dari suatu bentuk distribusi. Pengukuran kemencengan adalah mengukur seberapa besar suatu kurva frekuensi dari suatu distribusi tidak simetri atau menceng. Umumnya ukuran kemencengan dinyatakan dengan besarnya koefisien kemencengan, dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$Cs = \frac{n \cdot \Sigma(X - \bar{X})^3}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot S^3} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dengan :

C_s = koefisien kemencengan (*coefficient of skewness*)

S = deviasi Standart (*standart deviation*)

X = data dalam sample

\bar{X} = nilai rata-rata hitung

n = jumlah pengamatan

Sumber : Soewarno, 1995.

Koefisien ketajaman (*coefficient of kutosis*)

Koefisien ketajaman dimaksudkan untuk mengukur keruncingan dari bentuk kurva distribusi, yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal.

Koefisien ketajaman digunakan untuk menentukan keruncingan kurva distribusi, yang dirumuskan sebagai berikut :

$$C_k = \frac{n^2 \cdot \Sigma(X - \bar{X})^4}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot (n-3) \cdot S^4} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dengan :

C_k = koefisien ketajaman (*coefficient of kutosis*)

S = deviasi Standart (*standart deviation*)

X = data dalam sample

\bar{X} = nilai rata-rata hitung

n = jumlah pengamatan

Sumber : Soewarno, 1995.

2.2.3. Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi

Untuk mengetahui kebenaran pemilihan distribusi yang digunakan dalam perhitungan curah hujan rencana diterima atau ditolak, maka perlu dilakukan uji kesesuaian distribusi. Metode yang umum digunakan dalam hal ini adalah Uji Chi-Kuadrat (*Chi-Square Test*) dan Uji Smirnov Kolmogorof.

2.2.4. Perhitungan Curah Hujan

Untuk daerah pemukiman umumnya dipilih hujan rencana dengan periode ulang antara 5-15 tahun. Daerah pusat pemerintahan yang penting, daerah komersil, dan daerah padat dengan nilai ekonomi tinggi dengan periode ulang antara 10-50 tahun. Perencanaan gorong-gorong jalan raya dan lapangan terbang dengan periode ulang antara 3-15 tahun. Perencanaan pengendalian banjir pada sungai dengan periode ulang antara 10-50 tahun (Bappeda Kota Balikpapan, 2006).

Dalam studi ini, digunakan hujan rencana dengan periode ulang 10 tahun. Periode ulang 10 tahun dipilih berdasarkan rencana saluran pelimpah dari bangunan pengendali banjir.

2.2.5. Perhitungan Rata-rata Hujan Sampai Jam ke-t

Perhitungan rata-rata hujan sampai jam ke-t, menggunakan rumus sebagai berikut.

$$R_t = \frac{R(T)^{2/3}}{T(t)} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dengan :

R_t = Rata-rata hujan pada jam ke-t (mm)

t = Waktu lamanya hujan (jam)

T = Lamanya hujan terpusat, dalam hal ini dipakai asumsi 5 jam

R_{24} = Curah hujan harian (mm)

2.2.6. Analisa Intensitas Hujan

Intensitas curah hujan adalah tinggi atau kedalaman curah hujan yang terjadi per satuan waktu dimana air tersebut berkonsentrasi. Intensitas curah hujan berbeda-beda sesuai dengan jangka waktu yang ditinjau yakni curah hujan tahunan (jumlah curah hujan dalam setahun), curah hujan bulanan (curah hujan dalam sebulan), dan curah hujan harian (curah hujan dalam 24 jam). Perhitungan intensitas hujan dilakukan menggunakan persamaan Mononobe. Mononobe menuliskan perumusan intensitas hujan harian sebagai berikut.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^m \dots\dots\dots (2.7)$$

Dengan :

R_{24} = curah hujan harian (24 jam)

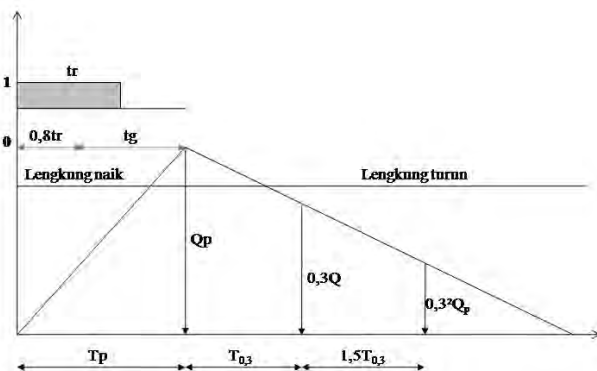
t_c = waktu konsentrasi hujan (jam)

m = sesuai dengan angka Van Breen, diambil $m = 2/3$

2.2.7. Analisa Debit Banjir Rencana

Jika tidak tersedia debit pengamatan banjir, maka untuk analisa debit banjir rencana digunakan sebuah pendekatan menggunakan hidrograf satuan. Debit banjir rencana adalah besarnya debit banjir kala ulang ulang tertentu yang ditetapkan sebagai dasar penentuan kapasitas dan dimensi bangunan-bangunan hidraulik, sehingga kerusakan yang ditimbulkan baik langsung maupun tidak langsung oleh banjir tidak boleh terjadi selama besaran banjir tidak terlampaui (Harto, 1993).

Konsep utama dari hidrograf satuan adalah hujan satuan yang berbeda-beda besarnya akan menghasilkan sebuah grafik distribusi yang hampir sama. Perhitungan hidrograf banjir dapat dihitung dengan menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu. Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu (gambar 2.1) yang dikembangkan di Jepang cukup baik untuk digunakan di Indonesia dengan koreksi pada debit puncak dan waktu capai puncak (Harto, 1993).



Gambar 2.1 Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

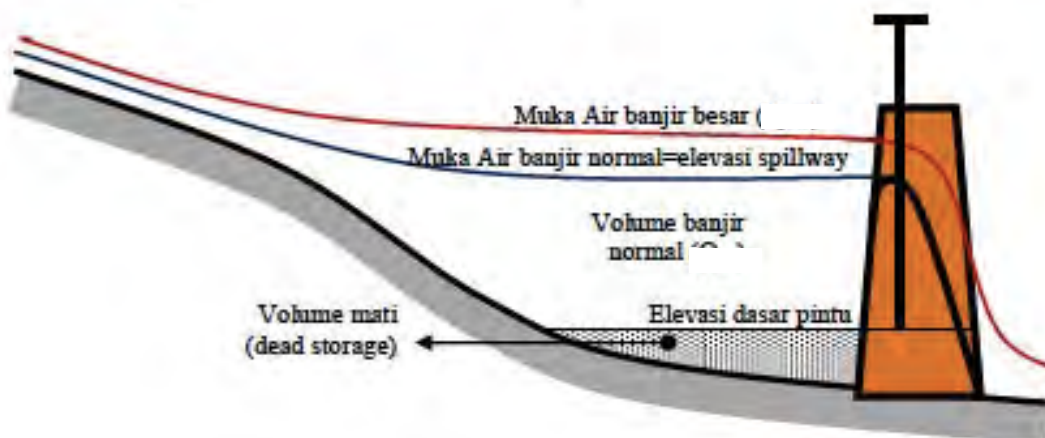
2.3. Bendali (Bangunan Pengendali Banjir)

Bendali (bangunan pengendali banjir) adalah bangunan tampungan air banjir sementara yang dibangun untuk menurunkan debit puncak banjir dan melepaskan kembali ke sungai sesuai dengan kapasitas sungai ketika debit sudah menurun. Berbeda dengan waduk multi tujuan yang berfungsi untuk menyimpan air dalam waktu relatif lama, bendali hanya menyimpan air pada saat terjadi banjir, dan mengosongkan kembali setelah banjir surut. Oleh karenanya, seluruh tampungan bendali dapat dimanfaatkan untuk pengendalian banjir.

2.3.1. Kapasitas Bendali

Kapasitas bendali, direncanakan menampung seluruh volume debit banjir rencana yang berasal dari DAS di hulunya. Pelepasan air dari bendali dilakukan dengan menggunakan spillway dengan periode ulang rencana 10 tahun. Untuk menjaga kesiapan bendali dalam menampung banjir berikutnya, maka waktu pengosongan bendali tidak lebih dari 24 jam.

Kapasitas total bendali harus sudah memperhitungkan volume cadangan untuk menampung sedimen yang masuk, sekalipun kemungkinan sedimen mengendap di bendali relatif kecil, karena air tidak berdiam lama didalam bendali (gambar 2.2).



Gambar 2.2 Penampang Memanjang Bendali

2.3.2. Penelusuran Banjir (*Flood Routing*)

Penelusuran banjir (*routing*) adalah prosedur dalam menentukan waktu dan besar terjadinya banjir (peramalan hidrograf banjir) pada satu titik tertentu di sebuah aliran sungai atau bagian sungai. Penelusuran banjir dibagi menjadi dua, yaitu penelusuran banjir lewat waduk (*reservoir flood routing*) dan penelusuran banjir lewat saluran terbuka (*channel flood routing*).

Penelusuran banjir berfungsi untuk menghitung besarnya perubahan banjir yang melewati suatu sungai dan waduk. Dengan penelusuran banjir ini, apabila hidrograf di bagian hulu sungai dan waduk diketahui, maka akan dapat dihitung bentuk hidrograf banjir di bagian hilirnya. Prinsip dasar penelusuran banjir dinyatakan dalam bentuk persamaan kontinuitas berikut.

$$I - O = \frac{dS}{dt} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dengan :

I = aliran masuk (inflow) (m³/det)

O = aliran keluar (outflow) (m³/det)

dS = perubahan tampungan (storage) (m³)

dt = interval waktu penelusuran (detik, jam, atau hari)

Persamaan (2.8) menunjukkan bahwa perubahan tampungan antara interval waktu (dt) adalah sama dengan aliran masuk dikurangi aliran keluar. Terdapat hubungan antara tampungan, aliran masuk, dan aliran keluar.

2.3.3. Tanggul

Tanggul adalah bangunan penahan di sepanjang aliran sungai atau saluran. Tanggul berfungsi untuk menahan dan menghindari luapan air banjir ke dataran atau wilayah di sekitarnya. Pembuatan tanggul ini dimaksudkan untuk meningkatkan kapasitas tampungan alur sungai, sehingga mampu mengalirkan debit banjir dengan periode ulang tertentu. Makin tinggi elevasi muka air, maka semakin tinggi pula tinggi elevasi tanggul yang diperlukan.

2.4. Konsep Pemodelan Hidrologi Dengan HEC-HMS

2.4.1. Definisi HEC-HMS

HEC HMS adalah salah satu perangkat lunak yang dikembangkan oleh *U. S. Army Corps of Engineering*. Perangkat lunak ini digunakan untuk analisa hidrologi dengan mensimulasikan proses curah hujan dan limpasan langsung (*run off*) dari sebuah daerah aliran sungai (DAS). HEC HMS dapat diaplikasikan dalam area geografik yang sangat luas untuk menyelesaikan masalah, meliputi hidrologi banjir dan limpasan air dari suatu DAS. Hidrograf satuan yang dihasilkan oleh HEC HMS dapat digunakan secara langsung ataupun digabungkan dengan perangkat lunak lain (*U. S. Army Corps of Engineering*, 2001).

Model HEC HMS dapat memberikan simulasi hidrologi dari puncak aliran harian untuk perhitungan debit banjir rencana dari suatu daerah aliran sungai (DAS). Dalam pengoperasiannya, HEC HMS menggunakan sistem windows, sehingga model ini menjadi mudah dipelajari dan mudah untuk digunakan, tetapi tetap dilakukan dengan pendalaman dan pemahaman dengan model yang digunakan.

Konsep dasar perhitungan model HEC HMS adalah data hujan sebagai input air untuk satu atau beberapa sub daerah tangkapan air (*sub basin*) yang sedang dianalisa. Setiap sub basin dianggap sebagai suatu tendon yang *non linier* dimana *inflownya* adalah data hujan.

2.4.2. Metode Perhitungan Volume Limpasan

HEC-HMS menganggap bahwa semua daratan dan perairan yang berada dalam suatu DAS dapat dikategorikan menjadi :

1. Lapisan lolos air (*pervious surface*)
2. Lapisan kedap air (*directly-connected impervious surface*)

Lapisan kedap air adalah bagian dari DAS yang memberikan kontribusi berupa limpasan langsung tanpa memperhitungkan infiltrasi, evaporasi, maupun jenis kehilangan volume lainnya. Di dalam pemodelan HEC-HMS, terdapat beberapa metode perhitungan limpasan (*runoff*) yang dapat digunakan, yaitu :

- a. *The initial and constant-rate loss model*
- b. *The deficit and constant-rate loss model*

c. *The SCS curve number (CN) loss model (composite or gridded)*

d. *The green and ampt loss model*

Karena keterbatasan data lapangan yang dibutuhkan didalam penggunaan metode-metode tersebut di atas, maka dalam metode perhitungan yang digunakan dalam tesis adalah metode SCS *curve number* (CN) karena dianggap paling mudah di aplikasikan dalam perhitungan.

2.4.3. Limpasan SCS Curve Number (CN)

Metode perhitungan dari *Soil Conservation Service* (SCS) *curve number* (CN) beranggapan bahwa hujan yang menghasilkan limpasan merupakan fungsi dari hujan kumulatif, tata guna lahan, jenis tanah serta kelembaban. Model perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$P_e = \frac{(P - I_a)^m}{P - I_a + S} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dengan :

P_e = hujan kumulatif pada waktu t

P = kedalaman hujan kumulatif pada waktu t

I_a = keehilangan mula-mula (initial loss)

S = kemampuan menyimpan maksimum

Hubungan antara nilai kemampuan penyimpanan maksimum dengan nilai dari karakteristik DAS yang diwaliki oleh nilai CN (*curve number*) adalah sebagai berikut.

$$S = \frac{1000 - 10CN}{CN} (EnglishUnit) \dots\dots\dots (2.10)$$

$$S = \frac{25400 - 254CN}{CN} (MetricUnit) \dots\dots\dots (2.11)$$

Nilai dari CN (*curve number*) bervariasi dari 100 (untuk permukaan yang digenangi air) hingga sekitar 30 (untuk permukaan tak kedap air dengan nilai infiltrasi tinggi).

2.4.4. Metode Perhitungan Hidrograf Satuan Sintesis

Dalam pemodelan menggunakan HEC HMS, disediakan beberapa pilihan metode yang dapat digunakan untuk perhitungan hidrograf satuan. Metode-metode yang ada antara lain adalah :

1. Hidrograf satuan sintetis Snyder
2. Hidrograf satuan SCS (*Soil Conservation Service*)
3. Hidrograf satuan Clark
4. Hidrograf satuan Clark modifikasi
5. Hidrograf satuan *Kinematic Wave*

Dalam studi ini, metode pemodelan HEC HMS yang digunakan adalah hidrograf satuan SCS (*Soil Conservation Service*) dan Hidrograf satuan *Kinematic Wave*.

2.4.5. Hidrograf Satuan SCS

Model SCS Unit Hidrograf adalah suatu Unit Hidrograf yang berdimensi.

SCS menyatakan bahwa puncak Unit Hidrograf dan waktu puncak Unit Hidrograf terkait oleh.

$$U_p = C \frac{A}{T_p} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dengan :

A = daerah aliran sungai

C = koefisien tetap

Waktu puncak (juga dikenal sebagai waktu kenaikan) terkait dengan jangka waktu unit dari kelebihan hujan.

$$T_p = \frac{\Delta t}{2} + t_{lag} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dengan :

Δt = jangka waktu kelebihan hujan

t_{lag} = perbedaan waktu antara pusat massa dari kelebihan curah hujan dan puncak dari Unit Hidrograf

Ketika waktu keterlambatan tersebut ditetapkan, HEC-HMS memecahkan persamaan untuk menentukan waktu dari puncak Unit Hidrograf dan menemukan puncak Unit Hidrograf.

2.5. Pemahaman Konsep Pemodelan Aliran Sungai Dengan HEC-RAS

Analisis perilaku sungai merupakan suatu analisis yang bukan saja kompleks, namun juga cukup rumit, dimana analisis sistem ini perlu dilakukan iterasi secara berulang dengan parameter-parameter tertentu untuk mencari variabel-variabel, baik pada aliran kondisi permanen (*steady flow*) maupun pada aliran kondisi tidak permanen (*unsteady flow*).

HEC-RAS memiliki empat komponen model satu dimensi, yaitu hitungan profil muka air aliran permanen, simulasi air tak permanen, hitungan transpor sedimen, dan hitungan kualitas air. Profil muka air dihitung dari suatu penampang dengan persamaan energi melalui prosedur iterasi yang disebut dengan *standart step method*. Persamaan energy yang dimaksud adalah sebagai berikut.

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \dots\dots\dots (2.14)$$

Dengan :

Y_1, Y_2 = tinggi muka air pada penampang melintang 1 dan 2 (m)

Z_1, Z_2 = garis datum persamaan pada penampang melintang 1 dan 2 (m)

V_1, V_2 = kecepatan rata-rata pada penampang melintang 1 dan 2 (m/det)

α_1, α_2 = koefisien Coriolis

g = percepatan gravitasi (m^2/det)

h_e = kehilangan tinggi energi (m)

BAB 2 DASAR TEORI

2.1. Banjir

Masalah banjir pada umumnya terjadi akibat adanya interaksi berbagai faktor penyebab, baik yang bersifat alamiah maupun dampak kegiatan manusia. Faktor yang bersifat alamiah dapat dibagi dalam dua kelompok. Kelompok pertama menyangkut kondisi alam yang relatif statis, yaitu kondisi alur sungai, dan kelompok kedua menyangkut peristiwa alam yang bersifat dinamis, yaitu curah hujan yang tinggi, pembendungan muara sungai akibat pasang air laut, dan sedimentasi. Banjir yang diakibatkan oleh dampak kegiatan manusia antara lain pengembangan dan penataan ruang di dataran banjir, pembudidayaan dan penataan DAS (Daerah Aliran Sungai) yang kurang memperhatikan kaidah-kaidah konservasi tanah dan air, pembangunan sistem drainase kawasan pemukiman yang tidak berwawasan konservasi (Siswoko, 2002).

Upaya pengendalian banjir pada dasarnya memiliki dimensi yang cukup luas, meliputi aspek teknis maupun nonteknis. Aspek teknis sering dikaitkan dengan berbagai kegiatan fisik atau upaya struktur, yaitu pembangunan sarana dan prasarana pengendalian banjir dan atau memodifikasi kondisi alamiah sungai sehingga membentuk suatu sistem pengendalian banjir. Berbagai jenis kegiatan fisik antara lain adalah pembangunan tanggul banjir, normalisasi alur sungai, pembangunan waduk dan atau retensi banjir, dan pembangunan sistem drainase (Siswoko, 2002). Sedangkan untuk jenis kegiatan nonteknis adalah pengendalian banjir dengan tidak menggunakan upaya fisik atau struktur. Berbagai jenis kegiatan nonfisik antara lain adalah pengelolaan DAS, pengaturan tata guna lahan, pengembangan daerah banjir, dan pengaturan daerah banjir.

2.2. Analisa Hidrologi

2.2.1. Curah Hujan Wilayah

Curah hujan adalah jumlah air yang jatuh di permukaan tanah datar, tidak mengalir dan menguap selama periode tertentu yang diukur dalam satuan mm. Data curah hujan didapat dari alat penakar hujan yang diukur di suatu titik saja (*point rainfall*).

Untuk menghitung curah hujan rata-rata wilayah daerah aliran sungai (DAS) terdapat tiga macam cara, yaitu cara rata-rata Aljabar, Pligon Thiessen, dan Isohyet (Suripin, 2004). Curah hujan yang digunakan dalam studi ini adalah data curah hujan dari satu stasiun hujan Kota Balikpapan, karena Kota Balikpapan hanya memiliki satu stasiun hujan yang terdapat di daerah Sepinggian. Oleh karena itu, dalam perhitungan curah hujan rata-rata tidak menggunakan tiga macam tersebut diatas.

2.2.2. Analisa Distribusi Frekuensi

Analisa distribusi frekuensi bertujuan untuk menentukan besaran curah hujan dengan kala ulang tertentu. Metode yang digunakan untuk menentukan distribusi frekuensi pada studi ini adalah sebagai berikut :

1. Distribusi Pearson Tipe III
2. Distribusi Gumbel Tipe I

Setiap jenis distribusi atau sebaran mempunyai parameter statistik yang terdiri dari nilai rata-rata ($\mu = \bar{x}$), standart deviasi ($\sigma = S$), koefisien ketajaman (Ck), yang masing-masing dicari berdasarkan rumus.

Nilai rata-rata (*mean*) :

$$X_{rata - rata} = \frac{\sum X}{n} \dots\dots\dots (2.1)$$

Deviasi Standart (*standart deviation*) :

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n - 1}} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dengan :

S = deviasi Standart (*standart deviation*)

X = data dalam sample

\bar{X} = nilai rata-rata hitung

n = jumlah pengamatan

Sumber : Soewarno, 1995.

Koefisien variasi (*coefficient of variation*)

Koefisien variasi adalah nilai perbandingan antara deviasi standar dengan nilai rata-rata hitung suatu distribusi. Besarnya koefisien variasi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}} \dots\dots\dots(2.3)$$

Dengan :

Cv = koefisien variasi (*coefficient of variation*)

S = deviasi Standart (*standart deviation*)

\bar{X} = nilai rata-rata hitung

Sumber : Soewarno, 1995.

Koefisien kemencengan (*coefficient of skewness*)

Kemencengan adalah nilai yang menunjukkan derajat ketidaksimetrisan (*assymetry*) dari suatu bentuk distribusi. Pengukuran kemencengan adalah mengukur seberapa besar suatu kurva frekuensi dari suatu distribusi tidak simetri atau menceng. Umumnya ukuran kemencengan dinyatakan dengan besarnya koefisien kemencengan, dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$Cs = \frac{n \cdot \Sigma(X - \bar{X})^3}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot S^3} \dots\dots\dots(2.4)$$

Dengan :

C_s = koefisien kemencengan (*coefficient of skewness*)

S = deviasi Standart (*standart deviation*)

X = data dalam sample

\bar{X} = nilai rata-rata hitung

n = jumlah pengamatan

Sumber : Soewarno, 1995.

Koefisien ketajaman (*coefficient of kutosis*)

Koefisien ketajaman dimaksudkan untuk mengukur keruncingan dari bentuk kurva distribusi, yang umumnya dibandingkan dengan distribusi normal.

Koefisien ketajaman digunakan untuk menentukan keruncingan kurva distribusi, yang dirumuskan sebagai berikut :

$$C_k = \frac{n^2 \cdot \Sigma(X - \bar{X})^4}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot (n-3) \cdot S^4} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dengan :

C_k = koefisien ketajaman (*coefficient of kutosis*)

S = deviasi Standart (*standart deviation*)

X = data dalam sample

\bar{X} = nilai rata-rata hitung

n = jumlah pengamatan

Sumber : Soewarno, 1995.

2.2.3. Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi

Untuk mengetahui kebenaran pemilihan distribusi yang digunakan dalam perhitungan curah hujan rencana diterima atau ditolak, maka perlu dilakukan uji kesesuaian distribusi. Metode yang umum digunakan dalam hal ini adalah Uji Chi-Kuadrat (*Chi-Square Test*) dan Uji Smirnov Kolmogorof.

2.2.4. Perhitungan Curah Hujan

Untuk daerah pemukiman umumnya dipilih hujan rencana dengan periode ulang antara 5-15 tahun. Daerah pusat pemerintahan yang penting, daerah komersil, dan daerah padat dengan nilai ekonomi tinggi dengan periode ulang antara 10-50 tahun. Perencanaan gorong-gorong jalan raya dan lapangan terbang dengan periode ulang antara 3-15 tahun. Perencanaan pengendalian banjir pada sungai dengan periode ulang antara 10-50 tahun (Bappeda Kota Balikpapan, 2006).

Dalam studi ini, digunakan hujan rencana dengan periode ulang 10 tahun. Periode ulang 10 tahun dipilih berdasarkan rencana saluran pelimpah dari bangunan pengendali banjir.

2.2.5. Perhitungan Rata-rata Hujan Sampai Jam ke-t

Perhitungan rata-rata hujan sampai jam ke-t, menggunakan rumus sebagai berikut.

$$R_t = \frac{R(T)^{2/3}}{T(t)} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dengan :

R_t = Rata-rata hujan pada jam ke-t (mm)

t = Waktu lamanya hujan (jam)

T = Lamanya hujan terpusat, dalam hal ini dipakai asumsi 5 jam

R_{24} = Curah hujan harian (mm)

2.2.6. Analisa Intensitas Hujan

Intensitas curah hujan adalah tinggi atau kedalaman curah hujan yang terjadi per satuan waktu dimana air tersebut berkonsentrasi. Intensitas curah hujan berbeda-beda sesuai dengan jangka waktu yang ditinjau yakni curah hujan tahunan (jumlah curah hujan dalam setahun), curah hujan bulanan (curah hujan dalam sebulan), dan curah hujan harian (curah hujan dalam 24 jam). Perhitungan intensitas hujan dilakukan menggunakan persamaan Mononobe. Mononobe menuliskan perumusan intensitas hujan harian sebagai berikut.

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^m \dots\dots\dots (2.7)$$

Dengan :

R_{24} = curah hujan harian (24 jam)

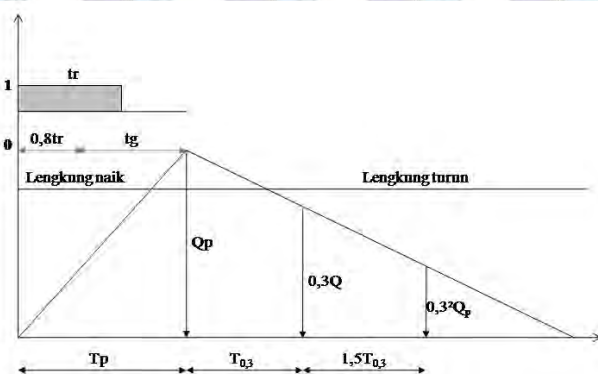
t_c = waktu konsentrasi hujan (jam)

m = sesuai dengan angka Van Breen, diambil $m = 2/3$

2.2.7. Analisa Debit Banjir Rencana

Jika tidak tersedia debit pengamatan banjir, maka untuk analisa debit banjir rencana digunakan sebuah pendekatan menggunakan hidrograf satuan. Debit banjir rencana adalah besarnya debit banjir kala ulang ulang tertentu yang ditetapkan sebagai dasar penentuan kapasitas dan dimensi bangunan-bangunan hidraulik, sehingga kerusakan yang ditimbulkan baik langsung maupun tidak langsung oleh banjir tidak boleh terjadi selama besaran banjir tidak terlampaui (Harto, 1993).

Konsep utama dari hidrograf satuan adalah hujan satuan yang berbeda-beda besarnya akan menghasilkan sebuah grafik distribusi yang hampir sama. Perhitungan hidrograf banjir dapat dihitung dengan menggunakan metode Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu. Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu (gambar 2.1) yang dikembangkan di Jepang cukup baik untuk digunakan di Indonesia dengan koreksi pada debit puncak dan waktu capai puncak (Harto, 1993).



Gambar 2.1 Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu

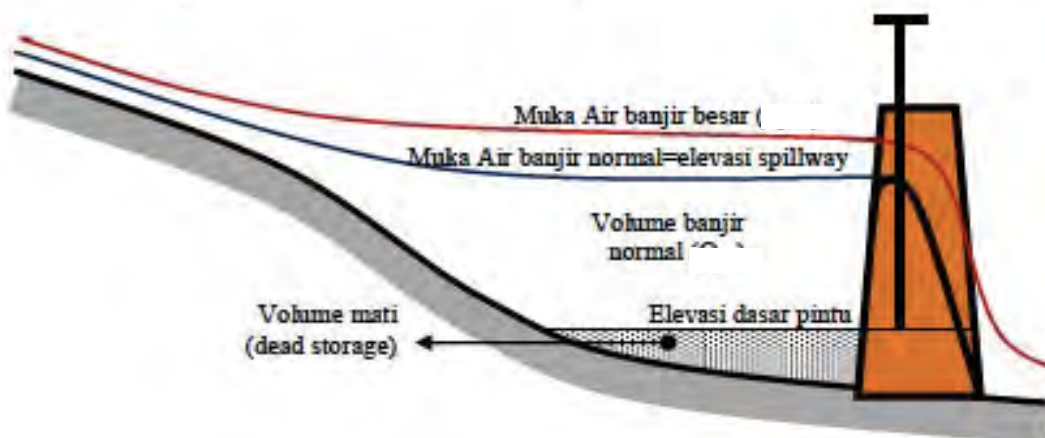
2.3. Bendali (Bangunan Pengendali Banjir)

Bendali (bangunan pengendali banjir) adalah bangunan tampungan air banjir sementara yang dibangun untuk menurunkan debit puncak banjir dan melepaskan kembali ke sungai sesuai dengan kapasitas sungai ketika debit sudah menurun. Berbeda dengan waduk multi tujuan yang berfungsi untuk menyimpan air dalam waktu relatif lama, bendali hanya menyimpan air pada saat terjadi banjir, dan mengosongkan kembali setelah banjir surut. Oleh karenanya, seluruh tampungan bendali dapat dimanfaatkan untuk pengendalian banjir.

2.3.1. Kapasitas Bendali

Kapasitas bendali, direncanakan menampung seluruh volume debit banjir rencana yang berasal dari DAS di hulunya. Pelepasan air dari bendali dilakukan dengan menggunakan spillway dengan periode ulang rencana 10 tahun. Untuk menjaga kesiapan bendali dalam menampung banjir berikutnya, maka waktu pengosongan bendali tidak lebih dari 24 jam.

Kapasitas total bendali harus sudah memperhitungkan volume cadangan untuk menampung sedimen yang masuk, sekalipun kemungkinan sedimen mengendap di bendali relatif kecil, karena air tidak berdiam lama didalam bendali (gambar 2.2).



Gambar 2.2 Penampang Memanjang Bendali

2.3.2. Penelusuran Banjir (*Flood Routing*)

Penelusuran banjir (*routing*) adalah prosedur dalam menentukan waktu dan besar terjadinya banjir (peramalan hidrograf banjir) pada satu titik tertentu di sebuah aliran sungai atau bagian sungai. Penelusuran banjir dibagi menjadi dua, yaitu penelusuran banjir lewat waduk (*reservoir flood routing*) dan penelusuran banjir lewat saluran terbuka (*channel flood routing*).

Penelusuran banjir berfungsi untuk menghitung besarnya perubahan banjir yang melewati suatu sungai dan waduk. Dengan penelusuran banjir ini, apabila hidrograf di bagian hulu sungai dan waduk diketahui, maka akan dapat dihitung bentuk hidrograf banjir di bagian hilirnya. Prinsip dasar penelusuran banjir dinyatakan dalam bentuk persamaan kontinuitas berikut.

$$I - O = \frac{dS}{dt} \dots\dots\dots (2.8)$$

Dengan :

I = aliran masuk (inflow) (m³/det)

O = aliran keluar (outflow) (m³/det)

dS = perubahan tampungan (storage) (m³)

dt = interval waktu penelusuran (detik, jam, atau hari)

Persamaan (2.8) menunjukkan bahwa perubahan tampungan antara interval waktu (dt) adalah sama dengan aliran masuk dikurangi aliran keluar. Terdapat hubungan antara tampungan, aliran masuk, dan aliran keluar.

2.3.3. Tanggul

Tanggul adalah bangunan penahan di sepanjang aliran sungai atau saluran. Tanggul berfungsi untuk menahan dan menghindari luapan air banjir ke dataran atau wilayah di sekitarnya. Pembuatan tanggul ini dimaksudkan untuk meningkatkan kapasitas tampungan alur sungai, sehingga mampu mengalirkan debit banjir dengan periode ulang tertentu. Makin tinggi elevasi muka air, maka semakin tinggi pula tinggi elevasi tanggul yang diperlukan.

2.4. Konsep Pemodelan Hidrologi Dengan HEC-HMS

2.4.1. Definisi HEC-HMS

HEC HMS adalah salah satu perangkat lunak yang dikembangkan oleh *U. S. Army Corps of Engineering*. Perangkat lunak ini digunakan untuk analisa hidrologi dengan mensimulasikan proses curah hujan dan limpasan langsung (*run off*) dari sebuah daerah aliran sungai (DAS). HEC HMS dapat diaplikasikan dalam area geografik yang sangat luas untuk menyelesaikan masalah, meliputi hidrologi banjir dan limpasan air dari suatu DAS. Hidrograf satuan yang dihasilkan oleh HEC HMS dapat digunakan secara langsung ataupun digabungkan dengan perangkat lunak lain (*U. S. Army Corps of Engineering*, 2001).

Model HEC HMS dapat memberikan simulasi hidrologi dari puncak aliran harian untuk perhitungan debit banjir rencana dari suatu daerah aliran sungai (DAS). Dalam pengoperasiannya, HEC HMS menggunakan sistem windows, sehingga model ini menjadi mudah dipelajari dan mudah untuk digunakan, tetapi tetap dilakukan dengan pendalaman dan pemahaman dengan model yang digunakan.

Konsep dasar perhitungan model HEC HMS adalah data hujan sebagai input air untuk satu atau beberapa sub daerah tangkapan air (*sub basin*) yang sedang dianalisa. Setiap sub basin dianggap sebagai suatu tendon yang *non linier* dimana *inflownya* adalah data hujan.

2.4.2. Metode Perhitungan Volume Limpasan

HEC-HMS menganggap bahwa semua daratan dan perairan yang berada dalam suatu DAS dapat dikategorikan menjadi :

1. Lapisan lolos air (*pervious surface*)
2. Lapisan kedap air (*directly-connected impervious surface*)

Lapisan kedap air adalah bagian dari DAS yang memberikan kontribusi berupa limpasan langsung tanpa memperhitungkan infiltrasi, evaporasi, maupun jenis kehilangan volume lainnya. Di dalam pemodelan HEC-HMS, terdapat beberapa metode perhitungan limpasan (*runoff*) yang dapat digunakan, yaitu :

- a. *The initial and constant-rate loss model*
- b. *The deficit and constant-rate loss model*

c. *The SCS curve number (CN) loss model (composite or gridded)*

d. *The green and ampt loss model*

Karena keterbatasan data lapangan yang dibutuhkan didalam penggunaan metode-metode tersebut di atas, maka dalam metode perhitungan yang digunakan dalam tesis adalah metode SCS *curve number* (CN) karena dianggap paling mudah di aplikasikan dalam perhitungan.

2.4.3. Limpasan SCS Curve Number (CN)

Metode perhitungan dari *Soil Conservation Service* (SCS) *curve number* (CN) beranggapan bahwa hujan yang menghasilkan limpasan merupakan fungsi dari hujan kumulatif, tata guna lahan, jenis tanah serta kelembaban. Model perhitungannya adalah sebagai berikut.

$$P_e = \frac{(P - I_a)^m}{P - I_a + S} \dots\dots\dots (2.9)$$

Dengan :

P_e = hujan kumulatif pada waktu t

P = kedalaman hujan kumulatif pada waktu t

I_a = keehilangan mula-mula (initial loss)

S = kemampuan menyimpan maksimum

Hubungan antara nilai kemampuan penyimpanan maksimum dengan nilai dari karakteristik DAS yang diwaliki oleh nilai CN (*curve number*) adalah sebagai berikut.

$$S = \frac{1000 - 10CN}{CN} (EnglishUnit) \dots\dots\dots (2.10)$$

$$S = \frac{25400 - 254CN}{CN} (MetricUnit) \dots\dots\dots (2.11)$$

Nilai dari CN (*curve number*) bervariasi dari 100 (untuk permukaan yang digenangi air) hingga sekitar 30 (untuk permukaan tak kedap air dengan nilai infiltrasi tinggi).

2.4.4. Metode Perhitungan Hidrograf Satuan Sintesis

Dalam pemodelan menggunakan HEC HMS, disediakan beberapa pilihan metode yang dapat digunakan untuk perhitungan hidrograf satuan. Metode-metode yang ada antara lain adalah :

1. Hidrograf satuan sintetis Snyder
2. Hidrograf satuan SCS (*Soil Conservation Service*)
3. Hidrograf satuan Clark
4. Hidrograf satuan Clark modifikasi
5. Hidrograf satuan *Kinematic Wave*

Dalam studi ini, metode pemodelan HEC HMS yang digunakan adalah hidrograf satuan SCS (*Soil Conservation Service*) dan Hidrograf satuan *Kinematic Wave*.

2.4.5. Hidrograf Satuan SCS

Model SCS Unit Hidrograf adalah suatu Unit Hidrograf yang berdimensi.

SCS menyatakan bahwa puncak Unit Hidrograf dan waktu puncak Unit Hidrograf terkait oleh.

$$U_p = C \frac{A}{T_p} \dots\dots\dots(2.12)$$

Dengan :

A = daerah aliran sungai

C = koefisien tetap

Waktu puncak (juga dikenal sebagai waktu kenaikan) terkait dengan jangka waktu unit dari kelebihan hujan.

$$T_p = \frac{\Delta t}{2} + t_{lag} \dots\dots\dots(2.13)$$

Dengan :

Δt = jangka waktu kelebihan hujan

t_{lag} = perbedaan waktu antara pusat massa dari kelebihan curah hujan dan puncak dari Unit Hidrograf

Ketika waktu keterlambatan tersebut ditetapkan, HEC-HMS memecahkan persamaan untuk menentukan waktu dari puncak Unit Hidrograf dan menemukan puncak Unit Hidrograf.

2.5. Pemahaman Konsep Pemodelan Aliran Sungai Dengan HEC-RAS

Analisis perilaku sungai merupakan suatu analisis yang bukan saja kompleks, namun juga cukup rumit, dimana analisis sistem ini perlu dilakukan iterasi secara berulang dengan parameter-parameter tertentu untuk mencari variabel-variabel, baik pada aliran kondisi permanen (*steady flow*) maupun pada aliran kondisi tidak permanen (*unsteady flow*).

HEC-RAS memiliki empat komponen model satu dimensi, yaitu hitungan profil muka air aliran permanen, simulasi air tak permanen, hitungan transpor sedimen, dan hitungan kualitas air. Profil muka air dihitung dari suatu penampang dengan persamaan energi melalui prosedur iterasi yang disebut dengan *standart step method*. Persamaan energy yang dimaksud adalah sebagai berikut.

