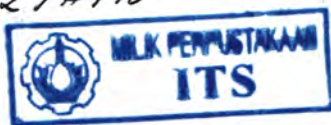


41312/4110



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

R55  
620.136  
NAV  
b-1  
200

TUGAS AKHIR RC09 - 1380

## BETON KEDAP AIR SEBAGAI PEMBERAT TERAPUNG UNTUK HIDROPOWER ELEVATOR

AULIA FAJAR NAUVAL  
NRP 3106 100 022

Dosen Pembimbing I  
Prof.Dr.Ir.TRIWULAN,DEA  
Dosen Pembimbing II  
Dr.Techn. PUJO AJI, ST. MT

JURUSAN TEKNIK SIPIL  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2010

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	4 - 8 - 2010
Terima Dari	H
No Agenda Prp.	-

**FINAL PROJECT RC09 - 1380**

# **WATERTIGHT CONCRETE AS FLOATING DEVICE FOR HYDROPOWER ELEVATOR**

**AULIA FAJAR NAUVAL**  
NRP 3106 100 022

**1<sup>st</sup> Supervisor**  
Prof. Dr. Ir. TRIWULAN, DEA  
**2<sup>nd</sup> Supervisor**  
Dr. Techn. PUJO AJI, ST. MT

**CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT**  
Faculty of Civil Engineering and Planning  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2010

# **BETON KEDAP AIR SEBAGAI PEMBERAT TERAPUNG UNTUK HIDROPOWER ELEVATOR**

## **TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada

Bidang Studi Struktur

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sipil

Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**AULIA FAJAR NAUVAL**

Nrp. 3106 100 022

Disetujui oleh:

Pembimbing Tugas Akhir I :



**(Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA)**

Pembimbing Tugas Akhir II :

**(Dr. Techn. Pujo Aji, ST. MT)**

**SURABAYA, 26 JULI 2010**

# **BETON KEDAP AIR SEBAGAI PEMBERAT TERAPUNG UNTUK HIDROPOWER ELEVATOR**

Nama Mahasiswa : Aulia Fajar Nauval  
NRP : 3106.100.022  
Jurusan : Teknik Sipil FTSP-ITS  
Dosen Pembimbing I : Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA.  
Dosen Pembimbing II : Dr. Techn. Pujjo Aji, ST. MT.

## **Abstrak**

*Perspektif masa depan memprediksikan bahwa perkembangan populasi manusia akan berpengaruh terhadap ketersediaan tempat tinggal atau ruang hunian. Semakin tingginya populasi manusia di tingkat desa maupun perkotaan makin mempersempit lahan hunian. Hal ini meniscayakan desain hunian pada masa-masa mendatang akan memilih rancangan dengan perluasan secara vertikal. Rancangan dengan perluasan vertikal memiliki maksud memberikan ekspansi ruang hunian tanpa terpengaruh kepadatan populasi pada daerah sekitar hunian. Oleh sebab itu rumah-rumah hunian pada masa mendatang seyogyanya direncanakan berlantai banyak atau bertingkat. Bangunan-bangunan berlantai banyak akan memerlukan sarana pelengkap guna mendukung mobilitas dan kerja penghuni. Karena kalangan rumah tangga yang memiliki anggaran terbatas tidak akan dapat menjangkau produk teknologi elevator konvensional yang akan diterapkan pada hunian mereka maka solusi atas kebutuhan kalangan rumah tangga ini bisa ditempuh dengan jalan memanfaatkan bentuk-bentuk energi yang ada di sekitar. Untuk kalangan rumah tangga akan lebih menguntungkan apabila mempergunakan energi-energi yang bisa didapat dari lingkungan sekitar. Oleh karena itu*

*HidroPower Elevator adalah solusi atas kedua masalah tersebut. Hidropower Elevator adalah sebuah fasilitas transportasi naik-turun serupa lift yang memanfaatkan sifat/property air sebagai tenaga penggeraknya.*

*Pada kenyataannya alat ini belum direalisasikan secara nyata dan masih berupa prototype. Mekanisme kerja alat ini tergantung pada gaya grafitasi dan gaya apung air (buoyancy), untuk menggabungkan kedua gaya tersebut dalam satu benda maka diciptakanlah sebuah benda yang mempunyai gaya-gaya tersebut. Benda ini yang kami sebut dengan pemberat terapung, yakni pemberat yang mempunyai sifat berat tetapi terapung di air. Pemberat terapung ini harus mempunyai sifat dasar yaitu berat, mengapung dalam air dan juga stabil, pemberat terapung inilah komponen yang vital bagi kinerja Hidropower elevator. Material dasar pembuatan pemberat terapung ini menggunakan beton kedap air.*

*Untuk memperoleh beton kedap air dibutuhkan kadar semen yang tinggi dan nilai faktor air semen yang rendah. Komposisi beton kedap air yang mempunyai impermeabilitas yang rendah adalah mempunyai kadar semen 450 kg/m<sup>3</sup> dengan fas 0.35 dalam penelitian tugas akhir ini.*

*Dengan terciptanya pemberat terapung ini diharapkan hidropower elevator dapat terrealisasikan dalam bentuk yang nyata dan juga pemberat terapung ini dapat dijadikan alternatif yang baru dalam dunia teknik sipil.*

**Kata kunci :** *Beton kedap air, hydropower elevator, pemberat terapung*

# WATERTIGHT CONCRETE AS FLOATING DEVICE FOR HYDROPOWER ELEVATOR

Student Name : Aulia Fajar Nauval  
NRP : 3106.100.022  
Department : Civil Engineering FTSP-ITS  
1<sup>st</sup> Supervisor : Prof. Dr. Ir. Triwulan, DEA.  
2<sup>nd</sup> Supervisor : Dr. Techn. Pujo Aji, ST. MT.

## Abstract

*Future perspectives predict that human population growth will affect the availability of the residence or residential space. Increasing human population in villages and urban residential land increasingly narrow. This requires above all residential design in the future will select the design with vertical expansion. Design with vertical expansion has the intention to give the expansion of residential space without the influence of population density in the area around the dwelling. Therefore residential houses in the future should be planned vertical expansion. Buildings will require a complementary tools to support labor mobility and residents. Because among households with a limited budget will not be able to reach a conventional elevator technology products that will be applied to the solution to their housing needs of these households can be reached by road using forms of energy that exists around. For the households would be more advantageous if the use of energy that can be obtained from the surrounding environment. Therefore Hydropower Elevator is a solution to both problems. Hidropower*

*Elevator is a transportation facility up and down like an elevator that utilizes properties of water as its driving force.*

*In fact this tool has not been realized in a real and still is a prototype of. Mechanism of action of this tool depends on the gravitational forces and buoyant force of water (buoyancy), to combine these two forces were created in an object so an object that has these styles. This thing we call the floating device, which have the nature of the heavy weights but it floats in water. This floating device must have a basic nature that is heavy, floating in the water and also stable, floating device is a vital component for Hydropower Elevator performance. Basic of materials making this floating device using watertight concrete.*

*To obtain the required water-resistant concrete of high cement content and the value of a low water cement factor. Waterproof concrete composition having a low impermeabilitas is having a  $450 \text{ kg/m}^3$  cement content and water 0.35 in this final project.*

*With the creation of floating device is expected to be hydropower elevator in the form of real and floating ballast also may be an alternative new in the world of civil engineering.*

**Keywords** : watertight concrete, hydropower elevator, floating device.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur senantiasa penyusun panjatkan kehadirat Allah SWT karena atas segala berkah, rahmah serta hidayah-Nya penyusun bisa menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul "Beton Kedap Air Sebagai Pemberat Terapung Untuk Hidropower Elevator" ini. Dan tidak lupa shalawat serta salam kita haturkan kepada nabi Muhammad SAW yang telah menuntun kita dari jalan yang gelap gulita menuju ke jalan yang terang yakni agama islam.

Ucapan terima kasih tak lupa penyusun haturkan kepada :

1. Kedua Orang Tua penyusun (Abdul Malik, Alm dan Muafifa) atas segala dorongan dan doa yang telah diberikan.
2. Saudara-saudara penyusun (M. Imam Muchlis, Nur Farida, Nur Farichatin, Nur Jihan, A'la Fuad, Sicha Dinia, Ardiansyah Zulkarnaen, dan Irfan Hamami) yang telah memberi banyak bantuan baik berupa spiritual maupun material.
3. Prof.Dr. Ir. Triwulan, DEA selaku dosen pembimbing yang telah membimbing penyusun selama tugas akhir ini.
4. Dr.techn. Pujo A, ST.MT selaku dosen pembimbing yang telah membimbing penyusun selama tugas akhir ini.
5. Bapak Suhardjo selaku Laboran Laboratorium Beton dan Bahan Bangunan dan Laboratorium Struktur Teknik Sipil ITS yang mana telah membimbing penyusun saat melakukan kegiatan penelitian.
6. Aulia Nur Rofika yang senantiasa menemani penyusun dan memberi semangat juga moral dalam mengerjakan Tugas Akhir.
7. Dr. Ir. Hidajat Soegihardjo M. MS selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil ITS.
8. Ir. Imam Wimbadi MS. selaku Dosen Wali.



9. Tavio, ST . Phd. Selaku kepala Laboratorium Beton dan Bahan Bangunan dan Laboratorium Struktur Teknik Sipil ITS.
10. Laboran dari Laboratorium Beton dan Bahan Bangunan dan Laboratorium Struktur Teknik Sipil ITS.
11. Kepada para teman kontrakan suwantoro, Itonk, Aji, Asep, Taufik, Rahmat, Yakob, Tasrul, Syarapudin, Roro, dan Anna yang telah membantu penyusun.
12. Tegar Juang Pambudi, Ifta Minka, Dodi Angga Kusuma, Hari Prasetyo, Artyas Ebtadi, Dwi Yudhi yang telah membantu penyusun pada saat penelitian berlangsung.
13. Tethania Agista Beinezha yang telah memberikan semangat tambahan kepada penyusun.
14. Dan semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu disini, penyusun mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya.

Akhir kata, semoga laporan tugas akhir ini bisa bermanfaat bagi penyusun pada khususnya dan semua pihak pada umumnya. Amin

Surabaya, 26 Juli 2010

Penyusun

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	
<b>ABSTRAK</b> .....	i
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xix
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Permusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Tugas Akhir .....	3
1.4 Batasan Masalah .....	4
1.5 Manfaat Tugas Akhir .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	7
2.1 Pemberat Terapung .....	7
2.2 Beton .....	8
2.2.1 Beton Kedap Air .....	8
2.3 Material Beton .....	11
2.3.1 Semen Portland (Portland cement) .....	11
2.3.2 Agregat .....	14
2.3.2.1 Agregat Halus/ Pasir .....	14
2.3.2.2 Agregat Kasar / Kerikil .....	15
2.3.3 Air .....	15
2.3.4 Bahan Tambahan .....	16
2.4 Hidrodinamika .....	16
2.4.1 Hukum Pascal dan Tegangan Permukaan .....	18
2.4.2 Gaya Apung (Buoyancy) .....	18
2.4.3 Massa Jenis .....	19
2.4.4 Prinsip Archimedes .....	20
2.5 Hidropower .....	22

<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>25</b>
3.1 Langkah-Langkah Penelitian.....	25
3.2 Diagram Alir Penelitian .....	25
3.2.1 Diagram Alir secara Keseluruhan.....	25
3.3 Rancangan dan Instrumen Penelitian .....	27
3.3.1 Penentuan Judul.....	27
3.3.2 Tinjauan Pustaka .....	28
3.3.3 Persiapan Material .....	28
3.3.4 Analisa Material .....	28
3.3.4.1 Analisa Semen.....	28
3.3.4.2 Percobaan Berat Jenis Pasir.....	28
3.3.4.3 Percobaan Kelembapan Pasir .....	30
3.3.4.4 Percobaan Air Resapan .....	31
3.3.4.5 Percobaan Berat Volume Pasir.....	32
3.3.4.6 Tes Kebersihan Pasir Terhadap Bahan Organik .....	33
3.3.4.7 Tes Kebersihan Pasir Terhadap Endapan Lumpur.....	33
3.3.4.8 Tes Kebersihan Pasir Terhadap Lumpur Pencuciannya .....	34
3.3.4.9 Percobaan Kelembapan Batu Pecah .....	35
3.3.4.10 Percobaan Berat Jenis Batu Pecah.....	36
3.3.4.11 Percobaan Air Resapan Batu Pecah.....	37
3.3.4.12 Percobaan Berat Volume Batu Pecah....	37
3.3.4.13 Tes Kebersihan Batu Pecah dari Lumpur/Pencucian.....	38
3.3.4.14 Tes Keausan Agregat Kasar .....	39
3.3.4.15 Percobaan Analisa Saringan Pasir .....	41
3.3.4.16 Percobaan Analisa Saringan Batu Pecah .....	42
3.3.5 Perhitungan Benda Eksperimen.....	43
3.3.5.1 Mix Design.....	43
3.3.6 Pembutan Sampel Beton Kedap Air .....	58
3.3.7 Pengujian Beton Kedap Air .....	60
3.3.7.1 Percobaan Air Resapan Pada Beton	

Kedap Air .....	60
3.3.7.2 Curing Sampel Beton Kedap Air .....	62
3.3.7.3 Tes Kekuatan Tekan Hancur .....	64
3.3.8 Pendesainan Pemberat Terapung .....	67
3.3.8.1 Perhitungan Void dalam Beton .....	67
3.3.9 Pengecekan Kestabilan Desain Pemberat Terapung .....	68
3.3.10 Pembuatan Pemberat Terapung .....	70
3.3.11 Pengujian Pemberat Terapung .....	70
3.4 Analisa Data .....	70
3.5 Kesimpulan dan Saran .....	71
<b>BAB IV HASIL DAN ANALISA DATA .....</b>	<b>73</b>
4.1 Umum .....	73
4.2 Tes Material dan Analisa Ayakan .....	73
4.2.1 Agregat Halus .....	73
4.2.1.1 Percobaan Kelembaban Pasir .....	73
4.2.1.2 Percobaan Berat Jenis Pasir .....	74
4.2.1.3 Percobaan Air Resapan .....	74
4.2.1.4 Percobaan Kebersihan Pasir dari Bahan Organik .....	75
4.2.1.5 Percobaan Kebersihan Pasir Terhadap Bahan Lumpur (Pengendapan) .....	75
4.2.1.6 Percobaan Kebersihan Pasir Terhadap Lumpur (Pencucian) .....	76
4.2.1.7 Percobaan Berat Volume Pasir .....	76
4.2.2 Agregat Kasar (Batu Pecah) .....	77
4.2.2.1 Percobaan Kelembaban Batu Pecah .....	77
4.2.2.2 Percobaan Berat Jenis Batu Pecah .....	77
4.2.2.3 Percobaan Air Resapan Batu Pecah .....	78
4.2.2.4 Percobaan Kebersihan Batu Pecah Terhadap Lumpur (Pencucian) .....	78
4.2.2.5 Percobaan Keausan Agregat Kasar .....	79
4.2.2.6 Percobaan Berat Volume Batu Pecah .....	79
4.2.3 Analisa Ayakan .....	80
4.2.3.1 Agregat Halus (Pasir) .....	80

4.2.3.2 Agregat Kasar .....	82
4.2.3.3 Agregat Gabungan .....	83
4.3 Mix Design Beton Kedap Air.....	86
4.4 Pengujian Beton Kedap Air .....	102
4.5 Pengetesan Kuat Tekan Hancur .....	115
4.6 Pendesainan Pemberat Terapung.....	121
4.6.1 Perhitungan Void dalam Beton.....	121
4.6.2 Pendesainan Dimensi Pemberat Terapung .....	124
4.6.3 Pengecekan Kestabilan Desaian Pemberat Terapung .....	130
4.7 Pembuatan Pemberat Terapung.....	138
4.7.1 Mix Design Beton Kedap Air (Prototype) .....	138
4.7.2 Pengecoran Pemberat Terapung .....	140
4.8 Pengujian Pemberat Terapung .....	143
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>147</b>
5.1 Kesimpulan .....	147
5.2 Saran .....	149
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>151</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>.....</b>

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Bagian-bagian dan Gaya-gaya pada Pemberat Terapung .....	7
Gambar 2.2 Gaya Apung Dalam Kehidupan Sehari-hari.....	20
Gambar 2.3 Prinsip Archimedes, Gaya Apung = Gaya yang dipindahkan.....	22
Gambar 2.4 Sifat-sifat Air yang Dapat Dijadikan Sumber Tenaga .....	23
Gambar 3.1 Diagram Alir Secara Keseluruhan.....	26
Gambar 3.2 Beton kedap air saat di oven .....	61
Gambar 3.3 Matrix penjadwalan pengujian beton kedap air.....	62
Gambar 3.4 Sistem pelaksanaan curing.....	63
Gambar 3.5 foto tes kuat tekan dan proses tes kuat tekan.....	66
Gambar 3.6 Kestabilan dari benda prismatic yang Mengapung .....	69
Gambar 4.1 Hasil tes kebersihan pasir dari bahan organic .....	75
Gambar 4.2 Grafik ayakan pasir.....	81
Gambar 4.3 Grafik ayakan batu pecah .....	83
Gambar 4.4 Grafik ayakan campuran batu pecah dengan Pasir .....	86
Gambar 4.5 Grafik resapan beton kedap air perendaman 10+0.5 menit hari ke-7.....	106
Gambar 4.6 Grafik resapan beton kedap air perendaman 24jam hari ke-7 .....	106
Gambar 4.7 Grafik resapan beton kedap air perendaman 10+0.5 menit hari ke-14.....	107
Gambar 4.8 Grafik resapan beton kedap air perendaman 24 jam hari ke-14 .....	107
Gambar 4.9 Grafik resapan beton kedap air perendaman 10+0.5 menit hari ke-21 .....	108
Gambar 4.10 Grafik resapan beton kedap air perendaman 24 jam hari ke-21.....	108

Gambar 4.11 Grafik resapan beton kepad air perendaman 10+0.5 menit hari ke-28.....	109
Gambar 4.12 Grafik resapan beton kepad air perendaman 24 jam hari ke-28.....	109
Gambar 4.13 Grafik resapan terhadap umur dengan kadar Semen 450 kg/m <sup>3</sup> dalam perendaman 10+0.5 menit.....	111
Gambar 4.14 Grafik resapan terhadap umur dengan kadar Semen 450 kg/m <sup>3</sup> dalam perendaman 24 jam ..	112
Gambar 4.15 Grafik resapan terhadap umur dengan kadar Semen 400 kg/m <sup>3</sup> dalam perendaman 10+0.5 menit.....	112
Gambar 4.16 Grafik resapan terhadap umur dengan kadar Semen 400 kg/m <sup>3</sup> dalam perendaman 24 jam ..	113
Gambar 4.17 Grafik resapan beton kepad air full curing perendaman 10+0.5 menit hari ke-28 .....	114
Gambar 4.18 Grafik resapan beton kepad air full curing perendaman 24 jam hari ke-28.....	114
Gambar 4.19 Grafik hubungan kuat tekan dengan fas .....	118
Gambar 4.20 Grafik hubungan kuat tekan dengan fas beton kepad air full curing.....	121
Gambar 4.21 Denah skema hydropower elevator.....	124
Gambar 4.22 Desaian awal pemberat terapung .....	126
Gambar 4.23 Desaian pemberat terapung 3D .....	127
Gambar 4.24 Potongan desaian pemberat terapung 1 .....	128
Gambar 4.25 Desaian pemberat terapung ke-2 .....	130
Gambar 4.26 Desaian prototype pemberat terapung.....	140
Gambar 4.27 Box alluminium yang ditanam dalam beton dan bekisting pemberat terapung.....	141
Gambar 4.28 Material yang dipakai beton.....	141
Gambar 4.29 Pembuatan beton kepad air .....	141
Gambar 4.30 Proses penempatan box alluminium dalam bekisting .....	142
Gambar 4.31 Proses pemasukan beton kepad air ke dalam	

bekisting yang terisi aluminium .....	142
Gambar 4.32 Proses akhir pencetakan pemberat terapung .....	142
Gambar 4.33 Pembukaan bekisting .....	143
Gambar 4.34 Pemberat terapung .....	143
Gambar 4.35 Pengukuran berat prototype pemberat terapung .....	144
Gambar 4.36 Uji daya apung pemberat terapung .....	144



143	.....
142	.....
141	.....
140	.....
139	.....
138	.....
137	.....
136	.....
135	.....
134	.....
133	.....
132	.....
131	.....
130	.....
129	.....
128	.....
127	.....
126	.....
125	.....
124	.....
123	.....
122	.....
121	.....
120	.....
119	.....
118	.....
117	.....
116	.....
115	.....
114	.....
113	.....
112	.....
111	.....
110	.....
109	.....
108	.....
107	.....
106	.....
105	.....
104	.....
103	.....
102	.....
101	.....
100	.....
99	.....
98	.....
97	.....
96	.....
95	.....
94	.....
93	.....
92	.....
91	.....
90	.....
89	.....
88	.....
87	.....
86	.....
85	.....
84	.....
83	.....
82	.....
81	.....
80	.....
79	.....
78	.....
77	.....
76	.....
75	.....
74	.....
73	.....
72	.....
71	.....
70	.....
69	.....
68	.....
67	.....
66	.....
65	.....
64	.....
63	.....
62	.....
61	.....
60	.....
59	.....
58	.....
57	.....
56	.....
55	.....
54	.....
53	.....
52	.....
51	.....
50	.....
49	.....
48	.....
47	.....
46	.....
45	.....
44	.....
43	.....
42	.....
41	.....
40	.....
39	.....
38	.....
37	.....
36	.....
35	.....
34	.....
33	.....
32	.....
31	.....
30	.....
29	.....
28	.....
27	.....
26	.....
25	.....
24	.....
23	.....
22	.....
21	.....
20	.....
19	.....
18	.....
17	.....
16	.....
15	.....
14	.....
13	.....
12	.....
11	.....
10	.....
9	.....
8	.....
7	.....
6	.....
5	.....
4	.....
3	.....
2	.....
1	.....

**( halaman ini sengaja dikosongkan )**

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Gradasi agregat halus .....	9
Tabel 2.2 Gradasi agregat kasar .....	10
Tabel 2.3 Kandungan butor halus 0.30 mm dalam 1m <sup>3</sup> beton.....	10
tabel 2.4 ketentuan minimum untuk beton bertulang kedap air.....	11
Tabel 2.5 Persentase Komposisi Semen Portland.....	13
Tabel 2.6 Satuan-satuan yang digunakan dalam analisis fluida .....	16
Tabel 3.1 Batu Pecah Kering Oven 5000 gr .....	40
Tabel 3.2 Lubang Ayakan .....	41
Tabel 3.3 Gradasi Agregat Halus .....	44
Tabel 3.4 Gradasi agregat kasar .....	44
Tabel 3.5 Faktor pengali deviasi standar .....	46
Tabel 3.6 Nilai deviasi standar untuk berbagai tingkat pengendalian mutu pekerjaan.....	46
Tabel 3.7 Perkiraan kuat tekan beton (Mpa) dengan faktor air semen 0.5.....	48
Tabel 3.8 Persyaratan faktor air semen maksimum .....	49
Tabel 3.8.a faktor air semen maksimum untuk beton yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat.....	49
Tabel 3.8.b faktor air semen untuk beton bertulang dalam air.....	50
Tabel 3.9 penetapan nilai slump.....	51
Tabel 3.10 perkiraan kebutuhan air per meter kubik beton.....	51
Tabel 3.11 Kebutuhan semen minimum untuk berbagai pembetonan dan lingkungan khusus .....	52
Tabel 3.11.a Kandungan semen minimum untuk beton yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat.....	53
Tabel 3.11.b Kandungan semen minimum untuk beton	

bertulang dalam air .....	54
Tabel 3.12 Batas gradasi pasir .....	55
Tabel 4.1 Hasil perconaan kelembaban pasir.....	73
Tabel 4.2 Hasil Percobaan berat jenis pasir .....	74
Tabel 4.3 Hasil percobaan air resapan .....	74
Tabel 4.4 Hasil percobaan kebersihan pasir dari bahan Organik .....	75
Tabel 4.5 Hasil percobaan kebersihan pasir terhadap lumpur .....	75
Tabel 4.6 Percobaan kebersihan pasir terhadap lumpur (pencucian) .....	76
Tabel 4.7 Hasil percobaan berat volume pasir .....	76
Tabel 4.8 Hasil percobaann kelembaban batu pecah .....	77
Tabel 4.9 Hasil percobaan berat jenis batu pecah .....	77
Tabel 4.10 Hasil percobaan air resapan batu pecah .....	78
Tabel 4.11 Hasil percobaan kebersihan batu pecah terhadap lumpur (pencucian) .....	78
Tabel 4.12 Hasil percobaan keausan agregat kasar.....	79
Tabel 4.13 Hasil percobaan berat volume batu pecah.....	79
Tabel 4.14 Hasil ayakan pasir.....	80
Tabel 4.15 Hasil ayakn batu pecah .....	82
Tabel 4.16 Hasil ayakan campuran.....	84
Tabel 4.17 Koreksi Proporsi campuran .....	94
Tabel 4.18 Resapan beton kedap air hari ke-7 .....	102
Tabel 4.19 Resapan beton kedap air hari ke-14 .....	103
Tabel 4.20 Resapan beton kedap air hari ke-21 .....	103
Tabel 4.21 Resapan beton kedap air hari ke-28 .....	104
Tabel 4.22 Nilai resapan beton kedap air pada hari ke-7.....	104
Tabel 4.23 Nilai resapan beton kedap air pada hari ke-14.....	105
Tabel 4.24 Nilai resapan beton kedap air pada hari ke-21.....	105
Tabel 4.25 Nilai resapan beton kedap air pada hari ke-28.....	105

Tabel 4.26 Nilai resapan beton kedap air terhadap perkembangan umur dengan kadar semen 450 kg/m <sup>3</sup> .....	110
Tabel 4.27 Nilai resapan beton kedap air terhadap perkembangan umur dengan kadar semen 400 kg/m <sup>3</sup> .....	110
Tabel 4.28 Resapan beton kedap air pada hari ke-28 full curing .....	113
Tabel 4.29 kuat tekan beton kedap air dengan kadar semen 450 kg/m <sup>3</sup> .....	116
Tabel 4.30 kuat tekan beton kedap air dengan kadar semen 400 kg/m <sup>3</sup> .....	117
Tabel 4.31 kuat tekan beton kedap air dengan kadar semen 450 kg/m <sup>3</sup> full curing .....	119
Tabel 4.32 kuat tekan beton kedap air dengan kadar semen 400 kg/m <sup>3</sup> full curing .....	120

130 Tabel 4.26 Nilai respon beton kedap air terhadap perkembangan  
 umur dengan kadar semen 450 kg/m<sup>3</sup> .....

131 Tabel 4.27 Nilai respon beton kedap air terhadap  
 perkembangan umur dengan kadar semen  
 400 kg/m<sup>3</sup> .....