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \dots\dots\dots (2.14)$$

Dengan :

Y_1, Y_2 = tinggi muka air pada penampang melintang 1 dan 2 (m)

Z_1, Z_2 = garis datum persamaan pada penampang melintang 1 dan 2 (m)

V_1, V_2 = kecepatan rata-rata pada penampang melintang 1 dan 2 (m/det)

α_1, α_2 = koefisien Coriolis

g = percepatan gravitasi (m^2/det)

h_e = kehilangan tinggi energi (m)

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Sistematika Pelaksanaan Penelitian

Sistematika dalam pelaksanaan penelitian mengenai studi pengaruh fungsi bendali (bangunan pengendali banjir) pada pengurangan banjir di daerah aliran sungai (DAS) Ampal Kota Balikpapan adalah sebagai berikut :

3.1.1. Tahap Persiapan

Tahap persiapan merupakan tahapan awal yang dilakukan untuk mendapatkan gambaran sementara tentang kondisi dan lokasi DAS Ampal Kota Balikpapan. Survey lapangan dan pengumpulan literatur merupakan langkah-langkah yang digunakan untuk mengetahui kondisi dan lokasi studi serta menentukan masalah yang akan dianalisis.

3.1.2. Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan untuk mencapai tujuan penelitian. Pengumpulan data-data yang terkait dengan lokasi dan kondisi DAS Ampal Kota Balikpapan yang dikumpulkan dari berbagai sumber diantaranya :

1. Badan Perencanaan Pembanguna Daerah (BAPPEDA) Kota Balikpapan, berupa data curah hujan dari stasiun hujan Sepinggang, data peta genangan Kota Balikpapan, data peta DAS Ampal, data drainase DAS Ampal, RTRW Kota Balikpapan, data kapasitas sungai, dan data penampang melintang sungai Ampal.
2. Dinas Pekerjaan Umum Kota Balikpapan, berupa data lokasi bendali DAS Ampal Kota Balikpapan.

3.1.3. Analisa Data

Analisa data dilakukan sebagai bahan masukan untuk pengambilan keputusan, pemantauan, dan perbaikan apabila terjadi suatu masalah. Analisa data meliputi :

1. Analisa Hidrologi

a. Analisa Data Curah Hujan

Pada tahap ini, dilakukan perhitungan curah hujan periode ulang tertentu yang akan digunakan untuk mendapatkan besarnya debit yang terjadi di DAS Ampal Kota Balikpapan.

b. Analisa Debit Banjir Menggunakan *HEC-HMS*

Pada tahap ini dilakukan pemodelan hidrologi dengan *HEC-HMS*. Data yang digunakan dalam pemodelan *HEC-HMS* adalah data curah hujan efektif wilayah, panjang sungai, dan luas DAS Ampal. Hasil dari simulasi model adalah berupa hidrograf satuan sintesis.

2. Analisa Hidrolika

Pemodelan kondisi profil aliran sungai akan dilakukan dengan menggunakan bantuan program *HEC-RAS*. Pada pemodelan ini dilakukan dengan menerapkan hidrograf banjir hasil dari pemodelan hidrologi *HEC-HMS*. Hasil dari analisa hidrolika dengan menggunakan program bantuan *HEC-RAS* adalah data elevasi muka air pada penampang sungai.

3. Perbandingan Kapasitas Sungai dengan Debit yang Mengalir

Perbandingan ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan sungai dalam mengalirkan debit banjir yang terjadi. Bila kapasitas sungai lebih besar dibanding dengan debit hidrologi, maka sungai bebas dari genangan atau banjir.

3.1.4. Penyusunan Skenario

Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal direncanakan akan dilengkapi dengan 13 bendali (bangunan pengendali banjir). Dari program pelaksanaan penanganan banjir, bendali yang telah terlaksana (terbangun) sampai dengan saat ini adalah 3 bendali dari total keseluruhan 13 bendali. Bendali yang sudah dibangun di DAS

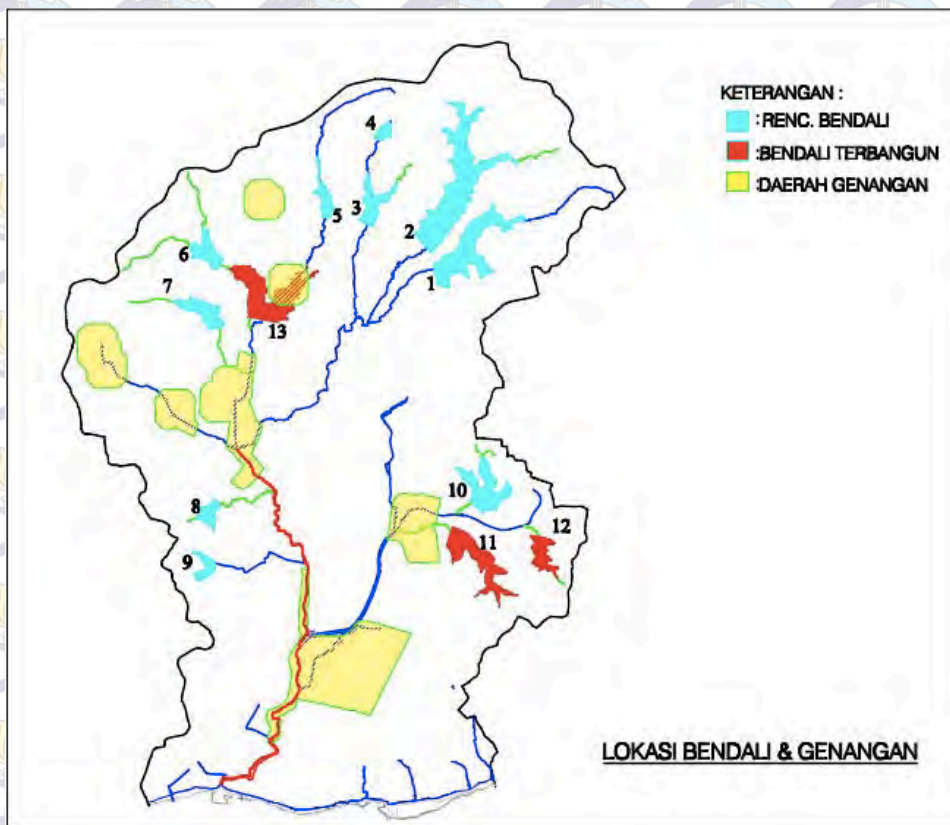
Ampal antara lain Bendali 11, Bendali 12 dan Bendali 13 (DPU Pengairan Kota Balikpapan, 2012).

Dengan direncanakannya 13 bendali pada DAS Ampal, maka perlu diketahui pengaruh fungsi dari bendali tersebut dalam penurunan banjir. Oleh karena itu perlu dilakukan penyusunan skenario yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh pertambahan jumlah bendali terhadap besarnya genangan yang terjadi di DAS Ampal.

Penyusunan skenario dilakukan berdasarkan peta daerah genangan pada DAS Ampal (Gambar 3.1). Skenario ini dilakukan dengan cara mengkombinasikan bendali-bendali yang terletak di masing-masing daerah genangan, ditambah dengan 3 bendali terbangun. Berikut ini adalah skenario-skenario yang akan dilaksanakan berdasarkan letak bendali di masing-masing daerah genangan :

1. Skenario 1 terdiri dari : Bendali 5, 6, 10, 11, 12, 13.
2. Skenario 2 terdiri dari : Bendali 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13.
3. Skenario 3 terdiri dari : Bendali 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13.
4. Skenario 4 terdiri dari : Bendali 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13.

Dengan dilaksanakannya empat skenario pengerjaan, maka diharapkan mampu mengetahui besarnya pengurangan debit pada tiap-tiap skenario. Setelah diperoleh besarnya pengurangan debit, maka akan dilakukan penambahan skenario, yaitu skenario 5 guna mengetahui bendali-bendali yang paling berpengaruh pada penurunan banjir di DAS Ampal. Untuk mengetahui letak dan jumlah bendali di masing-masing skenario, dapat dilihat pada lampiran A.



Gambar 3.1 Lokasi Bendali dan Genangan

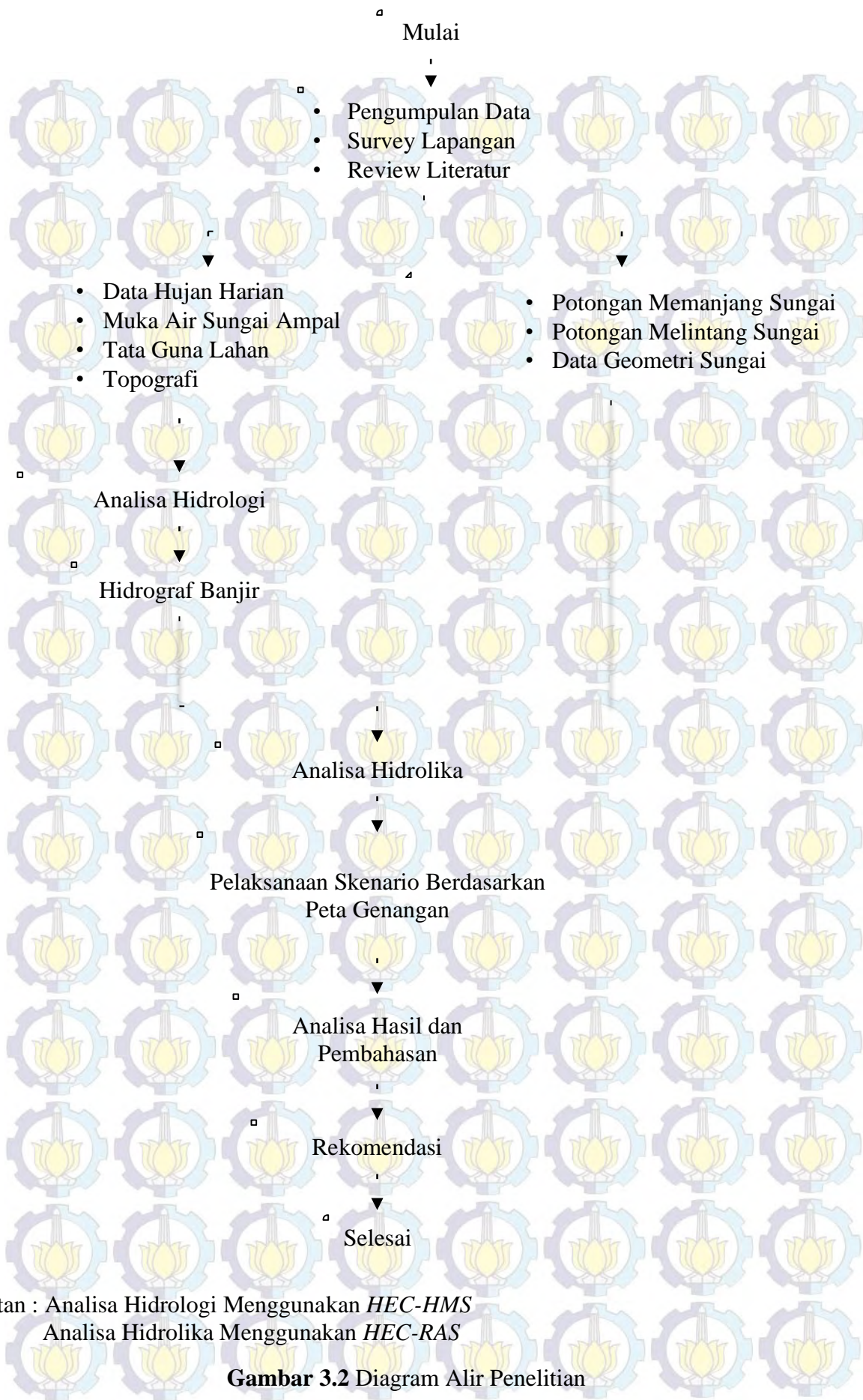
Prioritas Pembangunan Bendali, setelah dibuat skenario-skenario pekerjaan maka dipilih skenario yang paling memungkinkan untuk dilaksanakan terlebih dahulu pada DAS Ampal guna mengetahui besar penurunan banjir. Skenario-skenario yang ada disusun berdasarkan lokasi genangan yang terjadi di DAS.

Prioritas pembangunan bendali dilakukan berdasarkan lokasi genangan di DAS Ampal. Urutan pelaksanaan pembangunan bendali dimulai dari bendali yang terletak di hulu hingga ke hilir sungai. Selain itu, pelaksanaan pembangunan bendali juga memperhatikan ketersediaan bendali di masing-masing daerah genangan.

3.1.5. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dalam penelitian ini diperoleh dari hasil analisa data yang memuat jawaban-jawaban dari permasalahan yang ada di DAS Ampal Kota Balikpapan. Pada tahapan ini juga dirumuskan saran-saran yang perlu disampaikan yang bertujuan untuk penyempurnaan penelitian di masa yang akan datang.

Langkah-langkah pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada gambar 3.2 sebagai berikut.



Catatan : Analisa Hidrologi Menggunakan *HEC-HMS*
 Analisa Hidrolika Menggunakan *HEC-RAS*

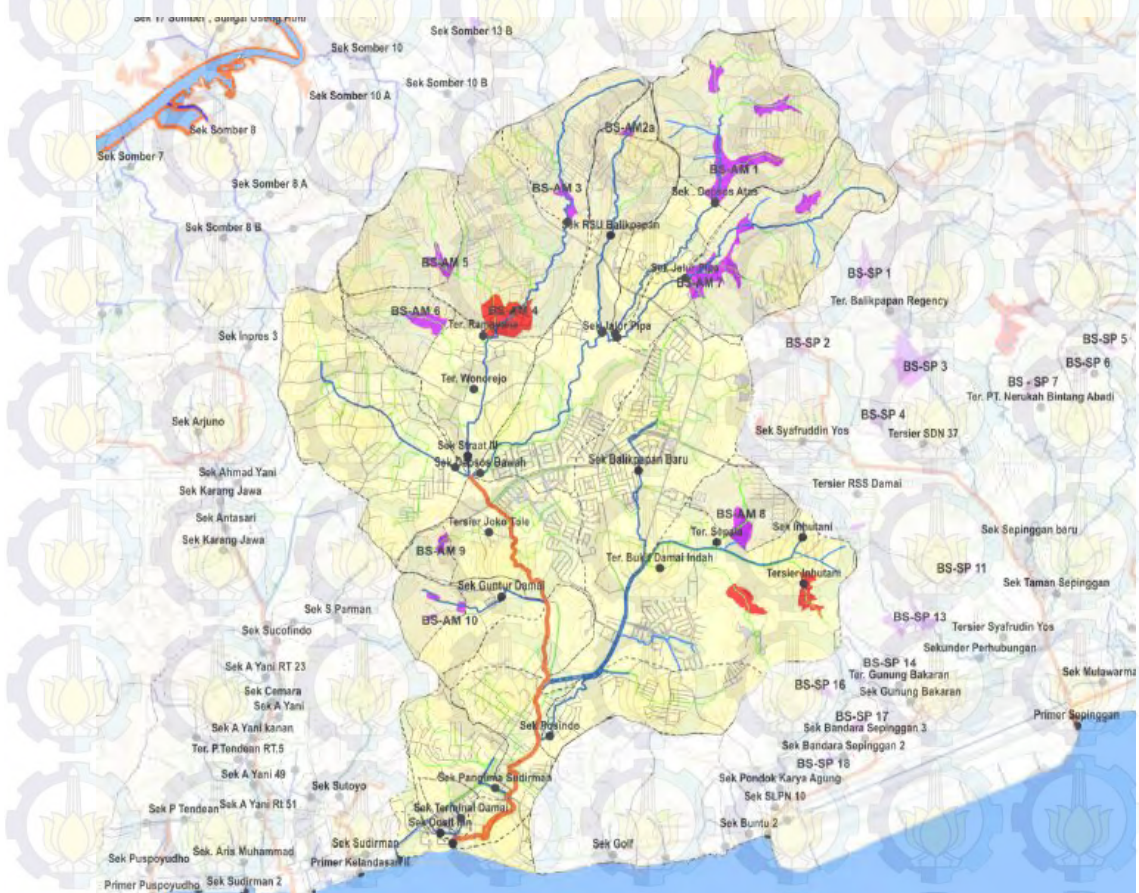
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Lokasi Studi

Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal atau disebut juga sebagai Sistem Klandasan Besar terletak di Kecamatan Balikpapan Selatan, Kota Balikpapan. DAS seluas 25.273 km² ini memiliki sungai sepanjang 4.699 km. DAS Ampal di utara dan barat laut dibatasi oleh DAS Somber, di barat dibatasi oleh DAS Pandan Sari, di barat daya dibatasi oleh DAS Klandasan Kecil, di timur laut dibatasi oleh batas DAS Hulu Manggar Kecil dan Batakan Besar, sedangkan di timur dibatasi oleh DAS Sepingga (Gambar 4.1).



Gambar 4.1 Lokasi Studi - Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal

4.2. Analisa Hidrologi

4.2.1. Distribusi Curah Hujan Wilayah

Curah hujan yang digunakan dalam studi ini merupakan curah hujan dari satu stasiun hujan. Hal ini dikarenakan wilayah Kota Balikpapan hanya memiliki satu stasiun hujan yang terletak di daerah Sepinggian. Data curah hujan maksimum yang terjadi di stasiun hujan Sepinggian selama 13 tahun dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Curah Hujan Maksimum

No.	Tahun	Rmax/thn
		(mm)
1	2001	76.8
2	2002	223.0
3	2003	181.6
4	2004	100.4
5	2005	107.5
6	2006	133.4
7	2007	154.2
8	2008	164.8
9	2009	132.0
10	2010	119.7
11	2011	119.6
12	2012	148.0
13	2013	94.0

Sumber : Bappeda Kota Balikpapan, 2014.

4.2.2. Analisa Frekuensi

Analisa frekuensi merupakan analisa mengenai pengulangan suatu data kejadian untuk menentukan periode ulang beserta probabilitasnya. Dalam perhitungan parameter statistik, data hujan pada tabel 4.1 diurutkan dari nilai yang terbesar hingga nilai yang terkecil. Hasil perhitungan parameter statistik dari tiap-tiap distribusi dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Parameter Statistik

No.	Tahun	X	\bar{X}	$X - \bar{X}$	$(X - \bar{X})^2$	$(X - \bar{X})^3$	$(X - \bar{X})^4$
		(mm)					
1	2002	223.00	135.00	88.00	7744.00	681472.00	59969536.00
2	2003	181.60	135.00	46.60	2171.56	101194.70	4715672.83
3	2008	164.80	135.00	29.80	888.04	26463.59	788615.04
4	2007	154.20	135.00	19.20	368.64	7077.89	135895.45
5	2012	148.00	135.00	13.00	169.00	2197.00	28561.00
6	2006	133.40	135.00	-1.60	2.56	-4.10	6.55
7	2009	132.00	135.00	-3.00	9.00	-27.00	81.00
8	2010	119.70	135.00	-15.30	234.09	-3581.58	54798.13
9	2011	119.60	135.00	-15.40	237.16	-3652.26	56244.87
10	2005	107.50	135.00	-27.50	756.25	-20796.88	571914.06
11	2004	100.40	135.00	-34.60	1197.16	-41421.74	1433192.07
12	2013	94.00	135.00	-41.00	1681.00	-68921.00	2825761.00
13	2001	76.80	135.00	-58.20	3387.24	-197137.37	11473394.82
Σ		1755.00		0.00	18845.70	482863.26	82053672.82

Sumber : Perhitungan

Dari tabel 4.2 diperoleh nilai parameter-parameter statistik sebagai berikut :

a. Nilai rata-rata (*mean*) :

$$X_{\text{rata-rata}} = \frac{\Sigma X}{n} = \frac{1755}{13} = 135.00$$

b. Standar deviasi (*standart deviation*) :

$$S = \sqrt{\frac{\Sigma(X - \bar{X})^2}{n - 1}} = \sqrt{\frac{18845.70}{13 - 1}} = 39.63$$

c. Koefisien variasi (*coefficient of variation*) :

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}} = \frac{39.63}{135.00} = 0.29$$

d. Koefisien kemencengan (*coefficient of skewness*) :

$$C_s = \frac{n \cdot \Sigma(X - \bar{X})^3}{(n - 1) \cdot (n - 2) \cdot S^3} = \frac{13 \times 482863.26}{12 \times 11 \times 39.63^3} = 0.76$$

e. Koefisien ketajaman (*coefficient of kutosis*) :

$$C_k = \frac{n^2 \cdot \Sigma(X - \bar{X})^4}{(n - 1) \cdot (n - 2) \cdot (n - 3) \cdot S^4} = \frac{13^2 \times 82053672.82}{12 \times 11 \times 10 \times 39.63^4} = 4.26$$

Berdasarkan perhitungan parameter statistik tersebut, diperoleh nilai koefisien kemencengan (C_s) = 0.76 dan nilai koefisien ketajaman (C_k) = 4.26.

4.2.3. Uji Kecocokan Sebaran

Persamaan distribusi yang dipilih dalam studi ini adalah distribusi Pearson Tipe III dan distribusi Gumbel Tipe I. Untuk menentukan kecocokan distribusi yang dipilih, maka diperlukan parameter pengujian.

4.2.3.1. Uji Chi Kuadrat

$$\text{Jumlah data (n)} = 13$$

$$\text{Jumlah kelas (G)} = 1 + 3.322 \log (n)$$

$$= 4.70, \text{ maka jumlah kelas (G) yang digunakan} = 5.$$

Data pengamatan dibagi menjadi 5 sub bagian dengan interval peluang $(P) = \frac{1}{5}$

= 0.20. Besarnya peluang untuk tiap-tiap sub bagian adalah :

$$1. \text{ Sub kelas 1} = P \leq 0.20$$

$$2. \text{ Sub kelas 2} = 0.20 \leq P \leq 0.40$$

$$3. \text{ Sub kelas 3} = 0.40 \leq P \leq 0.60$$

$$4. \text{ Sub kelas 4} = 0.60 \leq P \leq 0.80$$

$$5. \text{ Sub kelas 5} = P \geq 0.80$$

4.2.3.1.1. Uji Chi Kuadrat Untuk Distribusi Pearson Tipe III

Persamaan dasar yang digunakan dalam distribusi Pearson Tipe III adalah sebagai berikut :

$$X = \bar{X} + (k.S) \\ = 135.00 + (k \times 39.63)$$

$$C_s = 0.76$$

Untuk perhitungan selanjutnya, dapat dilihat pada tabel 4.3 sebagai berikut.

Tabel 4.3 Uji Chi Kuadrat – Distribusi Pearson Tipe III

No.	Nilai Batas Sub Kelas		Jumlah Data		$(O_i - E_i)^2$	$(O_i - E_i)^2 / E_i$	
			O_i	E_i			
1		<	121.59	6	2.60	11.56	4.45
2	121.59	<	126.97	0	2.60	6.76	2.60
3	126.97	<	136.54	2	2.60	0.36	0.14
4	136.54	<	166.40	3	2.60	0.16	0.06
5		>	166.40	2	2.60	0.36	0.14
	Σ			13	13	Xh^2	7.38

Sumber : Perhitungan

Dari tabel 4.3, diperoleh nilai $Xh^2 = 7.38$ dengan derajat kebebasan $(dk) = 5 - 2 - 1 = 2$. Berdasarkan tabel nilai kritis dengan derajat kebebasan $(dk) = 2$ dan derajat kepercayaan $(\alpha) = 5\%$, diperoleh nilai $X^2 = 5.99$. Berdasarkan perhitungan diperoleh kesimpulan bahwa $Xh^2 > X^2$ yaitu $7.38 > 5.99$, sehingga persamaan Distribusi Pearson Tipe III ditolak.

4.2.3.1.2. Uji Chi Kuadrat Untuk Distribusi Gumbel Tipe I

Persamaan dasar yang digunakan dalam distribusi Gumbel Tipe I adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned} X &= \bar{X} + (k.S) \\ &= 135.00 + (k \times 39.63) \\ C_s &= 0.76 \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selanjutnya, dapat dilihat pada tabel 4.4 sebagai berikut.

Tabel 4.4 Uji Chi Kuadrat – Distribusi Gumbel Tipe I

No.	Nilai Batas Sub Kelas			Jumlah Data		$(O_i - E_i)^2$	$(O_i - E_i)^2 / E_i$
				O_i	E_i		
1		<	116.14	4	2.60	1.96	0.75
2	116.14	<	139.44	4	2.60	1.96	0.75
3	139.44	<	161.59	2	2.60	0.36	0.14
4	161.59	<	194.84	2	2.60	0.36	0.14
5		>	194.84	1	2.60	2.56	0.98
Σ				13	13	Xh^2	2.77

Sumber : Perhitungan

Dari tabel 4.3, diperoleh nilai $Xh^2 = 2.77$ dengan derajat kebebasan $(dk) = 5 - 2 - 1 = 2$. Berdasarkan tabel nilai kritis dengan derajat kebebasan $(dk) = 2$ dan derajat kepercayaan $(\alpha) = 5\%$, diperoleh nilai $X^2 = 5.99$. Berdasarkan perhitungan diperoleh kesimpulan bahwa $Xh^2 > X^2$ yaitu $2.77 > 5.99$, sehingga persamaan Distribusi Gumbel Tipe I diterima.

4.2.3.2. Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji Smirnov-Kolmogorov sering disebut uji kecocokan non parametrik (*non parametric test*), karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu.

4.2.3.2.1. Uji Smirnov-Kolmogorov Untuk Distribusi Pearson Tipe III dan Gumbel Tipe I

Persamaan distribusi dapat diterima jika nilai D lebih besar dari D_0 . Apabila nilai D lebih kecil dari D_0 , maka persamaan distribusi ditolak. Perhitungan uji smirnov-kolmogorov untuk distribusi Pearson Tipe III dan Gumbel Tipe I, dapat dilihat pada tabel 4.5 berikut.

Tabel 4.5 Hasil Perhitungan Uji Smirnov-Kolmogorov

No.	Tahun	m	X	P(X)	P(X<)	f(t)	P'(X<)	P'X	D
1	2002	1	223.00	0.07	0.93	2.22	0.99	0.01	-0.06
2	2003	2	181.60	0.14	0.86	1.18	0.88	0.12	-0.02
3	2008	3	164.80	0.21	0.79	0.75	0.77	0.23	0.01
4	2007	4	154.20	0.29	0.71	0.48	0.68	0.32	0.03
5	2012	5	148.00	0.36	0.64	0.33	0.63	0.37	0.01
6	2006	6	133.40	0.43	0.57	-0.04	0.48	0.52	0.09
7	2009	7	132.00	0.50	0.50	-0.08	0.47	0.53	0.03
8	2010	8	119.70	0.57	0.43	-0.39	0.35	0.65	0.08
9	2011	9	119.60	0.64	0.36	-0.39	0.35	0.65	0.01
10	2005	10	107.50	0.71	0.29	-0.69	0.25	0.75	0.04
11	2004	11	100.40	0.79	0.21	-0.87	0.19	0.81	0.02
12	2013	12	94.00	0.86	0.14	-1.03	0.15	0.85	-0.01
13	2001	13	76.80	0.93	0.07	-1.47	0.07	0.93	0.00

Sumber : Perhitungan

Dari hasil perhitungan pada tabel 4.5, diperoleh nilai $D_{max} = 0.09$ pada data peringkat 6. Berdasarkan Tabel Nilai Kritis D_0 untuk Uji Smirnov-Kolmogorov dengan derajat kepercayaan 5% dan $N = 12$, maka diperoleh nilai $D_0 = 0.328$. Sehingga diperoleh kesimpulan besarnya nilai $D_{max} < D_0$, maka distribusi frekuensi diterima.

4.2.4. Kesimpulan Analisa Frekuensi

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil Uji kecocokan untuk menentukan persamaan distribusi yang digunakan dalam penelitian ini dituliskan pada tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6 Kesimpulan Uji Kecocokan

Pers. Distribusi	Uji Kecocokan							
	Chi-Kuadrat				Smirnov-Kolmogorov			
	Xh ²		X ²	Ket	Dmax		D ₀	Ket
Pearson Tipe III	7.38	>	5.99	DITOLAK	0.09	<	0.328	DITERIMA
Gumbel Tipe I	2.77	<	5.99	DITERIMA	0.09	<	0.328	DITERIMA

Sumber : Perhitungan

Dari tabel 4.6 dapat dilihat bahwa persamaan distribusi Gumbel Tipe I memenuhi persyaratan untuk uji Chi-Kuadrat dan Smirnov-Kolmogorov. Persamaan distribusi Gumbel Tipe I akan digunakan untuk perhitungan curah hujan periode ulang dalam penelitian ini.

4.2.5. Perhitungan Curah Hujan Periode Ulang

Perhitungan curah hujan menggunakan persamaan distribusi Gumbel Tipe I sebagai berikut :

$$X = \bar{X} + (k.S)$$

Dari perhitungan sebelumnya, diperoleh nilai :

$$\bar{X} = 135.00 \text{ dan } S = 39.63$$

Perhitungan curah hujan periode ulang dituliskan pada tabel 4.7 berikut.

Tabel 4.7 Curah Hujan Periode Ulang Distribusi Gumbel Tipe I

Periode Ulang (Tahun)	Nilai Varian Koreksi (Yt)	Faktor Frekuensi (K)	Xmax (mm)
2	0.37	-0.14	129.42
5	1.50	1.00	174.46
10	2.25	1.75	204.29
25	3.20	2.70	241.97
50	3.90	3.40	269.93
100	4.60	4.11	297.68

Sumber : Perhitungan

Untuk analisa Studi Pengaruh Fungsi Bendali Pada Pengurangan Debit Puncak Banjir di Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal Kota Balikpapan digunakan periode ulang 10 tahun.

4.2.6. Perhitungan Distribusi Hujan

Distribusi hujan berdasarkan data curah hujan hanya diperoleh data harian saja, sedangkan untuk mendapatkan debit dibutuhkan data dalam detik maupun jam-jam an. Oleh karena itu, untuk memperoleh data hujan terpusat selama 5 jam digunakan metode Nakayasu.

4.2.6.1. Perhitungan Rata-rata Hujan Pada Jam ke-t

$$R_t = \frac{R_{24} \cdot T^{\frac{2}{3}}}{T \cdot t^{\frac{5}{3}}}, \text{ dengan :}$$

R_t = Rata-rata hujan pada jam ke-t (mm)

t = Waktu lamanya hujan (jam)

T = Lamanya hujan terjadi, dalam hal ini dipakai asumsi 5 jam

R_{24} = Curah Hujan Efektif (mm)

Berdasarkan rumus tersebut, maka :

a. Jam ke-1

$$R_t = \frac{R_{24} \cdot 5^{\frac{2}{3}}}{5 \cdot 1^{\frac{5}{3}}} = 0.585R_{24}$$

b. Jam ke-2

$$R_t = \frac{R_{24} \cdot 5^{\frac{2}{3}}}{5 \cdot 2^{\frac{5}{3}}} = 0.368R_{24}$$

c. Jam ke-3

$$R_t = \frac{R_{24} \cdot 5^{\frac{2}{3}}}{5 \cdot 3^{\frac{5}{3}}} = 0.281R_{24}$$

d. Jam ke-4

$$R_t = \frac{R_{24} \cdot 5^{\frac{2}{3}}}{5 \cdot 4^{\frac{5}{3}}} = 0.232R_{24}$$

e. Jam ke-5

$$R_t = \frac{R_{24}}{5} \left(\frac{5}{5} \right)^{2/3} = 0.200R_{24}$$

4.2.6.2. Perhitungan Tinggi Hujan Pada Jam ke-t

Curah hujan hingga jam ke-t dirumuskan sebagai berikut.

$$R_T = t \times R_t - [(t-1) \times R(t-1)] , \text{ dengan :}$$

R_T = Curah hujan jam ke-T (mm)

R_t = Rata-rata hujan pada jam ke-t (mm)

t = Waktu hujan dari awal sampai jam ke-t (jam)

$R(t-1)$ = Rata-rata hujan dari awal sampai jam ke-(t-1) (mm)

Berdasarkan rumus tersebut, maka :

a. $R_1 = 1 \times R_1 - 0 = 0.585R_{24}$

b. $R_2 = 2 \times R_2 - [(2-1) \times R(2-1)] = 0.585R_{24}$

c. $R_3 = 3 \times R_3 - [(3-1) \times R(3-1)] = 0.151R_{24}$

d. $R_4 = 4 \times R_4 - [(4-1) \times R(4-1)] = 0.107R_{24}$

e. $R_5 = 5 \times R_5 - [(5-1) \times R(5-1)] = 0.072R_{24}$

Perhitungan tinggi hujan hingga jam ke-t untuk DAS Ampal Kota Balikpapan dapat dilihat pada tabel 4.8 sebagai berikut.

Tabel 4.8 Curah Hujan Jam-jaman

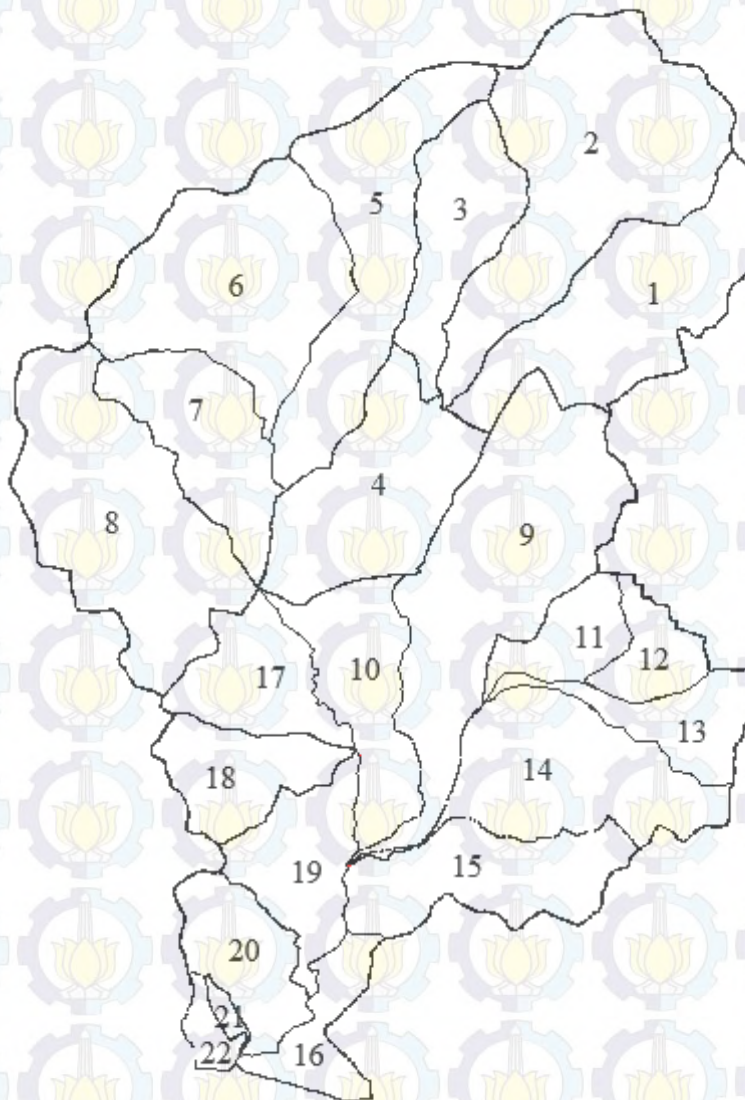
Waktu (jam)	Rasio (%)	Hujan jam-jaman (mm)					
		2 (tahun)	5 (tahun)	10 (tahun)	25 (tahun)	50 (tahun)	100 (tahun)
1	58.50	75.71	102.06	119.51	141.55	157.91	174.14
2	15.10	19.54	26.34	30.85	36.54	40.76	44.95
3	10.70	13.85	18.67	21.86	25.89	28.88	31.85
4	8.50	11.00	14.83	17.36	20.57	22.94	25.30
5	7.20	9.32	12.56	14.71	17.42	19.43	21.43
Hujan Harian (mm)		129.42	174.46	204.29	241.97	269.93	297.68

Sumber : Perhitungan

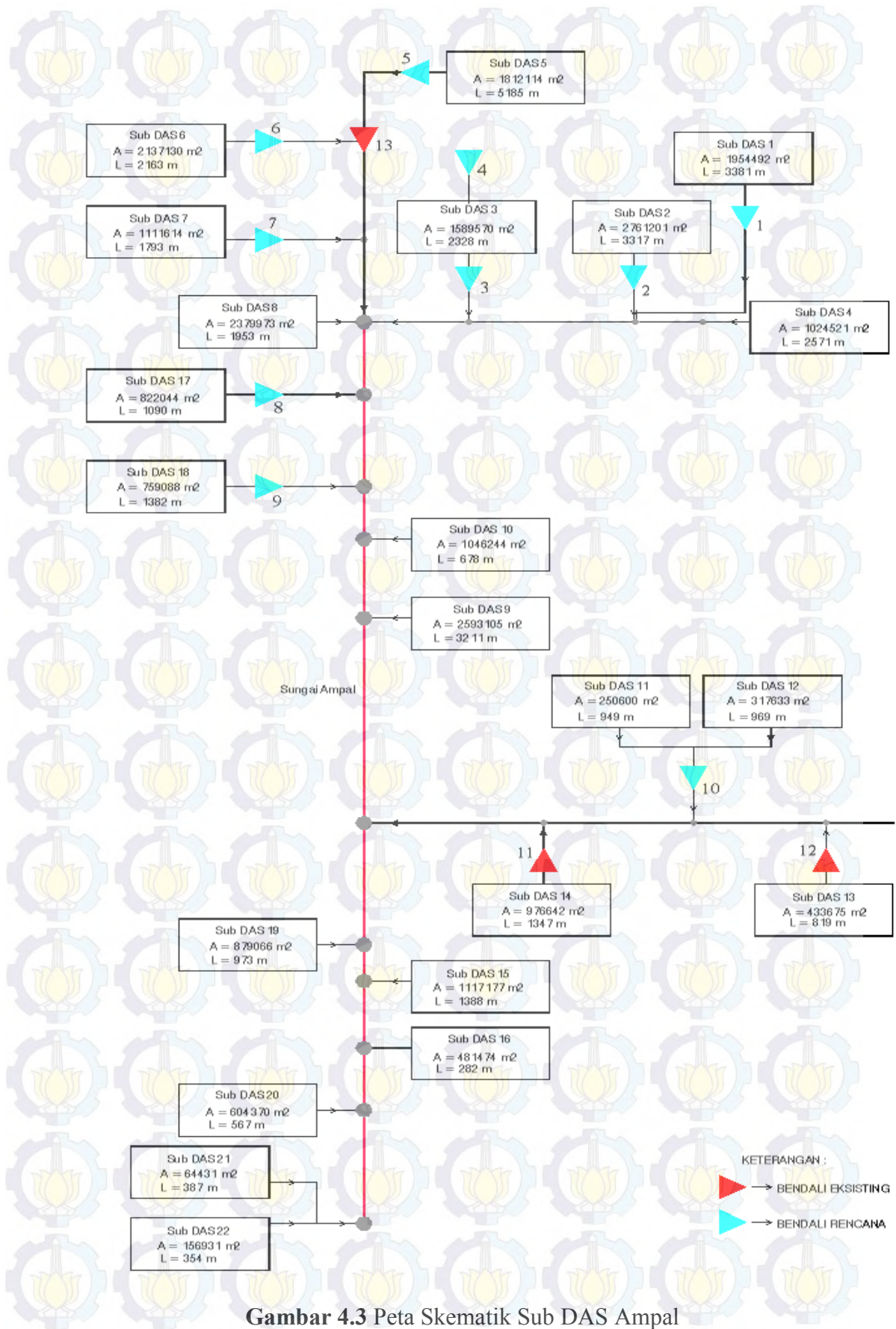
Curah hujan jam-jaman yang digunakan dalam studi ini adalah curah hujan periode ulang 10 tahun. Hal ini disebabkan karena sungai ampal merupakan saluran primer dalam sistem drainase DAS Ampal, serta pelimpah yang terdapat pada Bangunan Pengendali Banjir DAS Ampal direncanakan dengan periode 10 tahun.

4.2.7. Pemodelan dengan HEC-HMS

Daerah Aliran Sungai (DAS) Ampal terdiri dari 22 sub das, masing-masing luasan dapat dilihat pada gambar 4.2 dan 4.3.



Gambar 4.2 Pembagian Sub DAS Ampal



Gambar 4.3 Peta Skematik Sub DAS Ampal

4.2.7.1. Perhitungan Luasan Sub DAS Ampal dan Kemiringan Rata-rata Tiap Sub DAS

DAS Ampal Kota Balikpapan memiliki luas sebesar 25.273 km² dan sungai utama sepanjang 4.70 km. Berdasarkan daerah tangkapan air (*catchment area*) DAS Ampal dibagi menjadi 22 sub (tabel 4.9 dan tabel 4.10).

Tabel 4.9 Luasan Masing-masing dan Panjang Aliran Tiap Sub DAS

No.	Sub DAS	Luas Sub DAS		Kemiringan Rata-rata Lahan	Panjang Over Land Flow (L ₀)
		(m ²)	(km ²)	(%)	(ft)
1	Sub DAS 1	1954492.00	1.95	11.95	3359.92
2	Sub DAS 2	2761201.00	2.76	13.07	3110.14
3	Sub DAS 3	1589570.00	1.59	13.06	2420.52
4	Sub DAS 4	1024521.00	1.02	13.07	3340.39
5	Sub DAS 5	1812114.00	1.81	12.39	1912.40
6	Sub DAS 6	2137130.00	2.14	12.30	3838.88
7	Sub DAS 7	1111614.00	1.11	6.06	2907.57
8	Sub DAS 8	2379973.00	2.38	1.52	3411.85
9	Sub DAS 9	2593105.00	2.59	3.68	3930.40
10	Sub DAS 10	1046244.00	1.05	13.06	1902.26
11	Sub DAS 11	250600.00	0.25	16.52	718.50
12	Sub DAS 12	317633.00	0.32	11.18	1170.60
13	Sub DAS 13	433675.00	0.43	3.37	1102.68
14	Sub DAS 14	976642.00	0.98	3.92	1902.25
15	Sub DAS 15	1117177.00	1.12	10.55	1420.29
16	Sub DAS 16	481474.00	0.48	9.45	773.38
17	Sub DAS 17	822044.00	0.82	14.12	2429.10
18	Sub DAS 18	759088.00	0.76	17.72	1521.89
19	Sub DAS 19	879066.00	0.88	17.72	1546.85
20	Sub DAS 20	604370.00	0.60	9.45	1094.00
21	Sub DAS 21	64431.00	0.06	6.55	316.37
22	Sub DAS 22	156931.00	0.16	7.24	1063.19

Sumber : Perhitungan

Tabel 4.10 Panjang dan Kemiringan Sungai Tiap Sub DAS

No.	Sungai	Panjang Sungai (L)		Lebar (m)	Kemiringan Sungai (Y) (%)
		(m)	(km)		
1	Sungai 1	3381.00	3.38	6.00	0.0140
2	Sungai 2	3317.00	3.32	11.00	0.0100
3	Sungai 3	2328.00	2.33	4.50	0.0110
4	Sungai 4	2571.00	2.57	17.00	0.0100
5	Sungai 5	5185.00	5.19	15.00	0.0100
6	Sungai 6	2163.00	2.16	3.00	0.0035
7	Sungai 7	1793.00	1.79	2.50	0.0040
8	Sungai 8	1953.00	1.95	10.00	0.0070
9	Sungai 9	3211.00	3.21	4.50	0.0036
10	Sungai 10	678.00	0.68	1.50	0.0036
11	Sungai 23	3687.00	3.69	4.00	0.0060
12	Sungai 11	976.00	0.98	1.80	0.0100
13	Sungai 12	969.00	0.97	1.50	0.0070
14	Sungai 13	819.00	0.82	2.00	0.0060
15	Sungai 14	1347.00	1.35	2.00	0.0100
16	Sungai 15	1388.00	1.39	8.00	0.0047
17	Sungai 16	282.00	0.28	1.50	0.0066
18	Sungai 17	1090.00	1.09	2.00	0.0060
19	Sungai 18	1382.00	1.38	2.50	0.0040
20	Sungai 19	973.00	0.97	2.00	0.0040
21	Sungai 20	567.00	0.57	3.50	0.0066
22	Sungai 21	387.00	0.39	3.50	0.0100
23	Sungai 22	354.00	0.35	1.30	0.0116
24	Ampal 1	649.00	0.65	20.00	0.0030
25	Ampal 2	1024.00	1.02	20.00	0.0030
26	Ampal 3	718.00	0.72	20.00	0.0016
27	Ampal 4	62.00	0.06	20.00	0.0016
28	Ampal 5	167.00	0.17	20.00	0.0016
29	Ampal 6	359.00	0.36	20.00	0.0016
30	Ampal 7	151.00	0.15	20.00	0.0016
31	Ampal 8	309.00	0.31	20.00	0.0016
32	Ampal 9	433.00	0.43	40.00	0.0016
33	Ampal 10	827.00	0.83	40.00	0.0016

Sumber : Perhitungan

4.2.7.2. Menentukan % Absorpsi pada tiap Sub DAS Ampal

$$\% \text{ Absorpsi} = \frac{S(A_i.\%Abs)}{SA}, \text{ dengan :}$$

%Abs = Koefisien penyerapan untuk bagian daerah yang ditinjau dengan satu jenis permukaan

A_i = Luasan bagian daerah yang ditinjau

Perhitungan nilai absorpsi pada sub DAS 1 dapat dilihat pada tabel 4.11 sebagai berikut.

Tabel 4.11 Perhitungan Nilai % Absorpsi Pada Sub DAS 1

No	Jenis Ruang	Luas		Impervious (%)
		(km ²)	%	
1	Konservasi alam	0.22	11.33	0
2	Permukiman	0.99	50.77	65
3	Perumahan	0.16	8.22	65
4	Komersial	0.08	3.95	85
5	Kawasan industri	0.17	8.72	72
6	Kawasan wisata	0.02	1.04	0
7	Kawasan militer	0.01	0.33	20
8	Kawasan sektoral	0.22	11.46	20
9	Kawasan Khusus	0.07	3.48	20
10	Sarana dan prasarana	0.01	0.70	20
Total		1.95	100.00	51.17

Sumber : Perhitungan

Hasil perhitungan nilai absorpsi tiap Sub DAS dapat dilihat pada lampiran B.

4.2.7.3. Perhitungan Time Lag Sub DAS

Perhitungan time lag pada masing-masing sub DAS Ampal menggunakan rumus sebagai berikut :

$$t_L = \frac{L_0^{0.8} \cdot (S+1)^{0.7}}{1900 \cdot Y^{0.5}}, \text{ dengan :}$$

L_0 = panjang *overland flow* (ft)

S = retensi maksimum (inch)

$$S = \frac{1000}{CN - 10}$$

CN = curve number, yang berisi pengaruh dari tanah, tata guna lahan, kondisi hidrologi, dan soil moisture

Contoh perhitungan Time Lag pada Sub DAS 1 adalah sebagai berikut,

$$\text{Luas (A)} = 1954492.00 \text{ m}^2 = 1.95 \text{ km}^2$$

$$\text{Panjang Lahan (L)} = 954 \text{ m} = 0.95 \text{ km}$$

$$\text{Curve Number (CN)} = 82.80$$

$$\text{Retensi Maksimum (S)} = \frac{1000}{82.80 - 10} = 2.08$$

$$\text{Panjang Overland Flow (L}_0\text{)} = \frac{A}{2L} = \frac{1.95}{0.95} = 3359.92 \text{ ft}$$

$$\text{Time Lag (t}_L\text{)} = \frac{3359.92^{0.8} (2.08 + 1)^{0.7}}{1900(0.1195^{0.5})} = 2.21 \text{ jam} = 132.89 \text{ menit}$$

Time Lag untuk masing-masing Sub DAS dapat dilihat pada tabel 4.11 sebagai berikut :

Tabel 4.12 Time Lag Pada Masing-masing Sub DAS

No.	Sub DAS	Imperv	Curve Number (CN)	Panjang Over Land Flow (L ₀)	Retensi Maksimum (S)	Time Lag (t _L)	
		(%)		(ft)	(inch)	(jam)	(menit)
1	Sub DAS 1	51.17	82.80	3359.92	2.08	2.21	132.89
2	Sub DAS 2	50.95	79.50	3110.14	2.58	2.21	132.77
3	Sub DAS 3	51.10	81.60	2420.52	2.25	1.70	101.70
4	Sub DAS 4	50.25	79.50	3340.39	2.58	2.34	140.57
5	Sub DAS 5	50.25	86.20	1912.40	1.60	1.23	73.91
6	Sub DAS 6	44.17	86.20	3838.88	1.60	2.16	129.54
7	Sub DAS 7	45.47	83.70	2907.57	1.95	2.69	161.29
8	Sub DAS 8	48.02	79.50	3411.85	2.58	6.99	419.25
9	Sub DAS 9	49.06	79.50	3930.40	2.58	5.03	301.73
10	Sub DAS 10	48.66	81.60	1902.26	2.25	1.40	83.87
11	Sub DAS 11	46.77	80.20	718.50	2.47	0.60	35.78
12	Sub DAS 12	48.07	80.20	1170.60	2.47	1.07	64.27
13	Sub DAS 13	47.03	89.50	1102.68	1.17	1.34	80.45

Lanjutan Tabel 4.12

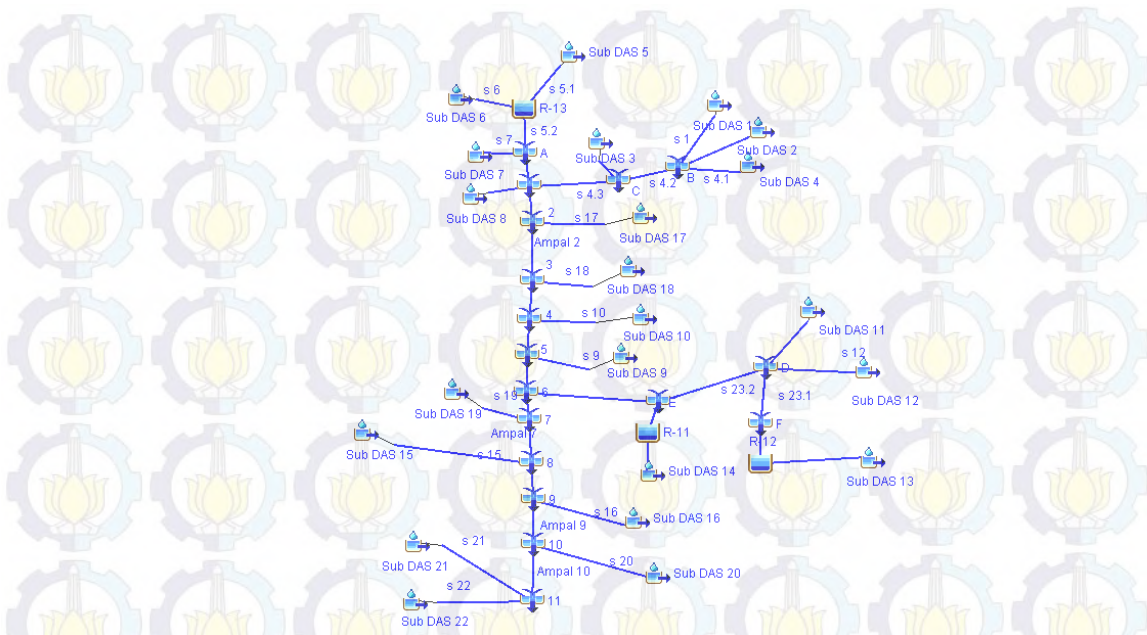
No.	Sub DAS	Imperv	Curve Number (CN)	Panjang Over Land Flow (L_0)	Retensi Maksimum (S)	Time Lag (t_L)	
		(%)		(ft)		(inch)	(jam)
14	Sub DAS 14	46.83	87.10	1902.25	1.48	2.11	126.59
15	Sub DAS 15	46.51	79.60	1420.29	2.56	1.31	78.69
16	Sub DAS 16	44.52	84.50	773.38	1.83	0.73	43.56
17	Sub DAS 17	43.62	79.50	2429.10	2.58	1.75	104.82
18	Sub DAS 18	43.42	79.00	1521.89	2.66	1.09	65.37
19	Sub DAS 19	43.22	79.00	1546.85	2.66	1.10	66.22
20	Sub DAS 20	43.35	84.50	1094.00	1.83	0.96	57.49
21	Sub DAS 21	51.17	81.60	316.37	2.25	0.47	28.20
22	Sub DAS 22	50.69	81.60	1063.19	2.25	1.18	70.73

Sumber : Perhitungan

4.2.8. Input Data HEC-HMS

4.2.8.1. Basin Model Attributes

Dalam studi ini digunakan program HEC-HMS untuk analisa hidrologi DAS Ampal dengan menggunakan pendekatan hidrologi di lapangan. Hasil proses *running* berupa data keluaran antara lain terdiri dari grafik hidrograf pada masing-masing titik kontrol yang dilengkapi dengan besarnya debit pada setiap titik dan data debit di DAS Ampal. Pemodelan penulusan banjir dengan HEC-HMS pada DAS Ampal dapat dilihat pada gambar 4.4 sebagai berikut.



Gambar 4.4 Tampilan Pemodelan DAS Ampal Eksisting

4.2.8.2. Parameter Basin Model

Parameter lahan pada basin model yang harus diinput pada model HEC-HMS adalah *loss rate, transform, baseflow method* dalam *subbasin editor*.

a. Parameter *basin loss rate* (SCS Curve Number)

Pengisian parameter basin model ini merupakan nilai dan koefisien karakteristik pengaliran lahan masing-masing sub basin.

1. *Initial loss* (mm)

Tabel 4.13 Nilai *Initial Loss* Tiap Sub DAS

No.	Sub DAS	Initial Loss (mm)	No.	Sub DAS	Initial Loss (mm)
1	Sub DAS 1	5	12	Sub DAS 12	5
2	Sub DAS 2	5	13	Sub DAS 13	5
3	Sub DAS 3	5	14	Sub DAS 14	5
4	Sub DAS 4	5	15	Sub DAS 15	5
5	Sub DAS 5	5	16	Sub DAS 16	5
6	Sub DAS 6	5	17	Sub DAS 17	5
7	Sub DAS 7	5	18	Sub DAS 18	5
8	Sub DAS 8	5	19	Sub DAS 19	5
9	Sub DAS 9	5	20	Sub DAS 20	5
10	Sub DAS 10	5	21	Sub DAS 21	5
11	Sub DAS 11	5	22	Sub DAS 22	5

Sumber : Perhitungan

2. SCS Curve Number

Tabel 4.14 Nilai *Curve Number*

No.	Sub DAS	Curve Number (CN)	No.	Sub DAS	Curve Number (CN)
1	Sub DAS 1	82.8	12	Sub DAS 12	80.2
2	Sub DAS 2	79.5	13	Sub DAS 13	89.5
3	Sub DAS 3	81.6	14	Sub DAS 14	87.1
4	Sub DAS 4	79.5	15	Sub DAS 15	79.6
5	Sub DAS 5	86.2	16	Sub DAS 16	84.5
6	Sub DAS 6	86.2	17	Sub DAS 17	79.5
7	Sub DAS 7	83.7	18	Sub DAS 18	79.0
8	Sub DAS 8	79.5	19	Sub DAS 19	79.0
9	Sub DAS 9	79.5	20	Sub DAS 20	84.5
10	Sub DAS 10	81.6	21	Sub DAS 21	81.6
11	Sub DAS 11	80.2	22	Sub DAS 22	81.6

Sumber : Perhitungan

3. Impervious

Tabel 4.15 Nilai *Impervious*

No.	Sub DAS	Impervious (%)	No.	Sub DAS	Impervious (%)
1	Sub DAS 1	51.17	12	Sub DAS 12	48.07
2	Sub DAS 2	50.95	13	Sub DAS 13	47.03
3	Sub DAS 3	51.1	14	Sub DAS 14	46.83
4	Sub DAS 4	50.25	15	Sub DAS 15	46.51
5	Sub DAS 5	50.25	16	Sub DAS 16	44.52
6	Sub DAS 6	44.17	17	Sub DAS 17	43.62
7	Sub DAS 7	45.47	18	Sub DAS 18	43.42
8	Sub DAS 8	48.02	19	Sub DAS 19	43.22
9	Sub DAS 9	49.06	20	Sub DAS 20	43.35
10	Sub DAS 10	48.66	21	Sub DAS 21	51.17
11	Sub DAS 11	46.77	22	Sub DAS 22	50.69

Sumber : Perhitungan

b. Penelusuran Banjir

Penelusuran banjir dilakukan secara manual dan menggunakan HEC-HMS.

Penelusuran banjir dengan menggunakan bantuan perangkat lunak HEC-HMS, dimana debit *outflow* dan tampungan dimasukkan sebagai input analisis perangkat lunak tersebut. Debit *outflow* bendali berupa limpasan pada *spillway*, dimana besar debitnya dapat dihitung dengan menggunakan rumus limpasan USBR.

Debit *outflow* dan tampungan untuk bendali 1 dapat dilihat pada tabel 4.16 dan 4.17 sebagai berikut.

Tabel 4.16 Volume Komulatif Bendali 1

Tinggi (m)	Elevasi (m)	Luas (m ²)	Volume (m ³)	Volume Komulatif (m ³)
0.00	22.50	199100.000	0.000	0.000
0.25	22.75	207585.365	51896.341	51896.341
0.50	23.00	216070.730	108035.365	159931.706
0.75	23.25	224556.095	168417.071	328348.778
1.00	23.50	233041.460	233041.460	561390.238
1.25	23.75	241526.825	301908.531	863298.769
1.50	24.00	250012.190	375018.285	1238317.054
1.75	24.25	258497.555	452370.721	1690687.775
2.00	24.50	266982.920	533965.840	2224653.615
2.25	24.75	275468.285	619803.641	2844457.256
2.50	25.00	283953.650	709884.125	3554341.381

Sumber : Perhitungan

Tabel 4.17 Debit *Outflow* dan Tampungan Bendali 1

Elevasi (m)	H (m)	C	Q ₀	Storage		S+Δt.Q/2 (10 ³)	S-Δt.Q/2 (10 ³)
			(m ³ /det)	(m ³)	(1000 m ³)		
22.50	0.00	1.834	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
22.75	0.25	1.830	1.080	51896.341	51.896	51.929	51.864
23.00	0.50	1.826	3.047	159931.706	159.932	160.023	159.840
23.25	0.75	1.822	5.585	328348.778	328.349	328.516	328.181
23.50	1.00	1.818	8.579	561390.238	561.390	561.648	561.133
23.75	1.25	1.814	11.963	863298.769	863.299	863.658	862.940
24.00	1.50	1.810	15.691	1238317.054	1238.317	1238.788	1237.846
24.25	1.75	1.806	19.729	1690687.775	1690.688	1691.280	1690.096
24.50	2.00	1.802	24.051	2224653.615	2224.654	2225.375	2223.932
24.75	2.25	1.797	28.634	2844457.256	2844.457	2845.316	2843.598
25.00	2.50	1.793	33.462	3554341.381	3554.341	3555.345	3553.338

Sumber : Perhitungan

Hasil perhitungan debit outflow dan tampungan untuk bendali-bendali di DAS Ampal dapat dilihat pada lampiran C.

4.2.9. Hasil Pemodelan HEC-HMS

Pemodelan menggunakan HEC-HMS dilakukan dengan input data hujan jam-jaman sesuai dengan perencanaan bangunan pelimpah pada bendali, yaitu periode ulang 10 tahunan. Parameter yang digunakan untuk pemodelan HEC-HMS adalah perhitungan yang disesuaikan dengan kondisi di lapangan.

Pemodelan ini digunakan untuk mengetahui pengaruh fungsi bendali dikaji melalui beberapa skenario sebagaimana dijelaskan pada bab 3, yaitu :

1. Skenario 1 terdiri dari : Bendali 5, 6, 10, 11, 12, 13.
2. Skenario 2 terdiri dari : Bendali 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13.
3. Skenario 3 terdiri dari : Bendali 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13.
4. Skenario 4 terdiri dari : Bendali 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13.

4.2.9.1. Hasil Pemodelan Eksisting DAS Ampal

Pemodelan eksisting DAS Ampal adalah terbangunnya tiga bangunan pengendali banjir (bendali) yaitu bendali 11, 12, dan 13. Dengan terbangunnya tiga bendali, maka diketahui debit dari masing-masing sub DAS dan sungai (tabel 4.18).

Tabel 4.18 Hasil *running* Eksisting DAS Ampal

Nama	Area	Q	Volume
	km ²	m ³ /det	1000 m ³
Sub DAS 1	1.95	22.10	353.90
Sub DAS 2	2.76	30.60	490.30
Sub DAS 3	1.59	21.40	286.30
Sub DAS 4	1.02	10.90	180.80
Sub DAS 5	1.81	31.00	334.90
Sub DAS 6	2.14	24.90	390.90
Sub DAS 7	1.11	11.00	199.70
Sub DAS 8	2.38	11.60	367.70
Sub DAS 9	2.59	16.40	441.90
Sub DAS 10	1.05	15.90	187.80
Sub DAS 11	0.25	6.00	44.10

Lanjutan Tabel 4.18

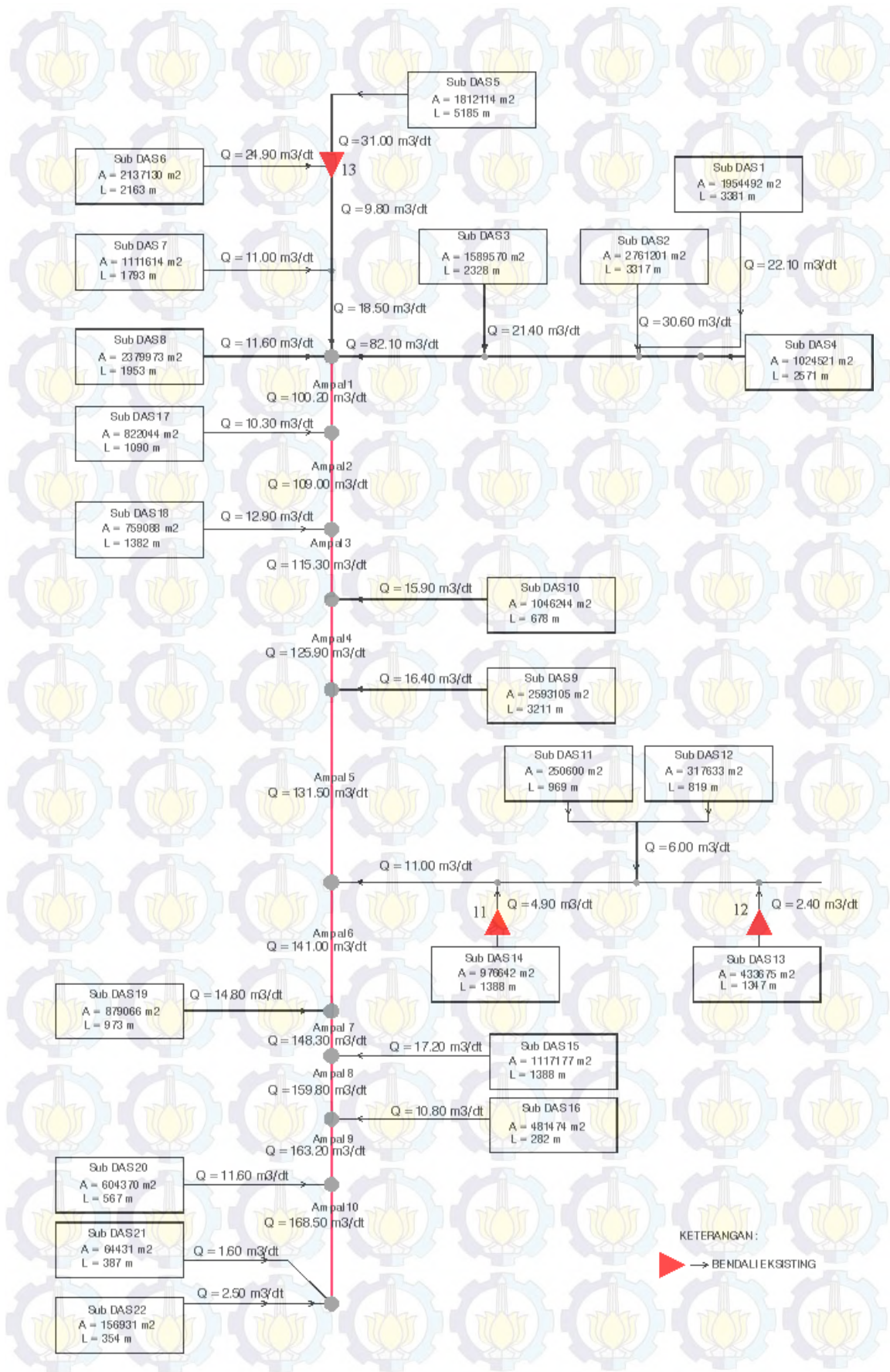
Nama	Area	Q	Volume
	km ²	m ³ /det	1000 m ³
Sub DAS 12	0.32	6.00	56.60
Sub DAS 13	0.43	7.10	80.80
Sub DAS 14	0.98	11.70	181.10
Sub DAS 17	0.82	10.30	142.40
Sub DAS 18	0.76	12.90	131.40
Sub DAS 19	0.88	14.80	152.10
Sub DAS 20	0.60	11.60	108.00
Sub DAS 21	0.06	1.60	10.80
Sub DAS 22	0.16	2.50	27.20
Sungai 1	1.95	22.10	353.50
Sungai 2	2.76	30.60	489.70
Sungai 3	1.59	21.40	286.10
Sungai 4.1	1.02	10.90	180.80
Sungai 4.2	5.73	63.50	1023.60
Sungai 4.3	7.32	82.10	1309.30
Sungai 5.1	1.81	31.00	334.30
Sungai 5.2	3.95	9.80	405.30
Sungai 5.3	5.06	18.50	601.30
Sungai 6	2.14	24.90	390.60
Sungai 7	1.11	11.00	199.50
Sungai 8	2.38	11.60	362.70
Sungai 9	2.59	16.40	437.30
Sungai 10	1.05	15.90	187.80
Sungai 11	0.25	6.00	44.00
Sungai 12	0.32	6.00	56.60
Sungai 13.1	0.43	7.10	80.80
Sungai 13.2	0.43	2.40	75.00
Sungai 14.1	0.98	11.70	181.10
Sungai 14.2	0.98	4.90	163.90
Sungai 15	1.12	17.20	196.30
Sungai 16	0.48	10.80	86.70
Sungai 17	0.82	10.30	142.40
Sungai 18	0.76	12.90	131.30
Sungai 19	0.88	14.80	152.00
Sungai 20	0.60	11.60	108.00
Sungai 21	0.06	1.60	10.80
Sungai 22	0.16	2.50	27.10
Sungai 23.1	0.43	2.40	74.40
Sungai 23.2	1.00	10.60	174.70
Sungai 23.3	1.98	11.00	336.50

Lanjutan Tabel 4.18

Nama	Area	Q	Volume
	km ²	m ³ /det	1000 m ³
Ampal 1	14.76	100.20	2267.40
Ampal 2	15.58	109.00	2400.30
Ampal 3	16.34	115.30	2527.80
Ampal 4	17.39	125.90	2715.20
Ampal 5	19.98	131.50	3151.60
Ampal 6	21.96	141.00	3485.80
Ampal 7	22.84	148.30	3636.80
Ampal 8	23.96	159.80	3831.10
Ampal 9	24.44	163.20	3914.20
Ampal 10	25.04	168.50	4015.30
A	5.06	18.50	604.80
B	5.73	63.50	1024.00
C	7.32	82.10	1309.70
D	1.00	10.60	175.10
E	1.98	11.00	338.50
F	0.43	2.40	75.00
1	14.76	100.20	2273.30
2	15.58	109.00	2409.80
3	16.34	115.30	2531.60
4	17.39	125.90	2715.60
5	19.98	131.50	3152.50
6	21.96	141.00	3488.00
7	22.84	148.30	3637.80
8	23.96	159.80	3833.10
9	24.44	163.20	3917.80
10	25.04	168.50	4022.20
11	25.26	170.40	4053.20
Reservoir 11	0.98	4.90	164.30
Reservoir 12	0.43	2.40	75.10
Reservoir 13	3.95	9.80	408.10

Sumber : Perhitungan

Dari tabel 4.18 menunjukkan hasil analisa eksisting DAS Ampal dengan tidak memperhitungkan nilai *baseflow*. Dari hasil analisa, diketahui bahwa debit maksimum yang terjadi sungai ampal bagian hilir (junction 11) adalah sebesar 170.40 m³/det (gambar 4.5).



Gambar 4.5 Skema Hasil Analisa Eksisting DAS Ampal

4.2.9.2. Hasil Pemodelan Skenario 1 DAS Ampal

Sesuai dengan penjabaran tersebut di atas, pemodelan skenario 1 adalah terbangunnya tiga bendali eksisting ditambah dengan tiga bendali rencana (bendali 5, 6, dan 10). Dengan terbangunnya enam bendali, maka diketahui debit dari masing-masing sub DAS dan sungai (tabel 4.19).

Tabel 4.19 Hasil *running* Skenario 1 DAS Ampal

Nama	Area	Q	Volume
	km ²	m ³ /det	1000 m ³
Sub DAS 1	1.95	22.10	353.90
Sub DAS 2	2.76	30.60	490.30
Sub DAS 3	1.59	21.40	286.30
Sub DAS 4	1.02	10.90	180.80
Sub DAS 5	1.81	31.00	334.90
Sub DAS 6	2.14	24.90	390.90
Sub DAS 7	1.11	11.00	199.70
Sub DAS 8	2.38	11.60	367.70
Sub DAS 9	2.59	16.40	441.90
Sub DAS 10	1.05	15.90	187.80
Sub DAS 11	0.25	6.00	44.10
Sub DAS 12	0.32	6.00	56.60
Sub DAS 13	0.43	7.10	80.80
Sub DAS 14	0.98	11.70	181.10
Sub DAS 15	1.12	17.20	196.40
Sub DAS 16	0.48	10.80	86.70
Sub DAS 17	0.82	10.30	142.40
Sub DAS 18	0.76	12.90	131.40
Sub DAS 19	0.88	14.80	152.10
Sub DAS 20	0.60	11.60	108.00
Sub DAS 21	0.06	1.60	10.80
Sub DAS 22	0.16	2.50	27.20
Sungai 1	1.95	22.10	353.50
Sungai 2	2.76	30.60	489.70
Sungai 3	1.59	21.40	286.10
Sungai 4.1	1.02	10.90	180.80
Sungai 4.2	5.73	63.60	1023.60
Sungai 4.3	7.32	82.20	1309.30
Sungai 5.1	1.81	31.00	334.50
Sungai 5.2	1.81	9.40	312.70
Sungai 5.3	3.95	7.60	273.50

Lanjutan Tabel 4.19

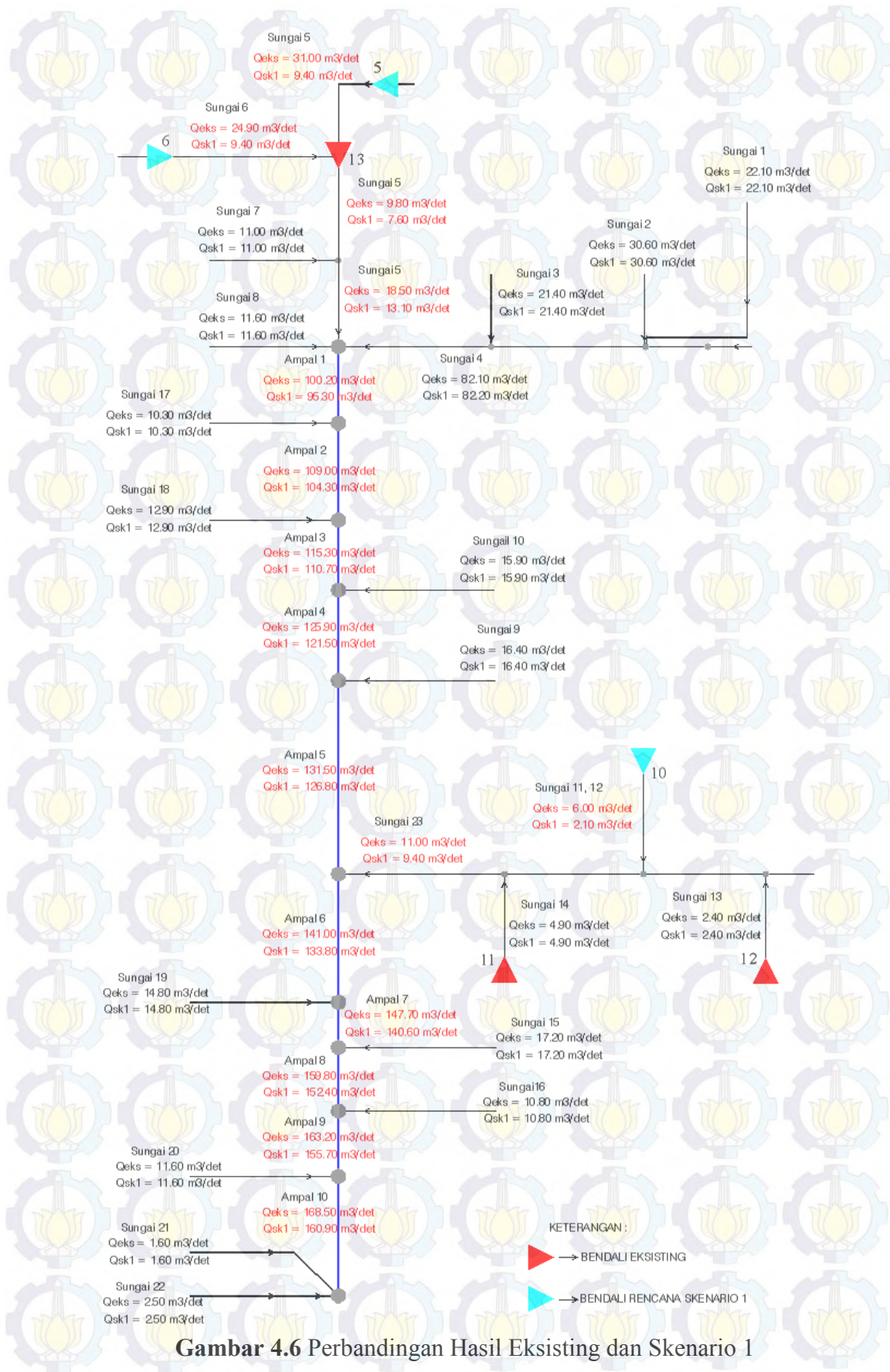
Nama	Area	Q	Volume
	km2	m3/det	1000 m3
Sungai 5.4	5.06	13.10	469.20
Sungai 6.1	2.14	24.90	390.70
Sungai 6.2	2.14	9.40	335.20
Sungai 7	1.11	11.00	199.50
Sungai 8	2.38	11.60	362.70
Sungai 9	2.59	16.40	437.30
Sungai 10	1.05	15.90	187.80
Sungai 11.1	0.25	6.00	44.00
Sungai 11.2	0.57	2.10	79.30
Sungai 12	0.32	2.10	56.60
Sungai 13.1	0.43	7.10	80.80
Sungai 13.2	0.43	2.40	75.00
Sungai 14.1	0.98	11.70	181.10
Sungai 14.2	0.98	4.90	163.90
Sungai 15	1.12	17.20	196.30
Sungai 16	0.48	10.80	86.70
Sungai 17	0.82	10.30	142.40
Sungai 18	0.76	12.90	131.30
Sungai 19	0.88	14.80	152.00
Sungai 20	0.60	11.60	108.00
Sungai 21	0.06	1.60	10.80
Sungai 22	0.16	2.50	27.10
Sungai 23.1	0.43	2.40	74.40
Sungai 23.2	1.00	4.60	153.00
Sungai 23.3	1.98	9.40	314.30
Ampal 1	14.76	95.30	2135.00
Ampal 2	15.58	104.30	2267.40
Ampal 3	16.34	110.70	2394.70
Ampal 4	17.39	121.50	2582.20
Ampal 5	19.98	126.80	3018.50
Ampal 6	21.96	133.80	3330.40
Ampal 7	22.84	141.10	3481.40
Ampal 8	23.96	152.40	3675.60
Ampal 9	24.44	155.70	3758.50
Ampal 10	25.04	160.90	3859.10
A	5.06	13.10	473.00
B	5.73	63.60	1024.00
C	7.32	82.20	1309.70
D	1.00	4.60	153.80
E	1.98	9.40	316.90

Lanjutan Tabel 4.19

Nama	Area	Q	Volume
	km ²	m ³ /det	1000 m ³
F	0.43	2.40	75.00
1	14.76	95.30	2141.10
2	15.58	104.30	2277.40
3	16.34	110.70	2398.80
4	17.39	121.50	2582.60
5	19.98	126.80	3019.50
6	21.96	133.80	3332.80
7	22.84	141.10	3482.40
8	23.96	152.40	3677.70
9	24.44	155.70	3762.30
10	25.04	160.90	3866.50
11	25.26	162.70	3897.10
Reservoir 5	1.81	9.40	315.50
Reservoir 6	2.14	9.40	336.90
Reservoir 10	0.57	2.10	79.40
Reservoir 11	0.98	4.90	164.30
Reservoir 12	0.43	2.40	75.10
Reservoir 13	3.95	7.60	276.40

Sumber : Perhitungan

Dari tabel 4.19 menunjukkan hasil analisa skenario 1 DAS Ampal dengan tidak memperhitungkan nilai *baseflow*. Dari hasil analisa, diketahui bahwa debit maksimum yang terjadi sungai ampal bagian hilir (junction 11) adalah sebesar 162.70 m³/det. Hal ini menunjukkan bahwa debit pada saat kondisi eksisting memiliki nilai yang lebih besar bila dibandingkan dengan debit skenario 1 (gambar 4.6).