132 Tabel 4.28 Respon umur keliatan pada hari ke-28  
 full curing .....

133 Tabel 4.29 Nilai respon beton kedap air dengan kadar  
 semen 450 kg/m<sup>3</sup> .....

134 Tabel 4.30 Nilai respon beton kedap air dengan kadar  
 semen 400 kg/m<sup>3</sup> .....

135 Tabel 4.31 Nilai respon beton kedap air dengan kadar  
 semen 450 kg/m<sup>3</sup> full curing .....

136 Tabel 4.32 Nilai respon beton kedap air dengan kadar  
 semen 400 kg/m<sup>3</sup> full curing .....

**( halaman ini sengaja dikosongkan )**



## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Grafik hubungan faktor air semen dan kuat tekan rata-rata silinder beton (sebagai perkiraan nilai fas)
- Lampiran 2. Grafik mencari faktor air-semen
- Lampiran 3. Grafik prosentase agregat halus terhadap agregatkeseluruhan untuk ukuran butir maksimum 10 mm
- Lampiran 4. Grafik persentase agregat halus terhadap agregat keseluruhan untuk ukuran butir maksimum 20 mm
- Lampiran 5. Grafik persentase agregat halus terhadap agregat keseluruhan untuk ukuran butir maksimum 40 mm
- Lampiran 6. Grafik hubungan kandungan berat jenis agregat campuran dan berat beton
- Lampiran 7. Makalah Hidropower Elevator
- Lampiran 8. Brosur Sika Sikamemnt LN



## DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Grafik hubungan faktor air sengkot dan hasil belajar matematika siswa (sebagai persentase nilai tes)
- Lampiran 2 Grafik rencana belajar an- screen
- Lampiran 3 Grafik prosentase angket hasil belajar
- Lampiran 4 Grafik prosentase angket hasil belajar matematika
- Lampiran 5 Grafik prosentase angket hasil belajar matematika
- Lampiran 6 Grafik prosentase angket hasil belajar matematika
- Lampiran 7 Grafik prosentase angket hasil belajar matematika
- Lampiran 8 Grafik hubungan kemandirian hasil belajar matematika

( halaman ini sengaja dikosongkan )



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 LATAR BELAKANG

Trend desain hunian pada masa-masa mendatang akan memilih rancangan dengan perluasan secara vertikal. Hal ini dilatarbelakangi oleh jumlah populasi manusia yang terus bertambah yang berpengaruh langsung pada meningkatnya kebutuhan akan ruang hunian serta ruang untuk melakukan aktivitas baik berupa tempat kerja, fasilitas umum, maupun hiburan. Rancangan hunian dengan perluasan vertikal memiliki maksud memberikan ekspansi ruang hunian tanpa terpengaruh kepadatan populasi pada daerah sekitar hunian. Seperti yang pernah dijelaskan dalam mata kuliah Pengantar Ilmu Lingkungan bahwa "hendaknya pembangunan suatu bangunan dilakukan secara vertikal saja, apabila dilakukan secara horizontal atau meluas maka dampaknya lingkungan akan terganggu" (Fifi, 2009). Lift/Elevator pada dasarnya adalah sebuah rakitan sistem katrol sederhana yang menerapkan prinsip kerja hukum mekanika *newtonian*. Sistem katrol dalam lift/elevator diatur sedemikian rupa sehingga dapat digerakkan untuk mengangkut beban berat dengan tenaga yang cukup kecil. Mesin ini disebut Mesin *Attwood* Prinsip kerja mesin inilah yang umumnya digunakan pada lift-lift modern (Giancoli, 1998). Akan tetapi elevator-elevator yang dipasang pada bangunan-bangunan modern tersebut tidak cukup hanya menerapkan konsep sederhana ini. Perancangan, instalasi, maupun operasionalnya tentu lebih rumit dan modern, sehingga mengharuskan pemesan/pengguna membayar biaya mahal baik untuk biaya pembelian, instalasi maupun operasionalnya (www.howstuffworks.com/howelevatorworks, 2006). Akibatnya kalangan rumah tangga yang memiliki anggaran terbatas tidak akan dapat menjangkau produk teknologi ini. Solusi atas kebutuhan kalangan rumah tangga ini bisa ditempuh dengan jalan memanfaatkan bentuk-bentuk energi yang ada di sekitar. Untuk



kalangan rumah tangga akan lebih menguntungkan apabila mempergunakan energi-energi yang bisa didapat dari lingkungan sekitar.

Oleh karena itu HidroPower Elevator adalah solusi atas kedua masalah di atas. Hidropower Elevator adalah sebuah fasilitas transportasi naik-turun serupa lift yang memanfaatkan sifat/property air sebagai tenaga penggerak. Mekanisme Hidropower Elevator menerapkan prinsip hukum mekanika dasar newtonian pada sistem katrol dan hidromekanika sebagai prinsip pembangkit tenaganya. Gaya-gaya yang bekerja, yakni gaya berat (gravitasi) dan gaya apung air (buoyancy) akan dikombinasikan dan dikendalikan sedemikian rupa hingga didapatkan gaya resultan yang digunakan untuk menaikkan dan menurunkan kotak penumpang/lift. Dengan demikian, bentuk pembangkit tenaga pada elevator ini merupakan salah satu usaha pemanfaatan bentuk energi baru yang memanfaatkan potensi energi dari lingkungan sekitar. Dengan memanfaatkan air sebagai tenaga pembangkit yang mudah diperoleh dan diaplikasikan, maka kalangan rumah tangga ataupun masyarakat pada umumnya tidak akan merasakan cukup kesulitan dalam menerapkan alat ini. Sehingga nantinya alat ini diharapkan dapat diterapkan lebih luas pada masyarakat umum, ataupun dapat dijadikan sistem pembangkit tenaga yang lebih murah untuk keperluan usaha. Dan juga alat ini seharusnya digunakan pada bangunan-bangunan saat ini karena dengan digunakannya hidropower elevator ini akan membantu para orang-orang cacat untuk berpindah dari lantai satu ke lantai yang lainnya. Sudah saatnya kita sesama manusia memikirkan saudara kita yang tidak sempurna.

Pada kenyataannya alat ini belum direalisasikan secara nyata dan masih berupa prototype. Mekanisme kerja alat ini seperti yang sudah dijelaskan di atas tergantung pada gaya gravitasi dan gaya apung air (buoyancy), untuk menggabungkan kedua gaya tersebut dalam satu benda maka diciptakanlah sebuah benda yang mempunyai gaya-gaya tersebut. Benda ini yang kami sebut dengan **pemberat terapung**, yakni pemberat yang

mempunyai sifat berat tetapi terapung di air. pemberat terapung inilah komponen yang vital bagi kinerja Hidropower elevator, material yang kita pakai untuk membuat pemberat terapung ini kami titik beratkan pada material beton, kenapa kami memakai beton? karena material ini mudah dibuat dan relatif murah.

## 1.2 PERUMUSAN MASALAH

Adapun perumusan masalah yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

### Permasalahan utama:

Bagaimana cara menciptakan pemberat terapung yang berasal dari beton yang mempunyai sifat berat, terapung di air, dan stabil terhadap gelombang air dan guncangan ?

### Detail Permasalahan :

1. Perhitungan serta rumus-rumus apa sajakah yang di butuhkan dalam pembuatan pemberat terapung ini?
2. Penentuan jenis-jenis material apa sajakah yang digunakan sehingga terpenuhinya semua kriteria yang harus dimiliki pemberat terapung tersebut yakni bersifat berat, terapung di air dan stabil?
3. Komposisi apa sajakah yang paling efektif untuk memperoleh beton kedap air yang digunakan pada percobaan?
4. Bagaimana cara menentukan perbandingan prorposisi setiap jenis material yang akan digunakan untuk membuat pemberat terapung tersebut?
5. Bagaimana cara metode pelaksanaan saat pekerjaan pembuatan pemberat terapung?
6. Uji coba apa saja yang akan dilakukan pada saat pengujian pemberat terapung ?

## 1.3 TUJUAN TUGAS AKHIR

Dari permasalahan yang ada di atas, adapun tujuan yang hendak dicapai dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

### Tujuan Utama

Terciptanya pemberat terapung yang berasal dari beton yang mempunyai sifat berat, terapung di air, dan stabil terhadap gelombang air dan guncangan dan dapat menyempurnakan riset dan merealisasikan Hidropower elevator secara nyata dan material ini dapat dijadikan alternatif yang baru dan mempunyai kegunaan yang baru pula.

### Tujuan Detail :

1. Mengetahui rumus apa saja yang menunjang pembuatan pemberat terapung ini.
2. Mengetahui jenis-jenis material apa saja yang dibutuhkan dalam pembuatan pemberat terapung ini.
3. Mengetahui komposisi yang paling efektif dalam pembuatan beton kedap air yang digunakan pada percobaan.
4. Mengetahui perbandingan proporsi setiap jenis material yang akan digunakan untuk membuat pemberat terapung ini.
5. Mengetahui metode pelaksanaan pembuatan dan Membuat pemberat terapung ini.
6. Mengetahui uji coba apa saja yang akan dilakukan dalam pengujian pembuatan pemberat terapung ini.

### **1.4 BATASAN MASALAH**

Adapun batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Penggunaan Material utama pemberat terapung berasal dari material beton.
2. Penelitian hanya dititik beratkan pada pendesainan pemberat terapung.
3. Pembuatan benda yang diciptakan hanya berupa prototype yang berskala.
4. Penggunaan benda uji beton kedap air sebanyak 6 buah.

5. Pemodelan pemberat terapung berbentuk kubus bidang alas bujur sangkar dengan sisi  $S$  dan tinggi  $1.5 S$

### **1.5 MANFAAT TUGAS AKHIR**

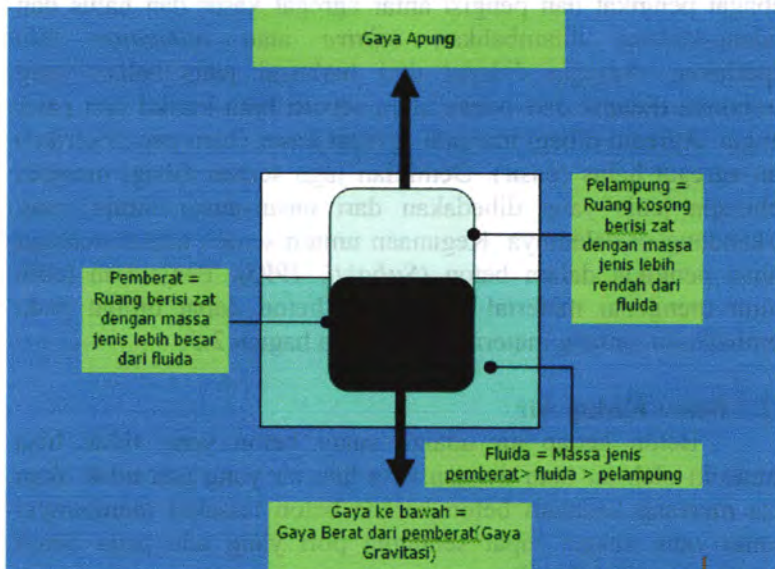
Dari penelitian tugas akhir ini diharapkan di masa depan terdapat suatu hal baru yang bisa dihasilkan dengan menggunakan pemberat terapung, seperti yang sudah ada dalam benak kami misalnya pulau terapung, dan jembatan ponton dimana keduanya menggunakan pemberat terapung dalam skala yang besar. Dan diharapkan juga adanya pengembangan benda ini setelah penelitian tugas akhir ini.



## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 PEMBERAT TERAPUNG

Desain pemberat terapung dibuat terdiri dari dua bagian, bagian atas-bagian bawah. Bagian bawah didesain dengan material bermassa jenis cukup besar (logam, beton). Sedangkan bagian atas disediakan ruang kosong tertutup berisi udara. Desain ini dimaksudkan untuk menjaga pemberat-apung tetap berada stabil di permukaan air. Dengan pemahaman bahwa massa yang besar akan mengakibatkan gaya berat ke arah bawah, sedangkan ruang kosong berisi udara akan mengapungkan (membuat gaya apung) yang mengarah ke atas. Jika kedua gaya berlawanan arah ini seimbang, maka pemberat apung akan tetap stabil berada di permukaan air.



**Gambar 2.1** Bagian-bagian dan Gaya-gaya pada Pemberat Terapung. (Sumber : Hidropower Elevator sebagai Media Transportasi Naik-Turun dengan Tenaga Air oleh Radikal dan Aulia (2007))

Secara sederhana untuk menaikkan dan menurunkan box ini, cukup dengan mengisi dan menguras air yang ada dalam tandon pembangkit. Hal ini disebabkan oleh terjadinya interaksi antara gaya gravitasi dan gaya apung yang bekerja pada beban pengendali dalam tandon tersebut. Demikian sebaliknya, untuk menurunkan kotak penumpang, dilakukan dengan mengisi air dalam tandon pengendali tersebut, dengan pengaturan isi-kuras air maka sistem pergerakan katrol dapat dikendalikan dengan mengisi dan menguras tandon pengendali. Inilah kunci pembangkitan tenaga pada prinsip kerja HidroPower Elevator (Radikal, 2007).

## 2.2 BETON

Beton merupakan bahan gabungan yang terdiri dari agregat kasar dan halus yang dicampur dengan air dan semen sebagai pengikat dan pengisi antar agregat kasar dan halus dan kadang-kadang ditambahkan *aditive* atau *admixture* bila diperlukan. Agregat didapat dari berbagai jenis bahan yang umumnya didapat dari bahan alam seperti batu kerikil dan pasir sungai. Agregat dibagi menjadi agregat kasar (batu pecah/kerikil) dan agregat halus (pasir). Demikian juga semen dibagi menjadi beberapa jenis yang dibedakan dari unsur-unsur kimia yang terkandung di dalamnya. Kegunaan umum semen adalah sebagai bahan pengikat dalam beton (Subakti, 1995). Penjelasan lebih lanjut mengenai material pembentuk beton dapat dilihat pada pembahasan tentang material beton pada bagian 2.3.

### 2.2.1 Beton Kedap Air

Beton kedap air adalah suatu beton yang tidak bisa dimasuki oleh air atau dengan kata lain air yang ada tidak akan bisa meresap kedalam beton karena beton tersebut mempunyai ikatan yang sangat rapat sehingga pori yang ada pada beton tersebut sangatlah kecil.

Penggunaan beton kedap air biasanya digunakan pada struktur yang berkontak langsung dengan air misalnya lift pit,

sump pit, dinding basement, tangki penyimpan air atau kolam renang, dan lain-lain. Pada beton kedap air sifat permeabilitas beton lebih penting daripada kekuatannya itu sendiri dan permeabilitas beton itu sendiri berpengaruh terhadap durabilitas struktur beton, dimana dapat menahan masuknya senyawa kimia yang dapat merusak beton. Permeabilitas beton dipengaruhi oleh antara lain faktor air-semen, kadar semen, kondisi lingkungan sekitar dan material pembuat beton itu sendiri.

Metode yang dilakukan untuk menghasilkan beton kedap air sangat bervariasi yaitu dengan cara pelapisan lapisan luar (coating), metode kristalisasi atau penambahan aditif dimana terjadi hidrasi lanjutan pada beton, dan lain-lain. Penambahan aditif kristalisasi mempunyai efek yang signifikan dalam mengurangi permeabilitas dari beton dibandingkan dengan beton tanpa campuran.

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa peningkatan faktor air-semen membuat beton semakin permeabel dan seiring dengan meningkatnya umur beton, permeabilitasnya berkurang (Susanto, 2006).

Menurut SNI 03-2914-1990 bahan yang digunakan untuk beton kedap air adalah :

1. Semen dengan tipe sebagai berikut :
  - a. Semen Portland tipe I – V
  - b. Semen Portland-pozolan (SPP)
2. Agregat dengan mutu memenuhi standard yang berlaku dan gradasi agregat harus memenuhi ketentuan pada tabel 2.1 dan tabel 2.2

**Tabel 2.1 Gradasi Agregat Halus**

AYAKAN (mm)	BATAS % BERAT YANG LEWAT AYAKAN			
	UMUM	KHUSUS		
		KASAR	SEDANG	HALUS
10.00	100	-	-	-
5.00	89-100	-	-	-
2.36	60-100	60-100	65-100	80-100



1.18	30-100	30-90	45-100	70-100
0.60	15-100	15-54	25-80	55-100
0.30	5-70	5-40	5-48	5-70
0.15	0-15			

**Tabel 2.2** Gradasi Agregat Kasar

AYAKAN (mm)	% BERAT YANG LEWAT AYAKAN		
	UKURAN NOMINAL AGREGAT		
	40-5 mm	20-5 mm	10-5 mm
50.0	100		
37.5	95-100	100	100
20.0	35-70	85-100	90-100
10.0	10-40	0-25	50-85
5.0	0-5	0-5	0-10

3. Air dengan mutu sesuai ketentuan yang berlaku
4. Bahan tambahan harus sesuai dengan ketentuan yang berlaku

Proporsi material campuran beton kedap air harus memenuhi ketentuan pada tabel 2.3 dan tabel 2.4

**Tabel 2.3** Kandungan Butir Halus 0,30 mm dalam 1m<sup>3</sup> Beton

Ukuran Nominal Maksimum Butir Agregat (mm)	Minimum Kandungan Butir Halus dalam 1m <sup>3</sup> Beton (kg/m <sup>3</sup> )
10	520
20	450
40	400

Tabel 2.4 Ketentuan Minimum untuk Beton Bertulang Kedap Air

Jenis Beton	Kondisi Lingkungan Berhubungan Dengan	Faktor Air Semen Maksimum	Tipe Semen	Kandungan Semen Minimum (kg/m <sup>3</sup> ) Ukuran Nominal Maksimum Agregat	
				400mm	200mm
Bertulang	Air Tawar	0,5	Tipe I-V	280	300
	Air Payau	0,45	Tipe I + Pozolan (15-40%) atau Semen Portland Pozolan	340	380
		0,5	Tipe II atau Tipe V	290	330
	Air Laut	0,45	Tipe II atau Tipe V	330	370

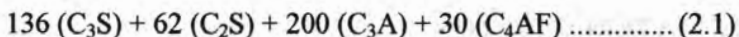
## 2.3 MATERIAL BETON

### 2.3.1 Semen Portland (*Portland Cement*)

Semen atau dalam hal ini adalah semen hidrolik merupakan suatu bahan pengikat yang mengeras jika bereaksi dengan air serta menghasilkan produk yang tahan air. Salah satu contoh dari semen hidrolik adalah semen portland. Sebagai bahan pengikat (*bonding materials*) dalam pembuatan beton, semen portland memegang peranan penting karena selain akan menentukan kuat tekan beton yang dihasilkan juga dapat

memberikan indikasi apakah beton cukup tahan terhadap lingkungan agresif, pengaruh cuaca, dan sebagainya.

Semen portland dibuat dari serbuk halus mineral kristalin yang berkomposisi utama kapur ( $\text{CaO}$ ) dan silika ( $\text{SiO}_2$ ). Selain itu sering juga ditambahkan bahan-bahan lainnya seperti alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), oksida besi ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) dan oksida magnesium ( $\text{MgO}$ ). Berat jenis semen portland berkisar antara 3,12 sampai 3,16 dan berat volume satu sak semen adalah 94 lb/ft<sup>3</sup> (Nawi, 1985). Mineral-mineral semen portland secara individu masing-masing mempunyai sifat-sifat tersendiri mengenai waktu hidrasi, perkembangan kekuatan tekan, perkembangan panas hidrasi dan sebagainya. Dengan mengadakan variasi-variasi dalam proporsi komponen-komponen karakteristiknya serta derajat kehalusan bahan semen (*klinker*), terbuka kemungkinan untuk untuk mengubah sifat-sifat semen portland sehingga lebih cocok bagi penggunaan pada keadaan-keadaan khusus. Seperti misalnya yang kita kenal terdapat lima tipe semen portland yaitu tipe I, II, III, IV, V sesuai dengan klasifikasi yang ditentukan oleh ASTM. Apabila semen bereaksi dengan air maka akan timbul panas hidrasi. Proses kimiawi ini berupa rekristalisasi dalam bentuk *interlocking-crystals* sehingga membentuk gel semen (pasta semen) yang akan mempunyai kuat tekan tinggi apabila mengeras. Banyaknya panas hidrasi untuk 1 gram bahan dalam kalori per gram pada saat terjadi hidrasi adalah :



Komponen  $\text{C}_3\text{S}$  dan  $\text{C}_3\text{A}$  menghidrasi cukup cepat, sedangkan  $\text{C}_2\text{S}$  dan  $\text{C}_4\text{AF}$  menghidrasi lebih lambat serta mengeluarkan panas hidrasi yang rendah (diambil dari buku teknologi bton dalam praktek karangan Subakti, 1995).

*Tabel 2.5 Persentase Komposisi Semen Portland*

Tipe ASTM	Penggunaan	karakteristik	Persentase (%)			
			C <sub>3</sub> S	C <sub>2</sub> S	C <sub>3</sub> A	C <sub>4</sub> AF
<b>Tipe I</b> Standar	Bangunan-bangunan beton biasa	-	53	24	8	8
<b>Tipe II</b> Modifikasi panas hidrasi, ketahanan terhadap sulfat sedang	Pembetonan masas dan biasa	-	50	32	8	12
<b>Tipe III</b> Cepat mengeras, kekuatan awal tinggi	Pembetonan di musim dingin	-	58	16	8	8
<b>Tipe IV</b> Panas hidrasi rendah	Pembetonan masal	Mempunyai kadar C <sub>3</sub> A dan C <sub>3</sub> S yang tinggi	26	54	2	12
<b>Tipe V</b> Tahan terhadap sulfat	Air mengandung sulfat atau air di laut	Kadar C <sub>3</sub> A dan C <sub>3</sub> S rendah	50		8	
Semen Putih	Beton putih khusus	Kadar C <sub>3</sub> A, C <sub>4</sub> AF dan MgO rendah	51	26	11	1

*(sumber : Teknologi Beton Dalam Praktek oleh Aman Subakti (1995))*

### 2.3.2 Agregat

Agregat sebagai bahan pengisi dalam pembuatan beton mempunyai peranan penting karena beberapa fungsi yang dimiliki diantaranya adalah untuk menambah kekuatan, mengurangi penyusutan, dan mengurangi penggunaan semen. Mutu agregat sangat menentukan kualitas beton yang dihasilkan, oleh karena itu harus dilakukan pengendalian mutu (*quality control*) sebelum digunakan sebagai bagian dari jaminan mutu (*quality assurance*) terhadap beton yang akan dihasilkan (*Lasino dan Andriati, 2003*).