Gambar 4.6 Perbandingan Hasil Eksisting dan Skenario 1

4.2.9.3. Hasil Pemodelan Skenario 2 DAS Ampal

Sesuai dengan penjabaran tersebut di atas, pemodelan skenario 2 adalah terbangunnya tiga bendali eksisting ditambah dengan enam bendali rencana (bendali 3, 4, 5, 6, 7, dan 10). Dengan terbangunnya sembilan bendali, maka diketahui debit dari masing-masing sub DAS dan sungai (tabel 4.20).

Tabel 4.20 Hasil *running* Skenario 2 DAS Ampal

Nama	Area	Q	Volume
	km ²	m ³ /det	1000 m ³
Sub DAS 1	1.95	22.10	353.90
Sub DAS 2	2.76	30.60	490.30
Sub DAS 3	1.59	21.40	286.30
Sub DAS 4	1.02	10.90	180.80
Sub DAS 5	1.81	31.00	334.90
Sub DAS 6	2.14	24.90	390.90
Sub DAS 7	1.11	11.00	199.70
Sub DAS 8	2.38	11.60	367.70
Sub DAS 9	2.59	16.40	441.90
Sub DAS 10	1.05	15.90	187.80
Sub DAS 11	0.25	6.00	44.10
Sub DAS 12	0.32	6.00	56.60
Sub DAS 13	0.43	7.10	80.80
Sub DAS 14	0.98	11.70	181.10
Sub DAS 15	1.12	17.20	196.40
Sub DAS 16	0.48	10.80	86.70
Sub DAS 17	0.82	10.30	142.40
Sub DAS 18	0.76	12.90	131.40
Sub DAS 19	0.88	14.80	152.10
Sub DAS 20	0.60	11.60	108.00
Sub DAS 21	0.06	1.60	10.80
Sub DAS 22	0.16	2.50	27.20
Sungai 1	1.95	22.10	353.50
Sungai 2	2.76	30.60	489.70
Sungai 3.1	1.59	21.40	286.30
Sungai 3.2	1.59	12.30	285.80
Sungai 3.3	1.59	5.50	206.00
Sungai 4.1	1.02	10.90	180.80
Sungai 4.2	5.73	63.50	1023.60
Sungai 4.3	7.32	65.50	1227.00
Sungai 5.1	1.81	31.00	334.50

Lanjutan Tabel 4.20

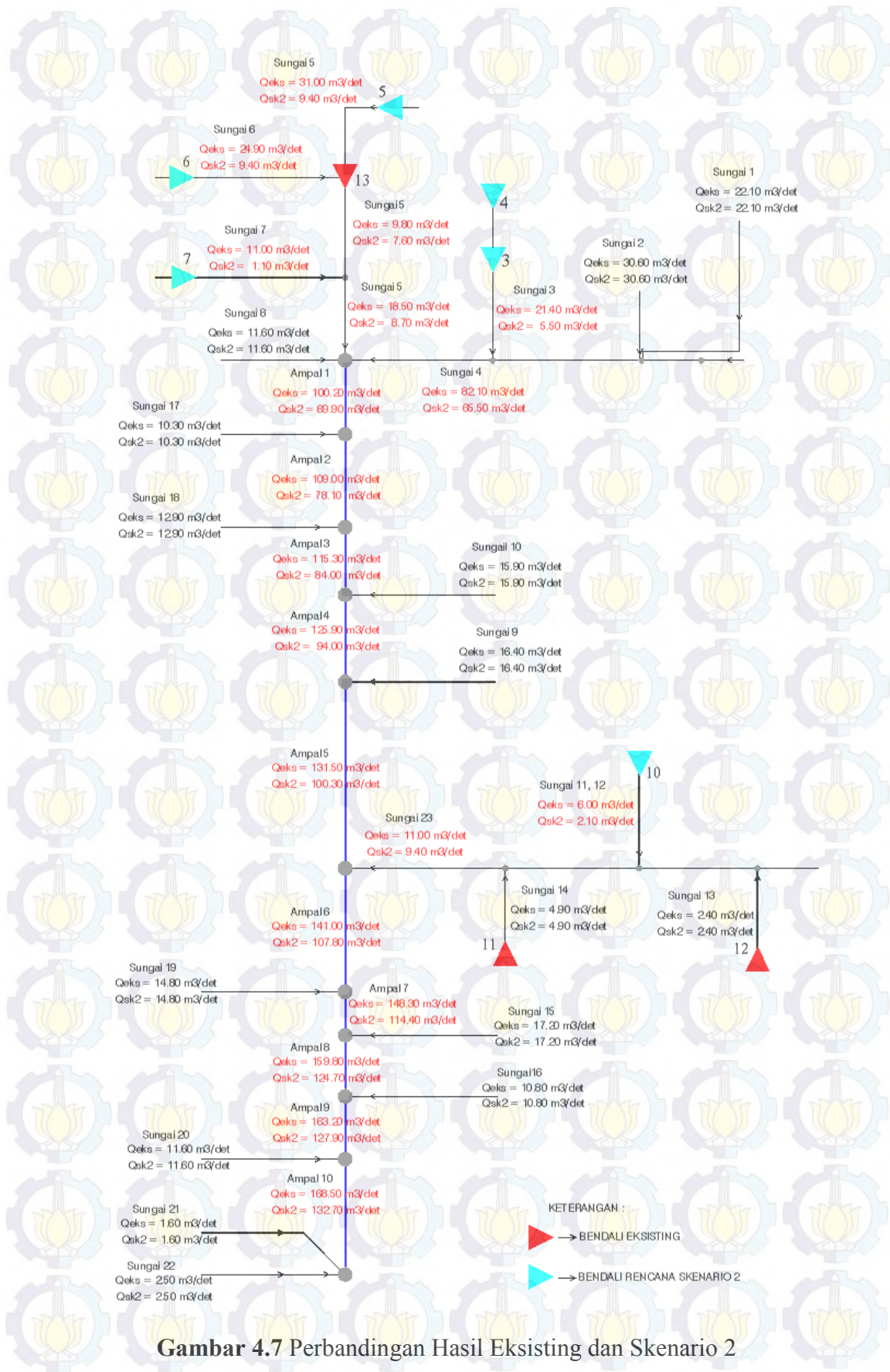
Nama	Area	Q	Volume
	km2	m3/det	1000 m3
Sungai 5.2	1.81	9.40	312.70
Sungai 5.3	3.95	7.60	273.50
Sungai 5.4	5.06	8.70	320.10
Sungai 6.1	2.14	24.90	390.70
Sungai 6.2	2.14	9.40	335.20
Sungai 7.1	1.11	11.00	199.60
Sungai 7.2	1.11	1.10	50.70
Sungai 8	2.38	11.60	362.70
Sungai 9	2.59	16.40	437.30
Sungai 10	1.05	15.90	187.80
Sungai 11.1	0.25	6.00	44.00
Sungai 11.2	0.57	2.10	79.30
Sungai 12	0.32	2.10	56.60
Sungai 13.1	0.43	7.10	80.80
Sungai 13.2	0.43	2.40	75.00
Sungai 14.1	0.98	11.70	181.10
Sungai 14.2	0.98	4.90	163.90
Sungai 15	1.12	17.20	196.30
Sungai 16	0.48	10.80	86.70
Sungai 17	0.82	10.30	142.40
Sungai 18	0.76	12.90	131.30
Sungai 19	0.88	14.80	152.00
Sungai 20	0.60	11.60	108.00
Sungai 21	0.06	1.60	10.80
Sungai 22	0.16	2.50	27.10
Sungai 23.1	0.43	2.40	74.40
Sungai 23.2	1.00	4.60	153.00
Sungai 23.3	1.98	9.40	314.30
Ampal 1	14.76	69.90	1902.40
Ampal 2	15.58	78.10	2033.00
Ampal 3	16.34	84.00	2159.40
Ampal 4	17.39	94.00	2346.80
Ampal 5	19.98	100.30	2782.90
Ampal 6	21.96	107.80	3094.40
Ampal 7	22.84	114.40	3245.20
Ampal 8	23.96	124.70	3439.10
Ampal 9	24.44	127.90	3521.30
Ampal 10	25.04	132.70	3620.80
A	5.06	8.70	324.20
B	5.73	63.50	1024.00

Lanjutan Tabel 4.20

Nama	Area	Q	Volume
	km ²	m ³ /det	1000 m ³
C	7.32	65.50	1229.60
D	1.00	4.60	153.80
E	1.98	9.40	316.90
F	0.43	2.40	75.00
1	14.76	69.90	1909.80
2	15.58	78.10	2044.80
3	16.34	84.00	2164.30
4	17.39	94.00	2347.20
5	19.98	100.30	2784.10
6	21.96	107.80	3097.20
7	22.84	114.40	3246.40
8	23.96	124.70	3441.50
9	24.44	127.90	3525.70
10	25.04	132.70	3629.30
11	25.26	134.50	3658.70
Reservoir 3	1.59	5.50	207.70
Reservoir 4	1.59	12.30	286.10
Reservoir 5	1.81	9.40	315.50
Reservoir 6	2.14	9.40	336.90
Reservoir 7	1.11	1.10	51.30
Reservoir 10	0.57	2.10	79.40
Reservoir 11	0.98	4.90	164.30
Reservoir 12	0.43	2.40	75.10
Reservoir 13	3.95	7.60	276.40

Sumber : Perhitungan

Dari tabel 4.20 menunjukkan hasil analisa skenario 2 DAS Ampal dengan tidak memperhitungkan nilai *baseflow*. Dari hasil analisa, diketahui bahwa debit maksimum yang terjadi sungai ampal bagian hilir (junction 11) adalah sebesar 134.50 m³/det. Hal ini menunjukkan bahwa debit pada saat kondisi eksisting memiliki nilai yang lebih besar bila dibandingkan dengan debit skenario 2 (gambar 4.7).



Gambar 4.7 Perbandingan Hasil Eksisting dan Skenario 2

4.2.9.4. Hasil Pemodelan Skenario 3 DAS Ampal

Sesuai dengan penjabaran tersebut di atas, pemodelan skenario 3 adalah terbangunnya tiga bendali eksisting ditambah dengan enam bendali rencana (bendali 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, dan 10). Dengan terbangunnya sembilan bendali, maka diketahui debit dari masing-masing sub DAS dan sungai (tabel 4.21).

Tabel 4.21 Hasil *running* Skenario 3 DAS Ampal

Nama	Area	Q	Volume
	km ²	m ³ /det	1000 m ³
Sub DAS 1	1.95	22.10	353.90
Sub DAS 2	2.76	30.60	490.30
Sub DAS 3	1.59	21.40	286.30
Sub DAS 4	1.02	10.90	180.80
Sub DAS 5	1.81	31.00	334.90
Sub DAS 6	2.14	24.90	390.90
Sub DAS 7	1.11	11.00	199.70
Sub DAS 8	2.38	11.60	367.70
Sub DAS 9	2.59	16.40	441.90
Sub DAS 10	1.05	15.90	187.80
Sub DAS 11	0.25	6.00	44.10
Sub DAS 12	0.32	5.60	56.60
Sub DAS 13	0.43	7.10	80.80
Sub DAS 14	0.98	11.70	181.10
Sub DAS 15	1.12	17.20	196.40
Sub DAS 16	0.48	10.80	86.70
Sub DAS 17	0.82	10.30	142.40
Sub DAS 18	0.76	12.90	131.40
Sub DAS 19	0.88	14.80	152.10
Sub DAS 20	0.60	11.60	108.00
Sub DAS 21	0.06	1.60	10.80
Sub DAS 22	0.16	2.50	27.20
Sungai 1.1	1.95	22.10	353.70
Sungai 1.2	1.95	4.60	182.10
Sungai 2.1	2.76	30.60	489.90
Sungai 2.2	2.76	5.00	199.70
Sungai 3.1	1.59	21.40	286.30
Sungai 3.2	1.59	12.30	285.80
Sungai 3.3	1.59	5.50	206.00
Sungai 4.1	1.02	10.90	180.80
Sungai 4.2	5.73	15.70	558.80

Lanjutan Tabel 4.21

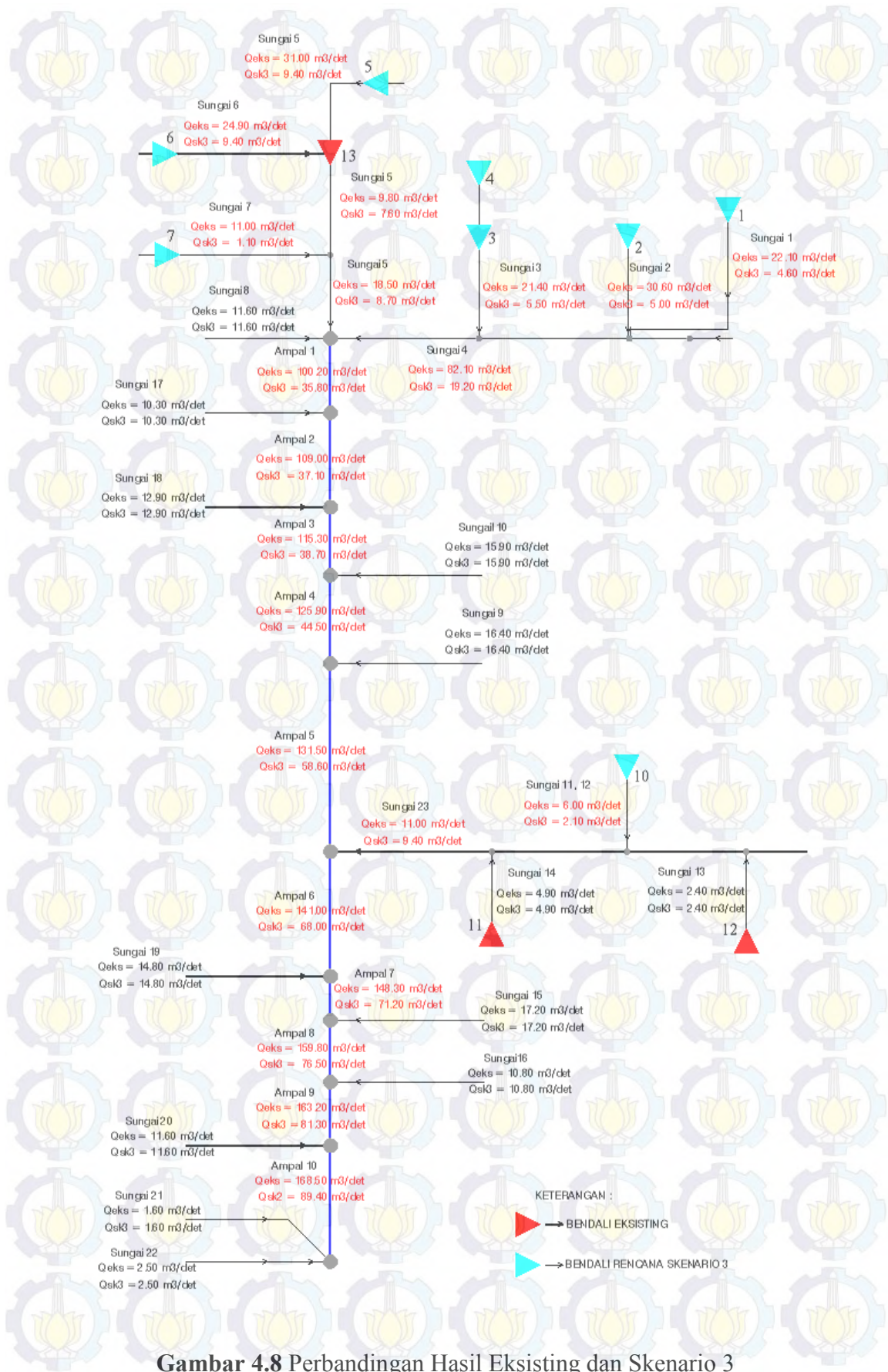
Nama	Area	Q	Volume
	km ²	m ³ /det	1000 m ³
Sungai 4.3	7.32	19.20	760.10
Sungai 5.1	1.81	31.00	334.50
Sungai 5.2	1.81	9.40	312.70
Sungai 5.3	3.95	7.60	273.50
Sungai 5.4	5.06	8.70	320.10
Sungai 6.1	2.14	24.90	390.70
Sungai 6.2	2.14	9.40	335.20
Sungai 7.1	1.11	11.00	199.60
Sungai 7.2	1.11	1.10	50.70
Sungai 8	2.38	11.60	362.70
Sungai 9	2.59	16.40	437.30
Sungai 10	1.05	15.90	187.80
Sungai 11.1	0.25	6.00	44.00
Sungai 11.2	0.57	2.10	79.30
Sungai 12	0.32	2.10	56.60
Sungai 13.1	0.43	7.10	80.80
Sungai 13.2	0.43	2.40	75.00
Sungai 14.1	0.98	11.70	181.10
Sungai 14.2	0.98	4.90	163.90
Sungai 15	1.12	17.20	196.30
Sungai 16	0.48	10.80	86.70
Sungai 17	0.82	10.30	142.40
Sungai 18	0.76	12.90	131.30
Sungai 19	0.88	14.80	152.00
Sungai 20	0.60	11.60	108.00
Sungai 21	0.06	1.60	10.80
Sungai 22	0.16	2.50	27.10
Sungai 23.1	0.43	2.40	74.40
Sungai 23.2	1.00	4.60	153.00
Sungai 23.3	1.98	9.40	314.30
Ampal 1	14.76	35.80	1433.50
Ampal 2	15.58	37.10	1561.10
Ampal 3	16.34	38.70	1686.20
Ampal 4	17.39	44.50	1873.50
Ampal 5	19.98	58.60	2309.30
Ampal 6	21.96	68.00	2620.20
Ampal 7	22.84	71.20	2770.80
Ampal 8	23.96	76.50	2964.10
Ampal 9	24.44	81.30	3045.50
Ampal 10	25.04	89.40	3143.30

Lanjutan Tabel 4.21

Nama	Area	Q	Volume
	km ²	m ³ /det	1000 m ³
A	5.06	8.70	324.20
B	5.73	15.70	562.60
C	7.32	19.20	764.90
D	1.00	4.60	153.80
E	1.98	9.40	316.90
F	0.43	2.40	75.00
1	14.76	35.80	1442.90
2	15.58	37.10	1575.90
3	16.34	38.70	1692.40
4	17.39	44.50	1874.00
5	19.98	58.60	2310.80
6	21.96	68.00	2623.60
7	22.84	71.20	2772.20
8	23.96	76.50	2967.10
9	24.44	81.30	3050.80
10	25.04	89.40	3153.50
11	25.26	92.20	3181.20
Reservoir 1	1.95	4.60	183.80
Reservoir 2	2.76	5.00	202.80
Reservoir 3	1.59	5.50	207.70
Reservoir 4	1.59	12.30	286.10
Reservoir 5	1.81	9.40	315.50
Reservoir 6	2.14	9.40	336.90
Reservoir 7	1.11	1.10	51.30
Reservoir 10	0.57	2.10	79.40
Reservoir 11	0.98	4.90	164.30
Reservoir 12	0.43	2.40	75.10
Reservoir 13	3.95	7.60	276.40

Sumber : Perhitungan

Dari tabel 4.21 menunjukkan hasil analisa skenario 3 DAS Ampal dengan tidak memperhitungkan nilai *baseflow*. Dari hasil analisa, diketahui bahwa debit maksimum yang terjadi sungai ampal bagian hilir (junction 11) adalah sebesar 92.20 m³/det. Hal ini menunjukkan bahwa debit pada saat kondisi eksisting memiliki nilai yang lebih besar bila dibandingkan dengan debit skenario 3 (gambar 4.8).



Gambar 4.8 Perbandingan Hasil Eksisting dan Skenario 3

4.2.9.5. Hasil Pemodelan Skenario 4 DAS Ampal

Sesuai dengan penjabaran tersebut di atas, pemodelan skenario 4 adalah terbangunnya seluruh bendali di kawasan DAS Ampal, baik eksisting maupun rencana yang seluruhnya berjumlah tiga belas bendali. Dengan terbangunnya bendali tersebut, maka diketahui debit dari masing-masing sub DAS dan sungai (tabel 4.22).

Tabel 4.22 Hasil *running* Skenario 4 DAS Ampal

Nama	Area	Q	Volume
	km ²	m ³ /det	1000 m ³
Sub DAS 1	1.95	22.10	353.90
Sub DAS 2	2.76	30.60	490.30
Sub DAS 3	1.59	21.40	286.30
Sub DAS 4	1.02	10.90	180.80
Sub DAS 5	1.81	31.00	334.90
Sub DAS 6	2.14	24.90	390.90
Sub DAS 7	1.11	11.00	199.70
Sub DAS 8	2.38	11.60	419.00
Sub DAS 9	2.59	16.40	457.50
Sub DAS 10	1.05	15.90	187.80
Sub DAS 11	0.25	6.00	44.10
Sub DAS 12	0.32	5.60	56.60
Sub DAS 13	0.43	7.10	80.80
Sub DAS 14	0.98	11.70	181.10
Sub DAS 15	1.12	17.20	196.40
Sub DAS 16	0.48	10.80	86.70
Sub DAS 17	0.82	10.30	142.40
Sub DAS 18	0.76	12.90	131.40
Sub DAS 19	0.88	14.80	152.10
Sub DAS 20	0.60	11.60	108.00
Sub DAS 21	0.06	1.60	10.80
Sub DAS 22	0.16	2.50	27.20
Sungai 1.1	1.95	22.10	353.70
Sungai 1.2	1.95	4.60	323.00
Sungai 2.1	2.76	30.60	490.10
Sungai 2.2	2.76	5.00	398.60
Sungai 3.1	1.59	21.40	286.30
Sungai 3.2	1.59	12.30	286.30
Sungai 3.3	1.59	5.50	285.10
Sungai 4.1	1.02	10.90	180.80
Sungai 4.2	5.73	15.70	900.70

Lanjutan Tabel 4.22

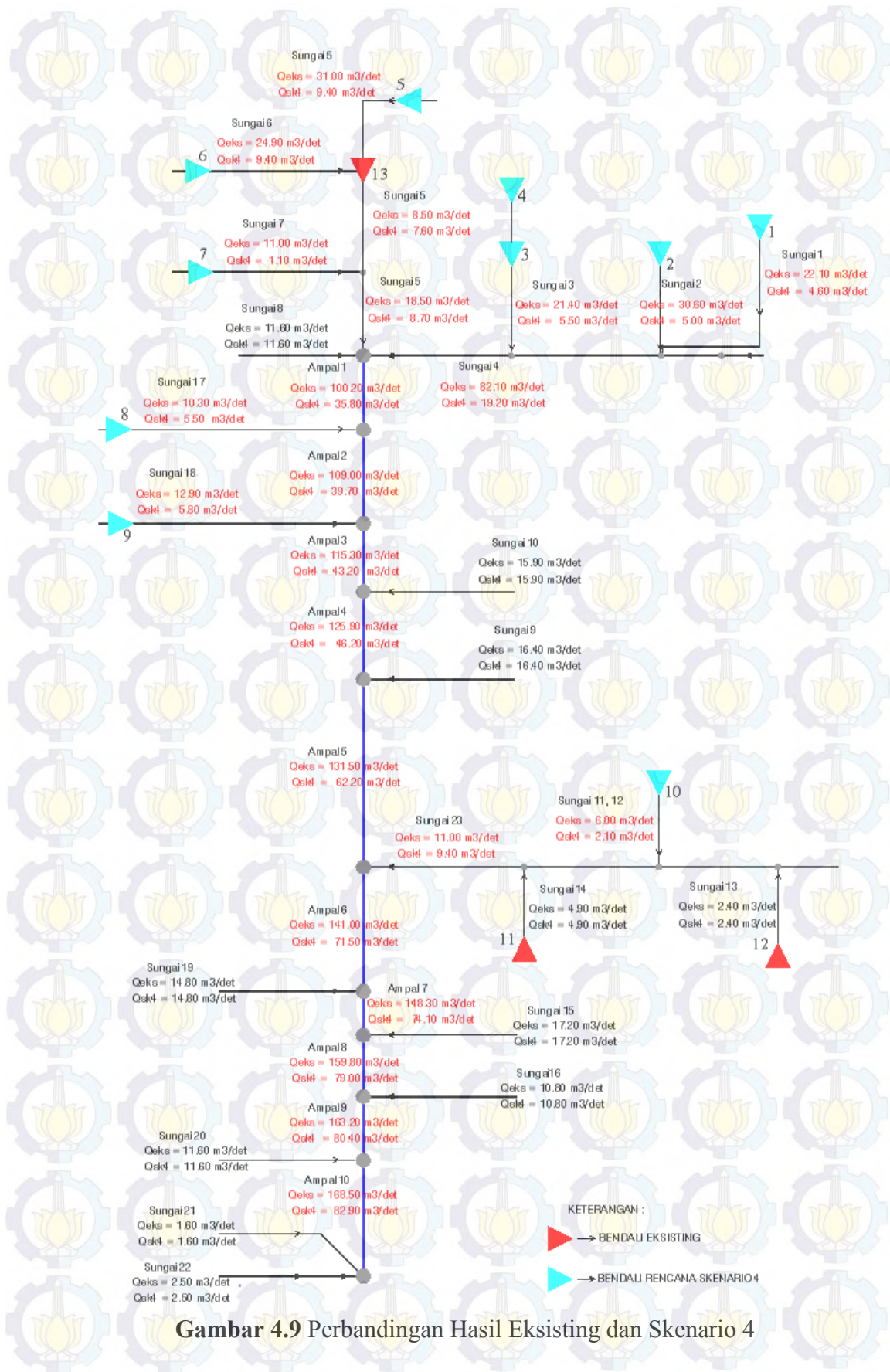
Nama	Area	Q	Volume
	km2	m3/det	1000 m3
Sungai 4.3	7.32	19.20	1184.10
Sungai 5.1	1.81	31.00	334.50
Sungai 5.2	1.81	9.40	334.40
Sungai 5.3	3.95	7.60	658.70
Sungai 5.4	5.06	8.70	788.80
Sungai 6.1	2.14	24.90	390.70
Sungai 6.2	2.14	9.40	390.50
Sungai 7.1	1.11	11.00	199.70
Sungai 7.2	1.11	1.10	132.10
Sungai 8	2.38	11.60	418.90
Sungai 9	2.59	16.40	457.30
Sungai 10	1.05	15.90	187.80
Sungai 11.1	0.25	6.00	44.00
Sungai 11.2	0.57	2.10	99.50
Sungai 12	0.32	2.10	56.60
Sungai 13.1	0.43	7.10	80.80
Sungai 13.2	0.43	2.40	80.80
Sungai 14.1	0.98	11.70	181.10
Sungai 14.2	0.98	4.90	181.10
Sungai 15	1.12	17.20	196.30
Sungai 16	0.48	10.80	86.70
Sungai 17.1	0.82	10.30	142.40
Sungai 17.2	0.82	5.50	142.40
Sungai 18.1	0.76	12.90	131.40
Sungai 18.2	0.76	5.80	131.40
Sungai 19	0.88	14.80	152.00
Sungai 20	0.60	11.60	108.00
Sungai 21	0.06	1.60	10.80
Sungai 22	0.16	2.50	27.10
Sungai 23.1	0.43	2.40	80.70
Sungai 23.2	1.00	4.60	180.10
Sungai 23.3	1.98	9.40	360.90
Ampal 1	14.76	35.80	2388.40
Ampal 2	15.58	39.70	2525.10
Ampal 3	16.34	43.20	2654.20
Ampal 4	17.39	46.20	2841.80
Ampal 5	19.98	62.20	3298.60
Ampal 6	21.96	71.50	3658.40
Ampal 7	22.84	74.10	3809.90
Ampal 8	23.96	79.00	4005.20

Lanjutan Tabel 4.22

Nama	Area	Q	Volume
	km ²	m ³ /det	1000 m ³
Ampal 9	24.44	80.40	4090.00
Ampal 10	25.04	82.90	4194.40
A	5.06	8.70	790.80
B	5.73	15.70	902.40
C	7.32	19.20	1185.80
D	1.00	4.60	180.20
E	1.98	9.40	361.20
F	0.43	2.40	80.80
1	14.76	35.80	2391.80
2	15.58	39.70	2530.80
3	16.34	43.20	2656.50
4	17.39	46.20	2842.00
5	19.98	62.20	3299.20
6	21.96	71.50	3659.50
7	22.84	74.10	3810.40
8	23.96	79.00	4006.20
9	24.44	80.40	4091.80
10	25.04	82.90	4198.00
11	25.26	83.80	4232.30
Reservoir 1	1.95	4.60	323.70
Reservoir 2	2.76	5.00	400.10
Reservoir 3	1.59	5.50	285.30
Reservoir 4	1.59	12.30	286.30
Reservoir 5	1.81	9.40	334.50
Reservoir 6	2.14	9.40	390.60
Reservoir 7	1.11	1.10	132.70
Reservoir 8	0.82	5.50	142.40
Reservoir 9	0.76	5.80	131.40
Reservoir 10	0.57	2.10	99.50
Reservoir 11	0.98	4.90	181.10
Reservoir 12	0.43	2.40	80.80
Reservoir 13	3.95	7.60	659.90

Sumber : Perhitungan

Dari tabel 4.22 menunjukkan hasil analisa skenario 4 DAS Ampal dengan tidak memperhitungkan nilai *baseflow*. Dari hasil analisa, diketahui bahwa debit maksimum yang terjadi sungai ampal bagian hilir (junction 11) adalah sebesar 83.80 m³/det (gambar 4.9).



Gambar 4.9 Perbandingan Hasil Eksisting dan Skenario 4

4.2.9.6. Kesimpulan Hasil Pemodelan Tiap-Tiap Skenario

Dari analisa masing-masing skenario tersebut di atas, dapat diketahui besar penurunan debit puncak banjir yang terjadi. Setelah diketahui besar penurunan debit yang terjadi, maka akan diketahui jumlah dan letak bendali-bendali yang memiliki peran fungsi dalam mengurangi debit puncak banjir yang terjadi di DAS Ampal. Pembangunan bendali dilakukan berdasarkan skala prioritas lokasi genangan yang terjadi di DAS. Besar penurunan masing-masing skenario disajikan dalam tabel 4.23 dan gambar 4.10 berikut.

Tabel 4.23 Besar Penurunan Debit Masing-Masing Skenario

Nama	Q Eksisting	Q Skenario 1	ΔQ	Q Skenario 2	ΔQ	Q Skenario 3	ΔQ	Q Skenario 4	ΔQ
	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det
Sungai 1	22.10	22.10	0.00	22.10	0.00	4.60	17.50	4.60	17.50
Sungai 2	30.60	30.60	0.00	30.60	0.00	5.00	25.60	5.00	25.60
Sungai 3	21.40	21.40	0.00	5.50	15.90	5.50	15.90	5.50	15.90
Sungai 4	82.10	82.20	0.00	65.50	16.60	19.20	62.90	19.20	62.90
Sungai 5	18.50	13.10	5.40	8.70	9.80	8.70	9.80	8.70	9.80
Sungai 6	24.90	9.40	15.50	9.40	15.50	9.40	15.50	9.40	15.50
Sungai 7	11.00	11.00	0.00	1.10	9.90	1.10	9.90	1.10	9.90
Sungai 8	11.60	11.60	0.00	11.60	0.00	11.60	0.00	11.60	0.00
Sungai 9	16.40	16.40	0.00	16.40	0.00	16.40	0.00	16.40	0.00
Sungai 10	15.90	15.90	0.00	15.90	0.00	15.90	0.00	15.90	0.00
Sungai 11	6.00	2.10	3.90	2.10	3.90	2.10	3.90	2.10	3.90
Sungai 12	6.00	2.10	3.90	2.10	3.90	2.10	3.90	2.10	3.90
Sungai 13	2.40	2.40	0.00	2.40	0.00	2.40	0.00	2.40	0.00
Sungai 14	4.90	4.90	0.00	4.90	0.00	4.90	0.00	4.90	0.00
Sungai 15	17.20	17.20	0.00	17.20	0.00	17.20	0.00	17.20	0.00
Sungai 16	10.80	10.80	0.00	10.80	0.00	10.80	0.00	10.80	0.00
Sungai 17	10.30	10.30	0.00	10.30	0.00	10.30	0.00	5.50	4.80
Sungai 18	12.90	12.90	0.00	12.90	0.00	12.90	0.00	5.80	7.10
Sungai 19	14.80	14.80	0.00	14.80	0.00	14.80	0.00	14.80	0.00
Sungai 20	11.60	11.60	0.00	11.60	0.00	11.60	0.00	11.60	0.00
Sungai 21	1.60	1.60	0.00	1.60	0.00	1.60	0.00	1.60	0.00
Sungai 22	2.50	2.50	0.00	2.50	0.00	2.50	0.00	2.50	0.00

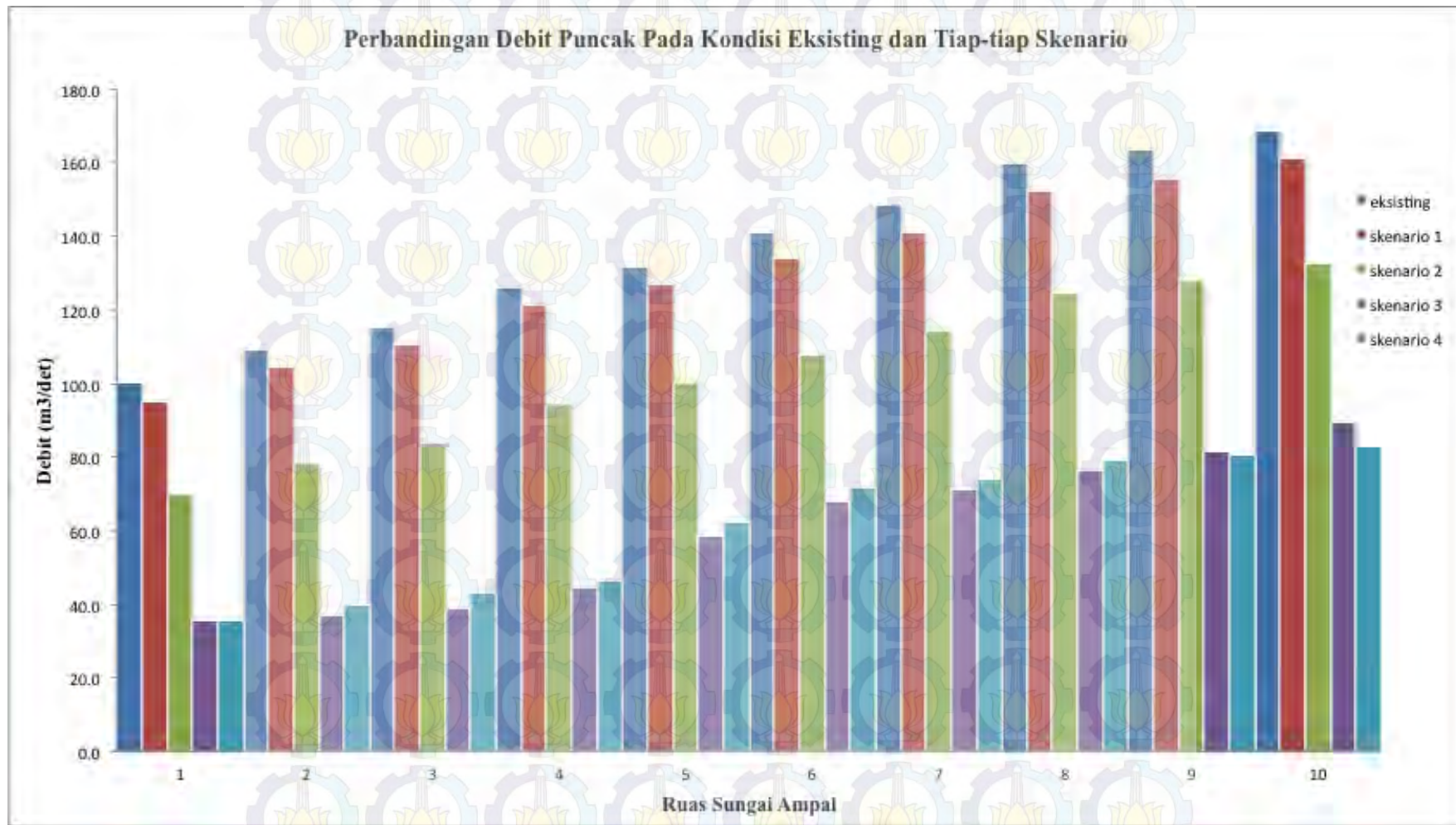
Lanjutan Tabel 4.23

Nama	Q Eksisting	Q Skenario 1	ΔQ	Q Skenario 2	ΔQ	Q Skenario 3	ΔQ	Q Skenario 4	ΔQ
	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det
Sungai 23	11.00	9.40	1.60	9.40	1.60	9.40	1.60	9.40	1.60
Ampal 1	100.20	95.30	4.90	69.90	30.30	35.80	64.40	35.80	64.40
Ampal 2	109.00	104.30	4.70	78.10	30.90	37.10	71.90	39.70	69.30
Ampal 3	115.30	110.70	4.60	84.00	31.30	38.70	76.60	43.20	72.10
Ampal 4	125.90	121.50	4.40	94.00	31.90	44.50	81.40	46.20	79.70
Ampal 5	131.50	126.80	4.70	100.30	31.20	58.60	72.90	62.20	69.30
Ampal 6	141.00	133.80	7.20	107.80	33.20	68.00	73.00	71.50	69.50
Ampal 7	148.30	141.10	7.20	114.40	33.90	71.20	77.10	74.10	74.20
Ampal 8	159.80	152.40	7.40	124.70	35.10	76.50	83.30	79.00	80.80
Ampal 9	163.20	155.70	7.50	127.90	35.30	81.30	81.90	80.40	82.80
Ampal 10	168.50	160.90	7.60	132.70	35.80	89.40	79.10	82.90	85.60

Keterangan tabel:

ΔQ = Selisih debit eksisting masing-masing skenario

Sumber : Perhitungan



Gambar 4.10 Grafik Penurunan Debit Puncak Pada Kondisi Eksisting dan Tiap-tiap Skenario

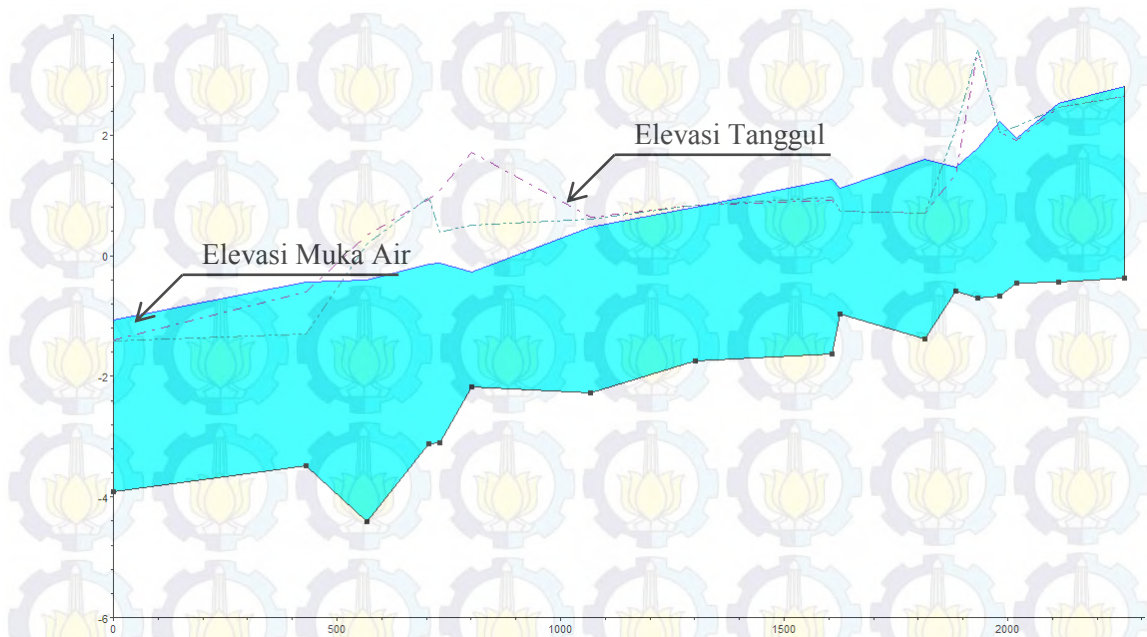
4.3. Analisa Hidrolika

Dalam studi ini, analisa hidrolika penampang sungai utama atau sungai Ampal menggunakan bantuan program HEC-RAS. Dengan analisa ini, dapat diketahui elevasi muka air banjir pada penampang sungai. Data penampang sungai yang digunakan dalam analisa HEC-RAS ini adalah data penampang sungai Ampal pada tahun 2006. Dengan adanya keterbatasan data penampang sungai, maka dalam analisa hidrolika ini hanya digunakan penampang melintang dari bagian tengah sungai Ampal sampai dengan hilir.

Dalam studi ini digunakan analisa aliran tidak tetap (*unsteady flow*) karena kedalaman aliran berubah sepanjang waktu tertentu. Debit yang digunakan dalam analisa HEC-RAS adalah debit dengan periode ulang 10 tahun. Debit ini diperoleh dari analisa hidrologi dengan menggunakan program HEC-HMS.

4.3.1. Analisa Hidrolika Eksisting DAS Ampal

Dari analisa hidrolika eksisting sungai ampal dapat diketahui elevasi muka air banjir pada penampang sungai. Debit banjir yang digunakan pada analisa ini adalah debit banjir rencana dengan periode ulang 10 tahun. Dengan menggunakan debit banjir rencana 10 tahunan (Q_{10}), dilakukan pemodelan pada saat kondisi eksisting. Kondisi eksisting DAS Ampal ini telah dilengkapi dengan 3 bangunan pengendali banjir. Hasil running dari program HEC-RAS pada kondisi eksisting dapat dilihat pada gambar 4.11 berikut.

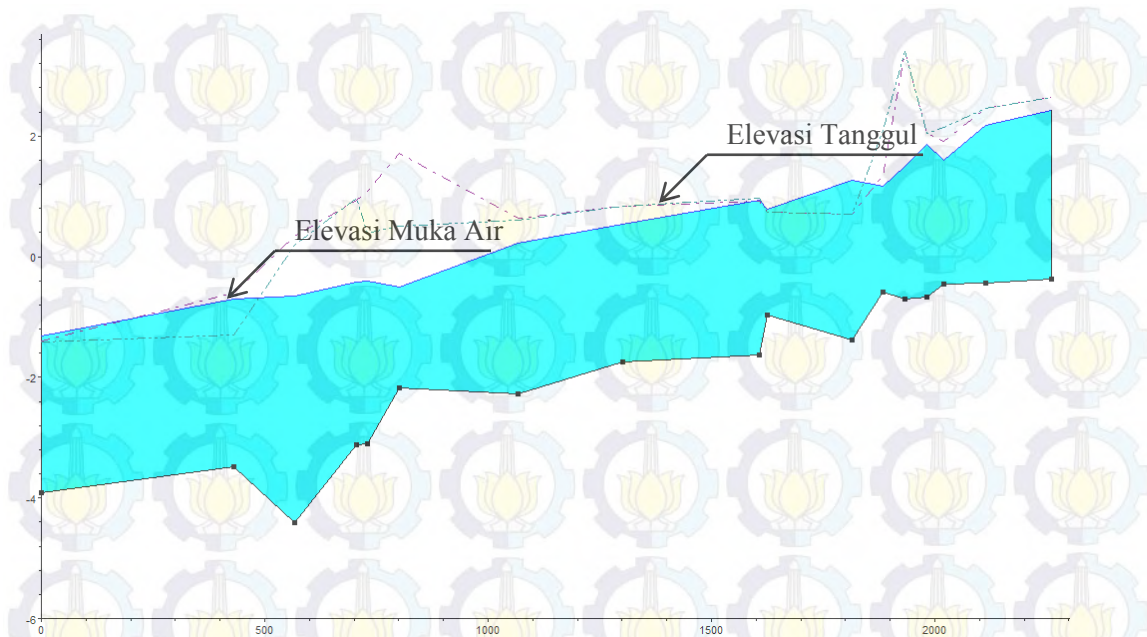


Gambar 4.11 Penampang Memanjang Sungai Ampal Kondisi Eksisting

Dari hasil analisa hidrolika diketahui bahwa sungai Ampal belum terbebas dari banjir. Hal ini ditunjukkan dengan elevasi muka air yang lebih tinggi dibandingkan dengan elevasi tanggul. Dengan adanya kondisi tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa 3 bangunan pengendali banjir belum mampu mengatasi banjir yang terjadi.

4.3.2. Analisa Hidrolika Skenario 1 DAS Ampal

Dari analisa hidrolika skenario 1 sungai ampal dapat diketahui elevasi muka air banjir pada penampang sungai. Debit banjir yang digunakan pada analisa ini adalah debit banjir rencana dengan periode ulang 10 tahun. Dengan menggunakan debit banjir rencana 10 tahunan (Q_{10}), dilakukan pemodelan skenario 1. Skenario 1 DAS Ampal telah dilengkapi dengan 3 bendali rencana ditambah dengan 3 bendali eksisting (terbangun). Hasil running dari program HEC-RAS pada skenario 1 dapat dilihat pada gambar 4.12 berikut.

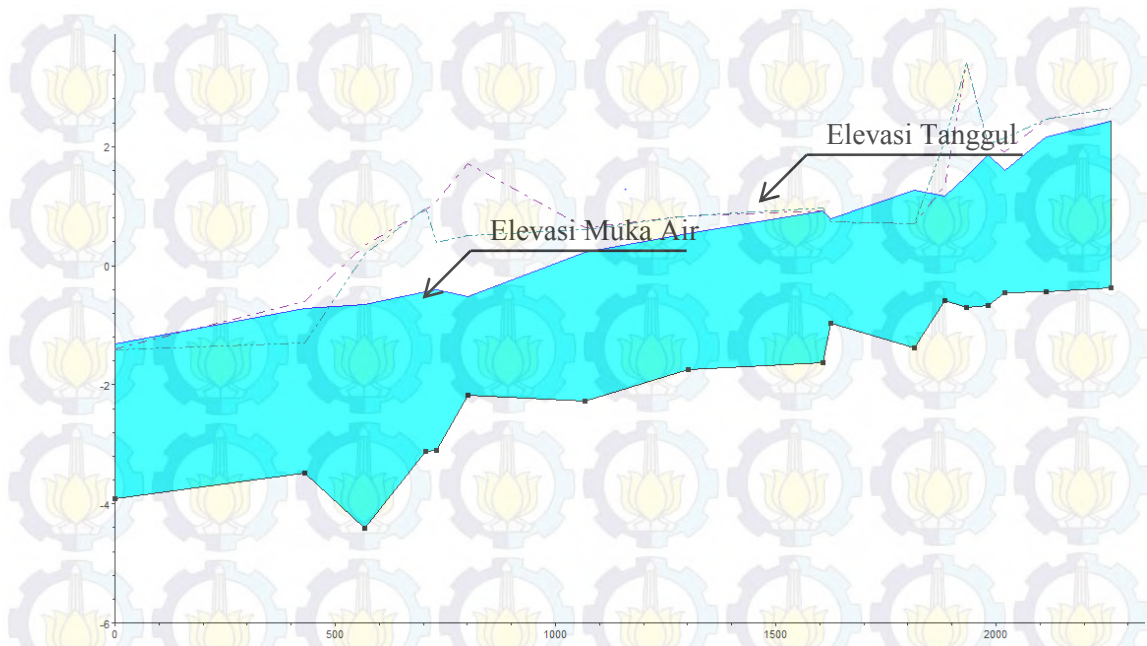


Gambar 4.12 Penampang Memanjang Sungai Ampal Skenario 1

Dari hasil analisa hidrolika sungai Ampal saat skenario 1 diterapkan, diketahui bahwa sungai Ampal masih belum terbebas dari banjir. Hal ini ditunjukkan dengan elevasi muka air yang lebih tinggi dibandingkan dengan elevasi tanggul. Dengan adanya kondisi tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa 6 bangunan pengendali banjir belum mampu mengatasi banjir tetapi sudah mampu menurunkan tinggi banjir yang terjadi.

4.3.3. Analisa Hidrolika Skenario 2 DAS Ampal

Dari analisa hidrolika skenario 2 sungai ampal dapat diketahui elevasi muka air banjir pada penampang sungai. Debit banjir yang digunakan pada analisa ini adalah debit banjir dengan periode ulang 10 tahun. Dengan menggunakan debit banjir rencana 10 tahunan (Q_{10}), dilakukan pemodelan skenario 2. Skenario 2 DAS Ampal telah dilengkapi dengan 6 bendali rencana ditambah dengan 3 bendali eksisting (terbangun). Hasil running dari program HEC-RAS pada skenario 2 dapat dilihat pada gambar 4.13 berikut.

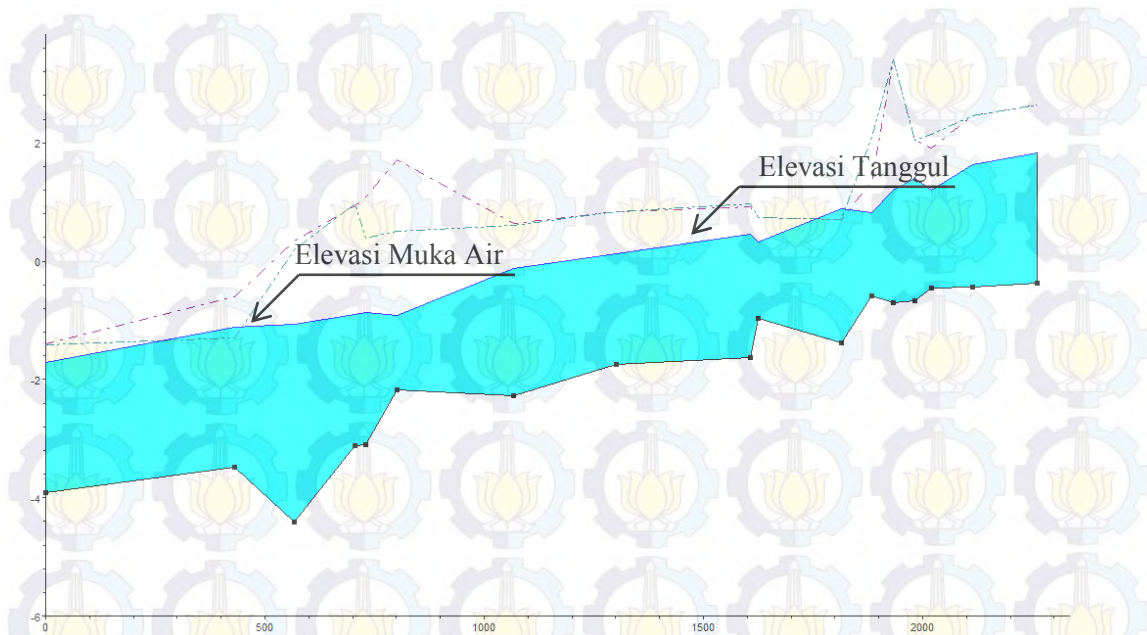


Gambar 4.13 Penampang Memanjang Sungai Ampal Skenario 2

Pada gambar 4.13, dapat diketahui bahwa hasil analisa hidrolika pada skenario 2 tidak memiliki perbedaan yang signifikan bila dibandingkan dengan skenario 1. Hal ini dibuktikan dengan elevasi muka air yang tidak jauh berbeda antara skenario 1 dan 2. Dengan adanya kondisi tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa 9 bangunan pengendali banjir belum mampu mengatasi banjir tetapi sudah mampu menurunkan tinggi banjir yang terjadi.

4.3.4. Analisa Hidrolika Skenario 3 DAS Ampal

Dari analisa hidrolika skenario 3 sungai ampal dapat diketahui elevasi muka air banjir pada penampang sungai. Debit banjir yang digunakan pada analisa ini adalah debit banjir dengan periode ulang 10 tahun. Dengan menggunakan debit banjir rencana 10 tahunan (Q_{10}), dilakukan pemodelan skenario 3. Skenario 3 DAS Ampal telah dilengkapi dengan 8 bendali rencana dan 3 bendali eksisting (terbangun). Hasil running dari program HEC-RAS pada skenario 3 dapat dilihat pada gambar 4.14 berikut.

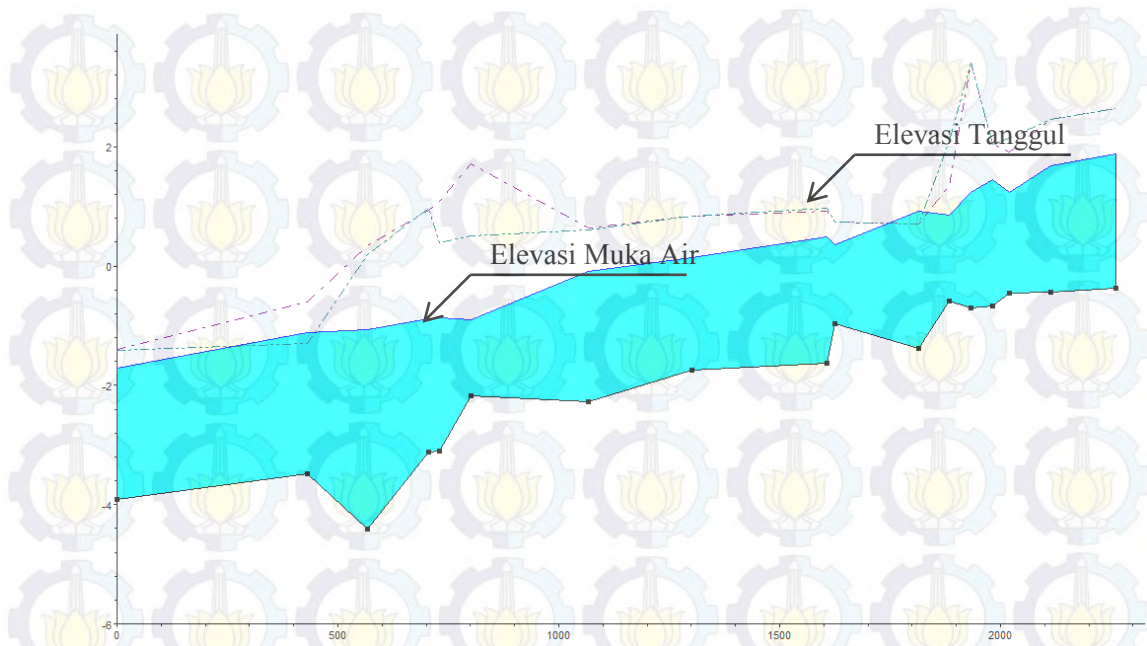


Gambar 4.14 Penampang Memanjang Sungai Ampal Skenario 3

Dari gambar 4.14 dapat diketahui hasil analisa hidrolika sungai Ampal saat skenario 3 diterapkan. Pada kondisi ini diketahui bahwa beberapa titik di ruas sungai Ampal sudah terbebas dari banjir. Hal ini ditunjukkan dengan elevasi muka air yang lebih rendah dibandingkan dengan elevasi tanggul. Dengan demikian, maka dapat disimpulkan bahwa dengan terbangunnya 11 bendali di DAS Ampal mampu menurunkan elevasi muka air hampir di seluruh ruas sungai utama.

4.3.5. Analisa Hidrolika Skenario 4 DAS Ampal

Dari analisa hidrolika skenario 4 sungai ampal dapat diketahui elevasi muka air banjir pada penampang sungai. Debit banjir yang digunakan pada analisa ini adalah debit banjir dengan periode ulang 10 tahun. Dengan menggunakan debit banjir rencana 10 tahunan (Q_{10}), dilakukan pemodelan skenario 4. Skenario 4 DAS Ampal telah dilengkapi dengan 10 bendali rencana ditambah dengan 3 bendali eksisting (terbangun). Hasil running dari program HEC-RAS pada skenario 4 dapat dilihat pada gambar 4.15 berikut.



Gambar 4.15 Penampang Memanjang Sungai Ampal Skenario 4

Pada gambar 4.15, dapat diketahui bahwa hasil analisa hidrolika pada skenario 4 tidak memiliki perbedaan yang signifikan bila dibandingkan dengan skenario 3. Hal ini dibuktikan dengan elevasi muka air yang tidak jauh berbeda antara skenario 3 dan 4. Dengan demikian, maka dapat disimpulkan bahwa dengan terbangunnya 13 bendali di DAS Ampal mampu menurunkan elevasi muka air hampir di seluruh ruas sungai utama.

4.3.6. Kesimpulan Analisa Hidrolika

Dari analisa hidrolika tersebut di atas, telah diketahui elevasi muka air pada penampang sungai Ampal pada kondisi eksisting dan tiap-tipa skenario. Perbandingan hasil analisa hidrolika pada kondisi eksisting dan masing-masing skenario disajikan pada tabel 4.24 sebagai berikut.

Tabel 4.24 Perbandingan Hasil Analisa Hidrolika Kondisi Eksisting dan Tiap-tiap Skenario

Cross Section	Tinggi Tanggul	El. Muka Air Eksisting	Ket	El. Muka Air Skenario 1	Ket	El. Muka Air Skenario 2	Ket	El. Muka Air Skenario 3	Ket	El. Muka Air Skenario 4	Ket
	(cm)	(cm)		(cm)		(cm)		(cm)		(cm)	
16	2.63	2.81	banjir	2.42		2.42		1.83		1.89	
15	2.46	2.52	banjir	2.17		2.17		1.64		1.69	
14	1.91	1.94		1.59		1.59		1.20		1.24	
13	2.04	2.23	banjir	1.87		1.87		1.40		1.44	
12	3.40	1.78		1.50		1.50		1.21		1.24	
11	1.35	1.46	banjir	1.18		1.17		0.84		0.85	
10	0.71	1.60	banjir	1.29	banjir	1.27	banjir	0.89	banjir	0.92	banjir
9	0.74	1.12	banjir	0.81	banjir	0.79	banjir	0.32		0.36	
8	0.97	1.26	banjir	0.96		0.93		0.46		0.50	
7	0.83	0.81		0.54		0.53		0.11		0.15	
6	0.64	0.48		0.24		0.23		-0.13		-0.10	
5	0.50	-0.27		-0.43		-0.52		-0.92		-0.91	
4	0.39	-0.12		-0.41		-0.44		-0.89		-0.87	
3	0.94	-0.14		-0.44		-0.44		-0.84		-0.89	
2	0.34	-0.40		-0.62		-0.66		-1.04		-1.07	
1	-1.30	-0.44	banjir	-0.70	banjir	-0.71	banjir	-1.13	banjir	-1.12	banjir
0	-1.40	-1.07	banjir	-1.29	banjir	-1.29	banjir	-1.65		-1.71	

Sumber : Perhitungan

Dari tabel 4.24, diketahui bahwa skenario-skenario yang direncanakan mampu mengurangi debit puncak banjir yang terjadi di sungai Ampal. Hal ini ditunjukkan dengan kondisi banjir yang terjadi di beberapa ruas sungai Ampal. Dari skenario-skenario yang telah dianalisa, diketahui bahwa skenario 3 dan 4 merupakan skenario yang mampu mengatasi banjir lebih baik dibanding dengan skenario 1 dan 2. Hal ini ditunjukkan dengan penurunan elevasi muka air dari kondisi eksisting. Bila skenario 3 dan 4 dibandingkan, maka dapat diketahui bahwa elevasi muka air pada skenario 3 lebih rendah dibandingkan dengan elevasi muka air pada skenario 4. Dengan adanya kondisi tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa skenario 3 merupakan skenario terbaik untuk mengurangi banjir yang terjadi di DAS Ampal.

4.3.7. Pengaruh Fungsi Bendali Terhadap Pengurangan Debit Puncak Banjir DAS Ampal

Pengaruh suatu penanganan pengendalian banjir di DAS Ampal telah dianalisa dalam bentuk skenario-skenario letak bendali. Dalam pelaksanaannya dilapangan, diperlukan dasar pertimbangan berpengaruh atau tidaknya suatu bangunan pengendali banjir (bendali) yang berujung pada terbangunnya bendali-bendali tersebut. Pada penelitian ini, analisa pengaruh fungsi bendali ditinjau dari kemampuan bendali menampung kelebihan debit yang terjadi.

Untuk mengetahui pengaruh serta fungsi dari suatu bendali, diperlukan data kapasitas sungai dan besarnya limpasan yang terjadi (debit hidrologi). Apabila limpasan yang terjadi di suatu Sub DAS memiliki nilai yang lebih besar dibandingkan dengan kapasitas sungai, maka diperlukan pengendalian banjir. Data kapasitas sungai utama dan sungai tiap-tiap Sub DAS dalam studi ini diperoleh dari data lapangan yang ada pada tahun 2013. Data kapasitas sungai utama berbeda dengan data penampang sungai yang digunakan dalam pemodelan hidrolika tersebut di atas. Kapasitas sungai diperoleh berdasarkan data dan bukan merupakan hasil analisa.

4.3.7.1. Pengaruh Fungsi Bendali Dalam Kondisi Eksisting

Pengaruh fungsi bendali dalam kondisi eksisting dapat diketahui dengan cara membandingkan antara kapasitas sungai dengan debit hidrologi yang terjadi baik di Sub DAS maupun DAS Ampal (tabel 4.25).

Tabel 4.25 Perbandingan Kapasitas dan Debit Hidrologi DAS Ampal Eksisting

No.	Nama	Kapasitas Sungai	Debit Hidrologi Eksisting	Keterangan
		m ³ /det	m ³ /det	
1	Ampal 1	60.69	100.20	Melebihi kapasitas
2	Ampal 2	110.78	109.00	
3	Ampal 3	112.86	115.30	Melebihi kapasitas
4	Ampal 4	119.44	125.90	Melebihi kapasitas
5	Ampal 5	121.74	131.50	Melebihi kapasitas
6	Ampal 6	149.61	141.00	
7	Ampal 7	165.57	148.30	
8	Ampal 8	190.28	159.80	
9	Ampal 9	190.64	163.20	
10	Ampal 10	190.64	168.50	
22	Sungai 1	11.75	22.10	Melebihi kapasitas
23	Sungai 2	10.98	30.60	Melebihi kapasitas
24	Sungai 3	22.74	21.40	
25	Sungai 4	39.19	82.10	Melebihi kapasitas
26	Sungai 5	41.75	18.50	
27	Sungai 6	7.99	24.90	Melebihi kapasitas
28	Sungai 7	6.96	11.00	Melebihi kapasitas
29	Sungai 8	18.95	11.60	
30	Sungai 9	23.89	16.40	
31	Sungai 10	9.20	15.90	Melebihi kapasitas
32	Sungai 11	3.30	6.00	Melebihi kapasitas
33	Sungai 12	2.98	5.60	Melebihi kapasitas
34	Sungai 13	4.32	2.40	
35	Sungai 14	8.78	4.90	
36	Sungai 15	11.30	17.20	Melebihi kapasitas
37	Sungai 16	0.20	10.80	Melebihi kapasitas
38	Sungai 17	3.90	10.30	Melebihi kapasitas
39	Sungai 18	6.92	12.90	Melebihi kapasitas
40	Sungai 19	4.00	14.80	Melebihi kapasitas
41	Sungai 20	4.99	11.60	Melebihi kapasitas

Lanjutan Tabel 4.25

No.	Nama	Kapasitas Sungai	Debit Hidrologi Eksisting	Keterangan
		m ³ /det	m ³ /det	
42	Sungai 21	0.42	1.60	Melebihi kapasitas
43	Sungai 22	0.42	2.50	Melebihi kapasitas
44	Sungai 23	12.05	11.00	

Sumber : Perhitungan

Berdasarkan tabel 2.25, diketahui bahwa dengan adanya 3 buah bendali yang masing-masing terletak di ruas sungai 5, ruas sungai 13 dan ruas sungai 14 mampu menurunkan debit puncak banjir yang terjadi. Dengan adanya 3 bendali ini, maka sungai 5, 13, dan 14 dapat mengalirkan debit banjir ke sungai utama tanpa melebihi kapasitasnya. Hal ini menunjukkan bahwa 3 bendali eksisting memiliki fungsi dan pengaruh terhadap pengurangan debit puncak banjir di Sub DAS 5, 13, dan 14. Akan tetapi, 3 bendali ini belum cukup mampu mengatasi permasalahan yang terjadi di sungai utama yaitu sungai Ampal dan beberapa Sub DAS lainnya. Hal ini ditunjukkan dengan besarnya debit yang mengalir masih melebihi kapasitas dari sungai.

4.3.7.2. Pengaruh Fungsi Bendali Dalam Skenario 1

Dalam skenario 1, terdapat penambahan 3 bendali dari kondisi eksisting. Dengan adanya penambahan bendali tersebut, maka total jumlah bendali terbangun pada skenario 1 adalah sebanyak 6 bendali. Alasan dilaksanakannya skenario 1 adalah karena kondisi eksisting dengan 3 bendali belum mampu mengatasi kelebihan debit yang terjadi di sungai utama dan di beberapa Sub DAS lainnya. Pengaruh fungsi bendali dalam skenario 1 dapat diketahui dengan cara membandingkan antara kapasitas sungai dengan debit hidrologi yang terjadi baik di Sub DAS maupun di sungai Ampal (tabel 4.26).

Tabel 4.26 Perbandingan Kapasitas dan Debit Hidrologi DAS Ampal Skenario 1

No.	Nama	Kapasitas Sungai	Debit Hidrologi Skenario 1	Keterangan
		m ³ /det	m ³ /det	
1	Ampal 1	60.69	95.30	Melebihi kapasitas
2	Ampal 2	110.78	104.30	
3	Ampal 3	112.86	110.70	
4	Ampal 4	119.44	121.50	Melebihi kapasitas
5	Ampal 5	121.74	126.80	Melebihi kapasitas
6	Ampal 6	149.61	133.80	
7	Ampal 7	165.57	141.10	
8	Ampal 8	190.28	152.40	
9	Ampal 9	190.64	155.70	
10	Ampal 10	190.64	160.90	
22	Sungai 1	11.75	22.10	Melebihi kapasitas
23	Sungai 2	10.98	30.60	Melebihi kapasitas
24	Sungai 3	22.74	21.40	
25	Sungai 4	39.19	82.20	Melebihi kapasitas
26	Sungai 5	41.75	13.10	
27	Sungai 6	7.99	9.40	Melebihi kapasitas
28	Sungai 7	6.96	11.00	Melebihi kapasitas
29	Sungai 8	18.95	11.60	
30	Sungai 9	23.89	16.40	
31	Sungai 10	9.20	15.90	Melebihi kapasitas
32	Sungai 11	3.30	2.10	
33	Sungai 12	2.98	2.10	
34	Sungai 13	4.32	2.40	
35	Sungai 14	8.78	4.90	
36	Sungai 15	11.30	17.20	Melebihi kapasitas
37	Sungai 16	0.20	10.80	Melebihi kapasitas
38	Sungai 17	3.90	10.30	Melebihi kapasitas
39	Sungai 18	6.92	12.90	Melebihi kapasitas
40	Sungai 19	4.00	14.80	Melebihi kapasitas
41	Sungai 20	4.99	11.60	Melebihi kapasitas
42	Sungai 21	0.42	1.60	Melebihi kapasitas
43	Sungai 22	0.42	2.50	Melebihi kapasitas
44	Sungai 23	12.05	9.40	

Sumber : Perhitungan

Berdasarkan tabel 2.26, diketahui bahwa dengan adanya 6 buah bendali yang masing-masing terletak di ruas sungai 5, 6, 11, 12, 13 dan 14 mampu menurunkan debit puncak banjir yang terjadi. Untuk ruas sungai 6, diketahui bahwa bendali saja tidak cukup mampu untuk mengatasi kelebihan debit yang terjadi. Sedangkan untuk permasalahan kelebihan debit untuk ruas sungai 5, 11, 12, 13, dan 14 sudah dapat diatasi dengan pembangunan bendali. Meskipun permasalahan kelebihan debit yang terjadi di ruas sungai 6 belum dapat diatasi secara maksimal, hal ini tidak menjadikan bendali di ruas sungai 6 yaitu bendali 6 tidak memiliki pengaruh fungsi pada penurunan debit puncak banjir di Sub DAS 6. Hal ini dibuktikan bahwa sebelum terbangunnya bendali 6, debit yang mengalir di sungai 6 adalah sebesar $24.90 \text{ m}^3/\text{det}$ tetapi setelah bendali terbangun, besarnya debit menurun hingga $9.40 \text{ m}^3/\text{det}$.

Sama halnya dengan kondisi eksisting, skenario 1 dengan 6 bendali juga belum cukup mampu mengatasi permasalahan kelebihan debit yang mengalir di sungai utama yaitu sungai Ampal dan beberapa Sub DAS lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa diperlukan tambahan bendali guna mengatasi permasalahan banjir yang belum dapat terselesaikan dengan adanya 6 bendali.

4.3.7.3. Pengaruh Fungsi Bendali Dalam Skenario 2

Dalam skenario 2, terdapat penambahan 6 bendali dari kondisi eksisting. Dengan adanya penambahan bendali tersebut, maka total jumlah bendali terbangun pada skenario 2 adalah sebanyak 9 bendali. Sama halnya dengan skenario 1, skenario 2 dilaksanakan karena 3 dan 6 bendali belum mampu mengatasi kelebihan debit di sungai utama dan di beberapa Sub DAS lainnya. Pengaruh fungsi bendali dalam skenario 2 dapat diketahui dengan cara membandingkan antara kapasitas sungai dengan debit hidrologi yang terjadi baik di Sub DAS maupun DAS Ampal (tabel 4.27).

Tabel 4.27 Perbandingan Kapasitas dan Debit Hidrologi DAS Ampal Skenario 2

No.	Nama	Kapasitas Sungai	Debit Hidrologi Skenario 2	Keterangan
		m3/det	m3/det	
1	Ampal 1	60.69	69.90	Melebihi kapasitas
2	Ampal 2	110.78	78.10	
3	Ampal 3	112.86	84.00	
4	Ampal 4	119.44	94.00	
5	Ampal 5	121.74	100.30	
6	Ampal 6	149.61	107.80	
7	Ampal 7	165.57	114.40	
8	Ampal 8	190.28	124.70	
9	Ampal 9	190.64	127.90	
10	Ampal 10	190.64	132.70	
22	Sungai 1	11.75	22.10	Melebihi kapasitas
23	Sungai 2	10.98	30.60	Melebihi kapasitas
24	Sungai 3	22.74	5.50	
25	Sungai 4	39.19	65.50	Melebihi kapasitas
26	Sungai 5	41.75	8.70	
27	Sungai 6	7.99	9.40	Melebihi kapasitas
28	Sungai 7	6.96	1.10	
29	Sungai 8	18.95	11.60	
30	Sungai 9	23.89	16.40	
31	Sungai 10	9.20	15.90	Melebihi kapasitas
32	Sungai 11	3.30	2.10	
33	Sungai 12	2.98	2.10	
34	Sungai 13	4.32	2.40	
35	Sungai 14	8.78	4.90	
36	Sungai 15	11.30	17.20	Melebihi kapasitas
37	Sungai 16	0.20	10.80	Melebihi kapasitas
38	Sungai 17	3.90	10.30	Melebihi kapasitas
39	Sungai 18	6.92	12.90	Melebihi kapasitas
40	Sungai 19	4.00	14.80	Melebihi kapasitas
41	Sungai 20	4.99	11.60	Melebihi kapasitas
42	Sungai 21	0.42	1.60	Melebihi kapasitas
43	Sungai 22	0.42	2.50	Melebihi kapasitas
44	Sungai 23	12.05	9.40	

Sumber : Perhitungan

Berdasarkan tabel 2.27, diketahui bahwa dengan adanya 9 buah bendali yang masing-masing terletak di ruas sungai 3, 5, 6, 7, 11, 12, 13 dan 14 mampu menurunkan debit puncak banjir yang terjadi. Sama halnya dengan skenario 1, didalam skenario 2 juga diketahui bahwa sungai 6 masih terjadi kelebihan debit meskipun telah dibangun bendali. Hal ini disebabkan oleh kapasitas sungai yang belum mampu mengalirkan debit banjir yang mengalir. Sedangkan untuk permasalahan kelebihan debit di ruas sungai 3, 5, 7, 11, 12, 13, dan 14 sudah dapat diatasi dengan pembangunan bendali. Meskipun permasalahan kelebihan debit di ruas sungai 6 belum dapat diatasi secara maksimal, hal ini tidak menjadikan bendali di ruas sungai 6 yaitu bendali 6 tidak memiliki pengaruh fungsi pada penurunan debit puncak banjir di Sub DAS 6. Hal ini dibuktikan bahwa sebelum terbangunnya bendali 6, debit yang mengalir di sungai 6 adalah sebesar $24.90 \text{ m}^3/\text{det}$ tetapi setelah bendali terbangun, besarnya debit menurun hingga $9.40 \text{ m}^3/\text{det}$.

Bila dibandingkan dengan kondisi eksisting, skenario 2 sudah mampu menyelesaikan beberapa permasalahan kelebihan debit di sungai utama dan beberapa Sub DAS yaitu antara lain sungai ampal ruas 3, 4, dan 5, sungai 7, sungai 11, dan sungai 12. Akan tetapi, keberadaan 9 bendali masih harus ditambahkan guna menuntaskan permasalahan di sungai utama dan di beberapa Sub DAS lainnya.

4.3.7.4. Pengaruh Fungsi Bendali Dalam Skenario 3

Dalam skenario 3, terdapat penambahan 8 bendali dari kondisi eksisting. Dengan adanya penambahan bendali tersebut, maka total jumlah bendali terbangun pada skenario 3 adalah sebanyak 11 bendali. Alasan dilaksanakannya skenario 3 adalah untuk mengatasi permasalahan kelebihan debit di sungai utama dan beberapa Sub DAS lainnya. Sebelumnya telah dianalisa pengaruh serta fungsi bendali pada kondisi eksisting dan skenario 1 dan 2, dari hasil analisa tersebut diketahui bahwa masih terjadi kelebihan debit di ruas sungai utama dan beberapa Sub DAS lainnya. Oleh karena itu perlu diketahui pengaruh fungsi bendali dalam skenario 3 dengan cara membandingkan antara kapasitas

sungai dengan debit hidrologi yang mengalir, baik di Sub DAS maupun DAS Ampal (tabel 4.28).