Pada beton biasanya terdapat 60% sampai 80% volume agregat. Agregat ini harus bergradasi sedemikian rupa sehingga seluruh massa beton dapat berfungsi sebagai benda yang utuh, homogen dan rapat. Agregat yang berukuran kecil berfungsi sebagai pengisi celah yang ada diantara agregat berukuran besar (*Nawi, 1985*).

Agregat menurut besar diameternya dibedakan mejadi :

1. Agregat kasar, bila ukuran butirnya melebihi  $\frac{1}{4}$  in (6 mm). Contoh dari agregat kasar adalah kerikil dan batu pecah.
2. Agregat halus, bila ukuran diameternya lebih kecil dari  $\frac{1}{4}$  in.

Karena agregat merupakan bahan yang terbanyak di dalam beton, maka semakin banyak persen agragat dalam campuran akan semakin murah harga beton. Dengan syarat campurannya masih cukup mudah dikerjakan untuk elemen struktur yang memakai beton tersebut.

#### 2.3.2.1. Agregat Halus/Pasir

Dari pertimbangan workabilitas, proporsi tertentu untuk agregat halus harus diperhitungkan. Dari 2-10% agregat halus harus lolos ayakan no. 100 (0.15) dan 10-30% harus lolos ayakan no. 50 (0.3 mm). Agregat halus dapat berupa pasir alami atau pasir buatan dari proses pemecahan batu gunung. Pasir harus memenuhi syarat SNI 03-1750-1990. Agregat halus harus bersih

dari kotoran organik dengan kandungan lumpur maksimum 5,0 %, mempunyai gradasi yang baik, keras, kekal dan stab.

### **2.3.2.2. Agregat Kasar/Kerikil**

Kerikil harus memenuhi syarat SNI 03-2847-2002 pasal 5.3 tentang spesifikasi agregat untuk beton, dengan kadar lumpur maksimal 1,0 %. Penggunaan agregat kasar terbesar mungkin merupakan pertimbangan yang penting jika optimasi modulus elastisitas, rangkak (creep), dan susut kering (drying shrinkage) merupakan hal penting.

### **2.3.3. Air**

Air yang dimaksud disini adalah air sebagai bahan pembantu dalam konstruksi bangunan yang meliputi kegunaannya untuk pembuatan dan perawatan beton, pemadaman kapur, pembuatan adukan pasangan dan plesteran dan sebagainya. Air harus memenuhi persyaratan SNI 03-2847-2002 pasal 5.4.1.

Air diperlukan dalam pembuatan beton agar terjadi reaksi kimiawi dengan semen, untuk membasahi agregat dan untuk pelumas campuran agar mudah pengerjaannya. Karena karakter pasta semen merupakan hasil reaksi kimia antara semen dan air, maka bukan perbandingan jumlah air terhadap total (semen + agregat halus + agregat kasar ) yang menentukan, melainkan hanya perbandingan antara air dan semen yang menentukan. Nilai perbandingan ini disebut dengan faktor air-semen. Air yang berlebihan akan menyebabkan banyaknya gelembung setelah proses hidrasi selesai, yang kemudian gelembung-gelembung ini akan menyebabkan adanya rongga-rongga udara sehingga beton menjadi keropos. Sedangkan air yang terlalu sedikit akan menyebabkan proses hidrasi tidak seluruhnya selesai, sehingga berakibat beton yang dihasilkan akan kurang kekuatannya (*Nawi, 1985*).

### 2.3.4. Bahan Tambahan

Bahan tambahan untuk beton dapat berupa bahan kimia (*chemical admixtures*) atau bahan mineral (*mineral admixtures*) yang dicampurkan kedalam adukan beton untuk memperoleh sifat-sifat khusus dari beton seperti kemudahan pengerjaan, waktu pengikatan, pengurangan air pencampur, peningkatan keawetan dan sifat lainnya. Penggunaan bahan tambahan ini harus mengacu pada SNI 03-2847-2002 pasal 5.6.

## 2.4 HIDRODINAMIKA

*Hidromekanika* adalah cabang ilmu yang mempelajari keseimbangan dan gerakan zat alir yang di dalamnya dipelajari sifat-sifat fisik zat cair, karakteristik luar serta pengaruh statis dan dinamis zat alir tersebut, baik dalam kondisi diam maupun bergerak. *Hidrostatika* adalah ilmu yang mempelajari keseimbangan gaya dalam atau di permukaan air. *Hidronamika* adalah ilmu yang mempelajari tentang gerakan air dan gaya yang ditimbulkannya. *Hidrolika* adalah ilmu terapan dari hidrodinamika, sifatnya empiris, problem 3 dimensi dalam hidrodinamika sering hanya dipandang sebagai fenomena 2 dimensi. Dalam hidrolika juga dipelajari koefisien-koefisien aliran yang diperoleh dari studi empiris melalui eksperimen. Fluida ( zat alir ) adalah zat yang dapat mengalir, *misalnya zat cair dan gas*. Fluida dapat digolongkan dalam dua macam, yaitu fluida statis dan dinamis. Untuk menganalisa sistem fluida diperlukan satuan-satuan sebagai berikut

*Tabel 2.6 Satuan-satuan yang digunakan dalam analisis fluida*

SATUAN	SIMBOL	SI
Panjang	L	Meter
Massa	M	Kg
Waktu	T	Second
Luas	A	Meter <sup>2</sup>

Volume	V	Meter <sup>3</sup>
Debit	Q	Meter <sup>3</sup> /second
Gaya	F	Newton
Tekanan	P	N/m <sup>2</sup>
Diameter pipa	D	Meter
Kedalaman	h	meter
Kecepatan aliran	v	M/s
Percepatan	a	m/s <sup>2</sup>
Gravitasi	G	m/s <sup>2</sup>
Gaya Berat	W	Newton
Gaya Angkat	F <sub>b</sub>	Newton
Massa Jenis	Rho	kg/m <sup>3</sup>

Hidrostatika adalah ilmu yang mempelajari keseimbangan gaya dalam atau di permukaan air. Tekanan hidrostatik ( $P_h$ ) adalah tekanan yang dilakukan zat cair pada bidang dasar tempatnya. Untuk mempermudah analisa fluida, diasumsikan fluida dalam keadaan ideal, yakni:

- Tidak bisa ditekan hingga berubah volumenya (**incompressible**).
- Tidak ada gesekan
- Memiliki tegangan tekan dan tidak memiliki tegangan tarik.

Tekanan hidrostatik pada bidang datar harus dalam keadaan berikut:

- Gaya-gaya yang bekerja dalam zat cair harus dalam keadaan seimbang.
- Tekanan ke segala arah sama
- Tekanan tergantung pada massa jenisnya p



### 2.4.1 Hukum Pascal dan Tegangan Permukaan

Tekanan yang dilakukan pada zat cair akan diteruskan ke semua arah sama.

$$P_1 = P_2 \quad ; \quad F_1/A_1 = F_2/A_2 \quad \dots\dots\dots (2.2)$$

$$Q = v \cdot A \quad \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana : P = Tekanan pada zat cair

F = Gaya

A = Luas Permukaan

Tegangan permukaan (  $g$  ) adalah besar gaya (  $F$  ) yang dialami pada permukaan zat cair persatuan panjang( $l$ )

$$g = F / 2l \quad \dots\dots\dots (2.4)$$

### 2.4.2 Gaya Apung (Buoyancy)

Sebuah benda mengapung di atas suatu cairan yang tenang mengalami dua resultan gaya vertikal. Dua resultan gaya tersebut adalah gaya tekan ke atas yang mengarah ke atas dan berat benda itu sendiri mengarah ke bawah. Resultan gaya tekan air ke atas berupa suatu gaya yang mengarah ke atas dan melewati titik tekan air ke atas dan resultan dari gaya berat benda itu sendiri mengarah ke bawah dan melewati titik berat benda. Ketika sebuah benda dianggap berada dalam keseimbangan resultan gaya-gaya tersebut harus sama besarnya tetapi berlawanan arah dan berada pada satu garis vertikal.

Gaya tekan air ke atas sama dengan berat cairan yang dipindahkan oleh suatu benda ketika benda tersebut ditempatkan pada cairan dan resultan gaya ini bekerja secara vertikal ke atas pada sebuah titik yang disebut titik tekan air atau titik berat cairan yang dipindahkan. Volume benda yang berada di bawah permukaan air ini jika dikonversikan ke berat cairan yang dipindahkan dalam satuan ton disebut pemindahan air/displaemen. Akibat adanya gaya ke atas (  $F_a$  ), berat benda di dalam zat cair (  $W_z$  ) akan berkurang menjadi:



$$W_z = W - F_a \dots\dots\dots (2.5)$$

Dimana :  $F_a$  = Gaya ke atas

$W_z$  = berat benda di dalam zat cair

(Sumber: Kemantapan Benda Terapung oleh Lucky Lukman ( ))

### 2.4.3 Massa jenis

Massa Jenis adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Semakin tinggi massa jenis suatu benda, maka semakin besar pula massa setiap volumenya. Massa jenis rata-rata setiap benda merupakan total massa dibagi dengan total volumenya. Sebuah benda yang memiliki massa jenis lebih tinggi (misalnya besi) akan memiliki volume yang lebih rendah daripada benda bermassa sama yang memiliki massa jenis lebih rendah (misalnya air). Satuan SI massa jenis adalah kilogram per meter kubik ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ). Rumus untuk menentukan massa jenis adalah

$$\rho = \frac{m}{V} \dots\dots\dots (2.6)$$

dengan

$\rho$  adalah massa jenis,

$m$  adalah massa,

$V$  adalah volume.

Satuan massa jenis lainnya adalah: gram per centimeter kubik ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ).  $1 \text{ g}/\text{cm}^3 = 1000 \text{ kg}/\text{m}^3$ . Massa jenis air murni adalah  $1 \text{ g}/\text{cm}^3$  atau sama dengan  $1000 \text{ kg}/\text{m}^3$

Tiga keadaan benda di dalam zat cair:

a. tenggelam:  $W > F_a$  ;  $\rho_b > \rho_z$

b. melayang:  $W = F_a$  ;  $\rho_b = \rho_z$

c. terapung:  $W = F_a$  ;  $\rho_b \cdot V = \rho_z \cdot V'$  ;  $\rho_b < \rho_z$

$W$  = berat benda

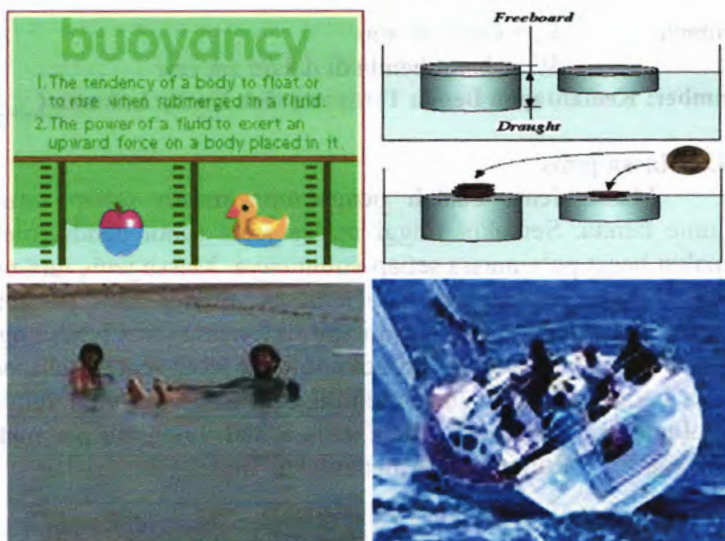
$F_a$  = gaya ke atas =  $\rho_z \cdot V' \cdot g$

$\rho_b$  = massa jenis benda

$\rho_z$  = massa jenis fluida

$V$  = volume benda

$V'$  = volume benda yang berada dalam fluida



Gambar 2.2 Gaya apung dalam kehidupan sehari-hari

#### 2.4.4 Prinsip Archimedes

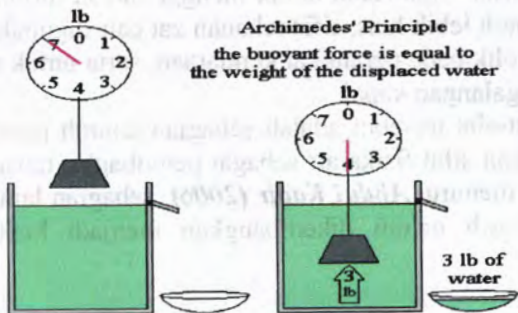
Benda di dalam zat cair akan mengalami pengurangan berat sebesar berat zat cair yang dipindahkan. Pengurangan berat ini terjadi karena adanya gaya apung yang disebabkan fluida. Gaya apung terjadi karena tekanan pada fluida. Dengan demikian tekanan ke atas pada permukaan bawah benda yang dibenamkan lebih besar dari tekanan ke bawah pada permukaan atasnya. Untuk melihat efek ini, sebuah silinder dengan ketinggian  $h$  yang ujung atasnya dan bawahnya memiliki luas  $A$  dan terbenam seluruhnya dalam fluida dengan massa jenis  $\rho_F$  seperti ditunjukkan gambar di bawah ini. Fluida memberikan tekanan  $P_1 = \rho_F g h_1$  di permukaan atas silinder. Gaya yang disebabkan oleh tekanan bagian atas silinder ini adalah  $F_1 = P_1 A = \rho_F g h_1 A$  dan menuju ke bawah. Dengan cara yang sama fluida memberikan gaya yang sama dengan  $F_2 = P_2 A = \rho_F g h_2 A$ . Gaya total yang disebabkan

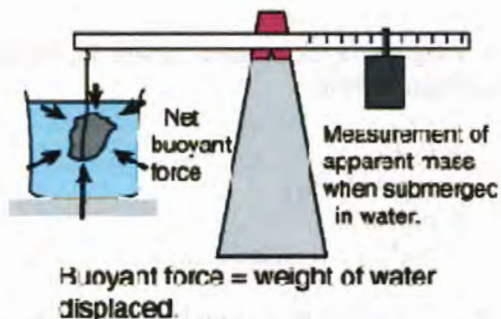
tekanan fluida yang merupakan gaya apung  $F_B$  bekerja ke atas dengan besar sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 F_B &= F_2 - F_1 \\
 &= \rho_{FG} A (h_2 - h_1) \\
 &= \rho_{FG} Ah \\
 &= \rho_{FG} V \dots\dots\dots (2.7)
 \end{aligned}$$

- Dimana :
- $F_B$  = Gaya total yang bekerja ke atas
  - $F_1$  = Gaya yang bekerja ke atas
  - $F_2$  = Gaya yang bekerja ke bawah
  - $\rho_F$  = Massa jenis fluida
  - $h$  = Tinggi benda yang ditinjau

Dimana  $V = Ah$  merupakan volume silinder. Karena  $\rho_F$  adalah massa jenis fluida, hasil kali  $\rho_{FG} V = m_{FG}$  merupakan berat fluida yang mempunyai volume yang sama dengan volume silinder. Dengan demikian, gaya apung pada silinder sama dengan berat fluida yang dipindahkan oleh silinder. Hasil ini valid tidak bergantung pada bentuk bendanya. Dan hukum ini disebut sebagai hukum Archimedes: "*Gaya apung yang bekerja pada benda yang dimasukkan dalam luida sama dengan berat fluida yang dipindahkannya*"



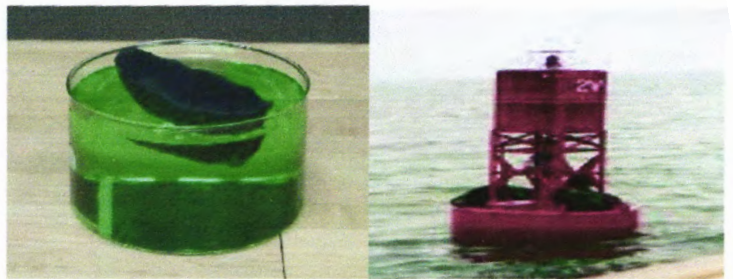


**Gambar 2.3** Prinsip Archimides, Gaya Apung = Berat yang dipindahkan

## 2.5 HIDROPOWER

*Hidropower* (*Hydro*=air; *Power*=tenaga) adalah sebuah sistem pembangkit tenaga yang memanfaatkan sifat fisika air sebagai tenaga pembangkitnya. Perlu dibedakan pengertian antara tenaga air dan bahan bakar air. Bahan bakar air berarti menggunakan sifat kimia dari air untuk membangkitkan tenaga. Sedangkan tenaga air berarti tenaga yang bisa dihasilkan oleh air karena sifat/karakteristik fisika-nya (*Linsley, 1996*). Contoh sifat fisika air adalah air memiliki sifat potensial, air mengalir dari tempat yang lebih tinggi ke tempat yang lebih rendah. Sebagai contoh PLTA memanfaatkan sifat fisika air untuk membangkitkan energi listrik. Sifat fisika air yang berbentuk energi potensial digunakan untuk menggerakkan turbin generator PLTA. Contoh lebih luas, sifat tekanan zat cair digunakan sebagai pompa hidrolik pada perangkat kendaraan, serta untuk menaikkan kapal pada galangan kapal.

Alat-alat tersebut adalah sebagian contoh peralatan yang memanfaatkan sifat fisika air sebagai penmbagkit tenaga. Namun sayangnya, menurut *Abdul Kadir (2006)*, sebagian lain dari sifat-sifat air masih belum dikembangkan menjadi bentuk energi alternatif.



**Gambar 2.4** Sifat fisika air yang dapat dijadikan sumber tenaga

(Mulyasari, 2012: 10)



**( halaman ini sengaja dikosongkan )**

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

Metodologi adalah suatu langkah kerja yang dilakukan untuk mengerjakan sesuatu hal yang akan dicapai, metodologi ini sangat diperlukan dalam sebuah penelitian. Hal ini penting agar penelitian yang dilakukan dapat lebih terarah sehingga hasil yang didapatkan bisa lebih optimum. Adapun metodologi penelitian yang akan di lakukan dalam penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

#### **3.1 LANGKAH-LANGKAH PENELITIAN**

- a. Penentuan Ide Penelitian
- b. Penentuan Judul Penelitian
- c. Studi Pustaka
- d. Menentukan Diagram Alir Penelitian
- e. Menentukan Rancangan Penelitian
- f. Persiapan Alat dan material
- g. Pembuatan Benda
- h. Pengujian Benda eksperimen
- i. Analisa Hasil eksperimen
- j. Penentuan Kesimpulan
- k. Presentasi
- l. Revisi Laporan

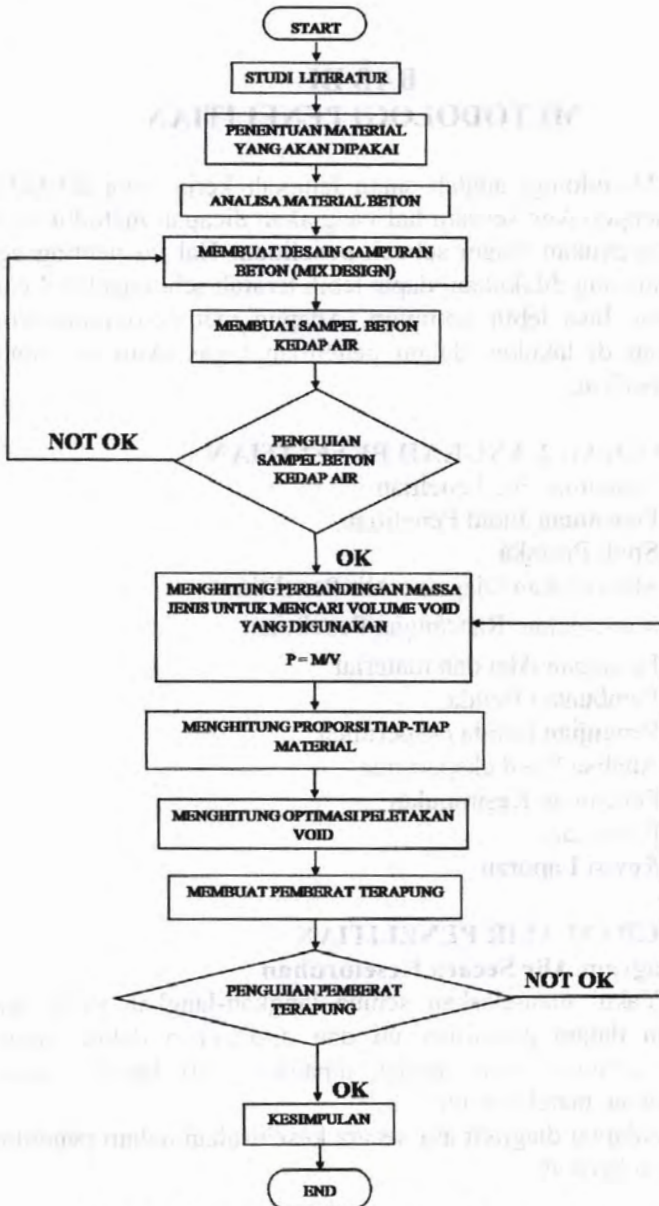
#### **3.2 DIAGRAM ALIR PENELITIAN**

##### **3.2.1 Diagram Alir Secara Keseluruhan**

Yakni menjelaskan semua langkah-langkah yang akan dilakukan dalam penelitian ini dan dituangkan dalam bentuk diagram sehingga akan mudah dipahami pola berpikir dalam mengerjakan penelitian ini

Adapun diagram alir secara keseluruhan dalam penelitian ini sebagai berikut:





Gambar 3.1. Diagram Alir Secara Keseluruhan

### 3.3 RANCANGAN DAN INSTRUMEN PENELITIAN

Penelitian dimulai dengan studi literatur dari sumber yang berkaitan dengan penelitian ini, antara lain dari referensi-referensi buku, maupun jurnal-jurnal penelitian yang sudah dilakukan. Setelah didapatkan data-data yang diperlukan dalam penelitian maka kita melakukan pemilihan material-material apa sajakah yang digunakan.

Tahap selanjutnya adalah pengujian berat jenis tiap-tiap material dan pengetesan kelayakan material sebagai material pembuatan beton yang layak dipakai sehingga mendapatkan beton yang bermutu. Pengujian dilakukan dengan tujuan mengetahui berat jenis beton dan mendapatkan beton bermutu yang akan digunakan sebagai pemberat terapung.

Setelah menganalisa berat jenis beton maka dilakukan pembuatan sampel beton kedap air dan beton tersebut akan diuji kelayakan beton kedap air setelah didapat beton kedap air yang baik dilanjutkan dengan pendesaianan pemberat terapung yang meliputi penghitungan berdasarkan hukum buoyancy dimana suatu benda apabila ingin mengapung di air maka massa jenis benda tersebut harus lebih kecil dari massa jenis air. Jadi massa jenis beton harus dikecilkan melebihi massa jenis air apabila beton tersebut ingin terapung. Dari pengecilan massa jenis tersebut maka di ambil solusi beton tersebut harus ditambah volumenya. Sebelum membuat pemberat terapung terlebih dahulu menentukan langkah-langkah apa saja yang perlu dilakukan agar memenuhi semua spek yang diinginkan dan setelah itu diterapkan dalam pelaksanaan pembuatan pemberat terapung ini. Dan jadilah beton sebagai pemberat terapung untuk hidropower elevator.

#### 3.3.1 Penentuan Judul

Penentuan Judul didasarkan atas perkembangan teknologi beton dan kemajuan teknologi akan elevator dalam hal ini adalah *Beton kedap air Sebagai Pemberat Terapung Untuk Hidropower Elevator*.

### 3.3.2 Tinjauan Pustaka

Tinjauan pustaka didasarkan pada jurnal-jurnal terbaru yang bersesuaian dengan judul seperti yang telah diuraikan di Sub Bab 3.3.1.

### 3.3.3 Persiapan Material

Material untuk membuat campuran beton yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

a. Semen

Semen yang akan digunakan adalah semen portland pozolan produksi dari PT. Semen Gresik, dengan standar

b. Pasir

Pasir yang digunakan yakni pasir yang dipakai dalam produksi beton oleh PT. Varia Usaha Beton.

c. Kerikil / Batu Pecah

Batu pecah yang digunakan diambil dari PT. Varia Usaha Beton.