Tabel 4.28 Perbandingan Kapasitas dan Debit Hidrologi DAS Ampal Skenario 3

No.	Nama	Kapasitas Sungai	Debit Hidrologi Skenario 3	Keterangan
		m3/det	m3/det	
1	Ampal 1	60.69	35.80	
2	Ampal 2	110.78	37.10	
3	Ampal 3	112.86	38.70	
4	Ampal 4	119.44	44.50	
5	Ampal 5	121.74	58.60	
6	Ampal 6	149.61	68.00	
7	Ampal 7	165.57	71.20	
8	Ampal 8	190.28	76.50	
9	Ampal 9	190.64	81.30	
10	Ampal 10	190.64	89.40	
22	Sungai 1	11.75	4.60	
23	Sungai 2	10.98	5.00	
24	Sungai 3	22.74	5.50	
25	Sungai 4	39.19	19.20	
26	Sungai 5	41.75	8.70	
27	Sungai 6	7.99	9.40	Melebihi kapasitas
28	Sungai 7	6.96	1.10	
29	Sungai 8	18.95	11.60	
30	Sungai 9	23.89	16.40	
31	Sungai 10	9.20	15.90	Melebihi kapasitas
32	Sungai 11	3.30	2.10	
33	Sungai 12	2.98	2.10	
34	Sungai 13	4.32	2.40	
35	Sungai 14	8.78	4.90	
36	Sungai 15	11.30	17.20	Melebihi kapasitas
37	Sungai 16	0.20	10.80	Melebihi kapasitas
38	Sungai 17	3.90	10.30	Melebihi kapasitas
39	Sungai 18	6.92	12.90	Melebihi kapasitas
40	Sungai 19	4.00	14.80	Melebihi kapasitas
41	Sungai 20	4.99	11.60	Melebihi kapasitas
42	Sungai 21	0.42	1.60	Melebihi kapasitas
43	Sungai 22	0.42	2.50	Melebihi kapasitas
44	Sungai 23	12.05	9.40	

Sumber : Perhitungan

Berdasarkan tabel 4.28, diketahui bahwa dengan adanya 11 bendali yang masing-masing terletak di ruas sungai 1, 2, 3, 5, 6, 7, 11, 12, 13 dan 14 mampu menurunkan debit puncak banjir yang terjadi. Dengan adanya 11 bendali tersebut dapat mengatasi permasalahan kelebihan debit yang terjadi di sungai utama dan di beberapa Sub DAS. Jika dibandingkan dengan kondisi eksisting, skenario 3 sudah mampu menyelesaikan permasalahan kelebihan debit di sungai utama dan beberapa Sub DAS yaitu antara lain di semua ruas sungai ampal, sungai 1, sungai 2, sungai 4, sungai 7, sungai 11, dan sungai 12. Akan tetapi, keberadaan 11 bendali masih harus ditambahkan guna menuntaskan permasalahan yang terjadi di sungai utama dan mengurangi banjir di beberapa Sub DAS lainnya.

4.3.7.5. Pengaruh Fungsi Bendali Dalam Skenario 4

Analisa skenario 4 bertujuan guna mengetahui pengaruh fungsi bendali bila semua bendali rencana akan dibangun. Skenario 4 terdiri dari 10 bendali rencana dan 3 bendali terbangun (eksisting). Oleh karena itu, perlu diketahui pengaruh fungsi bendali dalam skenario 4 dengan cara membandingkan antara kapasitas sungai (debit hidrolika sungai) dan debit hidrologi yang terjadi baik di Sub DAS maupun DAS Ampal (tabel 4.29).

Tabel 4.29 Perbandingan Kapasitas dan Debit Hidrologi DAS Ampal Skenario 4

No.	Nama	Kapasitas Sungai	Debit Hidrologi Skenario 4	Keterangan
		m ³ /det	m ³ /det	
1	Ampal 1	60.69	35.80	
2	Ampal 2	110.78	39.70	
3	Ampal 3	112.86	43.20	
4	Ampal 4	119.44	46.20	
5	Ampal 5	121.74	62.20	
6	Ampal 6	149.61	71.50	
7	Ampal 7	165.57	74.10	
8	Ampal 8	190.28	79.00	
9	Ampal 9	190.64	80.40	
10	Ampal 10	190.64	82.90	
22	Sungai 1	11.75	4.60	
23	Sungai 2	10.98	5.00	

Lanjutan Tabel 4.29

No.	Nama	Kapasitas Sungai	Debit Hidrologi Skenario 4	Keterangan
		m ³ /det	m ³ /det	
24	Sungai 3	22.74	5.50	
25	Sungai 4	39.19	19.20	
26	Sungai 5	41.75	8.70	
27	Sungai 6	7.99	9.40	Melebihi kapasitas
28	Sungai 7	6.96	1.10	
29	Sungai 8	18.95	11.60	
30	Sungai 9	23.89	16.40	
31	Sungai 10	9.20	15.90	Melebihi kapasitas
32	Sungai 11	3.30	2.10	
33	Sungai 12	2.98	2.10	
34	Sungai 13	4.32	2.40	
35	Sungai 14	8.78	4.90	
36	Sungai 15	11.30	17.20	Melebihi kapasitas
37	Sungai 16	0.20	10.80	Melebihi kapasitas
38	Sungai 17	3.90	5.50	Melebihi kapasitas
39	Sungai 18	6.92	5.80	
40	Sungai 19	4.00	14.80	Melebihi kapasitas
41	Sungai 20	4.99	11.60	Melebihi kapasitas
42	Sungai 21	0.42	1.60	Melebihi kapasitas
43	Sungai 22	0.42	2.50	Melebihi kapasitas
44	Sungai 23	12.05	9.40	

Sumber : Perhitungan

Dari tabel 4.29, diketahui bahwa dengan adanya 13 bendali mampu menyelesaikan permasalahan kelebihan debit yang terjadi di sungai utama dan beberapa Sub DAS. Akan tetapi, dalam skenario ini masih terdapat masalah di beberapa Sub DAS. Masalah tersebut meliputi kurangnya kapasitas sungai lokal, sehingga tidak mampu mengalirkan debit banjir yang terjadi.

4.3.7.6. Kesimpulan Pengaruh Fungsi Bendali di Tiap-tiap Skenario

Dari analisa tersebut di atas, telah diketahui sungai-sungai yang mengalami kelebihan debit. Sungai yang mengalami kelebihan debit pada kondisi eksisting adalah sungai Ampal ruas 1, 3, 4, dan 5, serta beberapa sungai di Sub DAS. Untuk mengetahui bendali-bendali yang berpengaruh pada pengurangan debit puncak banjir di DAS Ampal adalah dengan cara membandingkan kelebihan debit di sungai saat kondisi eksisting dan tiap-tiap skenario (tabel 4.30).

Tabel 4.30 Perbandingan Kondisi Eksisting dengan Tiap-Tiap Skenario

No.	Nama	Kondisi Eksisting	Kondisi Skenario 1	Kondisi Skenario 2	Kondisi Skenario 3	Kondisi Skenario 4
1	Ampal 1	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas		
2	Ampal 2					
3	Ampal 3	melebihi kapasitas				
4	Ampal 4	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas			
5	Ampal 5	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas			
6	Ampal 6					
7	Ampal 7					
8	Ampal 8					
9	Ampal 9					
10	Ampal 10					
22	Sungai 1	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas		
23	Sungai 2	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas		
24	Sungai 3					

Lanjutan Tabel 4.30

No.	Nama	Kondisi Eksisting	Kondisi Skenario 1	Kondisi Skenario 2	Kondisi Skenario 3	Kondisi Skenario 4
25	Sungai 4	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas		
26	Sungai 5					
27	Sungai 6	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas
28	Sungai 7	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas			
29	Sungai 8					
30	Sungai 9					
31	Sungai 10	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas
32	Sungai 11	melebihi kapasitas				
33	Sungai 12	melebihi kapasitas				
34	Sungai 13					
35	Sungai 14					
36	Sungai 15	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas
37	Sungai 16	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas
38	Sungai 17	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas
39	Sungai 18	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	
40	Sungai 19	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas
41	Sungai 20	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas
42	Sungai 21	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas
43	Sungai 22	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas
44	Sungai 23					

Sumber : Perhitungan

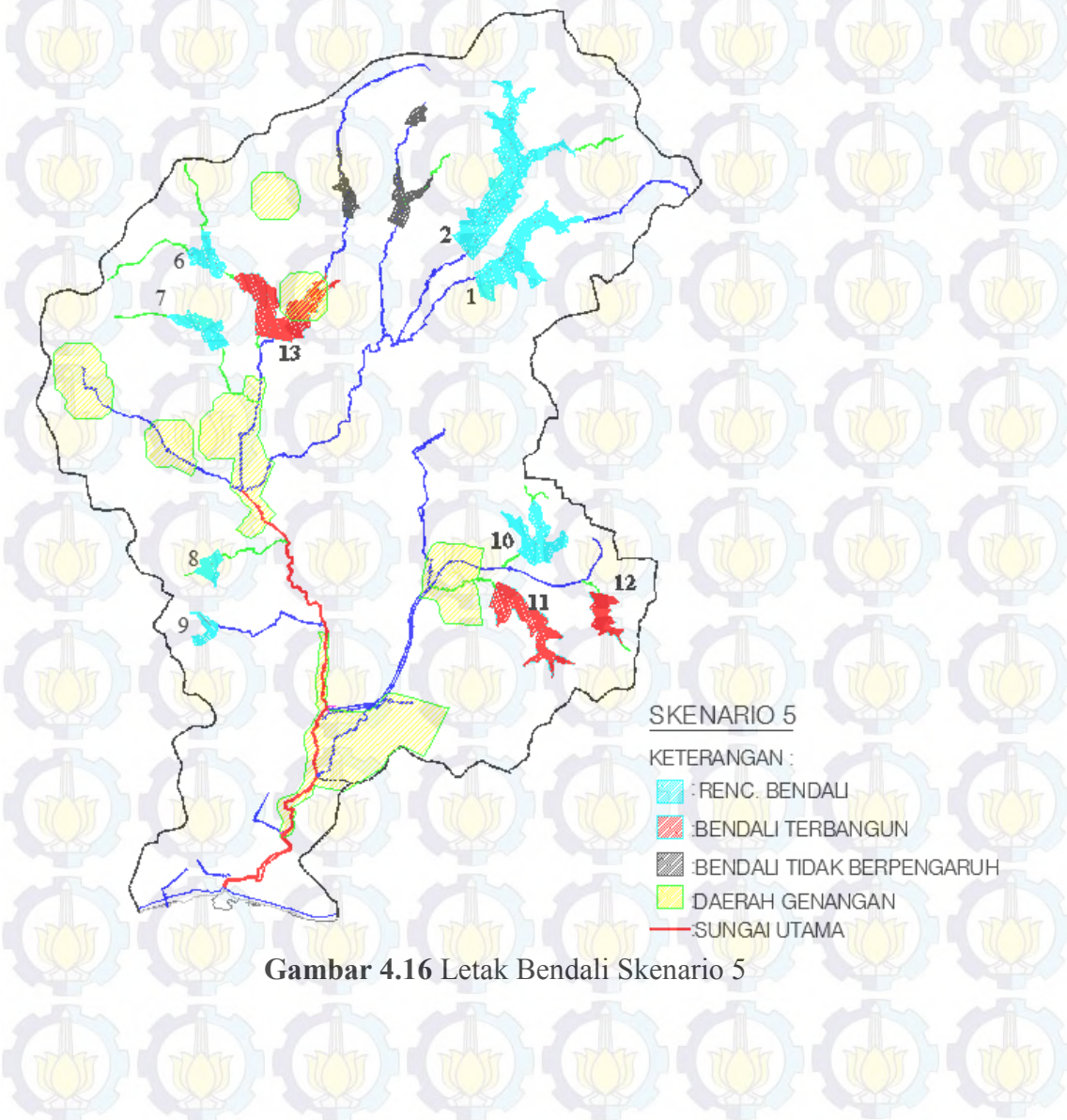
Diketahui sungai yang memiliki bendali adalah sungai 1, 2, 3, 5, 6, 7, 11, 12, 13, 14, 17, dan 18. Masing-masing sungai ini dikendalikan oleh 1 bendali, kecuali sungai 3, 5, 11, dan 12. Untuk sungai 3 dan 5 dikendalikan oleh 2 bendali, sedangkan untuk sungai 11 dan 12 hanya dikendalikan oleh 1 bendali yang sama.

Berdasarkan tabel 4.30 dapat dilihat bahwa pada saat kondisi eksisting, sungai 3 mampu mengalirkan debit banjir yang terjadi. Oleh karena itu, pengendali banjir tidak diperlukan untuk sungai 3. Sedangkan untuk sungai 5, hanya diperlukan 1 bendali agar Sub DAS 5 mampu mengalirkan debit sesuai kapasitas sungai.

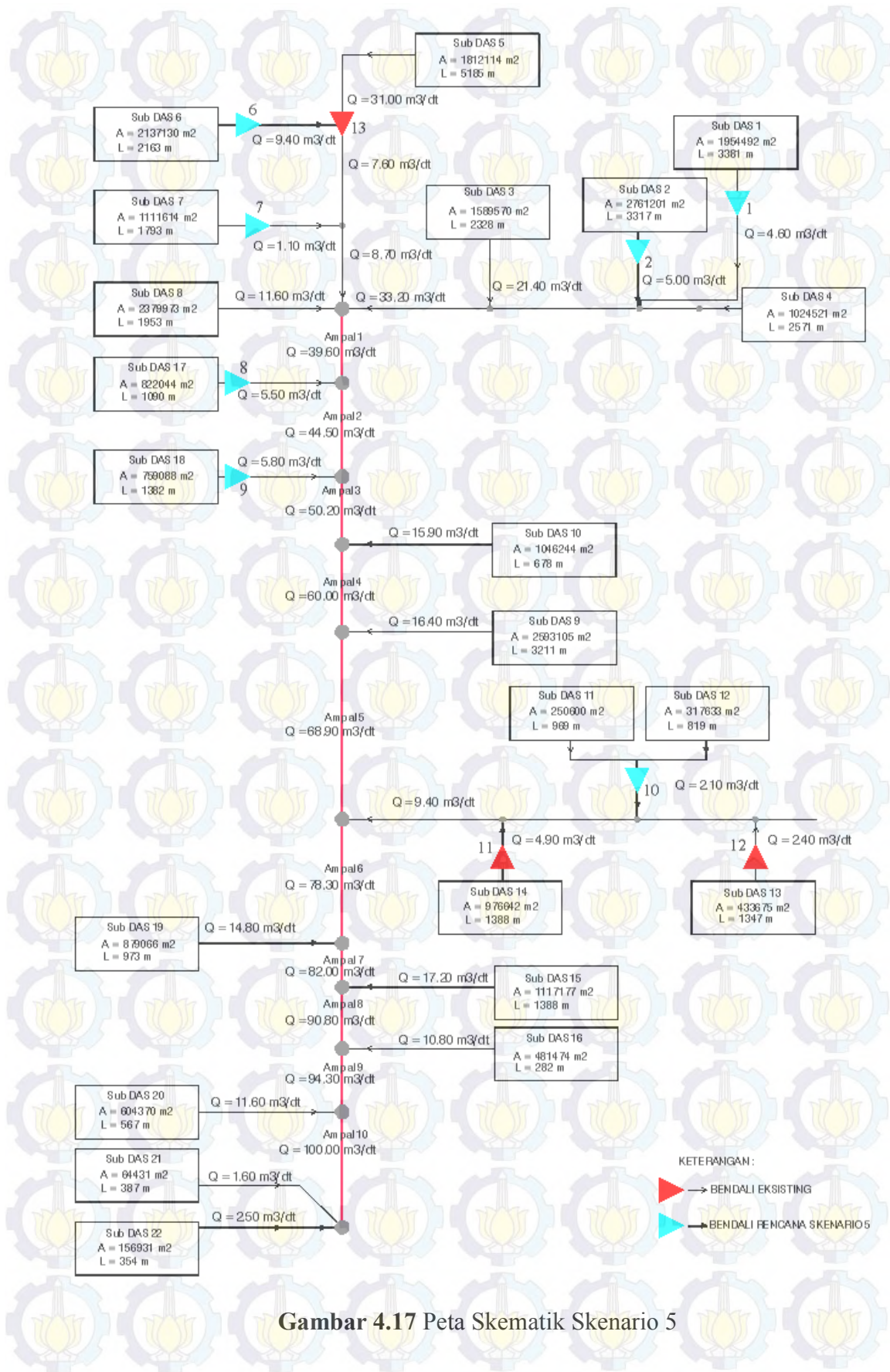
Dengan kondisi tersebut di atas, maka diperlukan skenario tambahan guna mengetahui pengaruh pengurangan jumlah bendali. Skenario tambahan atau skenario 5 nantinya akan terdiri dari bendali rencana dikurangi dengan 2 bendali di ruas sungai 3 dan 1 bendali di ruas sungai 5. Dengan demikian, maka bendali yang akan dianalisa pengaruh dan fungsinya dalam skenario ini adalah 10 bendali yaitu bendali 1, 2, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, dan 13.

4.3.8. Kesimpulan Hasil Analisa Hidrologi dan Hidrolika

Dari skenario 1 sampai dengan 4, telah diketahui lokasi-lokasi sungai yang tidak mampu mengalirkan debit sesuai dengan kapasitas. Hal ini diketahui berdasarkan data ketersediaan kapasitas sungai dalam mengalirkan debit banjir yang mengalir. Hasil analisa skenario-skenario tersebut di atas, diperoleh titik-titik permasalahan kelebihan debit yang terjadi di beberapa Sub DAS Ampal yaitu Sub DAS 6, 10, 15, 16, 17, 19, 20, 21, dan 22 serta diketahui pula bendali-bendali yang tidak memiliki peran fungsi dalam mengatasi kelebihan debit. Dengan demikian, maka dianalisa skenario tambahan atau skenario 5 yang terdiri dari 10 bendali berpengaruh dari total perencanaan 13 bendali (gambar 4.16 dan 4.17).



Gambar 4.16 Letak Bendali Skenario 5



Gambar 4.17 Peta Skematik Skenario 5

4.3.8.1. Hasil Analisa Hidrologi Skenario 5 DAS Ampal

Sesuai dengan penjabaran tersebut di atas, pemodelan skenario 5 adalah terbangunnya 10 bendali berpengaruh dari total perencanaan 13 bendali. Dengan terbangunnya bendali tersebut, maka diketahui debit dari masing-masing sub DAS dan sungai (tabel 4.31).

Tabel 4.31 Hasil *running* Skenario 5 DAS Ampal

Nama	Area	Q	Volume
	km ²	m ³ /det	1000 m ³
Sub DAS 1	1.95	22.10	353.90
Sub DAS 2	2.76	30.60	490.30
Sub DAS 3	1.59	21.40	286.30
Sub DAS 4	1.02	10.90	180.80
Sub DAS 5	1.81	31.00	334.90
Sub DAS 6	2.14	24.90	390.90
Sub DAS 7	1.11	11.00	199.70
Sub DAS 8	2.38	11.60	419.00
Sub DAS 9	2.59	16.40	457.50
Sub DAS 10	1.05	15.90	187.80
Sub DAS 11	0.25	6.00	44.10
Sub DAS 12	0.32	5.60	56.60
Sub DAS 13	0.43	7.10	80.80
Sub DAS 14	0.98	11.70	181.10
Sub DAS 15	1.12	17.20	196.40
Sub DAS 16	0.48	10.80	86.70
Sub DAS 17	0.82	10.30	142.40
Sub DAS 18	0.76	12.90	131.40
Sub DAS 19	0.88	14.80	152.10
Sub DAS 20	0.60	11.60	108.00
Sub DAS 21	0.06	1.60	10.80
Sub DAS 22	0.16	2.50	27.20
Sungai 1.1	1.95	22.10	353.70
Sungai 1.2	1.95	4.60	323.00
Sungai 2.1	2.76	30.60	490.10
Sungai 2.2	2.76	5.00	398.60
Sungai 3	1.59	21.40	286.20
Sungai 4.1	1.02	10.90	180.80
Sungai 4.2	5.73	15.70	900.70
Sungai 4.3	7.32	33.20	1185.10
Sungai 5.1	1.81	31.00	334.40

Lanjutan Tabel 4.31

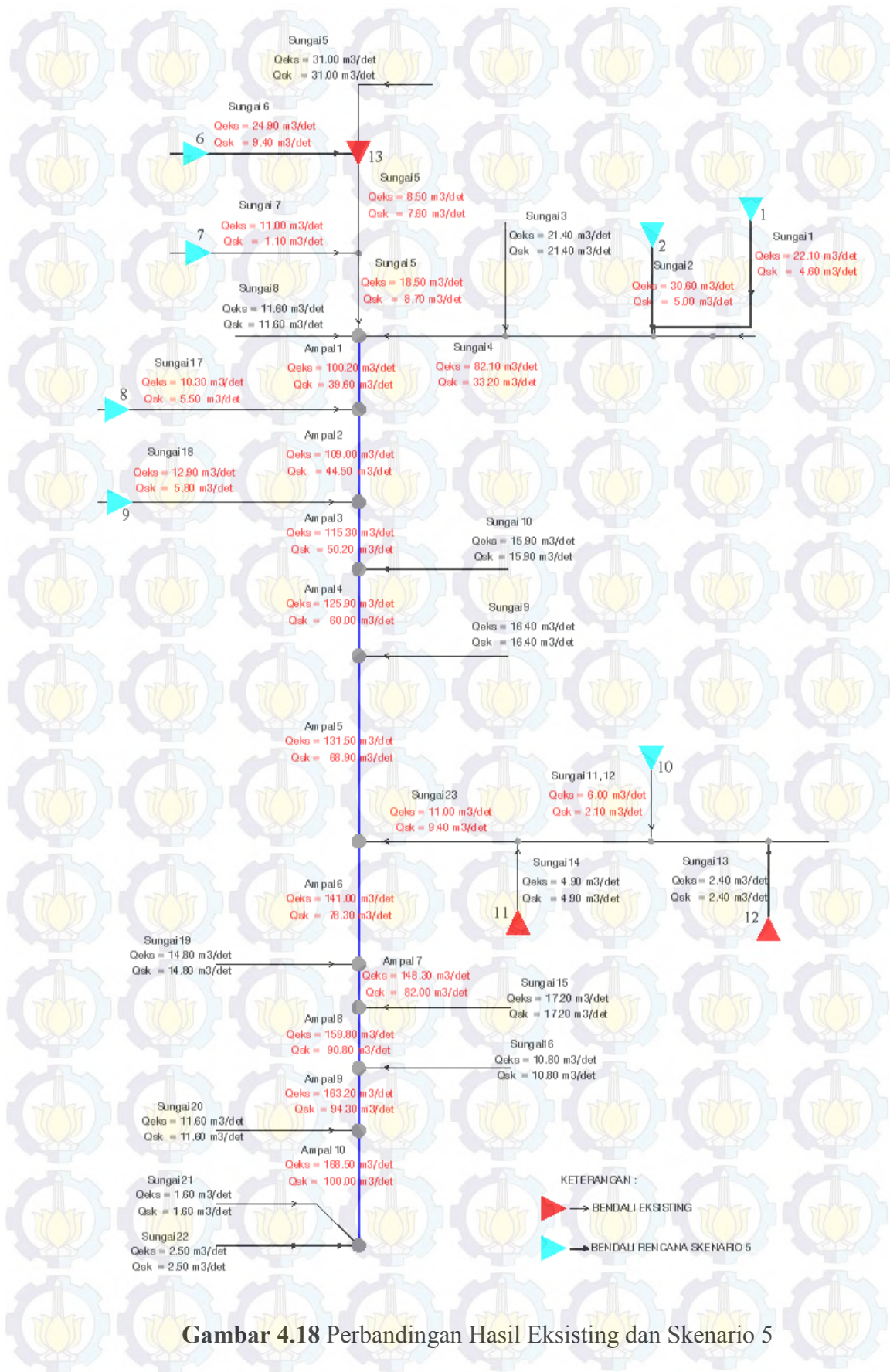
Nama	Area	Q	Volume
	km ²	m ³ /det	1000 m ³
Sungai 5.2	3.95	7.60	670.40
Sungai 5.3	5.06	8.70	800.70
Sungai 6.1	2.14	24.90	390.70
Sungai 6.2	2.14	9.40	390.50
Sungai 7.1	1.11	11.00	199.70
Sungai 7.2	1.11	1.10	132.10
Sungai 8	2.38	11.60	418.90
Sungai 9	2.59	16.40	457.30
Sungai 10	1.05	15.90	187.80
Sungai 11.1	0.25	6.00	44.00
Sungai 11.2	0.57	2.10	99.50
Sungai 12	0.32	2.10	56.60
Sungai 13.1	0.43	7.10	80.80
Sungai 13.2	0.43	2.40	80.80
Sungai 14.1	0.98	11.70	181.10
Sungai 14.2	0.98	4.90	181.10
Sungai 15	1.12	17.20	196.30
Sungai 16	0.48	10.80	86.70
Sungai 17.1	0.82	10.30	142.40
Sungai 17.2	0.82	5.50	142.40
Sungai 18.1	0.76	12.90	131.40
Sungai 18.2	0.76	5.80	131.40
Sungai 19	0.88	14.80	152.00
Sungai 20	0.60	11.60	108.00
Sungai 21	0.06	1.60	10.80
Sungai 22	0.16	2.50	27.10
Sungai 23.1	0.43	2.40	80.70
Sungai 23.2	1.00	4.60	180.10
Sungai 23.3	1.98	9.40	360.90
Ampal 1	14.76	39.60	2401.30
Ampal 2	15.58	44.50	2538.30
Ampal 3	16.34	50.20	2667.50
Ampal 4	17.39	60.00	2855.10
Ampal 5	19.98	68.90	3312.00
Ampal 6	21.96	78.30	3671.70
Ampal 7	22.84	82.00	3823.30
Ampal 8	23.96	90.80	4018.70
Ampal 9	24.44	94.30	4103.60
Ampal 10	25.04	100.00	4208.10
A	5.06	8.70	802.50

Lanjutan Tabel 4.31

Nama	Area	Q	Volume
	km ²	m ³ /det	1000 m ³
B		15.70	902.40
C	7.32	33.20	1186.90
D	1.00	4.60	180.20
E	1.98	9.40	361.20
F	0.43	2.40	80.80
1	14.76	39.60	2404.70
2	15.58	44.50	2543.70
3	16.34	50.20	2669.70
4	17.39	60.00	2855.30
5	19.98	68.90	3312.50
6	21.96	78.30	3672.80
7	22.84	82.00	3823.80
8	23.96	90.80	4019.60
9	24.44	94.30	4105.30
10	25.04	100.00	4211.60
11	25.26	102.10	4246.10
Reservoir 1	1.95	4.60	323.70
Reservoir 2	2.76	5.00	400.10
Reservoir 6	2.14	9.40	390.60
Reservoir 7	1.11	1.10	132.70
Reservoir 8	0.82	5.50	142.40
Reservoir 9	0.76	5.80	131.40
Reservoir 10	0.57	2.10	99.50
Reservoir 11	0.98	4.90	181.10
Reservoir 12	0.43	2.40	80.80
Reservoir 13	3.95	7.60	671.50

Sumber : Perhitungan

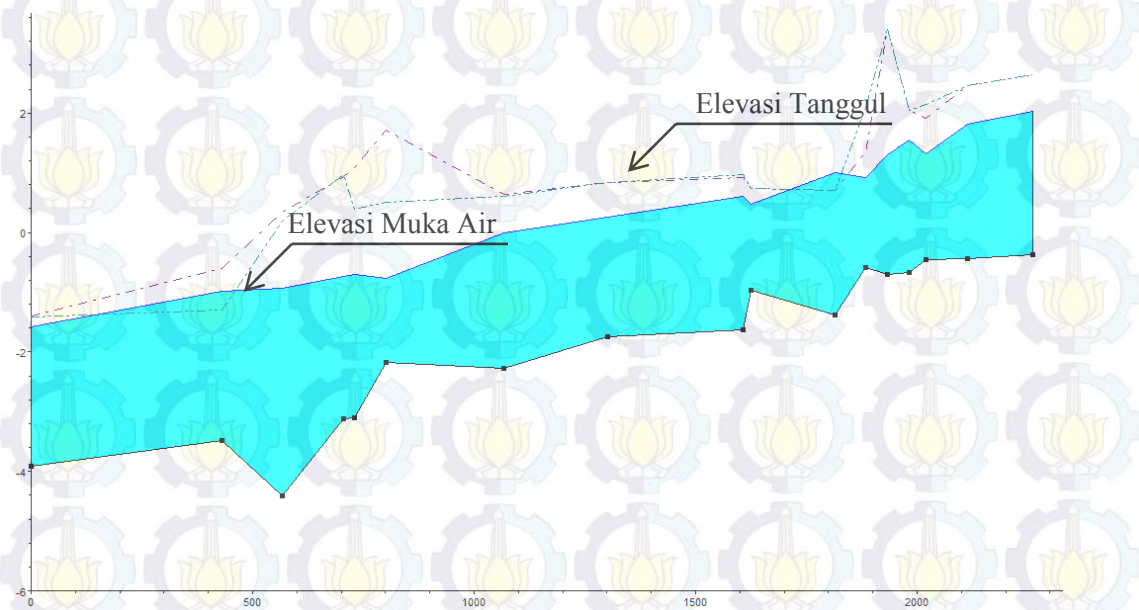
Dari tabel 4.31 menunjukkan hasil analisa skenario 5 DAS Ampal dengan tidak memperhitungkan nilai *baseflow*. Dari hasil analisa, diketahui bahwa debit maksimum yang terjadi sungai ampal bagian hilir (junction 11) adalah sebesar 102.10 m³/det. Hal ini menunjukkan bahwa debit pada saat kondisi eksisting memiliki nilai yang lebih besar bila dibandingkan dengan debit skenario 5 (gambar 4.18).



Gambar 4.18 Perbandingan Hasil Eksisting dan Skenario 5

4.3.8.2. Hasil Analisa Hidrolika Skenario 5 DAS Ampal

Dari analisa hidrolika skenario 5 sungai ampal dapat diketahui elevasi muka air banjir pada penampang sungai. Debit banjir yang digunakan pada analisa ini adalah debit banjir dengan periode ulang 10 tahun. Dengan menggunakan debit banjir rencana 10 tahunan (Q_{10}), dilakukan pemodelan skenario 5. Skenario 5 DAS Ampal telah dilengkapi dengan 7 bendali rencana dan 3 bendali eksisting (terbangun). Hasil running dari program HEC-RAS pada skenario 5 dapat dilihat pada gambar 4.19 berikut.



Gambar 4.19 Penampang Memanjang Sungai Ampal Skenario 5

Dari gambar 4.19 dapat diketahui hasil analisa hidrolika sungai Ampal saat skenario 5 diterapkan. Pada kondisi ini diketahui terdapat titik banjir yang terjadi di ruas sungai Ampal. Hal ini ditunjukkan dengan elevasi muka air yang lebih tinggi dibandingkan dengan elevasi tanggul.

4.3.8.3. Pengaruh Fungsi Bendali Dalam Skenario 5

Skenario 5 terdiri dari 10 bendali yang berpengaruh pada pengurangan debit puncak banjir di DAS Ampal. Cara yang digunakan untuk mengetahui besar pengurangan debit puncak banjir yang terjadi adalah dengan membandingkan antara kapasitas sungai dengan debit hidrologi yang mengalir, baik di Sub DAS maupun DAS Ampal (tabel 4.32).

Tabel 4.32 Perbandingan Kapasitas dan Debit Hidrologi DAS Ampal Skenario 5

No.	Nama	Kapasitas Sungai	Debit Hidrologi Skenario 5	Keterangan
		m ³ /det	m ³ /det	
1	Ampal 1	60.69	39.60	
2	Ampal 2	110.78	44.50	
3	Ampal 3	112.86	50.20	
4	Ampal 4	119.44	60.00	
5	Ampal 5	121.74	68.90	
6	Ampal 6	149.61	78.30	
7	Ampal 7	165.57	82.00	
8	Ampal 8	190.28	90.80	
9	Ampal 9	190.64	94.30	
10	Ampal 10	190.64	100.00	
22	Sungai 1	11.75	4.60	
23	Sungai 2	10.98	5.00	
24	Sungai 3	22.74	21.40	
25	Sungai 4	39.19	33.20	
26	Sungai 5	41.75	8.70	
27	Sungai 6	7.99	9.40	melebihi kapasitas
28	Sungai 7	6.96	1.10	
29	Sungai 8	18.95	11.60	
30	Sungai 9	23.89	16.40	
31	Sungai 10	9.20	15.90	melebihi kapasitas
32	Sungai 11	3.30	2.10	
33	Sungai 12	2.98	2.10	
34	Sungai 13	4.32	2.40	
35	Sungai 14	8.78	4.90	
36	Sungai 15	11.30	17.20	melebihi kapasitas
37	Sungai 16	0.20	10.80	melebihi kapasitas
38	Sungai 17	3.90	5.50	melebihi kapasitas
39	Sungai 18	6.92	5.80	
40	Sungai 19	4.00	14.80	melebihi kapasitas
41	Sungai 20	4.99	11.60	melebihi kapasitas
42	Sungai 21	0.42	1.60	melebihi kapasitas
43	Sungai 22	0.42	2.50	melebihi kapasitas
44	Sungai 23	12.05	9.40	

Sumber : Perhitungan

Berbeda dengan hasil analisa hidrolika pada poin sebelumnya, dari perbandingan kapasitas sungai dengan debit hidrologi diketahui bahwa dengan adanya 10 bendali mampu menyelesaikan permasalahan kelebihan debit yang terjadi di sungai utama dan beberapa Sub DAS. Akan tetapi, dalam skenario ini masih terdapat beberapa sungai yang mengalami kelebihan debit. Hal ini disebabkan karena kurangnya kapasitas sungai lokal, sehingga tidak mampu mengalirkan debit banjir yang terjadi.

4.3.8.4. Hasil Analisa Penerapan Skenario 5 DAS Ampal

Dari hasil analisa hidrologi dan hidrolika pada penerapan skenario 5 DAS Ampal, diperoleh besar limpasan serta kemampuan bendali dalam menampung kelebihan debit yang terjadi di DAS Ampal. Hasil analisa hidrolika penerapan skenario 5 terdiri dari hasil pemodelan HEC-RAS dan hasil perbandingan antara debit hidrologi dan kapasitas sungai utama maupun sungai tiap-tiap Sub DAS.

Dengan adanya penambahan skenario yaitu skenario 5 yang terdiri dari 10 bendali berpengaruh, maka diperoleh hasil berupa gambaran sungai-sungai yang belum terbebas dari kelebihan debit. Meskipun permasalahan kelebihan debit di DAS Ampal belum dapat diatasi secara maksimal, hal ini tidak menjadikan bendali-bendali tersebut tidak memiliki pengaruh fungsi pada penurunan debit puncak banjir. Hal ini dapat dibuktikan dengan membandingkan kondisi pada skenario dengan kondisi eksisting (tabel 4.33, 4.34, 4.35 dan gambar 4.20).

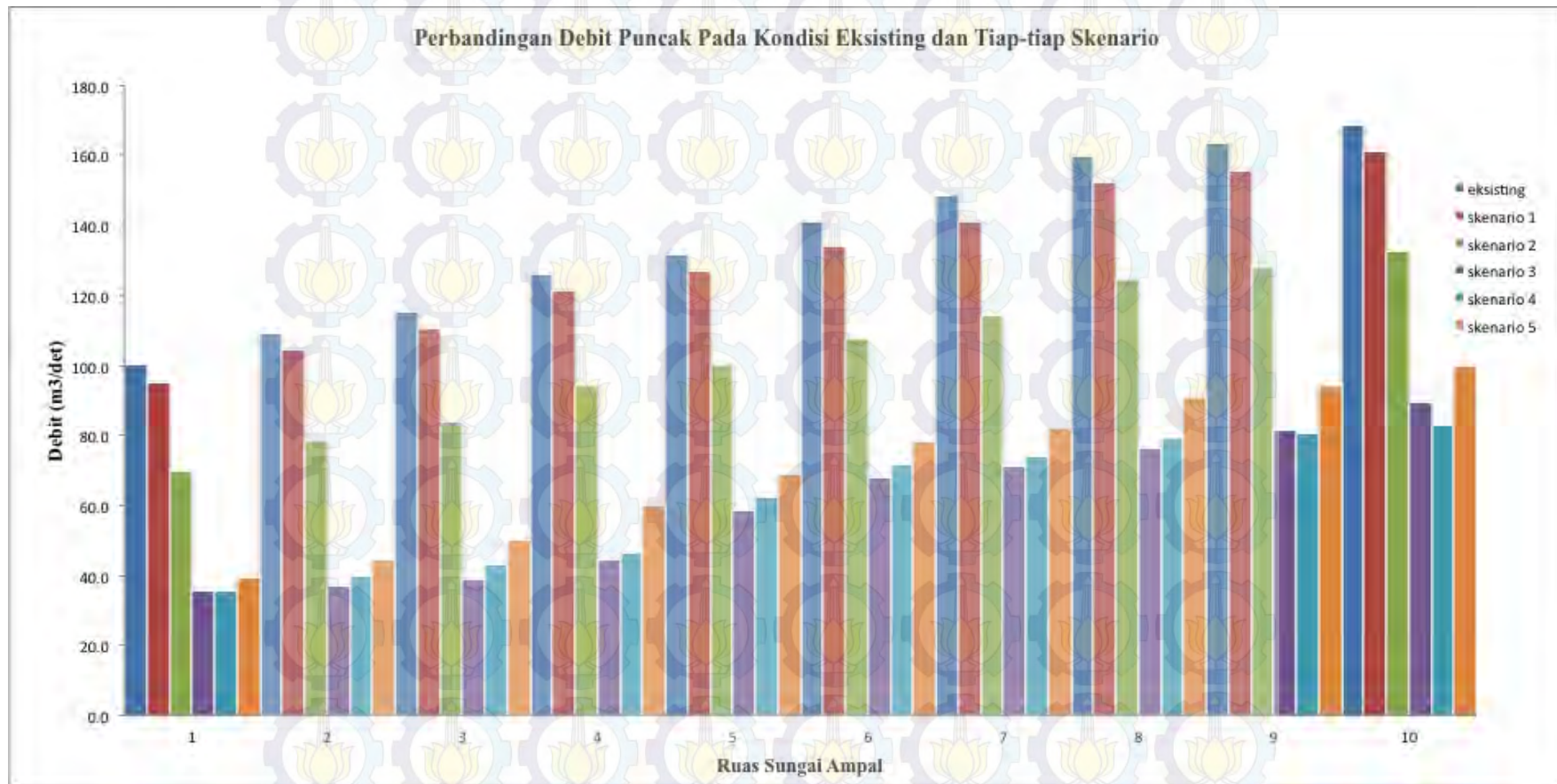
Tabel 4.33 Perbandingan Hasil Analisa Hidrologi Kondisi Eksisting dan Tiap-tiap Skenario

Nama	Q Eksisting	Q Skenario 1	ΔQ	Q Skenario 2	ΔQ	Q Skenario 3	ΔQ	Q Skenario 4	ΔQ	Q Skenario 5	ΔQ
	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det
Sungai 1	22.10	22.10	0.00	22.10	0.00	4.60	17.50	4.60	17.50	4.60	17.50
Sungai 2	30.60	30.60	0.00	30.60	0.00	5.00	25.60	5.00	25.60	5.00	25.60
Sungai 3	21.40	21.40	0.00	5.50	15.90	5.50	15.90	5.50	15.90	21.40	0.00
Sungai 4	82.10	82.20	0.00	65.50	16.60	19.20	62.90	19.20	62.90	33.20	48.90
Sungai 5	18.50	13.10	5.40	8.70	9.80	8.70	9.80	8.70	9.80	8.70	9.80
Sungai 6	24.90	9.40	15.50	9.40	15.50	9.40	15.50	9.40	15.50	9.40	15.50
Sungai 7	11.00	11.00	0.00	1.10	9.90	1.10	9.90	1.10	9.90	1.10	9.90
Sungai 8	11.60	11.60	0.00	11.60	0.00	11.60	0.00	11.60	0.00	11.60	0.00
Sungai 9	16.40	16.40	0.00	16.40	0.00	16.40	0.00	16.40	0.00	16.40	0.00
Sungai 10	15.90	15.90	0.00	15.90	0.00	15.90	0.00	15.90	0.00	15.90	0.00
Sungai 11	6.00	2.10	3.90	2.10	3.90	2.10	3.90	2.10	3.90	2.10	3.90
Sungai 12	6.00	2.10	3.90	2.10	3.90	2.10	3.90	2.10	3.90	2.10	3.90
Sungai 13	2.40	2.40	0.00	2.40	0.00	2.40	0.00	2.40	0.00	2.40	0.00
Sungai 14	4.90	4.90	0.00	4.90	0.00	4.90	0.00	4.90	0.00	4.90	0.00
Sungai 15	17.20	17.20	0.00	17.20	0.00	17.20	0.00	17.20	0.00	17.20	0.00
Sungai 16	10.80	10.80	0.00	10.80	0.00	10.80	0.00	10.80	0.00	10.80	0.00
Sungai 17	10.30	10.30	0.00	10.30	0.00	10.30	0.00	5.50	4.80	5.50	4.80
Sungai 18	12.90	12.90	0.00	12.90	0.00	12.90	0.00	5.80	7.10	5.80	7.10
Sungai 19	14.80	14.80	0.00	14.80	0.00	14.80	0.00	14.80	0.00	14.80	0.00
Sungai 20	11.60	11.60	0.00	11.60	0.00	11.60	0.00	11.60	0.00	11.60	0.00
Sungai 21	1.60	1.60	0.00	1.60	0.00	1.60	0.00	1.60	0.00	1.60	0.00
Sungai 22	2.50	2.50	0.00	2.50	0.00	2.50	0.00	2.50	0.00	2.50	0.00

Lanjutan Tabel 4.33

Nama	Q Eksisting	Q Skenario 1	ΔQ	Q Skenario 2	ΔQ	Q Skenario 3	ΔQ	Q Skenario 4	ΔQ	Q Skenario 5	ΔQ
	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det	m ³ /det
Sungai 23	11.00	9.40	1.60	9.40	1.60	9.40	1.60	9.40	1.60	9.40	1.60
Ampal 1	100.20	95.30	4.90	69.90	30.30	35.80	64.40	35.80	64.40	39.60	60.60
Ampal 2	109.00	104.30	4.70	78.10	30.90	37.10	71.90	39.70	69.30	44.50	64.50
Ampal 3	115.30	110.70	4.60	84.00	31.30	38.70	76.60	43.20	72.10	50.20	65.10
Ampal 4	125.90	121.50	4.40	94.00	31.90	44.50	81.40	46.20	79.70	60.00	65.90
Ampal 5	131.50	126.80	4.70	100.30	31.20	58.60	72.90	62.20	69.30	68.90	62.60
Ampal 6	141.00	133.80	7.20	107.80	33.20	68.00	73.00	71.50	69.50	78.30	62.70
Ampal 7	148.30	141.10	7.20	114.40	33.90	71.20	77.10	74.10	74.20	82.00	66.30
Ampal 8	159.80	152.40	7.40	124.70	35.10	76.50	83.30	79.00	80.80	90.80	69.00
Ampal 9	163.20	155.70	7.50	127.90	35.30	81.30	81.90	80.40	82.80	94.30	68.90
Ampal 10	168.50	160.90	7.60	132.70	35.80	89.40	79.10	82.90	85.60	100.00	68.50

Sumber : Perhitungan



Gambar 4.20 Grafik Perbandingan Penurunan Debit Hidrologi Kondisi Eksisting dan Tiap-tiap Skenario

Tabel 4.34 Perbandingan Hasil Analisa Hidrolika Kondisi Eksisting dan Tiap-tiap Skenario

Cross Section	Tinggi Tanggul	El. Muka Air Eksisting	Ket	El. Muka Air Skenario 1	Ket	El. Muka Air Skenario 2	Ket	El. Muka Air Skenario 3	Ket	El. Muka Air Skenario 4	Ket	El. MukAir Skenario 5	Ket
	(cm)	(cm)		(cm)		(cm)		(cm)		(cm)		(cm)	
16	2.63	2.81	banjir	2.42		2.42		1.83		1.89		2.03	
15	2.46	2.52	banjir	2.17		2.17		1.64		1.69		1.81	
14	1.91	1.94		1.59		1.59		1.20		1.24		1.32	
13	2.04	2.23	banjir	1.87		1.87		1.40		1.44		1.55	
12	3.40	1.78		1.50		1.50		1.21		1.24		1.31	
11	1.35	1.46	banjir	1.18		1.17		0.84		0.85		0.93	
10	0.71	1.60	banjir	1.29	banjir	1.27	banjir	0.89	banjir	0.92	banjir	1.00	banjir
9	0.74	1.12	banjir	0.81	banjir	0.79	banjir	0.32		0.36		0.48	
8	0.97	1.26	banjir	0.96		0.93		0.46		0.50		0.61	
7	0.83	0.81		0.54		0.53		0.11		0.15		0.26	
6	0.64	0.48		0.24		0.23		-0.13		-0.10		-0.01	
5	0.50	-0.27		-0.43		-0.52		-0.92		-0.91		-0.77	
4	0.39	-0.12		-0.41		-0.44		-0.89		-0.87		-0.71	
3	0.94	-0.14		-0.44		-0.44		-0.84		-0.89		-0.73	
2	0.34	-0.40		-0.62		-0.66		-1.04		-1.07		-0.93	
1	-1.30	-0.44	banjir	-0.70	banjir	-0.71	banjir	-1.13	banjir	-1.12	banjir	-0.98	banjir
0	-1.40	-1.07	banjir	-1.29	banjir	-1.29	banjir	-1.65		-1.71		-1.57	

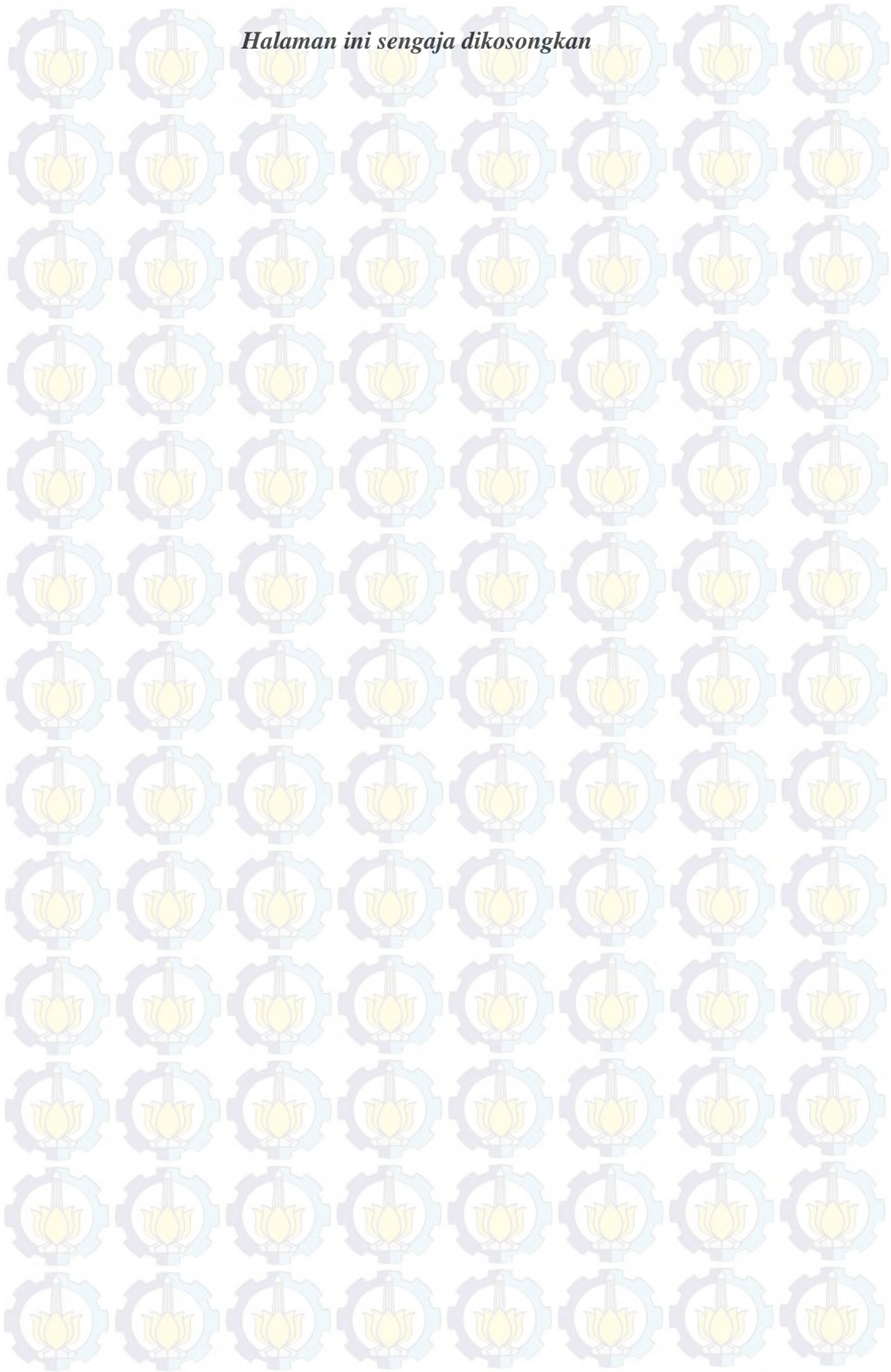
Sumber : Perhitungan

Tabel 4.35 Perbandingan Kondisi Eksisting Dengan Masing-Masing Skenario

No.	Nama	Kondisi Eksisting	Kondisi Skenario 1	Kondisi Skenario 2	Kondisi Skenario 3	Kondisi Skenario 4	Kondisi Skenario 5
1	Ampal 1	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas			
2	Ampal 2						
3	Ampal 3	melebihi kapasitas					
4	Ampal 4	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas				
5	Ampal 5	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas				
6	Ampal 6						
7	Ampal 7						
8	Ampal 8						
9	Ampal 9						
10	Ampal 10						
22	Sungai 1	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas			
23	Sungai 2	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas			
24	Sungai 3						
25	Sungai 4	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas			
26	Sungai 5						
27	Sungai 6	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas
28	Sungai 7	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas				
29	Sungai 8						
30	Sungai 9						
31	Sungai 10	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas	melebihi kapasitas
32	Sungai 11	melebihi kapasitas					

Dari tabel 4.33, 4.34 dan 4.35 diketahui besar dan letak kelebihan debit di masing-masing sungai di tiap-tiap skenario yang telah dianalisa. Masing-masing skenario terdiri dari bendali yang berbeda jumlah dan letaknya. Skenario 1 terdiri dari 6 bendali, skenario 2 terdiri dari 9 bendali, skenario 3 terdiri dari 11 bendali, skenario 4 terdiri dari 13 bendali dan skenario 5 terdiri dari 10 bendali. Masing-masing skenario ini memiliki peran fungsi dalam mengurangi debit puncak banjir yang terjadi, baik di sungai utama maupun di Sub DAS Ampal. Dari hasil analisa hidrolika tersebut di atas, diketahui bahwa lokasi kelebihan debit pada skenario 3, 4 dan 5 memiliki kesamaan. Dengan adanya kondisi tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa DAS Ampal hanya memerlukan 10 bendali sesuai dengan skenario 5 guna mengurangi debit puncak banjir yang terjadi di DAS Ampal. Untuk beberapa Sub DAS yang belum mampu mengalirkan debit yang terjadi dapat diatasi dengan meningkatkan kapasitas sungai yang ada.

Halaman ini sengaja dikosongkan



BAB 5

KESIMPULAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil analisa pada poin-poin sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa :

1. DAS Ampal memiliki luas sebesar 25.273 km² dan sungai sepanjang 4.699 km. Berdasarkan analisa data dengan distribusi Gumbel, diperoleh intensitas hujan rencana periode ulang 10 tahun sebesar 204.29 mm dan dengan analisa debit banjir menggunakan program HEC HMS diperoleh debit maksimum sungai Ampal kondisi eksisting bagian hilir sebesar 170.40 m³/det.
2. Berdasarkan data lapangan pada tahun 2013, diketahui kapasitas maksimum sungai Ampal bagian hilir adalah sebesar 190.64 m³/det dan bagian hulu sebesar 60.69 m³/det. Pada saat kondisi eksisting, sungai Ampal bagian hulu mengalami kelebihan debit yaitu sebesar 39.51 m³/det dari total debit yang mengalir sebesar 100.20 m³/det, sehingga mengakibatkan terjadinya banjir atau genangan.
3. Dari hasil analisa, diketahui besar penurunan debit puncak banjir (ΔQ) yang terjadi di sungai Ampal bila pembangunan bendali yang berjumlah 6, 9, 11, 13, dan 10 diterapkan adalah sebesar 7.60 m³/det, 35.80 m³/det, 79.10 m³/det, 85.60 m³/det dan 68.50 m³/det. Masing-masing skenario ini, menurunkan debit dari kondisi eksisting yaitu sebesar 168.50 m³/det.
4. Berdasarkan analisa skenario-skenario pada poin sebelumnya, direkomendasikan jumlah bendali terbangun di DAS Ampal untuk mengurangi debit puncak banjir sebesar 10 bendali, yaitu bendali 1, 2, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, dan 13.

5.2. Saran

Berdasarkan kesimpulan-kesimpulan yang telah dikemukakan pada poin sebelumnya, berikut ini ditampilkan beberapa saran sebagai berikut :

1. Masing-masing DAS memiliki karakteristik yang berbeda, sehingga penelitian ini hanya berlaku untuk DAS Ampal Kota Balikpapan.
2. Data hidrologi dan hidrolika yang lebih detail akan menghasilkan analisa pengaruh fungsi bendali pada pengurangan debit puncak banjir di DAS dengan lebih baik.

5.3. Manfaat Penelitian

Evaluasi ini diharapkan dapat dijadikan acuan bagi Pemerintah Kota Balikpapan dalam pelaksanaan pembangunan bangunan pengendali banjir (bendali) untuk mengurangi permasalahan banjir yang terjadi di DAS Ampal.

DAFTAR PUSTAKA

Affandy (2011), **Pemodelan Hujan Debit Menggunakan Model HEC-HMS di DAS Sampean Baru**, Jurnal Hidrologi, ITS, Surabaya.

Bappeda Kota Balikpapan, 2006, *Appendix Hidrologi Kota Balikpapan*.

FTSP ITS, 2006, *Appendix Deskripsi Sungai*.

FTSP ITS, 2006, *Master Plan Drainase Kota Balikpapan*.

Hydrologic Engineering Centre, 2002, *HEC-HMS Hydrolic Modelling System (Application Guide)*, US Army Corps of Engineering, Davis, CA.

Hydrologic Engineering Centre, 2002, *HEC-HMS Hydrolic Modelling System (Hydraulic Reference Manual)*, US Army Corps of Engineering, Davis, CA.

Hydrologic Engineering Centre, 2002, *HEC-HMS Hydrolic Modelling System (User's Manual)*, US Army Corps of Engineering, Davis, CA.

Hydrologic Engineering Centre, 2002, *HEC-RAS River Analysis Sistem (Application Guide)*, US Army Corps of Engineering, Davis, CA.

Hydrologic Engineering Centre, 2002, *HEC-RAS River Analysis Sistem (Hydraulic Reference Manual)*, US Army Corps of Engineering, Davis, CA.

Hydrologic Engineering Centre, 2002, *HEC-RAS River Analysis Sistem (User's Manual)*, US Army Corps of Engineering, Davis, CA.

PP No. 26 Tahun 2008 Tentang *RTRWN Kota Balikpapan*.

Reseda (2012), **Kajian Efektifitas Pengendalian Banjir di DAS Garang**, Thesis Magister, UNDIP, Semarang.

Sri Harto, Br., 1993, *Analisa Hidologi*, Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

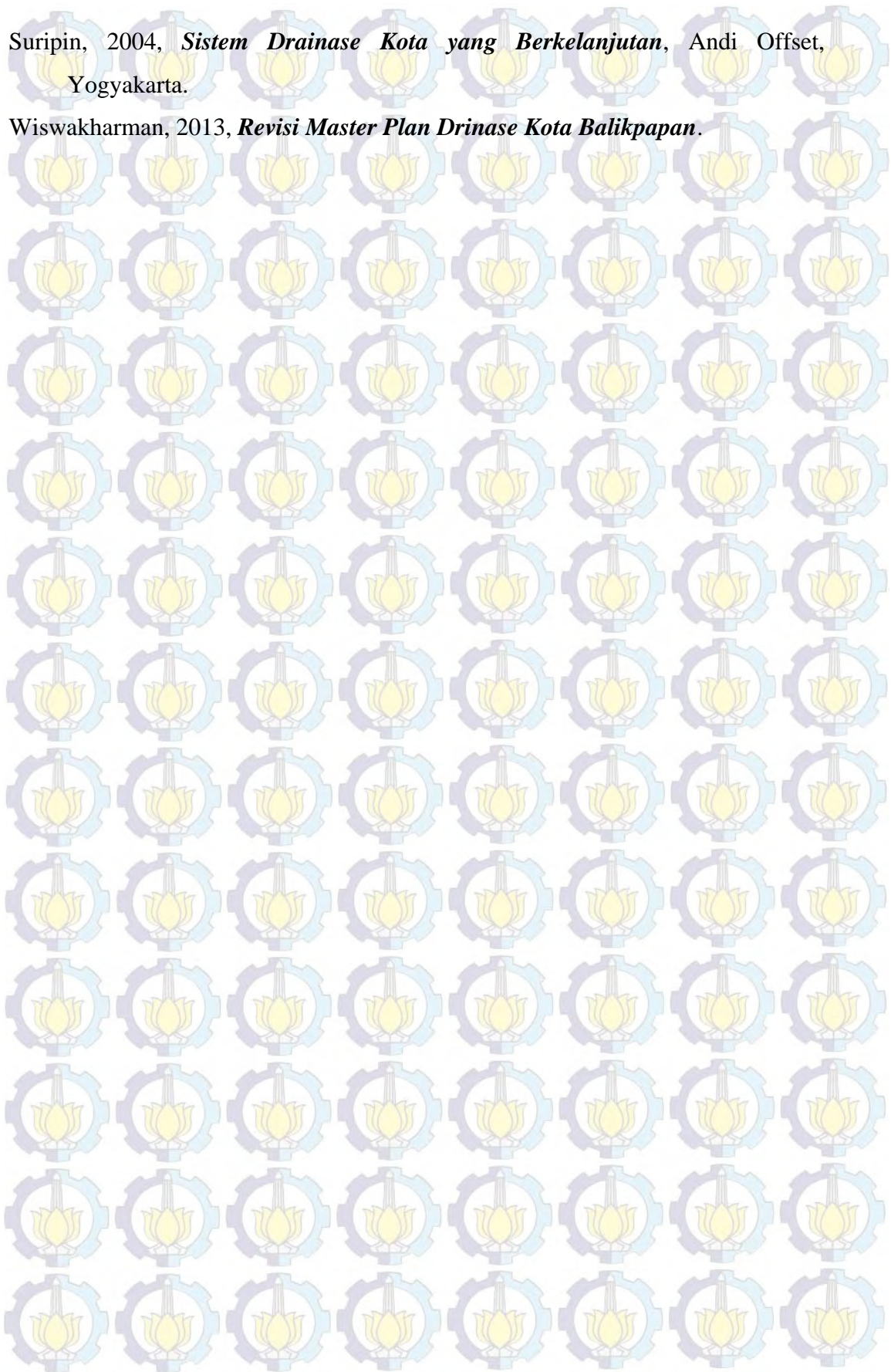
Siswoko, 2002, *Masalah Banjir dan Upaya Mengatasinya*. Departemen Pemukiman dan Prasarana Wilayah, Jakarta.

Soewarno, 1995, *Hidrologi "Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data"*, Nova, Bandung.

Sosrodarsono, 2006, *Hidrologi*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.

Suripin, 2004, *Sistem Drainase Kota yang Berkelanjutan*, Andi Offset, Yogyakarta.

Wiswakharman, 2013, *Revisi Master Plan Drinase Kota Balikpapan*.

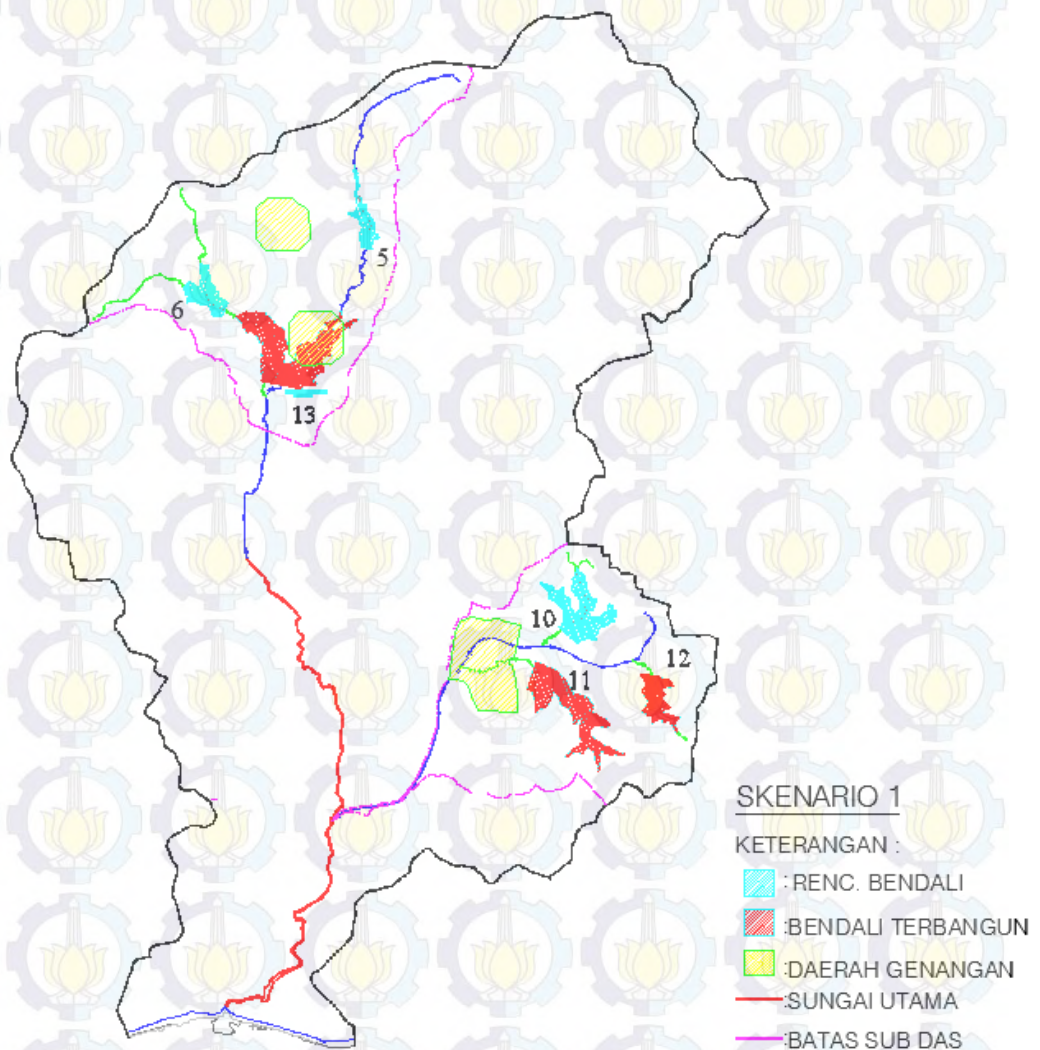


LAMPIRAN A

A. Letak dan Jumlah Bendali Tiap-Tiap Skenario

a. Skenario 1

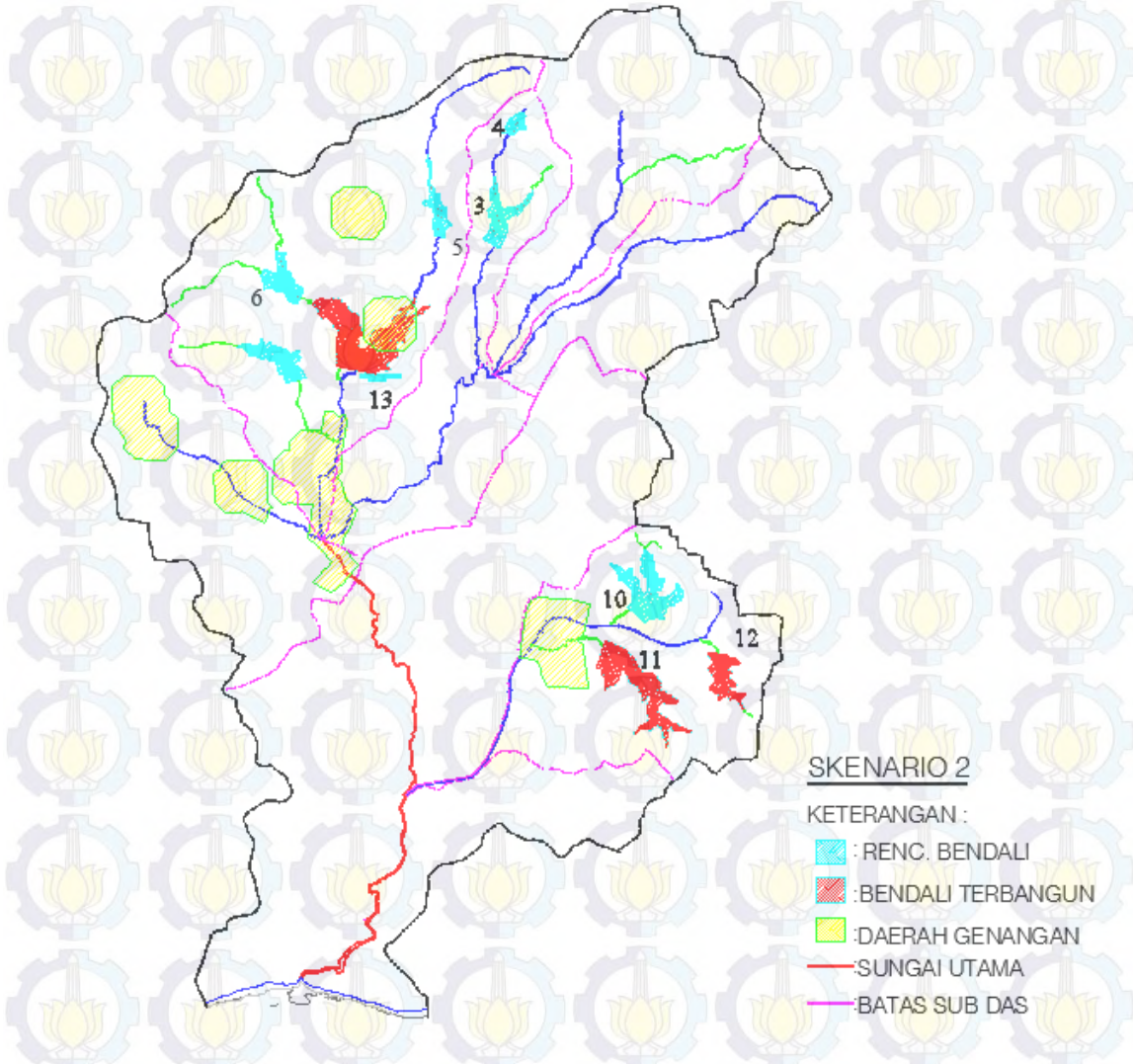
Skenario 1 terdiri dari 6 bendali, yaitu Bendali 5, 6, 10, 11, 12, 13 dengan lokasi sebagai berikut (gambar A.1).



Gambar A.1 Letak dan Jumlah Bendali Skenario 1

b. Skenario 2

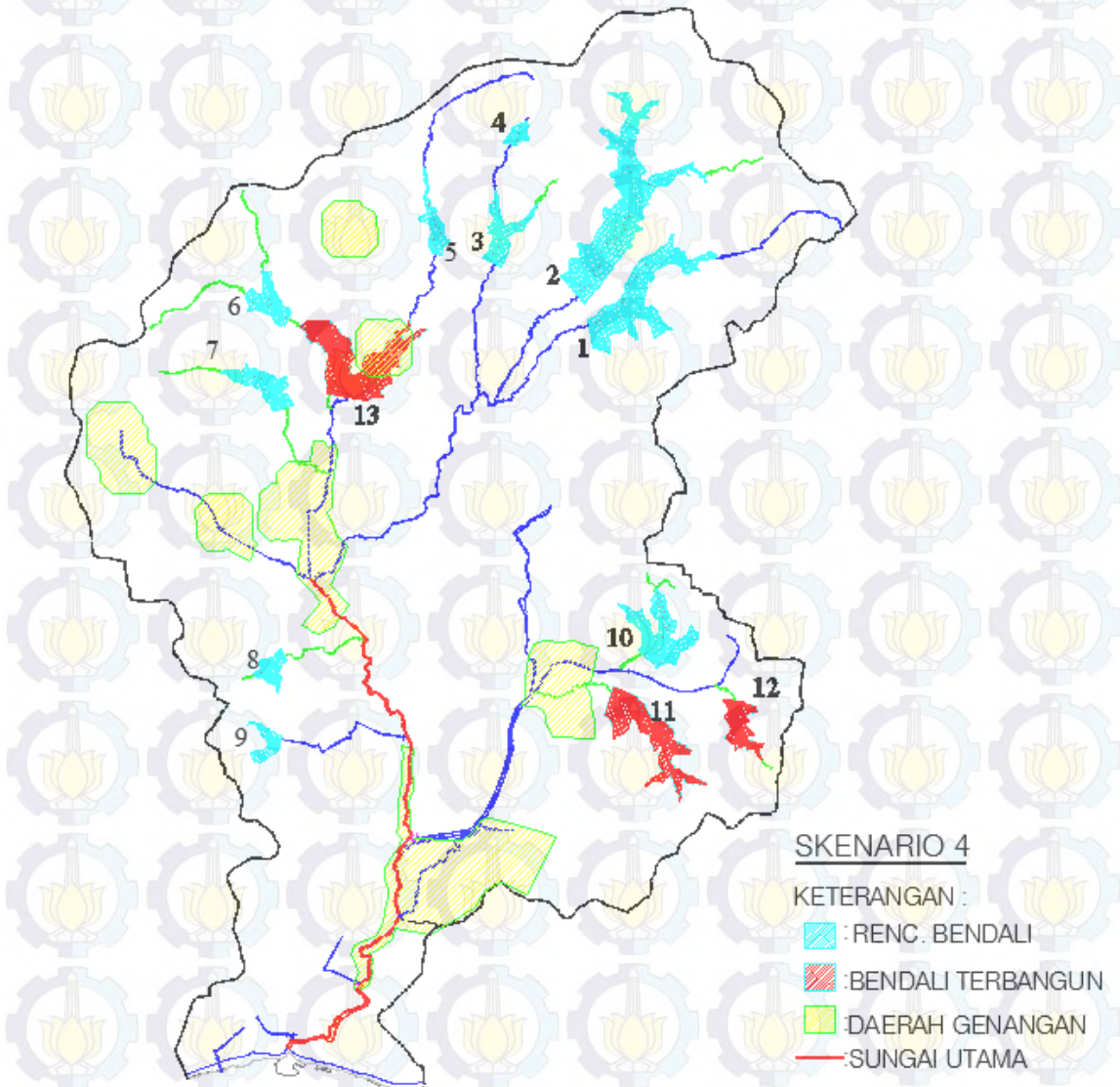
Skenario 2 terdiri dari 9 bendali, yaitu Bendali 3, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 12, 13 dengan lokasi sebagai berikut (gambar A.2).



Gambar A.2 Letak dan Jumlah Bendali Skenario 2

d. Skenario 4

Skenario 4 terdiri dari 13 bendali, yaitu Bendali 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 dengan lokasi sebagai berikut (gambar A.4).



Gambar A.4 Letak dan Jumlah Bendali Skenario 4

LAMPIRAN B

B. Nilai Absorpsi pada tiap Sub DAS Ampal

Tabel B. 1 Perhitungan Nilai % Absorpsi Pada Sub DAS 1

No	Jenis Ruang	Luas		Impervious (%)
		(km ²)	%	
1	Konservasi alam	0.22	11.33	0
2	Permukiman	0.99	50.77	65
3	Perumahan	0.16	8.22	65
4	Komersial	0.08	3.95	85
5	Kawasan industri	0.17	8.72	72
6	Kawasan wisata	0.02	1.04	0
7	Kawasan militer	0.01	0.33	20
8	Kawasan sektoral	0.22	11.46	20
9	Kawasan Khusus	0.07	3.48	20
10	Sarana dan prasarana	0.01	0.70	20
	Total	1.95	100.00	51.17

Sumber : Perhitungan

Tabel B. 2 Perhitungan Nilai % Absorpsi Pada Sub DAS 2

No	Jenis Ruang	Luas		Impervious (%)
		(km ²)	%	
1	Konservasi alam	0.31	11.33	0
2	Permukiman	1.39	50.27	65
3	Perumahan	0.23	8.22	65
4	Komersial	0.11	3.95	85
5	Kawasan industri	0.24	8.72	72
6	Kawasan wisata	0.03	1.04	0
7	Kawasan militer	0.01	0.33	20
8	Kawasan sektoral	0.32	11.46	20
9	Kawasan Khusus	0.10	3.48	20
10	Sarana dan prasarana	0.03	1.20	20
	Total	2.76	100.00	50.95

Sumber : Perhitungan

Tabel B. 3 Perhitungan Nilai % Absorpsi Pada Sub DAS 3

No	Jenis Ruang	Luas		Impervious
		(km ²)	%	(%)
1	Konservasi alam	0.18	11.33	0
2	Permukiman	0.80	50.60	65
3	Perumahan	0.13	8.22	65
4	Komersial	0.06	3.95	85
5	Kawasan industri	0.14	8.72	72
6	Kawasan wisata	0.02	1.04	0
7	Kawasan militer	0.00	0.00	20
8	Kawasan sektoral	0.18	11.46	20
9	Kawasan Khusus	0.06	3.48	20
10	Sarana dan prasarana	0.02	1.20	20
Total		1.59	100.00	51.10

Sumber : Perhitungan

Tabel B. 4 Perhitungan Nilai % Absorpsi Pada Sub DAS 4

No	Jenis Ruang	Luas		Impervious
		(km ²)	%	(%)
1	Konservasi alam	0.13	12.63	0
2	Permukiman	0.51	49.30	65
3	Perumahan	0.08	8.22	65
4	Komersial	0.04	3.95	85
5	Kawasan industri	0.09	8.72	72
6	Kawasan wisata	0.01	1.04	0
7	Kawasan militer	0.00	0.00	20
8	Kawasan sektoral	0.12	11.46	20
9	Kawasan Khusus	0.04	3.48	20
10	Sarana dan prasarana	0.01	1.20	20
Total		1.02	100.00	50.25

Sumber : Perhitungan

Tabel B. 5 Perhitungan Nilai % Absorpsi Pada Sub DAS 5

No	Jenis Ruang	Luas		Impervious
		(km ²)	%	(%)
1	Konservasi alam	0.22	12.00	0
2	Permukiman	0.89	49.30	65
3	Perumahan	0.15	8.22	65
4	Komersial	0.07	3.95	85
5	Kawasan industri	0.16	8.72	72
6	Kawasan wisata	0.03	1.68	0
7	Kawasan militer	0.00	0.00	20
8	Kawasan sektoral	0.21	11.46	20
9	Kawasan Khusus	0.06	3.48	20
10	Sarana dan prasarana	0.02	1.20	20
	Total	1.81	100.01	50.25

Sumber : Perhitungan

Tabel B. 6 Perhitungan Nilai % Absorpsi Pada Sub DAS 6

No	Jenis Ruang	Luas		Impervious
		(km ²)	%	(%)
1	Konservasi alam	0.47	22.10	0
2	Permukiman	0.85	40.00	65
3	Perumahan	0.18	8.22	65
4	Komersial	0.08	3.95	85
5	Kawasan industri	0.19	8.72	72
6	Kawasan wisata	0.02	1.04	0
7	Kawasan militer	0.01	0.33	20
8	Kawasan sektoral	0.24	11.46	20
9	Kawasan Khusus	0.07	3.48	20
10	Sarana dan prasarana	0.01	0.70	20
	Total	2.14	100.00	44.17

Sumber : Perhitungan

Tabel B. 7 Perhitungan Nilai % Absorpsi Pada Sub DAS 7

No	Jenis Ruang	Luas		Impervious
		(km ²)	%	(%)
1	Konservasi alam	0.22	20.10	0
2	Permukiman	0.47	42.00	65
3	Perumahan	0.09	8.22	65
4	Komersial	0.04	3.95	85
5	Kawasan industri	0.10	8.72	72
6	Kawasan wisata	0.01	1.04	0
7	Kawasan militer	0.00	0.33	20
8	Kawasan sektoral	0.13	11.46	20
9	Kawasan Khusus	0.04	3.48	20
10	Sarana dan prasarana	0.01	0.70	20
Total		1.11	100.00	45.47

Sumber : Perhitungan

Tabel B. 8 Perhitungan Nilai % Absorpsi Pada Sub DAS 8

No	Jenis Ruang	Luas		Impervious
		(km ²)	%	(%)
1	Konservasi alam	0.41	17.10	0
2	Permukiman	0.83	35.00	65
3	Perumahan	0.36	15.22	65
4	Komersial	0.17	6.95	85
5	Kawasan industri	0.21	8.72	72
6	Kawasan wisata	0.02	1.04	0
7	Kawasan militer	0.01	0.33	20
8	Kawasan sektoral	0.27	11.46	20
9	Kawasan Khusus	0.08	3.48	20
10	Sarana dan prasarana	0.02	0.70	20
Total		2.38	100.00	48.02