### 3.3.4 Analisa Material

Untuk mengetahui dan memastikan bahwa semua bahan untuk pembuatan benda uji memenuhi persyaratan maka dilakukanlah analisa terhadap material-material yang akan dipakai.

#### 3.3.4.1 Analisa Semen (SNI 15-2049-94)

Analisa terhadap sifat fisik dan kimia semen tidak dilaksanakan sendiri di laboratorium, tapi menggunakan hasil pengujian semen portland jenis I dari PT Semen Gresik. Standar mutu yang digunakan adalah SNI 15-2049-94.

#### 3.3.4.2 Percobaan Berat Jenis Pasir (ASTM C 128-01)

A. Tujuan

Untuk mengetahui berapa besar berat jenis yang dimiliki agregat halus dalam hal ini berat jenis pasir.

**B. Peralatan**

- Labu takar 1000 cc
- Timbangan 2600 gram
- Oven
- Pan
- Hair dryer/ kipas angin
- Kerucut dan rojokan SSD

**C. Bahan**

- Pasir

**D. Prosedur**

- Penyiapan pasir untuk kondisi SSD :
  - 1) Rendam pasir 24 jam selanjutnya angkat dan tiriskan hingga airnya hilang.
  - 2) Keringkan dengan hair dryer atau kipas angin sambil dibolak balik dengan sendok untuk mencari keadaan SSD.
  - 3) Tempatkan kerucut SSD pada bidang datar yang tidak mengisap air.
  - 4) Isi kerucut SSD 1/3 tingginya dan rojok 8 kali, isi lagi 1/3 tinggi dan rojok 8 kali, isi lagi 1/3 tinggi dan rojok 8 kali.
  - 5) Ratakan permukaannya dan angkat kerucunya, bila pasir masih berbentuk kerucut maka pasir belum SSD.
  - 6) Keringkan lagi bila dan ulangi lagi pengisian dengan prosedur sebelumnya, bila kerucut diangkat dan pasir gugur tetapi berpuncak maka pasir sudah dalam kondisi SSD dan siap untuk digunakan dalam pengujian.
- Timbang labu takar 1000 cc.
- Timbang pasir kondisi SSD sebanyak 500 gram dan masukkan pasir ke dalam labu takar dan timbang.
- Isi labu takar yang berisi pasir dengan air bersih hingga penuh.

- Pegang labu takar yang sudah berisi air dan pasir posisi miring, putar ke kiri dan kanan hingga gelembung-gelembung udara dalam pasir keluar.
- Sesudah gelembung-gelembung keluar tambahkan air ke dalam labu takar hingga batas kapasitas dan timbang ( $w_1$ ).
- Keluarkan pasir dan air dari dalam labu takar dan labu takar dibersihkan kemudian isi labu takar dengan air sampai batas kapasitas dan timbang.

E. Rumus yang digunakan

Untuk mendapatkan berat jenis pasir, maka digunakan persamaan:

$$\text{Berat jenis pasir} = \frac{500}{(500 + W_2) - W_1} \dots\dots\dots (3.1)$$

Dimana :

$W_1$  = berat labu + pasir + air ( gram )

$W_2$  = berat labu + air ( gram )

### 3.3.4.3 Percobaan Kelembapan Pasir (ASTM C 566-97)

A. Tujuan

Untuk mengetahui / menentukan kelembapan pasir dengan cara kering.

B. Peralatan

- Timbangan Analisa 2600 gram
- Pan
- Oven

C. Bahan

- Pasir dalam keadaan asli

D. Prosedur

- Timbang pasir dalam keadaan asli sebanyak 500 gr
- Masukkan pasir ke dalam oven selama 24 jam dengan temperatur 110 – 115 derajat celcius.

- Keluarkan pasir dari oven, dibiarkan sampai dingin setelah itu ditimbang beratnya.

E. Rumus yang digunakan

Untuk mendapatkan kelembapan pasir, maka digunakan persamaan :

$$\text{Kelembapan pasir} = \frac{(W_2 - W_1)}{W_2} \times 100 \% \dots\dots\dots (3.2)$$

Dimana :

$W_1$  = Berat pasir asli ( gram )

$W_2$  = Berat pasir oven ( gram )

### 3.3.4.4 Percobaan Air Resapan (ASTM C 128-01)

a) Tujuan

Menentukan kadar air resapan pada pasir

b) Peralatan

- Timbangan Analisa 2600 gram

- Pan

- Oven

c) Bahan

- Pasir dalam keadaan SSD

d) Prosedur

- Timbang pasir dalam keadaan SSD sebanyak 500 gr

- Masukkan pasir ke dalam oven selama 24 jam

- Pasir dikeluarkan dan setelah dingin baru ditimbang

e) Rumus yang digunakan

Untuk mendapatkan besarnya air resapan pada pasir digunakan persamaan :

$$\text{Air resapan pada pasir} = \frac{(500 - W_1)}{W_1} \times 100 \% \dots\dots (3.3)$$

Dimana :

$W_1$  = Berat pasir oven ( gram )

### 3.3.4.5 Percobaan Berat Volume Pasir (ASTM C 29/C29M-97)

#### A. Tujuan

Menentukan berat volume pasir baik dalam keadaan lepas maupun padat.

#### B. Peralatan

- Timbangan Analisa
- Alat perojok besi
- Takaran berbentuk silinder dengan volume 3 liter

#### C. Bahan

- Pasir dalam keadaan SSD

#### D. Prosedur

- Tanpa rojokan / bebas
  1. Silinder dalam keadaan kosong ditimbang.
  2. Isi silinder dengan pasir sampai penuh dan angkat setinggi 1 cm.
  3. Silinder dijatuhkan ke lantai sebanyak 3 kali dan ratakan permukannya.
  4. Timbang silinder yang sudah berisi pasir
- Dengan rojokan
  1. Timbang silinder dalam keadaan bersih dan kosong.
  2. Silinder diisi pasir 1/3 bagian dan dirojok 25 kali. Demikian hingga penuh dan tiap 1/3 bagian dirojok 25 kali.
  3. Ratakan permukaan pasir dan beratnya ditimbang.

#### E. Rumus yang digunakan

Untuk mendapatkan besarnya berat volume pasir digunakan persamaan :

$$\text{Berat volume pasir} = \frac{(W_2 - W_1)}{V} \dots\dots\dots (3.4)$$

Dimana :

$W_1$  = Berat silinder ( Kg )

$W_2$  = Berat silinder + pasir ( Kg )

V = Volume Silinder ( liter )

### 3.3.4.6 Tes Kebersihan Pasir Terhadap Bahan Organik (ASTM C 40-99)

#### A. Tujuan

Penentuan kadar zat organik dalam agregat yang digunakan di dalam adukan beton.

#### B. Peralatan

- Botol bening
- Penggaris

#### C. Bahan

- Pasir asli
- NaOH

#### D. Prosedur Pelaksanaan

- Botol bening diisi pasir sampai  $\pm 130$  ml.
- Tambahkan larutan NaOH 3% sampai 200 ml dan tutup rapat dan kocok botol  $\pm 10$  menit.
- Larutan NaOH 3 % merupakan presentase NaOH dalam suatu massa/volume air. Misal dengan massa air 100 gram, maka massa NaOH yang ditambahkan yaitu seberat 3 gram.
- Diamkan selama 24 jam.
- Selanjutnya amati warna cairan di atas permukaan agregat halus yang ada dalam botol, bandingkan warnanya.
- Jika warna cairan dalam botol berisi agregat lebih tua (coklat) warnanya dari pembandingan, berarti dalam agregat berkadar zat organik terlalu tinggi.

### 3.3.4.7 Tes Kebersihan Pasir Terhadap Endapan Lumpur

#### A. Tujuan

Menentukan banyaknya kadar Lumpur pasir.

#### B. Peralatan

- Botol bening
- Penggaris



- C. Bahan
- Pasir asli
  - Air
- D. Prosedur Pelaksanaan
- Botol bening diisi pasir sampai  $\pm 6$  cm.
  - Isikan air ke dalam botol hingga hampir penuh dan tutup rapat kemudian di kocok.
  - Diamkan selama 24 jam.
  - Endapan lumpur dan pasir masing-masing diukur tingginya.
- E. Rumus yang digunakan  
Persamaan yang digunakan yaitu :

$$\text{Kebersihan pasir} = \frac{h}{H} \times 100 \% \dots\dots\dots (3.5)$$

Dimana :

h = Tinggi Lumpur ( mm )

H = Tinggi pasir ( cm )

### 3.3.4.8 Tes Kebersihan Pasir Terhadap Lumpur Pencuciannya (ASTM C 117-95)

- A. Tujuan  
Mengetahui kadar lumpur pasir.
- B. Paralatan
- Timbangan analisa 2600 gram
  - Saringan No. 200 dan No. 50
  - Oven dan pan
- C. Bahan
- Pasir kering oven
  - Air
- D. Prosedur pelaksanaan
- Timbangan pasir oven sebanyak 500 gram.
  - Pasir di cuci hingga bersih, yaitu dengan mengaduk pasir dengan air berkali-kali hingga tampak bening

- Tuangkan air cucian kedalam saringan No. 200 berkali-kali.
  - Pasir yang ikut tertuang dan tinggal diatas saringan kembalikan ke pan.
  - Pasir di oven dengan suhu  $110 + 5$  derajat celcius.
- E. Rumus yang digunakan  
 Persamaan yang digunakan :

$$\text{Kebersihan pasir} = \frac{(W_1 - W_2)}{W_1} \times 100 \% \dots\dots\dots (3.6)$$

Dimana :

$W_1$  = Berat pasir kering ( gram )

$W_2$  = Berat pasir bersih kering ( gram )

### 3.3.4.9 Percobaan Kelembapan Batu Pecah (ASTM C 566-97)

- A. Tujuan  
 Untuk mengetahui / menentukan kelembapan batu pecah ( agregat kasar ) yang akan digunakan untuk campuran beton.
- B. Peralatan
- Timbangan analisa 2600 gr
  - Oven
  - Pan
- C. Bahan
- Batu pecah dalam kondisi asli.
- D. Prosedur pelaksanaan
- Timbang batu pecah dalam keadaan asli sebanyak 500 gr.
  - Masukkan batu pecah ke dalam oven selama 24 jam dengan temperatur  $110 - 115$  derajat celcius.
  - Keluarkan batu pecah dari oven, dibiarkan sampai dingin setelah itu ditimbang beratnya.
- E. Rumus yang digunakan  
 Persamaan yang digunakan yaitu :

$$\text{Kelembaban batu pecah} = \frac{(W_2 - W_1)}{W_2} \times 100 \% \dots\dots\dots (3.7)$$

Dimana :

$W_1$  = Berat batu pecah asli ( gram )

$W_2$  = Berat batu pecah oven ( gram )

### 3.3.4.10 Percobaan Berat Jenis Batu Pecah (ASTM C 127-01)

#### A. Tujuan

Untuk mengetahui berapa besar berat jenis yang dimiliki agregat kasar dalam hal ini berat jenis batu pecah.

#### B. Peralatan

- Timbangan 25 kg
- Keranjang kawat
- Kain Lap
- Oven

#### C. Bahan

- Batu pecah dalam kondisi SSD

#### D. Prosedur pelaksanaan

- Batu pecah yang telah direndam selama 24 jam diangkat , kemudian dilap satu persatu.
- Timbang batu pecah sebanyak 3000 gram.
- Masukkan ke dalam keranjang.
- Keranjang berisi batu pecah dimasukkan ke dalam wadah berisi air (posisinya berada di bawah timbangan ), lalu timbang beratnya dalam air (keranjang dan batu pecah ).

#### E. Rumus yang digunakan

Untuk mendapatkan berat jenis batu pecah, maka digunakan persamaan

$$\text{Berat jenis batu pecah} = \frac{3000}{(W_1 - W_2)} \dots\dots\dots (3.8)$$

Dimana :  $W_1$  = berat batu pecah di udara ( gram )

$W_2$  = berat batu pecah di air ( gram )

### 3.3.4.11 Percobaan Air Resapan pada Batu Pecah (ASTM C 127-01)

- A. Tujuan  
Menentukan kadar air resapan pada agregat kasar
- B. Peralatan
  - Timbangan 25 kg
  - Oven
- C. Bahan
  - Batu pecah dalam kondisi SSD
- D. Prosedur pelaksanaan
  - Timbanglah batu pecah kondisi SSD sebanyak 3000 gram
  - Masukkan ke dalam oven selama 24 jam
  - Batu pecah dikeluarkan dan setelah dingin batu pecah ditimbang
- E. Rumus yang digunakan  
Untuk mendapatkan besarnya air resapan pada batu pecah digunakan persamaan :

$$\text{Air resapan pada batu pecah} = \frac{(3000 - W_1)}{W_1} \times 100 \% \dots\dots\dots (3.9)$$

Dimana :  $W_1$  = Berat batu pecah oven ( gram )

### 3.3.4.12. Percobaan Berat Volume Batu Pecah (ASTM C 29/C 29 M-97)

- A. Tujuan  
Menentukan berat volume batu pecah baik dalam keadaan lepas maupun padat.
- B. Peralatan
  - Timbangan
  - Takaran berbentuk silinder dengan volume 10 liter.
  - Alat perojok dari besi dengan diameter 16 mm , panjang 60 cm ujungnya bulat
- C. Bahan
  - Batu pecah dalam keadaan kering

## D. Prosedur pelaksanaan

## ➤ Tanpa rojokan /lepas

1. Silinder dalam keadaan kosong ditimbang
2. Isi silinder dengan batu pecah sampai penuh dan angkat setinggi 1 cm
3. Silinder dijatuhkan ke lantai sebanyak tiga kali dan permukaannya diratakan
4. Timbang silinder yang sudah terisi batu

## ➤ Dengan rojokan

1. Timbang silinder dalam keadaan bersih dan kosong
2. Silinder diisi batu pecah 1/3 bagian dan dirojok 25 kali. Demikian hingga penuh dan tiap 1/3 bagian dirojok 25 kali
3. Ratakan permukaan batu pecah dan beratnya ditimbang

## E. Rumus yang digunakan

Untuk mendapatkan besarnya berat volume batu pecah digunakan persamaan :

$$\text{Berat volume batu pecah} = \frac{(W_2 - W_1)}{V} \dots\dots\dots(3.10)$$

Dimana :  $W_1$  = Berat silinder ( Kg )

$W_2$  = Berat silinder + batu pecah ( Kg )

$V$  = Volume Silinder ( liter )

### 3.3.4.13 Tes Kebersihan Batu Pecah dari Lumpur/Pencucian (ASTM C 117-95)

## A. Tujuan

Mengetahui kadar 38sumpur agregat kasar ( batu pecah )

## B. Peralatan

- Timbangan analisa 2600 gr
- Oven dan Pan
- Saringan no 200 dan no 50

## C. Bahan

- Batu pecah kering oven

## D. Prosedur pelaksanaan

- Timbang batu pecah kering oven sebanyak 1000 gram.
- Batu pecah dicuci dengan cara diberi air dan diaduk-aduk hingga air cucian bersih / tampak bening.
- Tunangkan air cucian ke dalam saringan no 200 berkali-kali
- Batu pecah yang ikut tertuang dan tinggal di atas saringan dikembalikan ke pan
- Batu pecah dioven selama 24 jam dalam suhu 110 – 115 derajat celcius
- Setelah dingin ditimbang.

## E. Rumus yang digunakan

Persamaan yang digunakan :

$$\text{Kebersihan batu pecah} = \frac{(W_1 - W_2)}{W_1} \times 100 \% \dots \dots \dots (3.11)$$

Dimana :  $W_1$  = Berat batu pecah kering ( gram )

$W_2$  = Berat batu pecah bersih kering ( gram )

### 3.3.4.14 Tes Keausan Agregat Kasar (ASTM C 131-03)

## A. Tujuan

Mengetahui persentase keausan batu pecah untuk beton dengan menggunakan mesin Los Angeles.

## B. Peralatan

- Mesin aus Los Angeles
- Saringan diameter
- Bola baja 12 buah untuk gradasi A dan 11 buah untuk gradasi B
- Timbangan 2600 gram

## C. Bahan

- Batu pecah kering oven sebanyak 5000 gram dengan gradasi seperti berikut.

*Tabel 3.1. Batu Pecah Kering Oven 5000 gr*

Diameter Saringan	Gradasi A
$\Phi 1 \frac{1}{2}'' - 1''$	1250 $\pm$ 25 gr
$\Phi 1'' - \frac{3}{4}''$	1250 $\pm$ 25 gr
$\Phi \frac{3}{4}'' - \frac{1}{2}''$	1250 $\pm$ 10 gr
$\Phi \frac{1}{2}'' - \frac{3}{8}''$	1250 $\pm$ 10 gr

## D. Prosedur pelaksanaan

- Batu pecah diayak sebanyak 1250 gr untuk tiap ayakan
- Kumpulkan jadi satu (5000 garam)
- Masukkan ke dalam mesin aus Los Angeles
- Masukkan bola baja 12 buah untuk gradasi A
- Tutup mesin dan baut sekrup dikecangkan
- Putar mesin sebanyak 500 kali ( selama kurang lebih 15 menit )
- Setelah  $\pm$ 15 menit tutup mesin dibuka, batu pecah dan bola baja dikeluarkan
- Batu pecah disaring dengan ayakan no 12 (1.7 mm)
- Yang tertinggal di atas saringan dicuci lalu di oven 24 jam
- Setelah 24 jam dikeluarkan dan didinginkan, lalu ditimbang

## E. Rumus yang digunakan

$$\text{Keausan agregat kasar} = \frac{(W_1 - W_2)}{W_1} \times 100 \% \dots \dots \dots (3.12)$$

Dimana :  $W_1$  = Berat batu pecah sebelum diabrasi  
( gram )

$W_2$  = Berat batu pecah sesudah diabrasi  
( gram )

## 3.3.4.15 Percobaan Analisa Saringan Pasir (ASTM C 136-01)

## A. Tujuan

Menentukan distribusi ukuran butiran / gradasi pasir.

## B. Peralatan

- Timbangan analisa 2600 gr
- Satu set ayakan ASTM – C33

*Tabel 3.2. Lubang Ayakan*

<b>LUBANG AYAKAN</b>	
No.	Mm
3"	76,2
3/2"	38,1
3/4"	19,1
3/8"	9,5
No. 4	4,76
No. 8	2,38
No. 16	1,1
No. 30	0,59
No. 50	0,297
No. 100	0,149
Pan	0,000



- C. Bahan
  - Pasir dalam keadaan kering oven
- D. Prosedur Pelaksanaan
  - Timbang pasir sebanyak 1000 gr
  - Bersihkan saringan dengan sikat / kuas kemudian di susun
  - Masukkan pasir dalam ayakan dengan ukuran saringan paling besar ditempatkan paling atas dan di guncang – guncang dengan tangan selama 10 menit.
  - Pasir yang tertinggal pada tiap – tiap ayakan ditimbang. Perlu untuk kontrol berat pasir secara keseluruhan adalah 1000 gr.
  - Gambarlah hasil prosentase saringan pada grafik analisa ayakan.

#### **3.3.4.16 Percobaan Analisa Saringan Batu Pecah (ASTM C 136-01)**

- 1) Tujuan  
Menentukan distribusi ukuran butir/ gradasi batu pecah.
- 2) Peralatan
  - Timbangan 25 kg
  - Satu set ayakan ASTM dengan diameter
- C. Bahan
  - Batu pecah dalam keadaan kering oven
- D. Prosedur Pelaksanaan
  - Masukkan batu pecah ke dalam ayakan yang telah disusun dari ayakan yang paling besar ( di atas) sampai ayakan yang paling kecil (paling kecil),
  - Kemudian diguncang-guncang selama kurang lebih 10 menit.
  - Timbang batu pecah yang tertinggal pada masing – masing ayakan.
  - Mengontrol berat total = 16 kg.
  - Gambarlah hasil prosentase saringan pada grafik

### 3.3.5. Perhitungan Benda Eksperimen

#### 3.3.5.1 Mix Design

Setelah dilakukannya analisa setiap material yang akan digunakan sebagai bahan beton maka kita akan melakukan mix design. Dalam melakukan mix design kita tentukan dahulu kuat tekan yang akan kita inginkan. Dalam perhitungan mix design ini metode yang kami gunakan adalah metode DOE. Beton yang kami inginkan yakni beton yang mempunyai permeabilitas yang rendah karena dalam pemberat terapung ini diharapkan beton ini kedap terhadap air sehingga tidak akan mengganggu void yang ada dalam beton tersebut. Untuk beton kedap air yang mempunyai kontak langsung dengan air laut secara kontinyu, capping beam di quaywall, piles, pre stress, marine structures, minimal kuat tekan beton adalah 40 MPa. (<http://www.migas-indonesia.com>, 2009). Pada penelitian ini saat pembuatan benda uji beton kedap air kuat tekan tidak diperhatikan yang diperhatikan hanya daya absorpsi beton tersebut menurut kegunaan beton ini nantinya adapun kuat tekan yang tinggi akan didapat sendiri secara otomatis. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa peningkatan faktor air-semen membuat beton semakin permeabel dan seiring dengan meningkatnya umur beton, permeabilitasnya berkurang (Susanto, 2006).

Oleh karena itu dalam penelitian ini akan dibuat 9 mix design untuk memperoleh beton kedap air yang mempunyai impermeabilitas yang rendah. Adapun varian dalam pelaksanaan mix design sebagai berikut:

1. Kadar semen 450 kg/m<sup>3</sup> ; fas = 0,45 ; penambahan bahan aditif Sikament LN 0,5%.
2. Kadar semen 450 kg/m<sup>3</sup> ; fas = 0,4 ; penambahan bahan aditif Sikament LN 0,5%.
3. Kadar semen 450 kg/m<sup>3</sup> ; fas = 0,35 ; penambahan bahan aditif Sikament LN 0,5%.
4. Kadar semen 400 kg/m<sup>3</sup> ; fas = 0,45 ; penambahan bahan aditif Sikament LN 0,5%.

5. Kadar semen 400 kg/m<sup>3</sup> ; fas = 0,4 ; penambahan bahan aditif Sikament LN 0,5%.
6. Kadar semen 400 kg/m<sup>3</sup> ; fas = 0,35 ; penambahan bahan aditif Sikament LN 0,5%.

Sebelum dilakukan mix design terlebih dahulu dilakukan pengecekan gradasi agregat berdasarkan standard gradasi yang berlaku dalam pembuatan beton kedap air yang sudah dijelaskan dalam SNI 03-2914-1990.

Adapun standard gradasi agregat yang digunakan pembuatan beton kedap air sebagai berikut :

**Tabel 3.3. Gradasi Agregat Halus**

AYAKAN (mm)	BATAS % BERAT YANG LEWAT AYAKAN			
	UMUM	KHUSUS		
		KASAR	SEDANG	HALUS
10.00	100	-	-	-
5.00	89-100	-	-	-
2.36	60-100	60-100	65-100	80-100
1.18	30-100	30-90	45-100	70-100
0.60	15-100	15-54	25-80	55-100
0.30	5-70	5-40	5-48	5-70
0.15	0-15			

**Tabel 3.4. Gradasi Agregat Kasar**

AYAKAN (mm)	% BERAT YANG LEWAT AYAKAN		
	UKURAN NOMINAL AGREGAT		
	40-5 mm	20-5 mm	10-5 mm
50.0	100	-	-
37.5	95-100	100	100
20.0	35-70	85-100	90-100
10.0	10-40	0-25	50-85
5.0	0-5	0-5	0-10

Setelah agregat yang dipakai memenuhi syarat dilanjutkan dengan mix design beton kedap air. Metode mix

design yang dipakai menggunakan metode DOE (Development of Environmental), dalam metode DOE ini terdapat spesifikasi beton kedap air.

Adapun langkah-langkah pokok mix design metode DOE sebagai berikut :

- 1) Penetapan kuat tekan beton yang disyaratkan ( $f'_c$ ) pada umur tertentu. Kuat tekan beton yang disyaratkan ditetapkan sesuai dengan persyaratan perencanaan strukturnya dan kondisi setempat. Di Indonesia, yang dimaksudkan dengan kuat tekan beton yang disyaratkan ialah kuat tekan beton dengan kemungkinan lebih rendah dari nilai itu hanya sebesar 5% saja.
- 2) Penetapan nilai deviasi standar ( $s$ ). Deviasi standar ditetapkan berdasarkan tingkat mutu pengendalian pelaksanaan pencampuran betonnya. Makin baik mutu pelaksanaan makin kecil nilai deviasi standarnya. Penetapan nilai deviasi standar ( $s$ ) ini berdasarkan pada hasil pengalaman praktek pelaksana pada waktu yang lalu, untuk pembuatan beton mutu yang sama dan menggunakan bahan dasar yang sama pula

(a) Jika pelaksana mempunyai catatan data hasil pembuatan beton serupa pada masa yang lalu, maka persyaratannya (selain yang tersebut di atas) jumlah data hasil uji minimum 30 buah. (satu data hasil uji kuat tekan adalah hasil rata-rata dari uji tekan dua silinder yang dibuat dari contoh beton yang sama dan diuji pada umur 28 hari atau umur pengujian lain yang ditetapkan). Jika jumlah data hasil uji kurang dari 30 buah maka dilakukan koreksi terhadap nilai deviasi standar dengan suatu faktor pengali, seperti tampak pada tabel berikut.

*Tabel 3.5. Faktor pengali deviasi standar*

Jumlah Data	Faktor Pengali
30	1,0
25	1,03
20	1,08
15	1,16
<15	Tidak boleh

\*) untuk nilai antara dipakai interpolasi

(b) jika pelaksana tidak mempunyai catatan atau pengalaman hasil pengujian beton pada masa lalu yang memenuhi persyaratan tersebut (termasuk data hasil uji kurang dari 15 buah), maka nilai margin langsung diambil sebesar 12 Mpa. (lihat langkah (3)). Untuk memberikan gambaran bagaimana cara menilai tingkat pengendalian mutu pekerjaan beton, disini diberikan pedoman dengan melihat tabel berikut.

*Tabel 3.6. nilai deviasi standar untuk berbagai tingkat pengendalian mutu pekerjaan*

Tingkat pengendalian mutu pekerjaan	S <sub>d</sub> (Mpa)
Memuaskan	2.8
Sangat baik	3.5
Baik	4.2
Cukup	5.6
Jelek	7.0
Tanpa kendali	8.4

3) Penghitungan nilai tambah ("margin"). (M).

Jika nilai tambah ini sudah ditetapkan sebesar 12 Mpa maka langsung ke langkah (4). Dan jika nilai tambah dihitung berdasarkan nilai deviasi standar (s<sub>d</sub>) maka dilakukan dengan rumus berikut :

$$M = k \cdot s_d \dots\dots\dots(3.13)$$

Dengan :  $M$  = nilai tambah (Mpa)

$K = 1,64$

$s_d$  = deviasi standar (Mpa)

- 4) Menetapkan kuat tekan rata-rata yang direncanakan.  
Kuat tekan beton rata-rata yang direncanakan diperoleh dengan rumus :

$$f'_{cr} = f'_c + M \dots\dots\dots(3.14)$$

dengan :  $f'_{cr}$  = kuat tekan rata-rata (Mpa)

$f'_c$  = kuat tekan yang disyaratkan (Mpa)

$M$  = nilai tambah (Mpa)

- 5) Penetapan jenis semen Portland.

Pada langkah ini ditetapkan apakah dipakai semen biasa atau yang cepat mengeras.

- 6) Penetapan jenis agregat

Jenis kerikil dan pasir ditetapkan, apakah berupa agregat alami (tak dipecahkan) ataukah agregat jenis batu pecah (*crushed aggregate*).

- 7) Tetapkan faktor air semen dengan salah satu dari dua cara berikut :

(a) Cara pertama, berdasarkan jenis semen yang dipakai dan kuat tekan rata-rata silinder beton yang direncanakan pada umur tertentu, ditetapkan nilai faktor air-semen dengan melihat grafik **gambar 1** (terlampir pada lampiran 1)

(b) Cara kedua, berdasarkan jenis semen yang dipakai, jenis agregat kasar, dan kuat tekan rata-rata yang direncanakan pada umur tertentu, ditetapkan nilai faktor air semen dengan Tabel 3.7. dan **gambar 2** (terlampir pada lampiran 2). Langkah penetapannya dilakukan dengan cara sebagai berikut ini.

- Lihat tabel 3.7. dengan data jenis semen, jenis agregat kasar, dan umur beton yang dikehendaki, dibaca perkiraan kuat tekan silinder beton yang akan diperoleh jika dipakai faktor air semen 0,50.

Jenis kerikil maupun umur beton yang direncanakan, maka dapat diperoleh kuat tekan beton seandainya dipakai fas 0,50.

- Lihat **gambar 2** (terlampir pada lampiran 2). lukislah titik A pada **gambar 2** dengan nilai fas 0,50 (sebagai ordinat) dan kuat tekan beton yang diperoleh dari tabel 3.7. (sebagai ordinat). Pada titik A tersebut kemudian dibuat grafik baru yang bentuknya sama dengan 2 grafik yang sudah ada di dekatnya. Selanjutnya ditarik garis mendatar dari sumbu tegak di kiri pada kuat tekan rata-rata yang dikehendaki sampai memotong grafik baru tersebut. Dari titik potong itu kemudian ditarik ke bawah sampai memotong sumbu mendatar dan datplah dibaca nilai faktor air semen yang dicari.

8) Penetapan faktor air semen maksimum.

Agar beton yang diperoleh tidak cepat rusak misalnya, maka perlu ditetapkan nilai fas maksimum. Penetapan nilai fas maksimum dilakukan dengan tabel 3.8. jika nilai fas maksimum ini lebih rendah daripada nilai fas dari langkah (7), maka nilai fas maksimum ini yang dipakai untuk perhitungan selanjutnya.

**Tabel 3.7. Perkiraan Kuat Tekan Beton (Mpa) dengan Faktor Air Semen 0,50**

Jenis semen	Jenis agregat kasar	Umur (hari)			
		3	7	28	91
I, II, III	Alami	17	23	33	40
	Batu pecah	19	27	37	45
III	Alami	21	28	38	44
	Batu pecah	25	33	44	48

Tabel 3.8 Persyaratan faktor air semen maksimum

Jenis pembetonan	Fas maksimum
Beton di dalam ruang bangunan:	
a. keadaan keliling non-korosif	0,60
b. keadaan keliling korosif, disebabkan oleh kondensasi atau uap korosi	0,52
Beton di luar ruang bangunan:	
a. tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,55
b. terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	0,60
Beton yang masuk kedalam tanah:	
a. mengalami keadaan basah dan kering berganti-ganti	0,55
b. mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	Lihat tabel 3.8.a
Beton yang selalu berhubungan dengan air tawar/ air payau/ air laut	Lihat tabel 3.8.b

Tabel 3.8.a Faktor air semen maksimum untuk beton yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat

Konsentrasi sulfat (SO <sub>3</sub> )			Jenis semen	Fas maks
Dalam tanah		SO <sub>3</sub> dalam air tanah (gr/ltr)		
Total SO <sub>3</sub> (%)	SO <sub>3</sub> dalam campuran air:tanah=2:1 (gr/ltr)			
< 0.2	<1.0	<0.3	Tipe I dengan atau tanpa Pozolan (15-40%)	0.50
0.2-0.5	1.0-1.9	0.3-1.2	Tipe I tanpa Pozolan	0.50
			Tipe I dengan Pozolan (15-40%)	0.55



			atau Semen portland Pozolan	
			Tipe II atau V	0.55
0.5-1.0	1.9-3.1	1.2-2.5	Tipe I dengan Pozolan (15-40%) atau semen portland pozolan	0.45
			Tipe II atau V	0.45
1.0-2.0	3.1-5.6	2.5-5.0	Tipe II atau V	0.45
>2.0	>5.6	>5.0	Tipe II atau V dan lapisan pelindung	0.45

**Tabel 3.8.b. Faktor air semen untuk beton bertulang dalam air**

Berhubungan dengan :	tipe semen	Faktor air semen
Air tawar	Semua tipe I-V	0,50
Air payau	Tipe I + pozolan (15-40%) atau PCC	0,45
	Tipe II atau V	0,50
Air laut	Tipe II atau V	0,45

9) Penetapan nilai slump.

Penetapan nilai slump dilakukan dengan memperhatikan pelaksanaan pembuatan, pengangkutan, penuangan, pemadatan maupun jenis strukturnya. Cara pengangkutan adukan beton dengan aliran dalam pipa yang dipompa dengan tekanan membutuhkan nilai slump yang besar, adapun pemadatan adukan dengan alat getar (*triller*) dapat dilakukan dengan nilai slump yang agak kecil. Nilai slump yang diinginkan dapat diperoleh dari Tabel 3.9.

**Tabel 3.9. Penetapan nilai slump (cm)**

Pemakaian beton	Maks	Min
Dinding, plat pondasi dan pondasi telapak bertulang	12,5	5,0
Pondasi telapak tidak bertulang, kaison, dan struktur di bawah tanah	9,0	2,5
Pelat, balok, kolom dan dinding	15,0	7,5
Pengerasan jalan	7,5	5,0
Pembetonan massal	7,5	2,5

## 10) Penetapan besar butir agregat maksimum.

Penetapan besar butir agregat maksimum dilakukan berdasarkan nilai terkecil dari ketentuan-ketentuan berikut:

- Tiga per empat kali jarak bersih minimum antar baja tulangan, atau berkas baja tulangan, atau tendon prategang atau selongsong.
- Sepertiga kali tebal plat
- Seperlima jarak terkecil antar bidang samping cetakan.

## 11) Tetapkan jumlah air yang diperlukan per meter kubik beton, berdasarkan ukuran maksimum agregat, jenis agregat, dan slump yang diinginkan, lihat tabel 3.10.

**Tabel 3.10. Perkiraan kebutuhan air per meter kubik beton (liter)**

Besarnya ukuran maks. Kerikil (mm)	Jenis batuan	Slump (mm)			
		0-10	10-30	30-60	60-180
10	Alami	150	180	205	225
	Batu pecah	180	205	230	250
20	Alami	135	160	180	195
	Batu pecah	170	190	210	225
40	Alami	115	140	160	175
	Batu pecah	155	175	190	205

Dalam tabel 3.10. apabila agregat halus dan kasar yang dipakai dari jenis yang berbeda (alami dan pecahan), maka jumlah air yang diperkirakan diperbaiki dengan rumus:

$$A = 0,67 A_h + 0,33 A_k \dots \dots \dots (3.15)$$

Dengan :  $A$  = jumlah air yang dibutuhkan (ltr/m<sup>3</sup>)  
 $A_h$  = jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat halus  
 $A_k$  = jumlah air yang dibutuhkan menurut jenis agregat kasarnya

- 12) Hitung berat semen yang diperlukan  
 Berat semen per meter kubik beton dihitung dengan membagi jumlah air (dari langkah (11)) dengan faktor air semen yang diperoleh pada langkah (7) dan (8).
- 13) Kebutuhan semen minimum.  
 Kebutuhan semen minimum ditetapkan dengan tabel 3.11. kebutuhan semen minimum ini ditetapkan untuk menghindari beton dari kerusakan akibat lingkungan khusus, misalnya lingkungan korosif, air payau, air alut.

**Tabel 3.11. Kebutuhan semen minimum untuk berbagai pembetonan dan lingkungan khusus**

Jenis pembetonan	Semen minimum (kg/m <sup>3</sup> beton)
Beton di dalam ruang bangunan:	
a) Keadaan keliling non-korosif	275
b) Keadaan keliling korosif, disebabkan kondensasi atau uap korosif	325
Beton di luar ruang bangunan:	
a) Tidak terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	325
b) Terlindung dari hujan dan terik matahari langsung	275
Beton yang masuk ke dalam tanah:	
a) Mengalami keadaan basah dan	325



kering berganti-ganti b) Mendapat pengaruh sulfat dan alkali dari tanah	Lihat tabel 3.11.a
Beton yang selalu berhubungan dengan air tawar/payau/laut	Lihat tabel 3.11.b

**Tabel 3.11.a. Kandungan semen minimum untuk beton yang berhubungan dengan air tanah yang mengandung sulfat**

Konsentrasi sulfat (SO <sub>3</sub> )			Jenis semen	Kandungan semen minimum (kg/m <sup>3</sup> )		
Dalam tanah		SO <sub>3</sub> Dalam air tanah (gr/ltr)		Ukuran maksimum agregat (mm)		
Total SO <sub>3</sub> (%)	SO <sub>3</sub> dalam campuran Air:tanah=2:1 (gr/ltr)			40	20	10
< 0,2	< 1,0	< 0,3	Tipe I dengan atau tanpa Pozolan (15-40%)	280	300	350
0,2-0,5	1,0-1,9	0,3-1,2	Tipe I tanpa pozolan	290	330	380
			Tipe I dengan pozolan (15-40%) atau PPC	250	290	430
			Tipe II atau V			
0,5-1,0	1,9-3,1		Tipe I dengan pozolan (15-40%) atau PPC	340	380	430
			Tipe II	290	330	380

			atau V			
1,0-2,0	3,1-5,6	2,5-5,0	Tipe II atau V	330	370	420
>2,0	>5,6	>5,0	Tipe II atau V dan lapisan pelindung	330	370	420

*Tabel 3.11.b. Kandungan semen minimum untuk beton bertulang dalam air*

Berhubungan dengan	Tipe semen	Kandungan semen minimum (kg/m <sup>3</sup> )	
		Ukuran maksimum agregat (mm)	
		40	20
Air tawar	Semua tipe I-V	280	300
Air payau	Tipe I + pozolan (15-40%) atau PCC	340	380
	Tipe II atau V	290	330
Air laut	Tipe II atau V	330	370

14) Penyesuaian kebutuhan semen.

Apabila kebutuhan semen yang diperoleh dari (12) ternyata lebih sedikit daripada kebutuhan semen minimum (13) maka kebutuhan semen yang harus dipakai yang minimum (yang nilainya lebih besar).

15) Penyesuaian jumlah air atau faktor air semen

Jika jumlah semen ada perubahan akibat langkah (14) maka nilai faktor air semen berubah.

Dalam hal ini, dapat dilakukan dua cara berikut:

- a) Cara pertama, faktor air semen dihitung kembali dengan cara membagi jumlah air dengan jumlah semen minimum.

b) Cara kedua, jumlah air disesuaikan dengan mengalikan jumlah semen minimum dengan fas.

Catatan : Cara pertama akan menurunkan fas, sedangkan cara kedua akan menaikkan jumlah air yang diperlukan.

16) Penentuan daerah gradasi agregat halus.

Berdasarkan gradasinya (hasil analisis ayakan) agregat halus yang akan dipakai dapat diklasifikasikan menjadi 4 daerah. Penentuan daerah gradasi itu didasarkan atas grafik gradasi yang akan diberikan dalam tabel 3.12. Dengan tabel 3.12. tersebut agregat halus dapat dimasukkan menjadi salah satu dari 4 daerah, yaitu daerah 1, 2, 3, dan 4.

*Tabel 3.12. Batas Gradasi Pasir*

Lubang ayakan (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan			
	1	2	3	4
10	100	100	100	100
4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

17) Perbandingan agregat halus dan agregat kasar.

Nilai banding antar agregat halus dan agregat kasar diperlukan untuk memperoleh gradasi agregat campuran yang baik. Pada langkah ini dicari nilai banding antara berat agregat halus dengan agregat campuran. Penetapan dilakukan dengan memperhatikan besar butir maksimum agregat kasar, nilai slump, fas, dan daerah gradasi agregat halus. Berdasarkan data tersebut dan grafik pada **gambar 3** atau **gambar 4** atau **gambar 5** (terlampir dalam

lampiran 3, 4, 5) dapat diperoleh persentase berat agregat halus terhadap berat agregat campuran.

18) Berat jenis agregat campuran.

Berat jenis agregat campuran dihitung dengan rumus:

$$\text{bj. Camp} = \frac{P}{100} \times \text{bj. Agr.hls} + \frac{K}{100} \times \text{bj.agr. ksr} \dots\dots\dots(3.16)$$

- dengan :
- bj. Camp = berat jenis agregat campuran
  - bj. Agr.hls = berat jenis agregat halus
  - bj.agr.ksr = berat jenis agregat kasar
  - P = persentase agregat halus terhadap agregat campuran
  - K = persentase agregat kasar terhadap agregat campuran

berat jenis agregat halus dan kasar diperoleh dari hasil pemeriksaan laboratorium, namun jika tidak ada, dapat diambil sebesar 2,60 untuk agregat tak dipecah/alami dan 2,70 untuk agregat pecahan.

19) Penentuan berat jenis beton.

Dengan data berat jenis agregat campuran dari langkah (18) dan kebutuhan air tiap meter kubik betonnya maka dengan grafik pada **Gambar 6** (terlampir dalam lampiran 6) dapat diperkirakan berat jenis betonnya.

Caranya adalah sebagai berikut:

- a) Dari berat jenis agregat campuran pada langkah (17) dibuat garis kurva berat jenis gabungan yang sesuai dengan garis kurva yang paling dekat dengan garis kurva pada **Gambar 6**.
- b) Kebutuhan air yang diperoleh pada langkah (11) dimasukkan dalam gambar 7.11. kemudian dari nilai ini ditarik garis vertikal ke atas sampai mencapai garis kurva yang dibuat pada a. Di atas.
- c) Dari titik potong ini kemudian ditarik garis horisontal ke kiri sehingga diperoleh nilai berat jenis beton.

## 20) Kebutuhan agregat campuran.

Kebutuhan agregat campuran dihitung dengan cara mengurangi berat beton per-meter kubik dikurangi kebutuhan air semen.

## 21) Hitung berat agregat halus yang diperlukan, berdasarkan hasil langkah (17) dan (20).

## 22) Hitung besar agregat kasar yang diperlukan, berdasarkan hasil langkah (20) dan (21).

Kebutuhan agregat kasar yang dihitung dengan cara mengurangi kebutuhan agregat campuran dengan kebutuhan agregat halus.

Apabila agregat tidak SSD, proporsi campuran harus dikoreksi terhadap kandungan air dalam agregat. Koreksi proporsi campuran harus dilakukan terhadap kadar air dalam agregat paling sedikit satu kali dalam sehari dan dihitung menurut rumus sebagai berikut:

$$\text{Air} = B - (C_m - C_a) \times C/100 - (D_m - D_a) \times D/100$$

$$\text{Pasir} = C + (C_m - C_a) \times C/100$$

$$\text{Batu Pecah} = D + (D_m - D_a) \times D/100$$

Dimana:

B = Jumlah air ( $\text{kg/m}^3$ )

C = Jumlah Pasir ( $\text{kg/m}^3$ )

D = Jumlah batu pecah ( $\text{kg/m}^3$ )

$C_a$  = Resapan pada pasir (%)

$D_a$  = Resapan pada batu pecah (%)

$C_m$  = Kelembaban pada pasir (%)

$D_m$  = Kelembaban pada batu pecah (%)

Seerti yang sudah dijelaskan di atas dalam perencanaan mix design beton yang digunakan sudah ditetapkan nilai kadar semen dan nilai faktor air semennya dan pelaksanaan perencanaan dilakukan menggunakan metode DOE. Oleh karena itu langkah yang dilakukan dimulai langsung dari langkah (15) sampai langkah (22) dan dicek lagi tiap-tiap kebutuhan material akibat adanya kelembaban tiap-tiap material. Demi mengetahui kualitas



beton yang dipakai setiap benda uji akan diuji kuat tekannya. Karena kuat tekan tidak ditetapkan maka uji kuat tekan yang dijadikan pedoman kualitas dari beton kedap air tersebut.

Dalam mix design ini selain digunakan dalam pembuatan benda uji beton kedap air juga digunakan untuk perhitungan void karena hasil akhir dari mix design ini bukan hanya proporsi tiap campuran, tetapi juga berat volume tiap beton dalam yang akan digunakan. Semua material yang akan dipakai dalam pembuatan pemberat terapung ini akan dihitung menjadi satu atau biasa disebut komposit.

### 3.3.6 Pembuatan Sampel Beton Kedap Air

Beton yang digunakan sampel berukuran sekedarnya saja untuk dijadikan apakah beton yang akan dibuat kedap terhadap air. Pembuatan beton ini agar kedap terhadap air yakni dengan cara di-coating bagian luarnya. Produk yang di pakai untuk coating adalah brandX, kami menemukan produk ini dari media internet cara penggunaannya adalah Ketika beton masih mentah langsung di-coating dengan brandX yang berbentuk bubuk. Diamkan 26 hari, brandX akan meresap ke dalam beton sedalam 5 cm. Setelah proses itu selesai beton bisa dicat. (<http://www.migas-indonesia.com>, 2009).

Ada juga untuk memperoleh beton kedap air dilakukan metode kristalisasi terhadap beton dimana terjadinya dehidrasi lanjutan pada beton, metode kristalisasi ini dilakukan dengan cara menambahkan zat aditif kristalisasi pada beton saat pembuatan beton dengan proporsi tertentu.

Ukuran yang diapakai dalam pembuatan sampel beton kedap air ini adalh silinder yang berukuran diameter 10 cm dan tinggi 20 cm.

Adapun pembuatan sampel beton kedap air sebagai berikut:

#### A. Tujuan

Membuat campuran beton kedap air

### **B. Peralatan**

Adapun peralatan yang dibutuhkan untuk pelaksanaan campuran beton ini ialah sbb :

- Timbangan 100 kg.
- Takaran air.
- Ember.
- Cetok.
- Cetakan (mole) ukuran 10x20.
- Pan
- Alat perojok

### **C. Bahan**

Adapun bahan-bahan yang dibutuhkan untuk pembuatan campuran beton ini, sbb :

- Semen Portland Pozolan
- Pasir.
- Batu pecah.
- Air.
- Bak tempat adonan basah.

### **D. Prosedur pelaksanaan**

- Siapkan semua bahan yang dibutuhkan sesuai dengan hasil perbandingan campuran beton dalam keadaan asli.
- Pan dibasahkan secukupnya.
- Masukkan pasir dan semen dan aduk hingga tercampur rata.
- Masukkan air dan aditif sikament LN dan aduk sampai rata.
- Setelah pasta tercampur secara sempurna masukkan batu pecah ke dalam pasta dan aduk hingga semua bahan tercampur secara homogen.
- Masukkan beton segar ke dalam cetakan dan jangan lupa dirojok.

### 3.3.7 Pengujian Beton Kedap Air

Sebelum menentukan komposisi mana yang akan dipakai untuk membuat beton sebagai pemberat terapung maka dilakukan dahulu pengujian terhadap beton kedap air sebagai bahan dasar pemberat terapung. Pengujian ini berdasarkan SNI 03-2914-1990 yang menjelaskan tentang beton bertulang kedap air. Standar ini memuat persyaratan minimum untuk beton kedap air dan beton kedap air agresif.

Sifat beton yang harus dipenuhi menurut SNI 03-2914-1990, antara lain :

1. Selama 10+0,5 menit, resapan (absorpsi) maksimum 2,5% terhadap berat beton kering oven.
2. Selama 24 jam, resapan maksimum 6,5% terhadap berat beton kering oven.

#### 3.3.7.1 Percobaan Air Resapan Pada Beton Kedap Air

##### A. Tujuan

Menentukan kadar air resapan pada beton kedap air

##### B. Peralatan

- Timbangan Analisa 2600 gram
- Pan
- Oven
- Baskom berisi air

##### C. Bahan

- Sampel beton kedap air

##### D. Prosedur

- Masukkan sampel beton kedap air ke dalam oven selama 24 jam dengan suhu 110 °C dan upayakan beton tersebut benar-benar kering
- Timbang sampel beton kedap air yang telah dioven
- Catat berat beton kering oven
- Masukkan sampel beton kedap air ke dalam baskom yang berisi air dan rendam
- Angkat sampel beton kedap air yang direndam pada menit ke 10+0,5 menit

- Lap permukaan sampel beton yang basah dan usahakan jangan terlalu kering
- Timbang sampel beton kedap air yang direndam selama 10+0,5 menit dan catat beratnya
- Masukkan kembali sampel beton kedap air ke dalam baskom yang berisi air
- Angkat kembali beton tadi setelah perendaman selama 24 jam
- Lap permukaan beton dan timbang berapa beratnya
- Catat beratnya



**Gambar 3.2** beton kedap air saat di oven

#### E. Rumus yang digunakan

Untuk mendapatkan besarnya air resapan pada pasir digunakan persamaan :

$$\text{Air resapan pada beton} = \frac{(W_2 - W_1)}{W_1} \times 100 \% \quad \dots (3.17)$$

Dimana :

$W_1$  = Berat beton kedap air oven (gram)


$W_2$  = Berat beton kedap air yang direndam (gram)

Pengujian ini dilakukan pada hari ke-7, 14, 21, dan 28 dimaksudkan untuk mengetahui perkembangan daya absorpsi pada beton kedap air tersebut.