Sumber : Perhitungan

Tabel B. 9 Perhitungan Nilai % Absorpsi Pada Sub DAS 9

No	Jenis Ruang	Luas		Impervious
		(km ²)	%	(%)
1	Konservasi alam	0.44	17.10	0
2	Permukiman	0.91	35.00	65
3	Perumahan	0.39	15.22	65
4	Komersial	0.18	6.95	85
5	Kawasan industri	0.28	10.72	72
6	Kawasan wisata	0.03	1.04	0
7	Kawasan militer	0.00	0.00	20
8	Kawasan sektoral	0.25	9.46	20
9	Kawasan Khusus	0.09	3.48	20
10	Sarana dan prasarana	0.03	1.03	20
	Total	2.59	100.00	49.06

Sumber : Perhitungan

Tabel B. 10 Perhitungan Nilai % Absorpsi Pada Sub DAS 10

No	Jenis Ruang	Luas		Impervious
		(km ²)	%	(%)
1	Konservasi alam	0.18	17.10	0
2	Permukiman	0.39	37.00	65
3	Perumahan	0.16	15.22	65
4	Komersial	0.05	4.95	85
5	Kawasan industri	0.11	10.72	72
6	Kawasan wisata	0.01	1.04	0
7	Kawasan militer	0.00	0.00	20
8	Kawasan sektoral	0.10	9.46	20
9	Kawasan Khusus	0.04	3.48	20
10	Sarana dan prasarana	0.01	1.03	20
	Total	1.05	100.00	48.66

Sumber : Perhitungan

Tabel B. 11 Perhitungan Nilai % Absorpsi Pada Sub DAS 11

No	Jenis Ruang	Luas		Impervious
		(km ²)	%	(%)
1	Konservasi alam	0.05	18.10	0
2	Permukiman	0.10	40.00	65
3	Perumahan	0.03	12.22	65
4	Komersial	0.01	3.95	85
5	Kawasan industri	0.02	8.72	72
6	Kawasan wisata	0.00	1.04	0
7	Kawasan militer	0.00	0.33	20
8	Kawasan sektoral	0.03	11.46	20
9	Kawasan Khusus	0.01	3.48	20
10	Sarana dan prasarana	0.00	0.70	20
Total		0.25	100.00	46.77

Sumber : Perhitungan

Tabel B. 12 Perhitungan Nilai % Absorpsi Pada Sub DAS 12

No	Jenis Ruang	Luas		Impervious
		(km ²)	%	(%)
1	Konservasi alam	0.05	16.10	0
2	Permukiman	0.13	40.00	65
3	Perumahan	0.05	14.22	65
4	Komersial	0.01	3.95	85
5	Kawasan industri	0.03	8.72	72
6	Kawasan wisata	0.00	1.04	0
7	Kawasan militer	0.00	0.33	20
8	Kawasan sektoral	0.04	11.46	20
9	Kawasan Khusus	0.01	3.48	20
10	Sarana dan prasarana	0.00	0.70	20
Total		0.32	100.00	48.07

Sumber : Perhitungan

Tabel B. 13 Perhitungan Nilai % Absorpsi Pada Sub DAS 13

No	Jenis Ruang	Luas		Impervious
		(km ²)	%	(%)
1	Konservasi alam	0.07	16.10	0
2	Permukiman	0.17	40.00	65
3	Perumahan	0.06	14.22	65
4	Komersial	0.02	3.95	85
5	Kawasan industri	0.03	6.72	72
6	Kawasan wisata	0.00	1.04	0
7	Kawasan militer	0.00	0.33	20
8	Kawasan sektoral	0.05	11.46	20
9	Kawasan Khusus	0.02	3.48	20
10	Sarana dan prasarana	0.01	2.70	20
Total		0.43	100.00	47.03

Sumber : Perhitungan

Tabel B. 14 Perhitungan Nilai % Absorpsi Pada Sub DAS 14

No	Jenis Ruang	Luas		Impervious
		(km ²)	%	(%)
1	Konservasi alam	0.16	16.10	0
2	Permukiman	0.39	40.00	65
3	Perumahan	0.14	14.22	65
4	Komersial	0.04	3.95	85
5	Kawasan industri	0.07	6.72	72
6	Kawasan wisata	0.02	2.04	0
7	Kawasan militer	0.00	0.33	20
8	Kawasan sektoral	0.10	10.46	20
9	Kawasan Khusus	0.03	3.48	20
10	Sarana dan prasarana	0.03	2.70	20
Total		0.98	100.00	46.83

Sumber : Perhitungan

Tabel B. 15 Perhitungan Nilai % Absorpsi Pada Sub DAS 15

No	Jenis Ruang	Luas		Impervious
		(km ²)	%	(%)
1	Konservasi alam	0.19	16.60	0
2	Permukiman	0.44	39.50	65
3	Perumahan	0.16	14.22	65
4	Komersial	0.04	3.95	85
5	Kawasan industri	0.08	6.72	72
6	Kawasan wisata	0.02	2.04	0
7	Kawasan militer	0.00	0.33	20
8	Kawasan sektoral	0.12	10.46	20
9	Kawasan Khusus	0.04	3.48	20
10	Sarana dan prasarana	0.03	2.70	20
	Total	1.12	100.00	46.51

Sumber : Perhitungan

Tabel B. 16 Perhitungan Nilai % Absorpsi Pada Sub DAS 16

No	Jenis Ruang	Luas		Impervious
		(km ²)	%	(%)
1	Konservasi alam	0.09	18.10	0
2	Permukiman	0.17	35.00	65
3	Perumahan	0.06	12.22	65
4	Komersial	0.02	3.95	85
5	Kawasan industri	0.04	8.72	72
6	Kawasan wisata	0.01	1.04	0
7	Kawasan militer	0.00	0.33	20
8	Kawasan sektoral	0.06	11.46	20
9	Kawasan Khusus	0.02	3.48	20
10	Sarana dan prasarana	0.03	5.70	20
	Total	0.48	100.00	44.52

Sumber : Perhitungan

Tabel B. 17 Perhitungan Nilai % Absorpsi Pada Sub DAS 17

No	Jenis Ruang	Luas		Impervious (%)
		(km ²)	%	
1	Konservasi alam	0.15	18.10	0
2	Permukiman	0.27	33.00	65
3	Perumahan	0.10	12.22	65
4	Komersial	0.03	3.95	85
5	Kawasan industri	0.07	8.72	72
6	Kawasan wisata	0.01	1.04	0
7	Kawasan militer	0.02	2.33	20
8	Kawasan sektoral	0.09	11.46	20
9	Kawasan Khusus	0.03	3.48	20
10	Sarana dan prasarana	0.05	5.70	20
Total		0.82	100.00	43.62

Sumber : Perhitungan

Tabel B. 18 Perhitungan Nilai % Absorpsi Pada Sub DAS 18

No	Jenis Ruang	Luas		Impervious (%)
		(km ²)	%	
1	Konservasi alam	0.14	18.10	0
2	Permukiman	0.25	33.00	65
3	Perumahan	0.09	12.22	65
4	Komersial	0.03	3.95	85
5	Kawasan industri	0.07	8.72	72
6	Kawasan wisata	0.02	2.04	0
7	Kawasan militer	0.02	2.33	20
8	Kawasan sektoral	0.08	10.46	20
9	Kawasan Khusus	0.03	3.48	20
10	Sarana dan prasarana	0.04	5.70	20
Total		0.76	100.00	43.42

Sumber : Perhitungan

Tabel B. 19 Perhitungan Nilai % Absorpsi Pada Sub DAS 19

No	Jenis Ruang	Luas		Impervious
		(km ²)	%	(%)
1	Konservasi alam	0.16	18.10	0
2	Permukiman	0.29	33.00	65
3	Perumahan	0.11	12.22	65
4	Komersial	0.03	3.95	85
5	Kawasan industri	0.08	8.72	72
6	Kawasan wisata	0.03	3.04	0
7	Kawasan militer	0.02	2.33	20
8	Kawasan sektoral	0.08	9.46	20
9	Kawasan Khusus	0.03	3.48	20
10	Sarana dan prasarana	0.05	5.70	20
	Total	0.88	100.00	43.22

Sumber : Perhitungan

Tabel B. 20 Perhitungan Nilai % Absorpsi Pada Sub DAS 20

No	Jenis Ruang	Luas		Impervious
		(km ²)	%	(%)
1	Konservasi alam	0.11	18.10	0
2	Permukiman	0.20	33.00	65
3	Perumahan	0.07	12.22	65
4	Komersial	0.03	4.95	85
5	Kawasan industri	0.05	7.72	72
6	Kawasan wisata	0.02	3.04	0
7	Kawasan militer	0.01	2.33	20
8	Kawasan sektoral	0.06	9.46	20
9	Kawasan Khusus	0.02	3.48	20
10	Sarana dan prasarana	0.03	5.70	20
	Total	0.60	100.00	43.35

Sumber : Perhitungan

Tabel B. 21 Perhitungan Nilai % Absorpsi Pada Sub DAS 21

No	Jenis Ruang	Luas		Impervious
		(km ²)	%	(%)
1	Konservasi alam	0.01	11.33	0
2	Permukiman	0.03	50.77	65
3	Perumahan	0.01	8.22	65
4	Komersial	0.00	3.95	85
5	Kawasan industri	0.01	8.72	72
6	Kawasan wisata	0.00	1.04	0
7	Kawasan militer	0.00	0.33	20
8	Kawasan sektoral	0.01	11.46	20
9	Kawasan Khusus	0.00	3.58	20
10	Sarana dan prasarana	0.00	0.60	20
	Total	0.06	100.00	51.17

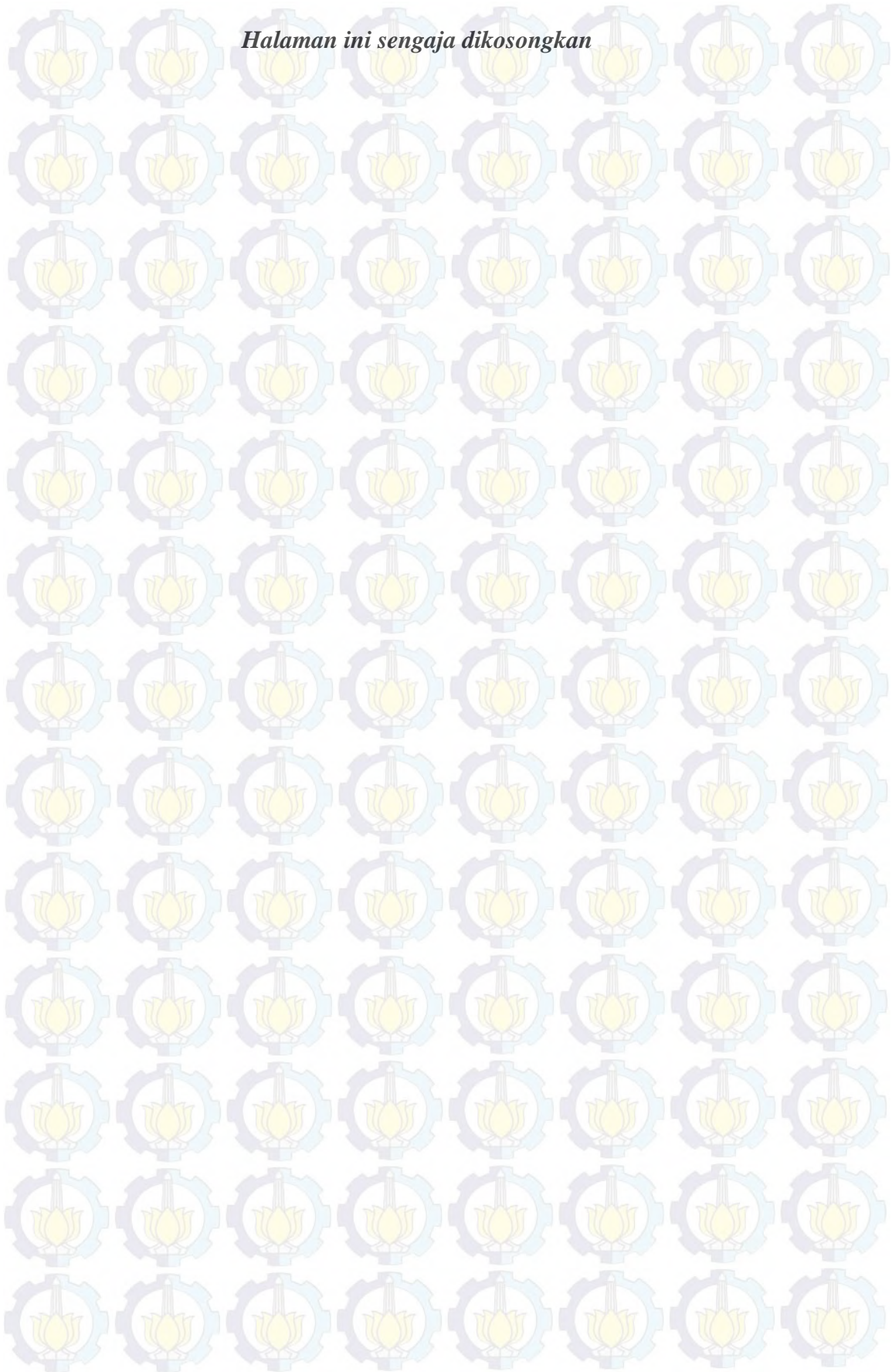
Sumber : Perhitungan

Tabel B. 22 Perhitungan Nilai % Absorpsi Pada Sub DAS 22

No	Jenis Ruang	Luas		Impervious
		(km ²)	%	(%)
1	Konservasi alam	0.02	11.33	0
2	Permukiman	0.08	50.27	65
3	Perumahan	0.01	8.22	65
4	Komersial	0.01	3.95	85
5	Kawasan industri	0.01	8.22	72
6	Kawasan wisata	0.00	1.04	0
7	Kawasan militer	0.00	0.83	20
8	Kawasan sektoral	0.02	11.46	20
9	Kawasan Khusus	0.01	3.48	20
10	Sarana dan prasarana	0.00	1.20	20
	Total	0.16	100.00	50.69

Sumber : Perhitungan

Halaman ini sengaja dikosongkan



LAMPIRAN C

C. Data Bangunan Pengendali Banjir (Bendali) DAS Ampal

a. Data Bendali 1

Volume Genangan : 643000 m³

Luas Genangan : 199100 m²

El. Puncak Spillway : +22.50

El. Dasar Bendung : +16.25

Lebar Spillway : 4.72 m

Tabel C.1 Volume Komulatif Bendali 1

Tinggi (m)	Elevasi (m)	Luas (m ²)	Volume (m ³)	Volume Komulatif (m ³)
0.00	22.50	199100.000	0.000	0.000
0.25	22.75	207585.365	51896.341	51896.341
0.50	23.00	216070.730	108035.365	159931.706
0.75	23.25	224556.095	168417.071	328348.778
1.00	23.50	233041.460	233041.460	561390.238
1.25	23.75	241526.825	301908.531	863298.769
1.50	24.00	250012.190	375018.285	1238317.054
1.75	24.25	258497.555	452370.721	1690687.775
2.00	24.50	266982.920	533965.840	2224653.615
2.25	24.75	275468.285	619803.641	2844457.256
2.50	25.00	283953.650	709884.125	3554341.381

Sumber : Perhitungan

Tabel C.2 Debit Outflow dan Tampungan Bendali 1

Elevasi (m)	H (m)	C	Q ₀ (m ³ /det)	Storage		S+Δt.Q/2 (10 ³)	S-Δt.Q/2 (10 ³)
				(m ³)	(1000 m ³)		
22.50	0.00	1.834	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
22.75	0.25	1.830	1.080	51896.341	51.896	51.929	51.864
23.00	0.50	1.826	3.047	159931.706	159.932	160.023	159.840
23.25	0.75	1.822	5.585	328348.778	328.349	328.516	328.181
23.50	1.00	1.818	8.579	561390.238	561.390	561.648	561.133
23.75	1.25	1.814	11.963	863298.769	863.299	863.658	862.940
24.00	1.50	1.810	15.691	1238317.054	1238.317	1238.788	1237.846
24.25	1.75	1.806	19.729	1690687.775	1690.688	1691.280	1690.096

Lanjutan Tabel B.2

Elevasi (m)	H (m)	C	Q ₀	Storage		S+Δt.Q/2 (10 ³)	S-Δt.Q/2 (10 ³)
			(m ³ /det)	(m ³)	(1000 m ³)		
24.50	2.00	1.802	24.051	2224653.615	2224.654	2225.375	2223.932
24.75	2.25	1.797	28.634	2844457.256	2844.457	2845.316	2843.598
25.00	2.50	1.793	33.462	3554341.381	3554.341	3555.345	3553.338

Sumber : Perhitungan

b. Data Bendali 2Volume Genangan : 1294000 m³Luas Genangan : 342600 m²

El. Puncak Spillway : +22.50

El. Dasar Bendung : +15.00

Lebar Spillway : 4.72 m

Tabel C.3 Volume Komulatif Bendali 2

Tinggi (m)	Elevasi (m)	Luas (m ²)	Volume (m ³)	Volume Komulatif (m ³)
0.00	22.50	342600.000	0.000	0.000
0.25	22.75	318548.530	79637.132	79637.132
0.50	23.00	294497.060	147248.530	226885.663
0.75	23.25	270445.590	202834.193	429719.855
1.00	23.50	246394.120	246394.120	676113.975
1.25	23.75	222342.650	277928.313	954042.287
1.50	24.00	198291.180	297436.770	1251479.058
1.75	24.25	174239.710	304919.492	1556398.550
2.00	24.50	150188.240	300376.480	1856775.030
2.25	24.75	126136.770	283807.732	2140582.763
2.50	25.00	102085.300	255213.250	2395796.013

Sumber : Perhitungan

Tabel C.4 Debit Outflow dan Tampungn Bendali 2

Elevasi (m)	H (m)	C	Q ₀	Storage		S+Δt.Q/2 (10 ³)	S-Δt.Q/2 (10 ³)
			(m ³ /det)	(m ³)	(1000 m ³)		
22.50	0.00	1.834	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
22.75	0.25	1.830	1.080	79637.132	79.637	79.670	79.605
23.00	0.50	1.826	3.047	226885.663	226.886	226.977	226.794
23.25	0.75	1.822	5.585	429719.855	429.720	429.887	429.552
23.50	1.00	1.818	8.579	676113.975	676.114	676.371	675.857
23.75	1.25	1.814	11.963	954042.287	954.042	954.401	953.683
24.00	1.50	1.810	15.691	1251479.058	1251.479	1251.950	1251.008
24.25	1.75	1.806	19.729	1556398.550	1556.399	1556.990	1555.807
24.50	2.00	1.802	24.051	1856775.030	1856.775	1857.497	1856.054
24.75	2.25	1.797	28.634	2140582.763	2140.583	2141.442	2139.724
25.00	2.50	1.793	33.462	2395796.013	2395.796	2396.800	2394.792

Sumber : Perhitungan

c. Data Bendali 3

Volume Genangan : 145000 m³

Luas Genangan : 61900 m²

El. Puncak Spillway : +22.50

El. Dasar Bendung : +18.75

Lebar Spillway : 4.72 m

Tabel C.5 Volume Komulatif Bendali 3

Tinggi (m)	Elevasi (m)	Luas (m ²)	Volume (m ³)	Volume Komulatif (m ³)
0.00	22.50	61900.000	0.000	0.000
0.25	22.75	81529.159	20382.290	20382.290
0.50	23.00	101158.318	50579.159	70961.449
0.75	23.25	120787.477	90590.608	161552.057
1.00	23.50	140416.636	140416.636	301968.693
1.25	23.75	160045.795	200057.244	502025.936
1.50	24.00	179674.954	269512.431	771538.367
1.75	24.25	199304.113	348782.198	1120320.565
2.00	24.50	218933.272	437866.544	1558187.109
2.25	24.75	238562.431	536765.470	2094952.579
2.50	25.00	258191.590	645478.975	2740431.554

Sumber : Perhitungan

Tabel C.6 Debit Outflow dan Tampungannya Bendali 3

Elevasi (m)	H (m)	C	Q ₀	Storage		S+Δt.Q/2 (10 ³)	S-Δt.Q/2 (10 ³)
			(m ³ /det)	(m ³)	(1000 m ³)		
22.50	0.00	1.834	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
22.75	0.25	1.830	1.080	20382.290	20.382	20.415	20.350
23.00	0.50	1.826	3.047	70961.449	70.961	71.053	70.870
23.25	0.75	1.822	5.585	161552.057	161.552	161.720	161.385
23.50	1.00	1.818	8.579	301968.693	301.969	302.226	301.711
23.75	1.25	1.814	11.963	502025.936	502.026	502.385	501.667
24.00	1.50	1.810	15.691	771538.367	771.538	772.009	771.068
24.25	1.75	1.806	19.729	1120320.565	1120.321	1120.912	1119.729
24.50	2.00	1.802	24.051	1558187.109	1558.187	1558.909	1557.466
24.75	2.25	1.797	28.634	2094952.579	2094.953	2095.812	2094.094
25.00	2.50	1.793	33.462	2740431.554	2740.432	2741.435	2739.428

Sumber : Perhitungan

d. Data Bendali 4

Volume Genangan : 68000 m³

Luas Genangan : 18100 m²

El. Puncak Spillway : +37.50

El. Dasar Bendung : +30.00

Lebar Spillway : 4.72 m

Tabel C.7 Volume Kumulatif Bendali 4

Tinggi (m)	Elevasi (m)	Luas (m ²)	Volume (m ³)	Volume Kumulatif (m ³)
0.00	37.50	18100.000	0.000	0.000
0.25	37.75	18812.288	4703.072	4703.072
0.50	38.00	19524.576	9762.288	14465.360
0.75	38.25	20236.864	15177.648	29643.008
1.00	38.50	20949.152	20949.152	50592.160
1.25	38.75	21661.440	27076.800	77668.960
1.50	39.00	22373.728	33560.592	111229.552
1.75	39.25	23086.016	40400.528	151630.080
2.00	39.50	23798.304	47596.608	199226.688
2.25	39.75	24510.592	55148.832	254375.520
2.50	40.00	25222.880	63057.200	317432.720

Sumber : Perhitungan

Tabel C.8 Debit Outflow dan Tampungn Bendali 4

Elevasi (m)	H (m)	C	Q0	Storage		S+Δt.Q/2 (10 ³)	S-Δt.Q/2 (10 ³)
			(m ³ /det)	(m ³)	(1000 m ³)		
37.50	0.00	1.593	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
37.75	0.25	1.589	0.937	4703.072	4.703	4.731	4.675
38.00	0.50	1.585	2.644	14465.360	14.465	14.545	14.386
38.25	0.75	1.581	4.846	29643.008	29.643	29.788	29.498
38.50	1.00	1.577	7.442	50592.160	50.592	50.815	50.369
38.75	1.25	1.573	10.374	77668.960	77.669	77.980	77.358
39.00	1.50	1.569	13.602	111229.552	111.230	111.638	110.821
39.25	1.75	1.565	17.097	151630.080	151.630	152.143	151.117
39.50	2.00	1.561	20.834	199226.688	199.227	199.852	198.602
39.75	2.25	1.557	24.797	254375.520	254.376	255.119	253.632
40.00	2.50	1.553	28.968	317432.720	317.433	318.302	316.564

Sumber : Perhitungan

e. Data Bendali 5

Volume Genangan : 49000 m³

Luas Genangan : 38000 m²

El. Puncak Spillway : +20.00

El. Dasar Bendung : +17.50

Lebar Spillway : 4.72 m

Tabel C.9 Volume Komulatif Bendali 5

Tinggi (m)	Elevasi (m)	Luas (m ²)	Volume (m ³)	Volume Komulatif (m ³)
0.00	20.00	38000.000	0.000	0.000
0.25	20.25	43251.473	10812.868	10812.868
0.50	20.50	48502.945	24251.473	35064.341
0.75	20.75	53754.418	40315.813	75380.154
1.00	21.00	59005.890	59005.890	134386.044
1.25	21.25	64257.363	80321.703	214707.747
1.50	21.50	69508.835	104263.253	318970.999

Sumber : Perhitungan

Tabel C.10 Debit Outflow dan Tampungannya Bendali 5

Elevasi (m)	H (m)	C	Q ₀	Storage		S+Δt.Q/2 (10 ³)	S-Δt.Q/2 (10 ³)
			(m ³ /det)	(m ³)	(1000 m ³)		
20.00	0.00	1.660	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20.25	0.25	1.653	0.975	10812.868	10.813	10.842	10.784
20.50	0.50	1.646	2.747	35064.341	35.064	35.147	34.982
20.75	0.75	1.639	5.026	75380.154	75.380	75.531	75.229
21.00	1.00	1.633	7.707	134386.044	134.386	134.617	134.155
21.25	1.25	1.626	10.726	214707.747	214.708	215.030	214.386
21.50	1.50	1.619	14.042	318970.999	318.971	319.392	318.550

Sumber : Perhitungan

f. Data Bendali 6

Volume Genangan : 45000 m³

Luas Genangan : 56700 m²

El. Puncak Spillway : +15.00

El. Dasar Bendung : +13.75

Lebar Spillway : 4.72 m

Tabel C.11 Volume Kumulatif Bendali 6

Tinggi (m)	Elevasi (m)	Luas (m ²)	Volume (m ³)	Volume Kumulatif (m ³)
0.00	15.00	56700.000	0.000	0.000
0.25	15.25	62162.986	15540.746	15540.746
0.50	15.50	67625.972	33812.986	49353.732
0.75	15.75	73088.957	54816.718	104170.450
1.00	16.00	78551.943	78551.943	182722.393
1.25	16.25	84014.929	105018.661	287741.054
1.50	16.50	89477.915	134216.872	421957.926

Sumber : Perhitungan

Tabel C.12 Debit Outflow dan Tampungn Bendali 6

Elevasi (m)	H (m)	C	Q ₀	Storage		S+Δt.Q/2 (10 ³)	S-Δt.Q/2 (10 ³)
			(m ³ /det)	(m ³)	(1000 m ³)		
15.00	0.00	1.793	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15.25	0.25	1.787	1.054	15540.746	15.541	15.572	15.509
15.50	0.50	1.780	2.971	49353.732	49.354	49.443	49.265
15.75	0.75	1.773	5.437	104170.450	104.170	104.334	104.007
16.00	1.00	1.767	8.339	182722.393	182.722	182.973	182.472
16.25	1.25	1.760	11.609	287741.054	287.741	288.089	287.393
16.50	1.50	1.753	15.203	421957.926	421.958	422.414	421.502

Sumber : Perhitungan

g. Data Bendali 7

Volume Genangan : 133000 m³

Luas Genangan : 66800 m²

El. Puncak Spillway : +15.00

El. Dasar Bendung : +11.25

Lebar Spillway : 4.72 m

Tabel C.13 Volume Komulatif Bendali 7

Tinggi (m)	Elevasi (m)	Luas (m ²)	Volume (m ³)	Volume Komulatif (m ³)
0.00	15.00	66800.000	0.000	0.000
0.20	15.20	69664.234	13932.847	13932.847
0.40	15.40	1025661.748	410264.699	424197.546
0.60	15.60	1006420.572	603852.343	1028049.889
0.80	15.80	987179.396	789743.517	1817793.406
1.00	16.00	967938.220	967938.220	2785731.626

Sumber : Perhitungan

Tabel C.14 Debit Outflow dan Tampungannya Bendali 7

Elevasi (m)	H (m)	C	Q ₀	Storage		S+Δt.Q/2	S-Δt.Q/2
			(m ³ /det)	(m ³)	(1000 m ³)	(10 ³)	(10 ³)
15.00	0.00	1.593	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15.20	0.20	1.585	0.669	13932.847	13.933	13.953	13.913
15.40	0.40	1.577	1.883	424197.546	424.198	424.254	424.141
15.60	0.60	1.569	3.441	1028049.889	1028.050	1028.153	1027.947
15.80	0.80	1.561	5.271	1817793.406	1817.793	1817.952	1817.635
16.00	1.00	1.553	7.328	2785731.626	2785.732	2785.951	2785.512

Sumber : Perhitungan

h. Data Bendali 8

Volume Genangan : 85000 m³

Luas Genangan : 32700 m²

El. Puncak Spillway : +17.50

El. Dasar Bendung : +12.50

Lebar Spillway : 4.72 m

Tabel C.15 Volume Kumulatif Bendali 8

Tinggi (m)	Elevasi (m)	Luas (m ²)	Volume (m ³)	Volume Kumulatif (m ³)
0.00	17.50	32700.000	0.000	0.000
0.25	17.75	33966.137	8491.534	8491.534
0.50	18.00	35232.275	17616.137	26107.672
0.75	18.25	36498.412	27373.809	53481.481
1.00	18.50	37764.549	37764.549	91246.030
1.25	18.75	39030.687	48788.358	140034.388
1.50	19.00	40296.824	60445.236	200479.624

Sumber : Perhitungan

Tabel C.16 Debit Outflow dan Tampungannya Bendali 8

Elevasi (m)	H (m)	C	Q ₀	Storage		S+Δt.Q/2 (10 ³)	S-Δt.Q/2 (10 ³)
			(m ³ /det)	(m ³)	(1000 m ³)		
17.50	0.00	1.726	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17.75	0.25	1.720	1.015	8491.534	8.492	8.522	8.461
18.00	0.50	1.713	2.859	26107.672	26.108	26.193	26.022
18.25	0.75	1.706	5.231	53481.481	53.481	53.638	53.325
18.50	1.00	1.700	8.022	91246.030	91.246	91.487	91.005
18.75	1.25	1.693	11.168	140034.388	140.034	140.369	139.699
19.00	1.50	1.686	14.622	200479.624	200.480	200.918	200.041

Sumber : Perhitungan

i. Data Bendali 9

Volume Genangan : 53000 m³

Luas Genangan : 27800 m²

El. Puncak Spillway : +17.50

El. Dasar Bendung : +13.75

Lebar Spillway : 4.72 m

Tabel C.17 Volume Komulatif Bendali 9

Tinggi (m)	Elevasi (m)	Luas (m ²)	Volume (m ³)	Volume Komulatif (m ³)
0.00	17.50	27800.000	0.000	0.000
0.25	17.75	29174.285	7293.571	7293.571
0.50	18.00	30548.569	15274.285	22567.856
0.75	18.25	31922.854	23942.141	46509.996
1.00	18.50	33297.139	33297.139	79807.135
1.25	18.75	34671.423	43339.279	123146.414
1.50	19.00	36045.708	54068.562	177214.976

Sumber : Perhitungan

Tabel C.18 Debit Outflow dan Tampungannya Bendali 9

Elevasi (m)	H (m)	C	Q ₀	Storage		S+Δt.Q/2 (10 ³)	S-Δt.Q/2 (10 ³)
			(m ³ /det)	(m ³)	(1000 m ³)		
17.50	0.00	1.726	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17.75	0.25	1.720	1.015	7293.571	7.294	7.324	7.263
18.00	0.50	1.713	2.859	22567.856	22.568	22.654	22.482
18.25	0.75	1.706	5.231	46509.996	46.510	46.667	46.353
18.50	1.00	1.700	8.022	79807.135	79.807	80.048	79.566
18.75	1.25	1.693	11.168	123146.414	123.146	123.481	122.811
19.00	1.50	1.686	14.622	177214.976	177.215	177.654	176.776

Sumber : Perhitungan

j. Data Bendali 10

Volume Genangan : 266000 m³

Luas Genangan : 113800 m²

El. Puncak Spillway : +17.50

El. Dasar Bendung : +12.50

Lebar Spillway : 4.72 m

Tabel C.19 Volume Kumulatif Bendali 10

Tinggi (m)	Elevasi (m)	Luas (m ²)	Volume (m ³)	Volume Kumulatif (m ³)
0.00	17.50	113800.000	0.000	0.000
0.25	17.75	118613.053	29653.263	29653.263
0.50	18.00	123426.106	61713.053	91366.316
0.75	18.25	128239.159	96179.369	187545.686
1.00	18.50	133052.212	133052.212	320597.898
1.25	18.75	137865.265	172331.581	492929.479
1.50	19.00	142678.318	214017.477	706946.956

Sumber : Perhitungan

Tabel C.20 Debit Outflow dan Tampungn Bendali 10

Elevasi (m)	H (m)	C	Q ₀	Storage		S+Δt.Q/2 (10 ³)	S-Δt.Q/2 (10 ³)
			(m ³ /det)	(m ³)	(1000 m ³)		
17.50	0.00	1.726	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17.75	0.25	1.720	1.015	29653.263	29.653	29.684	29.623
18.00	0.50	1.713	2.859	91366.316	91.366	91.452	91.281
18.25	0.75	1.706	5.231	187545.686	187.546	187.703	187.389
18.50	1.00	1.700	8.022	320597.898	320.598	320.839	320.357
18.75	1.25	1.693	11.168	492929.479	492.929	493.265	492.594
19.00	1.50	1.686	14.622	706946.956	706.947	707.386	706.508

Sumber : Perhitungan

k. Data Bendali 11

Volume Genangan : 424000 m³

Luas Genangan : 47900 m²

El. Puncak Spillway : +17.50

El. Dasar Bendung : +12.50

Lebar Spillway : 4.72 m

Tabel C.21 Volume Komulatif Bendali 11

Tinggi (m)	Elevasi (m)	Luas (m ²)	Volume (m ³)	Volume Komulatif (m ³)
0.00	17.50	47900.000	0.000	0.000
0.25	17.75	56667.733	14166.933	14166.933
0.50	18.00	65435.466	32717.733	46884.666
0.75	18.25	74203.199	55652.399	102537.066
1.00	18.50	82970.932	82970.932	185507.998
1.25	18.75	91738.665	114673.331	300181.329
1.50	19.00	100506.398	150759.597	450940.926

Sumber : Perhitungan

Tabel C.22 Debit Outflow dan Tampungannya Bendali 11

Elevasi (m)	H (m)	C	Q ₀	Storage		S+Δt.Q/2 (10 ³)	S-Δt.Q/2 (10 ³)
			(m ³ /det)	(m ³)	(1000 m ³)		
17.50	0.00	1.726	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17.75	0.25	1.720	1.015	14166.933	14.167	14.197	14.136
18.00	0.50	1.713	2.859	46884.666	46.885	46.970	46.799
18.25	0.75	1.706	5.231	102537.066	102.537	102.694	102.380
18.50	1.00	1.700	8.022	185507.998	185.508	185.749	185.267
18.75	1.25	1.693	11.168	300181.329	300.181	300.516	299.846
19.00	1.50	1.686	14.622	450940.926	450.941	451.380	450.502

Sumber : Perhitungan

I. Data Bendali 12

Volume Genangan : 150000 m³

Luas Genangan : 57400 m²

El. Puncak Spillway : +22.50

El. Dasar Bendung : +17.50

Lebar Spillway : 4.72 m

Tabel C.23 Volume Kumulatif Bendali 12

Tinggi (m)	Elevasi (m)	Luas (m ²)	Volume (m ³)	Volume Kumulatif (m ³)
0.00	22.50	57400.000	0.000	0.000
0.25	22.75	60360.260	15090.065	15090.065
0.50	23.00	63320.520	31660.260	46750.325
0.75	23.25	66280.780	49710.585	96460.910
1.00	23.50	69241.040	69241.040	165701.950
1.25	23.75	72201.300	90251.625	255953.575
1.50	24.00	75161.560	112742.340	368695.915

Sumber : Perhitungan

Tabel C.24 Debit Outflow dan Tampungannya Bendali 12

Elevasi (m)	H (m)	C	Q ₀	Storage		S+Δt.Q/2 (10 ³)	S-Δt.Q/2 (10 ³)
			(m ³ /det)	(m ³)	(1000 m ³)		
22.50	0.00	1.593	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
22.75	0.25	1.586	0.936	15090.065	15.090	15.118	15.062
23.00	0.50	1.579	2.636	46750.325	46.750	46.829	46.671
23.25	0.75	1.573	4.821	96460.910	96.461	96.606	96.316
23.50	1.00	1.566	7.391	165701.950	165.702	165.924	165.480
23.75	1.25	1.559	10.286	255953.575	255.954	256.262	255.645
24.00	1.50	1.553	13.463	368695.915	368.696	369.100	368.292

Sumber : Perhitungan

m. Data Bendali 13

Volume Genangan : 726798 m³

Luas Genangan : 135000 m²

El. Puncak Spillway : +14.00

El. Dasar Bendung : +10.00

Lebar Spillway : 4.72 m

Tabel C.25 Volume Kumulatif Bendali 13

Tinggi (m)	Elevasi (m)	Luas (m ²)	Volume (m ³)	Volume Kumulatif (m ³)
0.00	14.00	135000.000	0.000	0.000
0.20	14.20	140752.872	28150.574	28150.574
0.40	14.40	146505.744	58602.298	86752.872
0.60	14.60	152258.616	91355.170	178108.042
0.80	14.80	158011.488	126409.190	304517.232
1.00	15.00	163764.360	163764.360	468281.592
1.20	15.20	169517.232	203420.678	671702.270
1.40	15.40	175270.104	245378.146	917080.416
1.60	15.60	181022.976	289636.762	1206717.178
1.80	15.80	186775.848	336196.526	1542913.704
2.00	16.00	192528.720	385057.440	1927971.144

Sumber : Perhitungan

Tabel C.26 Debit Outflow dan Tampungn Bendali 13

Elevasi (m)	H (m)	C	Q0	Storage		S+Δt.Q/2 (10 ³)	S-Δt.Q/2 (10 ³)
			(m ³ /det)	(m ³)	(1000 m ³)		
14.00	0.00	1.914	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
14.20	0.20	1.910	0.807	28150.574	28.151	28.175	28.126
14.40	0.40	1.906	2.276	86752.872	86.753	86.821	86.685
14.60	0.60	1.902	4.173	178108.042	178.108	178.233	177.983
14.80	0.80	1.898	6.411	304517.232	304.517	304.710	304.325
15.00	1.00	1.894	8.941	468281.592	468.282	468.550	468.013
15.20	1.20	1.890	11.728	671702.270	671.702	672.054	671.350
15.40	1.40	1.886	14.747	917080.416	917.080	917.523	916.638
15.60	1.60	1.882	17.979	1206717.178	1206.717	1207.257	1206.178
15.80	1.80	1.878	21.407	1542913.704	1542.914	1543.556	1542.271
16.00	2.00	1.874	25.019	1927971.144	1927.971	1928.722	1927.221

Sumber : Perhitungan