Adapun penjadwalan pengujian beton kedap air di gambarkan dalam sebuah matriks adalah sebagai berikut:

mix design	no. benda uji	umur sampel beton kedap air							
		2-6	7	8-13	14	15-20	21	22-27	28
kadar semen 450 kg/m <sup>3</sup> dengan fas 0.45	1	CURING	Pengetesan beton kedap air	CURING	Pengetesan beton kedap air	CURING	Pengetesan beton kedap air	CURING	Pengetesan beton kedap air
	2	CURING	Pengetesan beton kedap air	CURING	Pengetesan beton kedap air	CURING	Pengetesan beton kedap air	CURING	Pengetesan beton kedap air
	3	CURING	Pengetesan beton kedap air	CURING	Pengetesan beton kedap air	CURING	Pengetesan beton kedap air	CURING	Pengetesan beton kedap air
	4	CURING	Pengetesan beton kedap air	CURING	Pengetesan beton kedap air	CURING	Pengetesan beton kedap air	CURING	Pengetesan beton kedap air
	5	CURING	Pengetesan beton kedap air	CURING	Pengetesan beton kedap air	CURING	Pengetesan beton kedap air	CURING	Pengetesan beton kedap air
	6	CURING	Pengetesan beton kedap air	CURING	Pengetesan beton kedap air	CURING	Pengetesan beton kedap air	CURING	Pengetesan beton kedap air

keterangan =  = CURING

 = Pengetesan beton kedap air

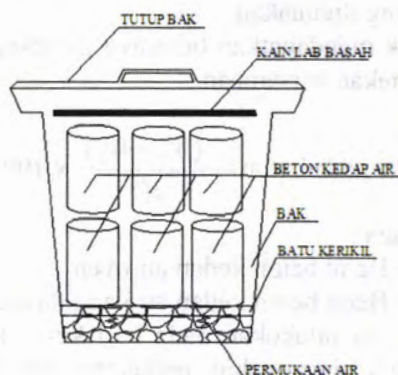
**Gambar 3.3** Matrix penjadwalan pengujian beton kedap air

Matriks diatas menjelaskan tentang pola jadwal pengetesan satu mix design. Jadi hal yang serupa dilakukan pada delapan mix design yang lain.

### 3.3.7.2 Curing sampel beton kedap air

#### A. Tujuan

Mencegah penguapan air di dalam spesi beton.





Gambar 3.4 sistem pelaksanaan curing

### **B. Cara Pelaksanaan**

Menurut PBI 1971 pasal 6.4 hal 58, perawatan beton dilakukan :

1. Untuk mencegah penguapan bidang – bidang beton selama paling sedikit 2 minggu atau 14 hari, beton harus dibasahi terus - menerus dengan menutupinya dengan karung-karung basah.
2. Perawatan dengan uap bertekanan tinggi, uap yang bertekanan udara luar, pemanasan atau proses-proses lainnya dapat dipakai untuk mempersingkat waktu pengerasan.

Dalam penelitian tugas akhir ini, curing dilaksanakan dengan cara menaruh beton dalam kondisi yang sangat lembab yakni dengan memasukkan beton ke dalam bak yang diisi air sedikit dan di atas beton yang dicuring dikasih kain lab yang sudah dibasahi dan ditutup rapat bak tersebut sampai waktu pengetesan. Proses perawatan ( curing ) ini dilakukan sehari atau 24 jam setelah proses pencetakan beton.

Langkah-langkah proses perawatan ( curing ) :

- a. Setelah 24 jam dari proses pencetakan beton, cetakan beton dibuka perlahan-lahan dan benda uji silinder beton diambil.
- b. Benda uji silinder beton diletakkan dalam suatu bak yang berisi sedikit air dan sangat lembab, dan dibiarkan sampai

sehari sebelum waktu pengetesan untuk dikeluarkan dari bak (pengeringan).

- c. Pada waktu pengetesan, benda uji yang telah dikeluarkan dari bak dan mengering ditimbang beratnya. Setelah itu diukur dimensinya.
- d. Langkah tersebut berlaku untuk benda uji yang berumur 7, 14, 21 dan 28 hari.

### C. *Kesimpulan*

Kegiatan curing harus dilaksanakan setelah proses pencetakan beton sampai hari pengetesan beton tersebut.

### D. *Kegunaan*

Kegunaan dari proses curing ini adalah untuk :

- Mencegah proses hidrasi (penguapan massa air) dari beton yang masih segar sehingga beton dapat mencapai kekuatan yang maksimal
- Mencegah terjadinya retak-retak pada beton yang masih segar

## 3.3.7.3 Tes Kekuatan Tekan Hancur (ASTM C 832-75)

### A. *Tujuan*

Untuk mengetahui kekuatan tekan hancur beton terhadap pembebanan.

### B. *Peralatan*

- Timbangan.
- Pemanas/kompor listrik + media untuk memanaskan belerang.
- Cetakan untuk capping benda uji.
- Mesin Test Hidrolis ( Torsee Universal Testing Machine ).

Tokyo testing Machine MFG CO.,LTD.

- |        |   |         |
|--------|---|---------|
| ○ Type | : | RAT-200 |
| ○ CAP  | : | 200 TF  |

- MFG no : 20380
- Date : May, 1981

### C. Bahan

- Belerang.
- Oli.
- Beton uji berbentuk silinder diameter 10 cm dan tinggi 20 cm sebanyak 10 buah.

### D. Prosedur Pelaksanaan

Tes kekuatan tekan hancur dilaksanakan saat benda uji berumur 28 hari. Sebelum dites diukur dimensinya ( tinggi dan diameter ) terlebih dahulu dan ditimbang beratnya. Siapkan cetakan untuk capping benda uji kemudian diolesi dengan oli agar belerang tidak menempel pada alat perata tersebut. Tuang belerang cair ke cetakan untuk capping benda uji, setelah itu benda uji beton diletakkan dalam cetakan tersebut dan tekan lalu tunggu sampai kira-kira belerang telah mengeras dan melekat dengan beton kemudian angkat. Permukaan yang ditemplei belerang adalah permukaan beton yang kasar.

Lalu lakukan pengetesan benda uji pada alat tekan Mesin Tes Hidrolis, dengan permukaan yang rata sebagai bidang yang akan dibebani. Gerakkan tuas berwarna merah keatas dan tekan tombol penggerak ke posisi on. Matikan tombol penggerak pada saat beton pecah ( jarum sudah tidak bergerak lagi ). Untuk mengambil kembali benda uji, gerakkan tuas ke bawah, sehingga benda uji terlepas dari jepitan.

Untuk benda uji berbentuk silinder dengan diameter 10 cm dan tinggi 20 cm sudah ada ketentuan luasnya yaitu  $78,571 \text{ cm}^2$ .

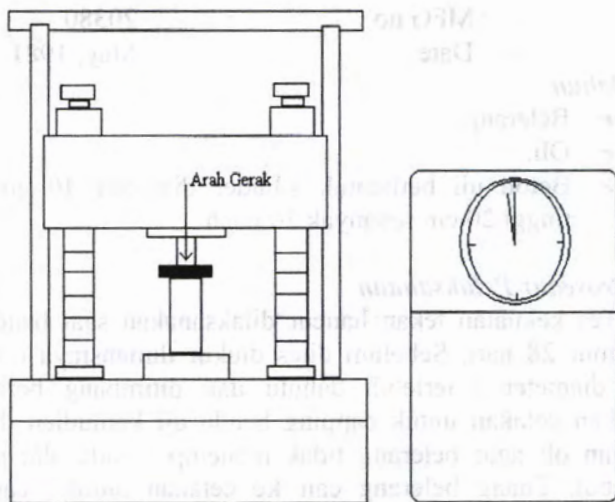
Rumus :

$$\sigma'_i = P/A \dots\dots\dots (3.18)$$

dimana

- $\sigma'_i$  : Kuat tekan hancur spesimen individu
- P : Beban (kg)
- A : Luas penampang yang dibebani ( $\text{cm}^2$ )





**GAMBAR ALAT TEST TEKAN ( MESIN TEST HIDROLIS )**



**Gambar 3.5** foto tes kuat tekan dan proses tes kuat tekan

### 3.3.8 Pendesainan Pemberat Terapung

#### 3.3.8.1 Perhitungan Void dalam Beton

Setelah melakukan mix design maka kita akan mendapat berat jenis beton yang akan kita gunakan, berat beton ini dalam  $1\text{m}^3$ . Langkah selanjutnya yakni :

- Mengsumsikan berat kotak penumpang Hidropower Elevator

Skala hidropower elevator ini digunakan pada perumahan jadi berat asumsi yang digunakan kami ambil sebesar 160kg (untuk 2 orang penumpang dewasa).

- Mencari volume awal

Volume awal ini artinya volume dimana beton ini masih mempunyai berat jenis yang asli. Pencarian volume ini menggunakan rumus :

$$BJ = \frac{W}{V} \dots\dots\dots (3.13)$$

dengan

$BJ$  adalah berat jenis,

$W$  adalah berat,

$V$  adalah volume.

Dan harus memahami konsep ini :

Satuan massa jenis lainnya adalah: gram per centimeter kubik ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ).  $1 \text{ g}/\text{cm}^3 = 1000 \text{ kg}/\text{m}^3$ . Massa jenis air murni adalah  $1 \text{ g}/\text{cm}^3$  atau sama dengan  $1000 \text{ kg}/\text{m}^3$

Tiga keadaan benda di dalam zat cair:

a. tenggelam:  $W > F_a$  ;  $\rho_b > \rho_z$

b. melayang:  $W = F_a$  ;  $\rho_b = \rho_z$

c. terapung:  $W = F_a$  ;  $\rho_b \cdot V = \rho_z \cdot V'$  ;  $\rho_b < \rho_z$

$W$  = berat benda

$F_a$  = gaya ke atas =  $\rho_z \cdot V' \cdot g$

$\rho_b$  = massa jenis benda

$\rho_z$  = massa jenis fluida

$V$  = volume benda

$V'$  = volume benda yang berada dalam fluida

Harga  $W_{\text{beton}}$  yang kami ambil haruslah lebih besar dari  $W$  penumpang hal ini dimaksudkan agar pemberat terapung kami dapat menarik kotak penumpang pada saat kotak penumpang akan bergerak ke atas. Karena  $BJ_{\text{beton}}$  dan  $W_{\text{beton}}$  kita ketahui maka dalam persamaan di atas kita akan mendapat harga  $V_{\text{beton}}$ .

- Menghitung volume void

Sama halnya dengan perhitungan sebelumnya yakni menggunakan persamaan 3.13 maka kita akan mendapat  $V_{\text{total}}$  yakni dimana volume ini menggunakan  $W$  yang sama akan tetapi harga  $BJ$  yang digunakan berbeda, bukan lagi  $BJ_{\text{beton}}$  akan tetapi  $BJ$  yang sudah dikecilkan harganya sebesar kurang dari massa jenis air ( $1\text{kg/m}^3$ ). Setelah kita mendapatkan 2 Volume yakni  $V_{\text{beton}}$  dan  $V_{\text{total}}$  maka,

$$V_{\text{void}} = V_{\text{total}} - V_{\text{beton}} \dots\dots\dots (3.14)$$

Dimana :  $V_{\text{beton}}$  = volume dimana menggunakan  $BJ_{\text{beton}}$   
 $V_{\text{total}}$  = volume dimana menggunakan  $BJ < BJ_{\text{air}}$   
 $V_{\text{void}}$  = volume void.

### 3.3.9 Pengecekan kestabilan desain pemberat terapung

Pengecekan ini dilakukan bermaksud agar pemberat terapung ini stabil terhadap guncangan dan gelombang air. Pada pengecekan ini rumus yang digunakan berdasarkan kestabilan suatu benda mengapung pada fluida yang sudah dijelaskan pada mata kuliah Mekanika Fluida yakni :

$$\bar{x}V = \sum xi\Delta Vi \dots\dots\dots (3.15)$$

Dimana :  $x$  = jarak antara pusat gaya apung dengan bidang tegak lurus benda  
 $V$  = volume cairan yang dipindahkan

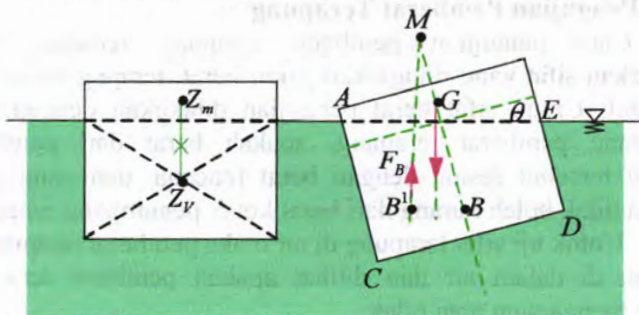
$\Delta v_i$  = volume pias-pias yang ditinjau

$x_i$  = tangen dari momen tiap-tiap pias

Pada tahap ini adalah merencanakan peletakan void yang pas pada beton sehingga akan terbentuk sebuah pemberat terapung yang stabil. Dengan cara dicoba-coba pada saat perencanaan voidnya setelah itu dicek dengan hitungan dengan menggunakan rumus di atas.

Adapun hasil dalam perhitungan diatas dapat diambil kesimpulan apabila:

- Benda dalam keseimbangan stabil apabila  $GM > 0$
- Benda dalam keseimbangan labil apabila  $GM < 0$
- Benda dalam keseimbangan netral apabila  $GM = 0$



**Gambar 3.6** Kestabilan dari benda prismatik yang mengapung

Keterangan :

G = titik berat bidang benda yang mengapung di atas air

B = titik berat bidang benda yang tenggelam dalam air

B' = titik semula sebelum bidang bergeser pada bidang benda yang tenggelam.

M = titik dimana hasil perpotongan garis B-G dengan garis B'

### **3.3.10 Pembuatan pemberat terapung**

Cara pembuatan seperti pembuatan beton pada umumnya akan tetapi sebelum beton tersebut mengeras, dimasukkannya sebuah box yang mempunyai tebuat dari bahan yang mempunyai berat ringan sehingga tidak mengganggu massa jenis beton yang lebih kecil dari massa jenis air. Volume box ini berdasarkan volume yang dibutuhkan agar beton tersebut terapung. Serta peletakan harus berdasarkan perhitungan optimassi peletakan void. Besarnya ukuran semua komponen berdasarkan pada perhitungan awal sebelum melaksanakan pembuatan pemberat terapung ini.

### **3.3.11 Pengujian Pemberat Terapung**

Cara pengujian pemberat terapung tersebut ialah berdasarkan sifat yang diinginkan yakni berat, terapug dalam air, dan stabil. Untuk sifat berat pengujian dilakukan dengan cara menimbang pemberat terapung, apakah berat dari pemberat terapung tersebut sesuai dengan berat rencana, dan yang pasti beratnya tidak boleh kurang dari berat kotak penumpang rencana.

Untuk uji sifat terapung di air maka pemberat terapung di ceburkan di dalam air dan dilihat apakah pemberat terapung tersebut mengapung atau tidak.

Sedangkan untuk uji kestabilan pemberat terapung adalah hanya menggunakan perhitungan kesetimbangan desain. Hal ini dimaksudkan karena pada penggunaan pemberat terapung di dalam hydropower elevator tidak menerima gelombang yang besar.

## **3.4 ANALISA DATA**

Tahap selanjutnya adalah dengan melakukan pengujian apakah beton tersebut mengapung di air dan mempunyai berat yang telah direncanakan serta stabil terhadap guncangan air.

### **3.5 KESIMPULAN DAN SARAN**

Tahap terakhir dari serangkaian tugas akhir ini adalah mengambil kesimpulan dari analisa data yang telah dibuat dan dapat membuat tabel korelasi antar berat yang direncanakan dengan volume pemberat terapung serta proporsi tiap-tiap material yang digunakan. Dan kemudian dapat memberikan saran-saran bagi penelitian selanjutnya untuk perkembangan teknologi beton dimasa yang akan datang.

### 3.3 KESIMPULAN DAN SARAN

Tujuan penelitian dan kesimpulan yang akan di dapatkan  
 mengenai [tentang] dan analisis data yang telah dibuat dan  
 dapat digunakan untuk analisis data yang telah dilakukan dan  
 dengan metode analisis data yang telah dilakukan dan  
 analisis yang digunakan dan kesimpulan yang dihasilkan  
 dan saran bagi penelitian selanjutnya untuk perkembangan  
 lebih lanjut yang akan datang.

**( halaman ini sengaja dikosongkan )**

## BAB IV HASIL DAN ANALISA DATA

### 4.1 Umum

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai hasil-hasil berikut kesimpulan selama pengerjaan tugas akhir penelitian yang mengenai beton kedap air yang dimanfaatkan sebagai pemberat terapung untuk diaplikasikan pada hidropower elevator.

Metode hasil dan analisa data ini diawali dengan pendesainan dan kemudian ditampilkannya tabel untuk kemudian dilakukan pembahasan.

### 4.2 Tes Material dan Analisa Ayakan

Pada Bab III sudah dijelaskan uji material apa saja yang dilakukan untuk mengetahui material yang dipakai memenuhi standart yang ada. Hasil tes agregat dari material yang akan kita gunakan adalah sebagai berikut:

#### 4.2.1 Agregat Halus ( Pasir )

##### 4.2.1.1 Percobaan Kelembaban Pasir (ASTM C 556-89)

*Tabel 4.1. Hasil Percobaan Kelembaban Pasir*

PERCOBAAN NOMOR	1	2
Berat Pasir Asli ( $W_1$ )	500 gr	500 gr
Berat Pasir Oven ( $W_2$ )	491.44 gr	491.54 gr
Kelembaban Pasir ( $(W_1 - W_2) / W_2$ * 100 %	1.742 %	1.721 %
Rata - rata Kelembaban Pasir	1.73%	

Berdasarkan ASTM C 556-89, kadar kelembaban pasir maksimum adalah kurang dari 0,1 %. Sedangkan kadar pasir yang diperoleh sebesar 1.73 %. Dengan demikian kadar pasir yang digunakan belum memenuhi syarat sehingga pasir harus dioven lagi sampai memenuhi syarat yang ditetapkan atau tidak saat



pelaksanaan kelembaban yang diperoleh akan digunakan sebagai penyesuaian tiap-tiap kebutuhan material dalam mix-design.

#### 4.2.1.2 Percobaan Berat Jenis Pasir ( ASTM C 128 – 93)

**Tabel 4.2. Hasil Percobaan Berat Jenis Pasir**

PERCOBAAN NOMOR	1	2
Berat Labu + Pasir + Air ( $W_1$ )	1555.5 gr	1591.5 gr
Berat Pasir SSD	500 gr	500 gr
Berat Labu + Air ( $W_2$ )	1239.5 gr	1275.5 gr
Berat Jenis Pasir = $500/(500+W_2)-W_1$	2.72 gr/cm <sup>3</sup>	2.72 gr/cm <sup>3</sup>
Rata – rata Berat Jenis Pasir	2.72 gr/cm <sup>3</sup>	

Berdasarkan data dari ASTM C 128 – 93, berat jenis pasir berkisar antara 2,4 sampai 2,7 gr/cm<sup>3</sup>. Sedangkan dari pengesanan diperoleh berat jenis pasir sebesar 2,72 gr/cm<sup>3</sup>.

Dengan demikian pasir yang digunakan memenuhi syarat yang ditetapkan.

#### 4.2.1.3 Percobaan Air Resapan (ASTM C 128- 93 )

**Tabel 4.3. Hasil Percobaan Air Resapan**

PERCOBAAN NOMOR	1	2
Berat Pasir SSD	500 gr	500 gr
Berat Pasir Oven ( $W_1$ )	497 gr	497.5 gr
Kadar Air Resapan = $((500-W_1)/W_1) * 100 \%$	0.604 %	0.502 %
Rata – rata Kadar Air Resapan	0.55%	

Berdasarkan ASTM C 128 – 93, kadar untuk resapan air pasir berkisar antara 1 sampai 4 % yang diperbolehkan. Sedangkan pada percobaan diperoleh kadar air resapan pasir sebesar 0.55%

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa pasir yang digunakan telah memenuhi syarat untuk digunakan.

#### 4.2.1.4 Percobaan Kebersihan Pasir Dari Bahan Organik



**Gambar 4.1** Hasil tes kebersihan pasir dari bahan organik

**Tabel 4.4** Hasil Percobaan Kebersihan Pasir Dari Bahan Organik

PERCOBAAN NOMOR	1	2
Volume Pasir ( cc )	130	130
Larutan NaOH ( cc )	200	200
Warna yang timbul	Bening kekuning-kuningan	Bening kekuning-kuningan

**Kesimpulan :** Warna yang timbul adalah warna bening kekuning-kuningan. Jadi bisa disimpulkan bahwa dari hasil percobaan di atas, pasir yang di uji mengandung sedikit bahan organik karena warna yang dihasilkan lebih muda dari warna pembeding.

#### 4.2.1.5 Percobaan Kebersihan Pasir Terhadap Bahan Lumpur ( Pengendapan ).

**Tabel 4.5.** Hasil Percobaan Kebersihan Pasir Terhadap Lumpur

PERCOBAAN NOMOR	1	2
Tinggi Lumpur ( h )	0.3	0.3
Tinggi Pasir ( H )	5.7	6
Kadar Lumpur = h / H	0.055	0.053
Rata - rata Kadar Lumpur	0.054	

Kadar Lumpur rata – rata yang ada pada pasir yang diuji = 0.054. Kadar lumpur yang diperbolehkan tidak lebih dari 5% atau 0.05. Pada percobaan kadar lumpurnya lebih besar dari kasar lumpur yang diijinkan akan tetapi masih diperbolehkan karena prosentase tidak beda jauh. Dan apabila masih ada keraguan maka sebelum material ini dipakai hendaknya dicuci dahulu. Dengan demikian dapat disimpulkan pasir yang digunakan memenuhi syarat untuk digunakan.

#### 4.2.1.6 Percobaan Kebersihan Pasir Terhadap Lumpur (Pencucian) (ASTM C117-95)

*Tabel 4.6. Percobaan Kebersihan Pasir Terhadap Lumpur (Pencucian)*

PERCOBAAN NOMOR	1	2
Berat Pasir Kering ( $W_1$ )	500 gr	500 gr
Berat Pasir Bersih Kering ( $W_2$ )	485.5 gr	486.5 gr
Kadar Lumpur = $(W_1 - W_2) / W_1 * 100 \%$	2.9 %	2.7 %
Jumlah Rata – rata Kadar Lumpur	2.8%	

Berdasarkan ASTM ASTM C117-95, kadar Lumpur untuk pengendapan tidak lebih dari 3 %. Sedangkan dari hasil percobaan diperoleh kadar sebesar 2,8 %. Dengan demikian dapat disimpulkan pasir yang digunakan memenuhi syarat untuk digunakan.

#### 4.2.1.7 Percobaan Berat Volume Pasir (ASTM C 29/C 29 M – 91)

*Tabel 4.7 Hasil Percobaan Berat Volume Pasir*

JENIS PERCOBAAN	Dengan Rojokan	Tanpa Rojokan
Berat Silinder ( $W_1$ )	2600 gr	2600 gr
Berat Silinder + Pasir ( $W_2$ )	7690 gr	7630 gr
Berat Pasir ( $W_2 - W_1$ )	5090 gr	5030 gr
Volume Silinder ( $V$ )	3000 cm <sup>3</sup>	3000 cm <sup>3</sup>

Berat Volume ( $W_2 - W_1$ ) / V	1.7 gr/cm <sup>3</sup>	1.68 gr/cm <sup>3</sup>
Rata - rata Berat Volume Pasir	1.69 gr/cm <sup>3</sup>	

Berdasarkan ASTM C/29 29 M - 91, berat volume pasir antara yang dirojok dengan yang tidak dirojok tidak lebih dari 0,04 kg/liter. Sedangkan dari percobaan diperoleh selisih rojokan dengan tanpa dirojok sebesar 0,02 kg/liter, sehingga berat volume pasir memenuhi syarat untuk digunakan.

#### 4.2.2 Agregat Kasar ( Batu Pecah )

##### 4.2.2.1 Percobaan Kelembaban Batu Pecah ( ASTM C 566-89 )

*Tabel 4.8. Hasil Percobaan Kelembaban Batu Pecah*

PERCOBAAN NOMOR	1	2
Berat Batu Pecah Asli ( $W_1$ )	500 gram	500 gram
Berat Batu Pecah Oven ( $W_2$ )	490.5 gram	489 gram
Kelembaban Batu Pecah = ( $W_1 - W_2$ ) / $W_1$ * 100 %	1.937 %	2.25 %
Rata - rata Kelembaban Batu Pecah	2.093%	

Dari hasil percobaan di atas diperoleh kelembaban batu pecah = 2.093 % . Dari data diatas didapat perbedaan kelembaban batu pecah sampel 1 dan 2 tidak melebihi dari 0.79% (ASTM C 566). Namun dalam penggunaannya harus tetap dioven.

##### 4.2.2.2 Percobaan Berat Jenis Batu Pecah ( ASTM C 127 - 88 Reapp. 93 )

*Tabel 4.9. Hasil Percobaan Berat Jenis Batu Pecah*

PERCOBAAN NOMOR	1	2
Berat Batu Pecah di Udara ( $W_1$ )	3000 gr	3000 gr
Berat Batu Pecah di Air ( $W_2$ )	1875 gr	1860 gr
Berat Jenis = $W_1 / (W_1 - W_2)$	2.67 gr/cm <sup>3</sup>	2.63 gr/cm <sup>3</sup>
Rata - rata Berat Jenis	2.65 gr/cm <sup>3</sup>	

Dari hasil percobaan di atas diperoleh berat jenis batu pecah =  $2.65 \text{ gr/cm}^3$ . Berdasarkan ASTM C 127-88-93 batas berat jenis batu pecah yang diperbolehkan adalah  $2,4 \text{ gr/cm}^3$  sampai dengan  $2,7 \text{ gr/cm}^3$ . Maka dari hasil percobaan di atas berat jenis yang didapat memenuhi persyaratan dan hasilnya berat jenis batu pecah sebesar  $2.65 \text{ gr/cm}^3$ .

#### 4.2.2.3 Percobaan Air Resapan Batu Pecah (ASTM C 127- 88 Reapp 93 )

*Tabel 4.10. Hasil Percobaan Air Resapan Batu Pecah*

PERCOBAAN NOMOR	1	2
Berat Kerikil SSD	3000 gr	3000 gr
Berat Kerikil Oven ( W )	2936 gr	2920.5 gr
Kadar Air Resapan = ( 3000 - W ) / W *100 %	2.18 %	2.72 %
Rata - rata Kadar air Resapan	2.45%	

Berdasarkan ASTM C 127- 88 Reapp 93 , kadar resapan batu pecah berkisar antara 1 % sampai 2 % yang diperbolehkan. Sedangkan dari hasil percobaan diperoleh kadar sebesar 2.45 %.

Dengan demikian batu pecah yang digunakan prosentase resapan yang diperoleh agak besar dari persyaratan akan tetapi masih diperbolehkan dan memenuhi syarat untuk digunakan.

#### 4.2.2.4 Percobaan Kebersihan Batu Pecah Terhadap Lumpur (Pencucian) (ASTM C 117 -95)

*Tabel 4.11. Hasil Percobaan Kebersihan Batu Pecah Terhadap Lumpur (Pencucian)*

PERCOBAAN NOMOR	1	2
Berat Kering Sebelum Dicuci ( $W_1$ )	1000 gr	1000 gr
Berat Kering Setelah Dicuci ( $W_2$ )	998.5 gr	998 gr

$\text{Kadar Lumpur} = (W_2 - W_1) / W_1 * 100 \%$	0.15 %	0.2 %
Rata - rata Kadar Lumpur	0.175%	

Berdasarkan syarat ASTM C 117 - 95, kadar kebersihan batu pecah terhadap Lumpur kurang dari 1 %. Dari tabel di atas didapatkan kadar lumpur sebesar 0.175 %, dapat diambil kesimpulan bahwa batu pecah yang digunakan telah memenuhi persyaratan yang telah ditentukan.

#### 4.2.2.5 Percobaan Keausan Agregat Kasar (ASTM C 131 - 89)

*Tabel 4.12. Hasil Percobaan Keausan Agregat Kasar*

PERCOBAAN NOMOR	1
Berat Sebelum Diabrasi ( $W_1$ )	5000 gr
Berat Setelah Diabrasi ( $W_2$ )	3768.5 gr
$\text{Keausan} = (W_1 - W_2) / W_1 * 100 \%$	24.63 %

Berdasarkan ASTM C 131 - 89, kadar keausan batu pecah tidak lebih dari 50 %. Sedangkan dari tabel diatas, didapat tingkat keausan batu pecah sebesar 24.63 %. Hal ini berarti batu pecah bisa digunakan sebagai agregat kasar untuk membuat beton karena sudah sesuai syarat ASTM C 131 yang menyatakan bahwa agregat yang baik harus mempunyai tingkat keausan kurang dari 35 %.

#### 4.2.2.6 Percobaan Berat Volume Batu Pecah ( ASTM C 29/C 29 M - 91a )

*Tabel 4.13 Hasil Percobaan Berat Volume Batu Pecah*

JENIS PERCOBAAN	Dengan Rojokan	Tanpa Rojokan
Berat Silinder ( $W_1$ )	5050 gr	5050 gr
Berat Silinder + Batu Pecah ( $W_2$ )	20230 gr	19470 gr
Berat Batu Pecah ( $W_2 - W_1$ )	15180 gr	14420 gr

Volume Silinder ( V )	10000 cm <sup>3</sup>	10000 cm <sup>3</sup>
Berat Volume = ( W <sub>2</sub> - W <sub>1</sub> ) / V	1.52 gr/cm <sup>3</sup>	1.44 gr/cm <sup>3</sup>
Rata - rata Berat volume	1.48	

Berdasarkan ASTM C 29/C 29 M - 91a, berat volume yang disyaratkan berkisar antara 1,4 sampai 1,7 gr/cm<sup>3</sup>. Sedangkan dari percobaan diperoleh berat volume sebesar 1,48 gr/cm<sup>3</sup>. Dengan demikian batu pecah yang digunakan memenuhi syarat untuk digunakan.

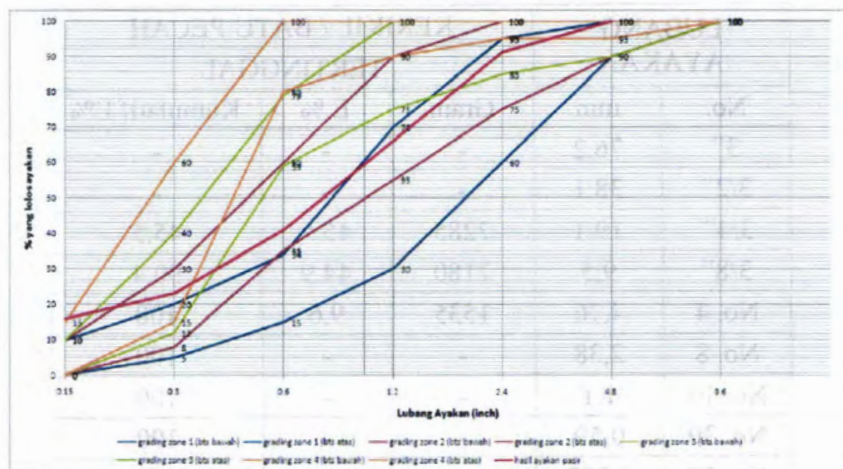
### 4.2.3. Analisa Ayakan

#### 4.2.3.1. Agregat Halus ( Pasir )

Tabel 4.14. Hasil ayakan pasir

LUBANG AYAKAN		PASIR		
		TERTINGGAL		
No.	mm	Gram	E %	Kumulatif E %
3"	76,2	-	-	-
3/2"	38,1	-	-	-
3/4"	19,1	-	-	-
3/8"	9,5	-	-	-
No. 4	4,76	105	10.5	10.5
No. 8	2,38	54	5.4	15.9
No. 16	1,1	71	7.1	23
No. 30	0,59	177	17.7	40.7
No. 50	0,297	255	25.5	66.2
No. 100	0,149	249	24.9	91.1
Pan	0,000	89	8.9	-
JUMLAH		1000	100	247.4
		Fm pasir = 2.47		

Keterangan : E % = Prosentase pasir yang tertinggal diatas ayakan



Gambar 4.2 Grafik Ayakan Pasir

Berdasarkan data dan grafik diatas, dapat diambil kesimpulan untuk analisa ayakan pasir sebagai berikut :

Kondisi Pasir :

1. Lolos saringan No. 200 : 5
2. Berat jenis (SSD) : 2.72 kg/dm<sup>3</sup>
3. Berat Volume : 1.69 gr/m<sup>3</sup>
4. Kelembaban : 1.73 %
5. Resapan : 0.55 %
6. Modulus Kehalusan : 2.47 %
7. Grading zone : 2



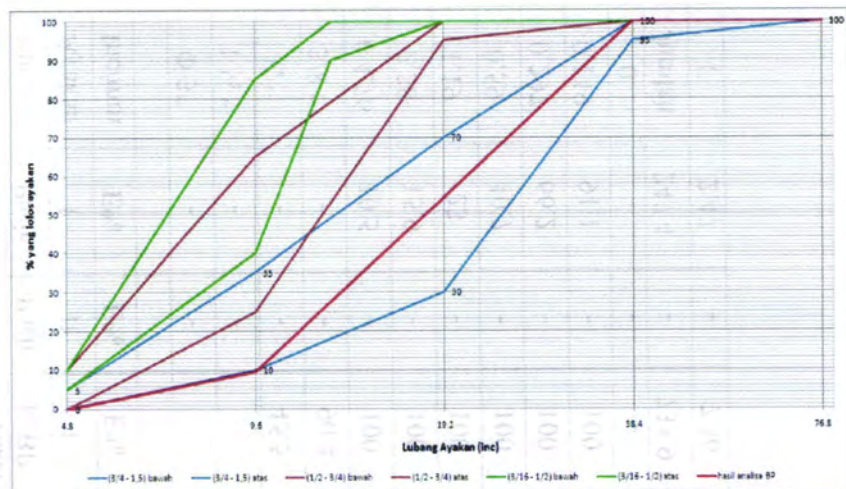
## 4.2.3.2. Agregat Kasar ( Batu Pecah )

Tabel 4.15 Hasil Ayakan Batu Pecah

LUBANG AYAKAN		KERIKIL / BATU PECAH		
		TERTINGGAL		
No.	mm	Gram	E %	Kumulatif E%
3"	76.2	-	-	-
3/2"	38.1	-	-	-
3/4"	19.1	7285	45.5	45.5
3/8"	9,5	7180	44.9	90.4
No. 4	4,76	1535	9.6	100
No. 8	2,38	-	-	100
No. 16	1,1	-	-	100
No. 30	0,59	-	-	100
No. 50	0,297	-	-	100
No. 100	0,149	-	-	100
Pan	0	-	-	-
JUMLAH		16000	100	735.9
		Fm kr = 7.36		

Keterangan : E % = Prosentase pasir yang tertinggal diatas ayakan

Fm kr = Modulus kehalusan kerikil/batu pecah



**Gambar 4.3** Grafik Ayakan Batu Pecah

Kesimpulan analisa ayakan batu pecah

Kondisi Batu Pecah :

- |                      |                             |
|----------------------|-----------------------------|
| 1. Berat jenis (SSD) | : 2.65 gr / cm <sup>3</sup> |
| 2. Berat Volume      | : 1.48 gr / cm <sup>3</sup> |
| 3. Kelembaban        | : 2.093 %                   |
| 4. Resapan           | : 2.45 %                    |
| 5. Modulus Kehalusan | : 7.36 %                    |
| 6. Diameter Maximum  | : 40 mm                     |

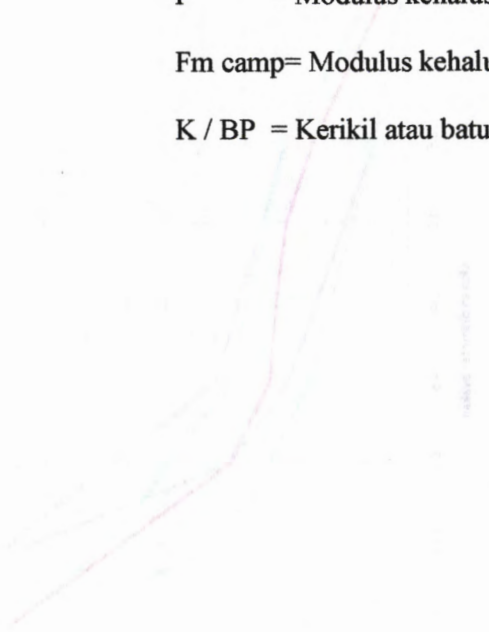
#### 4.2.3.3. Agregat Gabungan

Merupakan gabungan dari agregat halus ( pasir )  
dengan agregat kasar ( batu pecah )

Tabel 4.16. Hasil ayakan campuran

Lubang	Pasir	Pasir	K/BP	K/BP	Campuran pasir + kerikil / batu pecah				
Ayakan	I	II	I	II	Pasir	Pasir	K/BP	K/BP	
Inc/mm	E%	E%	E%	E%	I	II	I	II	E%
					39%		61%		
Φ 3"	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1 1/2 "	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3/4 "	-	-	45.5	-	-	-	27.77	-	27.77
3/8 "	-	-	90.4	-	-	-	55.15	-	55.15
# 4,76	10.5	-	100	-	4.1	-	61	-	65.1
2,38	15.9	-	100	-	6.2	-	61	-	67.2
1,19	23	-	100	-	9	-	61	-	70
0,59	40.7	-	100	-	15.9	-	61	-	76.9
0,297	66.2	-	100	-	25.8	-	61	-	86.8
0,149	91.1	-	100	-	35.5	-	61	-	96.5
0	-	-	-	-	-	-	-	-	
Jumlah	247.4	-	735.9	-	96.47	-	448.92		545.41
F	2.47	-	7.36	-	Fm camp = 5.45				

- Keterangan :  $E\%$  = Prosentase ( pasir atau batu pecah ) yang tertinggal.
- $F$  = Modulus kehalusan ( pasir atau batu pecah )
- $F_m$  camp= Modulus kehalusan campuran pasir dan batu pecah
- $K / BP$  = Kerikil atau batu pecah

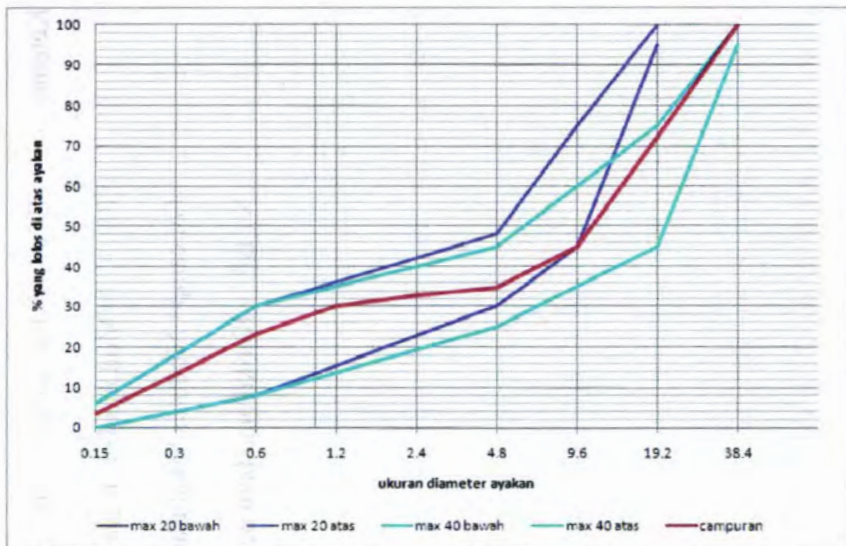


kecepatan dengan metode DOE adalah sebagai berikut :

berikut ini adalah langkah-langkah dan hasil pembuatan beton menggunakan program komputer menggunakan metode DOE yang digunakan terdapat dalam file ini dan menggunakan file yang ada di internet akan semen dan kapur air semen (1:2) dan dengan penelitian ini dimulai dari langkah (1?) dan metode DOE pembuatan beton cepat air yang menggunakan metode DOE menggunakan cara B-7D 2 dimana bisa menggunakan metode DOE dan DOE akan pebatan macam variasi pebatan yang sudah ada dan penelitian ini dengan menggunakan mix desain dengan menggunakan mix desain dengan menggunakan

Analisa Data dan Beton Kecepatan Air

Dari hasil penelitian bahwa hasil campuran tersebut menunjukkan dengan menggunakan metode DOE akan pebatan macam variasi pebatan yang sudah ada dan penelitian ini dengan menggunakan mix desain dengan menggunakan



**Gambar 4.4** Grafik Ayakan Campuran Batu Pecah Dengan Pasir

Dari grafik terlihat bahwa hasil campuran antara pasir dan batu pecah berada didalam grafik. Hal ini menunjukkan bahwa campuran antara pasir dan batu pecah telah sesuai dengan arti tidak kelebihan ataupun kekurangan pasir.

### 4.3 Mix Design Beton Kedap Air

Adapun perhitungan mix design dengan menggunakan metode DOE dengan beberapa macam variasi. Seperti yang sudah dijelaskan pada BAB 3 dimana pada perncanaan mix design pembuatan beton kedap air yang menggunakan metode DOE dalam penelitian ini dimulai dari langkah (15) dari metode DOE yang ada, dikarenakan kadar semen dan faktor air semen (fas) nya sudah ditentukan terlebih dahulu. Hal ini dimaksudkan agar mengetahui pengaruh kadar semen dan fas pada beton kedap air. Berikut ini adalah langkah-langkah dan hasil pembuatan beton kedap air dengan metode DOE adalah sebagai berikut :

- 1) Penentuan nilai kadar semen  
Nilai kadar semen yang diambil sebesar  $450 \text{ kg/m}^3$
- 2) Penentuan nilai faktor air semen  
Nilai faktor air semen yang digunakan sebesar 0,45

Jenis Beton	Kondisi Lingkungan Berhubungan Dengan	Faktor Air Semen Maksimum	Tipe Semen	Kandungan Semen Minimum ( $\text{kg/m}^3$ ) Ukuran Nominal Maksimum Agregat	
				400mm	200mm
Bertulang	Air Tawar	0,5	Tipe I-V	280	300
	Air Payau	0,45	Tipe I + Pozolan (15-40%) atau Semen Portland Pozolan	340	380
			Tipe II atau Tipe V	290	330
	Air Laut	0,45	Tipe II atau Tipe V	330	370

Dengan melihat tabel di atas maka kadar semen dan faktor air semen memenuhi untuk membuat beton kepad air.

- 3) Penyesuaian jumlah air atau faktor air semen  
Dalam hal ini, dapat dilakukan dua cara berikut:

- a) Cara pertama, faktor air semen dihitung kembali dengan cara membagi jumlah air dengan jumlah semen minimum.
- b) Cara kedua, jumlah air disesuaikan dengan mengalikan jumlah semen minimum dengan fas.

Catatan : Cara pertama akan menurunkan fas, sedangkan cara kedua akan menaikkan jumlah air yang diperlukan.

Cara yang digunakan adalah cara kedua. Adalah sebagai berikut :

$$A = C \times \text{fas}$$

Dimana:      A = kebutuhan air ( $l/m^3$ )  
                   C = kebutuhan semen ( $kg/m^3$ )  
                   Fas = faktor air semen

Dari perencanaan mix design diketahui :

$$C = 450 \text{ kg}/m^3$$

$$\text{Fas} = 0,45$$

Maka kebutuhan air  $/m^3$  adalah :

$$\begin{aligned} A &= C \times \text{fas} \\ &= 450 \times 0,45 \\ &= 202,5 \text{ l}/m^3 \end{aligned}$$

Maka kebutuhan air yang dipakai sebesar  $202,5 \text{ l}/m^3$

- 4) Penentuan daerah gradasi agregat halus.

Berdasarkan gradasinya (hasil analisis ayakan) agregat halus yang akan dipakai dapat diklasifikasikan menjadi 4 daerah. Penentuan daerah gradasi itu didasarkan atas grafik gradasi yang akan diberikan dalam tabel 3.12. Dengan tabel 3.12. tersebut agregat halus dapat dimasukkan menjadi salah satu dari 4 daerah, yaitu daerah 1, 2, 3, dan 4.

*Tabel 3.12 Batas Gradasi Pasir*

Lubang ayakan (mm)	Persen berat butir yang lewat ayakan			
	1	2	3	4
10	100	100	100	100

4,8	90-100	90-100	90-100	95-100
2,4	60-95	75-100	85-100	95-100
1,2	30-70	55-90	75-100	90-100
0,6	15-34	35-59	60-79	80-100
0,3	5-20	8-30	12-40	15-50
0,15	0-10	0-10	0-10	0-15

5) Perbandingan agregat halus dan agregat kasar.

Nilai banding antar agregat halus dan agregat kasar diperlukan untuk memperoleh gradasi agregat campuran yang baik. Pada langkah ini dicari nilai banding antara berat agregat halus dengan agregat campuran. Penetapan dilakukan dengan memperhatikan besar butir maksimum agregat kasar, nilai slump, fas, dan daerah gradasi agregat halus. Berdasarkan data tersebut dan grafik pada Gb.7.10.a. atau Gb.7.10.b. atau Gb.7.10.c. dapat diperoleh persentase berat agregat halus terhadap berat agregat campuran. Dalam perbandingan ini dilakukan dengan cara perhitungan yakni mengacu pada tabel dan grafik agregat campuran adalah sebagai berikut :

Besar agregat maksimum = 40

Dari gambar gradasi gabungan agregat maksimum 40 yang ada dalam sub bab analisa ayakan, prosentase bahan yang lolos ayakan 4,75 antara 45-25. Maka diambil nilai tengahnya:

$$A = \frac{45 + 25}{2} = 35$$

Maka yang tertinggal:

$$C = 100 - 35 = 65$$

Prosentase kumulatif dari analisa saringan pasir ( $Y_p$ ) dan batu pecah ( $Y_k$ ) yang tertinggal pada ayakan no. 4 ( # 4,76 mm ) sebesar :

$$Y_p = 10.5 \%$$

$$Y_k = 100 \%$$



Prosentase campuran dapat dihitung sebagai berikut :

$$C = Y_p \frac{X_p}{100} + Y_k \frac{X_k}{100}; \text{ dimana } X_k = (100 - X_p)$$

$$C = Y_p \frac{X_p}{100} + Y_k \frac{(100 - X_p)}{100}$$

$$65 = 10.5 \frac{X_p}{100} + 100 \frac{(100 - X_p)}{100}$$

$$65 = 0.105 X_p + 100$$

$$65 = 0.105 X_p + 100 - X_p$$

$$-35 = -0.895 X_p$$

$$X_p = \frac{-35}{-0.895}$$

$$X_p = 39.10615$$

$$\approx 39$$

$$Y_p = 100 - X_p = 61$$

Jadi diperoleh prosentasi pasir  $X_p = 39\%$  dan prosentase batu pecah

$$= 100\% - 39\% = 61\%$$

Sehingga,

$$\text{pasir } (X_p) = 39\%$$

$$\text{batu pecah } (Y_k) = 61\%$$

- 6) Berat jenis agregat campuran.

Berat jenis agregat campuran dihitung dengan rumus:

$$\text{bj. Camp} = \frac{P}{100} \times \text{bj. Agr. hls} + \frac{K}{100} \times \text{bj. agr. ksr}$$

dengan : bj. Camp = berat jenis agregat campuran

bj. Agr.hls	=	berat jenis agregat halus
bj.agr.ksr	=	berat jenis agregat kasar
P	=	persentase agregat halus terhadap agregat campuran
K	=	persentase agregat kasar terhadap agregat campuran

berat jenis agregat halus dan kasar diperoleh dari hasil pemeriksaan laboratorium, namun jika tidak ada, dapat diambil sebesar 2,60 untuk agregat tak dipecah/alami dan 2,70 untuk agregat pecahan.

Dari data percobaan uji material didapat:

$$\text{bj.agregat halus} = 2.72 \text{ gr/cm}^3$$

$$\text{bj.agregat kasar} = 2.65 \text{ gr/cm}^3$$

$$P = 39$$

$$K = 61$$

Maka berat jenis agregat campuran adalah:

$$\text{bj.camp} = \frac{39}{100} \times 2.72 + \frac{61}{100} \times 2.65$$

$$= 2.677$$

$$\approx 2.68$$

#### 7) Penentuan berat jenis beton.

Dengan data berat jenis agregat campuran dari langkah (18) dan kebutuhan air tiap meter kubik betonnya maka dengan grafik pada **Gambar 6** (terlampir dalam lampiran) dapat diperkirakan berat jenis betonnya.

Caranya adalah sebagai berikut:

- Dari berat jenis agregat campuran pada langkah (17) dibuat garis kurva berat jenis gabungan yang sesuai dengan garis kurva yang paling dekat dengan garis kurva pada **Gambar 6**.
- Kebutuhan air yang diperoleh pada langkah (11) dimasukkan dalam gambar 7.11. kemudian dari nilai ini ditarik garis vertikal ke atas sampai mencapai agris kurva yang dibuat pada a. Di atas.

- c) Dari titik potong ini kemudian ditarik garis horisontal ke kiri sehingga diperoleh nilai berat jenis beton.

8) Kebutuhan agregat campuran.

Kebutuhan agregat campuran dihitung dengan cara mengurangi berat beton per-meter kubik dikurangi kebutuhan air semen.

Pada langkah 7 diperoleh berat jenis beton sebesar  $2400 \text{ kg/m}^3$ . Maka kebutuhan agregat camp adalah:

$$\begin{aligned} \text{agr.camp} &= \text{brt.jenis beton} - \text{keb. air} - \text{keb. semen} \\ &= 2400 \text{ kg/m}^3 - 202.5 \text{ kg/m}^3 - 450 \text{ kg/m}^3 \\ &= 1747.5 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

- 9) Hitung berat agregat halus yang diperlukan, berdasarkan hasil langkah (17) dan (20).

Kebutuhan agregat halus adalah:

$$\begin{aligned} \text{agr.halus} &= X_p \times \text{keb.agr.camp} \\ &= 39\% \times 1747.5 \text{ kg/m}^3 \\ &= 681.525 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Ukuran Nominal Maksimum Butir Agregat (mm)	Minimum Kandungan Butir Halus dalam $1 \text{ m}^3$ Beton ( $\text{kg/m}^3$ )
10	520
20	450
40	400

Oleh karena ukuran nominal maksimum butir agregat adalah 40 mm maka kandungan minimum butir halus dalam  $1 \text{ m}^3$  betonnya adalah 400 kg. Dan hasil dari perhitungan kebutuhan agregat pada mix design sebesar  $681.525 \text{ kg/m}^3$  maka memenuhi syarat.

- 10) Hitung besar agregat kasar yang diperlukan, berdasarkan hasil langkah (20) dan (21).

Kebutuhan agregat kasar yang dihitung dengan cara mengurangi kebutuhan agregat campuran dengan kebutuhan agregat halus.

Kebutuhan agregat kasar adalah:

$$\begin{aligned} \text{agr.kasar} &= \text{agr.camp} - \text{agr.halus} \\ &= 1747.5 \text{ kg/m}^3 - 681.525 \text{ kg/m}^3 \\ &= 1065.975 \text{ kg/m}^3 \approx 1066 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Apabila agregat tidak SSD, proporsi campuran harus dikoreksi terhadap kandungan air dalam agregat. Koreksi proporsi campuran harus dilakukan terhadap kadar air dalam agregat paling sedikit satu kali dalam sehari dan dihitung menurut rumus sebagai berikut:

$$\text{Air} = B - (C_m - C_a) \times C/100 - (D_m - D_a) \times D/100$$

$$\text{Pasir} = C + (C_m - C_a) \times C/100$$

$$\text{Batu Pecah} = D + (D_m - D_a) \times D/100$$

Dimana:

$$B = \text{Jumlah air (kg/m}^3\text{)}$$

$$C = \text{Jumlah Pasir (kg/m}^3\text{)}$$

$$D = \text{Jumlah batu pecah (kg/m}^3\text{)}$$

$$C_a = \text{Resapan pada pasir (\%)}$$

$$D_a = \text{Resapan pada batu pecah (\%)}$$

$$C_m = \text{Kelembaban pada pasir (\%)}$$

$$D_m = \text{Kelembaban pada batu pecah (\%)}$$

Pada pengujian material didapat:

BAHAN	PASIR	BATU PECAH
Besar Jenis (SSD)	2.72 gr/cm <sup>3</sup>	2.65 gr/cm <sup>3</sup>
Kelembaban	1.73% (C <sub>m</sub> )	2.093 % (D <sub>m</sub> )
Resapan	0.55% (C <sub>a</sub> )	2.45 % (D <sub>a</sub> )
Berat volume	1,69 gr/cm <sup>3</sup>	1,48 gr/cm <sup>3</sup>

Adapun proporsi campuran dalam kondisi asli adalah:

Semen = **450 Kg**

Air =  $202.5 - (1.73 - 0.55) \times 681.525/100 - (2.093 - 2.45) \times 1066/100$

= **198,264 Kg**

Agr. Halus =  $681.525 + (1.73 - 0.55) \times 681.525/100$

= **689.57 Kg**

Agr. Kasar =  $1066 + (2.093 - 2.45) \times 1066/100$

= **1062.2 Kg**

*Tabel 4.17 Koreksi Proporsi Campuran*

Proporsi Campuran	Semen (kg)	Air (kg)	Agregat kondisi asli	
			Agr.halus (kg)	Agr.kasar (kg)
Tiap m <sup>3</sup>	450	198,264	689.57	1062.2

Maka perbandingan campuran beton dalam berat kondisi asli ialah :

- Perbandingan berat

Semen	:	Pasir	:	Batu pecah
450	:	689.57	:	1066
<b>1</b>	:	<b>1.53</b>	:	<b>2.37</b>

Dalam pembuatan sampel beton kedap air ini digunakan bahan aditif yakni sikament LN. Kadar yang dipakai adalah sebesar 0.5% dari berat semen per m<sup>3</sup>.

Adapun kadar aditif sikament LN per m<sup>3</sup>

Kadar aditif =  $0.5\% \times \text{kadar semen}$   
 =  $0.5\% \times 450 \text{ kg/m}^3$   
 = **2.25 kg/m<sup>3</sup>**

Maka kebutuhan material dalam pembuatan beton kedap air dengan material dalam kondisi asli adalah sebagai berikut:

Semen = **450kg/m<sup>3</sup>**

$$\text{Air} = 198 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agr.halus} = 689.57 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Agr. Kasar} = 1062.2 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{Aditif} = 2.25 \text{ kg/m}^3$$

Pada penelitian ini sampel beton kedap air yang digunakan adalah silinder yang berdimensi, diameter sebesar 10 cm dan tinggi 20 cm. Dan volume sebesar  $1570 \text{ cm}^3$  atau  $0.00157 \text{ m}^3$ .

Kebutuhan material yang digunakan dalam pembuatan sampel beton kedap air tiap silinder adalah sebagai berikut:

$$\text{Semen} = 450 \text{ kg/m}^3 \times 0.00157 \text{ m}^3 = 0.7065 \text{ kg}$$

$$\text{Air} = 198 \text{ kg/m}^3 \times 0.00157 \text{ m}^3 = 0.3109 \text{ kg}$$

$$\text{Agr.halus} = 689.57 \text{ kg/m}^3 \times 0.00157 \text{ m}^3 = 1.0826 \text{ kg}$$

$$\text{Agr. Kasar} = 1062.2 \text{ kg/m}^3 \times 0.00157 \text{ m}^3 = 1.6676 \text{ kg}$$

$$\text{Aditif} = 2.25 \text{ kg/m}^3 \times 0.00157 \text{ m}^3 = 0.0035 \text{ kg}$$

Adapun hasil mix design untuk beberapa perencanaan mix design yang sudah direncanakan sebelumnya yakni ada 6 jenis mix design adalah sebagai berikut:

1. Kadar semen  $450 \text{ kg/m}^3$  ; fas = 0,45 ; penambahan bahan aditif Sikament LN 0,5%.

No.	Uraian	Tabel Grafik Perhitungan	Nilai	Satuan
1	Berat jenis agg. halus	ditetapkan	2.72	gr/cm <sup>3</sup>
2	Berat jenis agg. kasar	ditetapkan	2.65	gr/cm <sup>3</sup>
3	Kelembaban agg. halus	ditetapkan	1.73	%
4	Kelembaban agg. kasar	ditetapkan	2.09	%
5	Resapan agg. halus	ditetapkan	0.55	%
6	Resapan agg. kasar	ditetapkan	2.45	%
7	Berat volume agg. Halus	ditetapkan	1.69	gr/cm <sup>3</sup>
8	Berat volume agg. Kasar	ditetapkan	1.48	gr/cm <sup>3</sup>
9	Kuat tekan (f <sub>c</sub> )	pengetesan		
10	Slump	pengetesan		
11	Jenis semen	ditetapkan	PPC	
12	Jenis agg. Kasar	ditetapkan	Batu pecah	
	Jenis agg. Halus	ditetapkan	Pasir alami	
13	Kadar semen	ditetapkan	450	kg/m <sup>3</sup>
14	faktor air semen (fas)	ditetapkan	0.45	
15	Kadar air	13 x 14	202.5	kg/m <sup>3</sup>
16	% berat agg. halus terhadap campuran	perhitungan % agregat halus terhadap camp. berdasarkan analisa avakan gabungan	39	%
17	Berat jenis agg. Campuran	$(16 \times 1) - ((1-16) \times 2)$	2.675	kg/m <sup>3</sup>
18	berat jenis beton	grafik xxx	2400	kg/m <sup>3</sup>
19	kadar agg. Campuran	18-13-15	1747.5	kg/m <sup>3</sup>
20	kadar agg. Halus	16 x 19	681.525	kg/m <sup>3</sup>
21	kadar agg. Kasar	19 - 20	1065.975	kg/m <sup>3</sup>
<b>komposisi keadaan asli</b>				
a	kadar semen	14	450	kg/m <sup>3</sup>
b	kadar air	$15 - [(3-5) \times 20 / 100] - [(4-5) \times 21 / 100]$	198.296	kg/m <sup>3</sup>
c	kadar agg. Halus	$20 - [(3-5) \times 20 / 100]$	689.567	kg/m <sup>3</sup>
d	kadar agg. Kasar	$21 - [(4-5) \times 21 / 100]$	1062.137	kg/m <sup>3</sup>
e	kadar aditif sikament LN	0.5% x 13	2.250	kg/m <sup>3</sup>
<b>kebutuhan material per silinder ukuran diameter 10 cm, tinggi 20 cm</b>				
	semen	volume silinder x a	0.707	kg
	air	volume silinder x b	0.312	kg
	agg. halus	volume silinder x c	1.084	kg
	agg. kasar	volume silinder x d	1.669	kg
	aditif sikament LN	volume silinder x e	0.004	kg

2. Kadar semen 450 kg/m<sup>3</sup> ; fas = 0,4 ; penambahan bahan aditif Sikament LN 0,5%.

No.	Uraian	Tabel Grafik Perhitungan	Nilai	Satuan
1	Berat jenis agg. halus	ditetapkan	2.72	gr cm <sup>3</sup>
2	Berat jenis agg. kasar	ditetapkan	2.65	gr cm <sup>3</sup>
3	Kelembaban agg. halus	ditetapkan	1.73	‰
4	Kelembaban agg. kasar	ditetapkan	2.09	‰
5	Resapan agg. halus	ditetapkan	0.55	‰
6	Resapan agg. kasar	ditetapkan	2.45	‰
7	Berat volume agg. Halus	ditetapkan	1.69	gr cm <sup>3</sup>
8	Berat volume agg. Kasar	ditetapkan	1.48	gr cm <sup>3</sup>
9	Kuat tekan (f <sub>c</sub> )	pengetapan		
10	Slump	pengetapan		
11	Jenis semen	ditetapkan	PPC	
12	Jenis agg. Kasar	ditetapkan	Batu pecah	
	Jenis agg. Halus	ditetapkan	Pasir alami	
13	Kadar semen	ditetapkan	450	kg m <sup>3</sup>
14	faktor air semen (fas)	ditetapkan	0.4	
15	Kadar air	13 x 14	180	kg m <sup>3</sup>
16	% berat agg halus terhadap campuran	perhitungan % agregat halus terhadap camp. berdasarkan analisa ayakan gabungan	39	%
17	Berat jenis agg. Campuran	$(16 \times 1) - ((1-16) \times 2)$	2.675	kg m <sup>3</sup>
18	berat jenis beton	grafik xxx	2425	kg m <sup>3</sup>
19	kadar agg. Campuran	18-13-15	1795	kg m <sup>3</sup>
20	kadar agg. Halus	16 x 19	700.05	kg m <sup>3</sup>
21	kadar agg. Kasar	19 - 20	1094.95	kg m <sup>3</sup>
<b>komposisi keadaan asli</b>				
a	kadar semen	14	450	kg m <sup>3</sup>
b	kadar air	$15 - [(3-5) \times 20 / 100] - [(4-6) \times 21 / 100]$	175.681	kg m <sup>3</sup>
c	kadar agg. Halus	$20 - [(3-5) \times 20 / 100]$	708.311	kg m <sup>3</sup>
d	kadar agg. Kasar	$21 - [(4-6) \times 21 / 100]$	1091.008	kg m <sup>3</sup>
e	kadar aditif sikament LN	0.5% x 13	2.250	kg m <sup>3</sup>
<b>kebutuhan material per silinder ukuran diameter 10 cm, tinggi 20 cm</b>				
	semen	volume silinder x a	0.707	kg
	air	volume silinder x b	0.276	kg
	agg. halus	volume silinder x c	1.113	kg
	agg. kasar	volume silinder x d	1.714	kg
	aditif sikament LN	volume silinder x e	0.004	kg



3. Kadar semen 450 kg/m<sup>3</sup> ; fas = 0,35 ; penambahan bahan aditif Sikament LN 0,5%.

No.	Uraian	Tabel Grafik Perhitungan	Nilai	Satuan
1	Berat jenis agg. halus	ditetapkan	2,72	gr cm <sup>3</sup>
2	Berat jenis agg. kasar	ditetapkan	2,65	gr cm <sup>3</sup>
3	Kelembaban agg. halus	ditetapkan	1,73	%
4	Kelembaban agg. kasar	ditetapkan	2,09	%
5	Resapan agg. halus	ditetapkan	0,55	%
6	Resapan agg. kasar	ditetapkan	2,45	%
7	Berat volume agg. Halus	ditetapkan	1,69	gr cm <sup>3</sup>
8	Berat volume agg. Kasar	ditetapkan	1,48	gr cm <sup>3</sup>
9	Kuat tekan (fc)	pengetesan		
10	Shump	pengetesan		
11	Jenis semen	ditetapkan	PPC	
12	Jenis agg. Kasar	ditetapkan	Batu pecah	
	Jenis agg. Halus	ditetapkan	Pasir alami	
13	Kadar semen	ditetapkan	450	kg m <sup>3</sup>
14	faktor air semen (fas)	ditetapkan	0,35	
15	Kadar air	13 x 14	157,5	kg m <sup>3</sup>
16	% berat agg. halus terhadap campuran	perhitungan % agregat halus terhadap camp. berdasarkan analisa avakan gabungan	39	%
17	Berat jenis agg. Campuran	$(16 \times 1) + ((1-16) \times 2)$	2,675	kg m <sup>3</sup>
18	berat jenis beton	grafik xxx	2450	kg m <sup>3</sup>
19	kadar agg. Campuran	18-13-15	1842,5	kg m <sup>3</sup>
20	kadar agg. Halus	16 x 19	718,575	kg m <sup>3</sup>
21	kadar agg. Kasar	19 - 20	1123,925	kg m <sup>3</sup>
<b>komposisi keadaan asli</b>				
a	kadar semen	14	450	kg m <sup>3</sup>
b	kadar air	$15 - [(3-5) \times 20 / 100] - [(4-6) \times 21 / 100]$	153,067	kg m <sup>3</sup>
c	kadar agg. Halus	$20 - [(3-5) \times 20 / 100]$	727,054	kg m <sup>3</sup>
d	kadar agg. Kasar	$21 - [(4-6) \times 21 / 100]$	1119,879	kg m <sup>3</sup>
e	kadar aditif sikament LN	$0,5^9 e \times 13$	2,250	kg m <sup>3</sup>
<b>kebutuhan material per silinder ukuran diameter 10 cm, tinggi 20 cm</b>				
	semen	volume silinder x a	0,707	kg
	air	volume silinder x b	0,241	kg
	agg. halus	volume silinder x c	1,143	kg
	agg. kasar	volume silinder x d	1,760	kg
	aditif sikament LN	volume silinder x e	0,004	kg

4. Kadar semen 400 kg/m<sup>3</sup> ; fas = 0,45 ; penambahan bahan aditif Sikament LN 0,5%.

No.	Uraian	Tabel Grafik Perhitungan	Nilai	Satuan
1	Berat jenis agg. halus	ditetapkan	2.72	gr/cm <sup>3</sup>
2	Berat jenis agg. kasar	ditetapkan	2.65	gr/cm <sup>3</sup>
3	Kelembaban agg. halus	ditetapkan	1.73	%
4	Kelembaban agg. kasar	ditetapkan	2.09	%
5	Resapan agg. halus	ditetapkan	0.55	%
6	Resapan agg. kasar	ditetapkan	2.45	%
7	Berat volume agg. Halus	ditetapkan	1.69	gr/cm <sup>3</sup>
8	Berat volume agg. Kasar	ditetapkan	1.48	gr/cm <sup>3</sup>
9	Kuat tekan (fc)	pengetesan		
10	Slump	pengetesan		
11	Jenis semen	ditetapkan	PPC	
12	Jenis agg. Kasar	ditetapkan	Batu pecah	
	Jenis agg. Halus	ditetapkan	Pasir alami	
13	Kadar semen	ditetapkan	400	kg/m <sup>3</sup>
14	faktor air semen (fas)	ditetapkan	0.45	
15	Kadar air	13 x 14	180	kg/m <sup>3</sup>
16	% berat agg. halus terhadap campuran	perhitungan % agregat halus terhadap camp. berdasarkan analisa avakan gabungan	39	%
17	Berat jenis agg. Campuran	$(16 \times 1) + ((1-16) \times 2)$	2.675	kg/m <sup>3</sup>
18	berat jenis beton	grafik xxx	2425	kg/m <sup>3</sup>
19	kadar agg. Campuran	18-13-15	1845	kg/m <sup>3</sup>
20	kadar agg. Halus	16 x 19	719.55	kg/m <sup>3</sup>
21	kadar agg. Kasar	19 - 20	1125.45	kg/m <sup>3</sup>
<b>komposisi keadaan asli</b>				
a	kadar semen	14	400	kg/m <sup>3</sup>
b	kadar air	$15 - [(3-5) \times 20 / 100] - [(4-6) \times 21 / 100]$	175.561	kg/m <sup>3</sup>
c	kadar agg. Halus	$20 - [(3-5) \times 20 / 100]$	728.041	kg/m <sup>3</sup>
d	kadar agg. Kasar	$21 - [(4-6) \times 21 / 100]$	1121.398	kg/m <sup>3</sup>
e	kadar aditif sikament LN	0.5% x 13	2.000	kg/m <sup>3</sup>
<b>kebutuhan material per silinder ukuran diameter 10 cm, tinggi 20 cm</b>				
	semen	volume silinder x a	0.629	kg
	air	volume silinder x b	0.276	kg
	agg. halus	volume silinder x c	1.144	kg
	agg. kasar	volume silinder x d	1.762	kg
	aditif sikament LN	volume silinder x e	0.003	kg

5. Kadar semen 400 kg/m<sup>3</sup> ; fas = 0,4 ; penambahan bahan aditif Sikament LN 0,5%.

No.	Uraian	Tabel Grafik Perhitungan	Nilai	Satuan
1	Berat jenis agg. halus	ditetapkan	2.72	gr cm <sup>3</sup>
2	Berat jenis agg. kasar	ditetapkan	2.65	gr cm <sup>3</sup>
3	Kelembaban agg. halus	ditetapkan	1.73	%
4	Kelembaban agg. kasar	ditetapkan	2.09	%
5	Resapan agg. halus	ditetapkan	0.55	%
6	Resapan agg. kasar	ditetapkan	2.45	%
7	Berat volume agg. Halus	ditetapkan	1.69	gr cm <sup>3</sup>
8	Berat volume agg. Kasar	ditetapkan	1.48	gr cm <sup>3</sup>
9	Kuat tekan (Fc)	pengetesan		
10	Slump	pengetesan		
11	Jenis semen	ditetapkan	PPC	
12	Jenis agg. Kasar	ditetapkan	Batu pecah	
	Jenis agg. Halus	ditetapkan	Pasir alami	
13	Kadar semen	ditetapkan	400	kg m <sup>3</sup>
14	faktor air semen (fas)	ditetapkan	0.4	
15	Kadar air	13 x 14	160	kg m <sup>3</sup>
16	% berat agg.halus terhadap campuran	perhitungan % agregat halus terhadap camp. berdasarkan analisa avakan gabungan	39	%
17	Berat jenis agg. Campuran	$(16 \times 1) - ((1-16) \times 2)$	2.675	kg m <sup>3</sup>
18	berat jenis beton	grafik xxx	2450	kg m <sup>3</sup>
19	kadar agg. Campuran	18-13-15	1890	kg m <sup>3</sup>
20	kadar agg. Halus	16 x 19	737.1	kg m <sup>3</sup>
21	kadar agg. Kasar	19 - 20	1152.9	kg m <sup>3</sup>
<b>komposisi keadaan asli</b>				
a	kadar semen	14	400	kg m <sup>3</sup>
b	kadar air	$15 - [(3-5) \times 20 / 100] - [(4-6) \times 21 / 100]$	155.453	kg m <sup>3</sup>
c	kadar agg. Halus	$20 - [(3-5) \times 20 / 100]$	745.798	kg m <sup>3</sup>
d	kadar agg. Kasar	$21 - [(4-6) \times 21 / 100]$	1148.750	kg m <sup>3</sup>
e	kadar aditif sikament LN	0.5% x 13	2.000	kg m <sup>3</sup>
<b>kebutuhan material per silinder ukuran diameter 10 cm, tinggi 20 cm</b>				
	semen	volume silinder x a	0.629	kg
	air	volume silinder x b	0.244	kg
	agg. halus	volume silinder x c	1.172	kg
	agg. kasar	volume silinder x d	1.805	kg
	aditif sikament LN	volume silinder x e	0.003	kg

6. Kadar semen 400 kg/m<sup>3</sup> ; fas = 0,35 ; penambahan bahan aditif Sikament LN 0,5%.

No.	Uraian	Tabel Grafik Perhitungan	Nilai	Satuan
1	Berat jenis agg. halus	ditetapkan	2,72	gr cm <sup>3</sup>
2	Berat jenis agg. kasar	ditetapkan	2,65	gr cm <sup>3</sup>
3	Kelembaban agg. halus	ditetapkan	1,73	%
4	Kelembaban agg. kasar	ditetapkan	2,09	%
5	Resapan agg. halus	ditetapkan	0,55	%
6	Resapan agg. kasar	ditetapkan	2,45	%
7	Berat volume agg. Halus	ditetapkan	1,69	gr cm <sup>3</sup>
8	Berat volume agg. Kasar	ditetapkan	1,48	gr cm <sup>3</sup>
9	Kuat tekan (fc)	pengetesan		
10	Slump	pengetesan		
11	Jenis semen	ditetapkan	PPC	
12	Jenis agg. Kasar	ditetapkan	Batu pecah	
	Jenis agg. Halus	ditetapkan	Pasir alami	
13	Kadar semen	ditetapkan	400	kg m <sup>3</sup>
14	faktor air semen (fas)	ditetapkan	0,35	
15	Kadar air	13 x 14	140	kg m <sup>3</sup>
16	% berat agg. halus terhadap campuran	perhitungan % agregat halus terhadap camp. berdasarkan analisa avakan gabungan	39	%
17	Berat jenis agg. Campuran	$(16 \times 1) + ((1-16) \times 2)$	2,675	kg m <sup>3</sup>
18	berat jenis beton	grafik xxx	2475	kg m <sup>3</sup>
19	kadar agg. Campuran	18-13-15	1935	kg m <sup>3</sup>
20	kadar agg. Halus	16 x 19	754,65	kg m <sup>3</sup>
21	kadar agg. Kasar	19 - 20	1180,35	kg m <sup>3</sup>
<b>komposisi keadaan asih</b>				
a	kadar semen	14	400	kg m <sup>3</sup>
b	kadar air	$15 - [(3-5) \times 20 / 100] - [(4-6) \times 21 / 100]$	135,344	kg m <sup>3</sup>
c	kadar agg. Halus	$20 - [(3-5) \times 20 / 100]$	763,555	kg m <sup>3</sup>
d	kadar agg. Kasar	$21 - [(4-6) \times 21 / 100]$	1176,101	kg m <sup>3</sup>
e	kadar aditif sikament LN	0,5% x 13	2,000	kg m <sup>3</sup>
<b>kebutuhan material per silinder ukuran diameter 10 cm, tinggi 20 cm</b>				
	semen	volume silinder x a	0,629	kg
	air	volume silinder x b	0,213	kg
	agg halus	volume silinder x c	1,200	kg
	agg kasar	volume silinder x d	1,848	kg
	aditif sikament LN	volume silinder x e	0,003	kg

#### 4.4 Pengujian Beton Kedap Air

Untuk mengetahui apakah beton yang telah dibuat tersebut benar-benar kedap air atau tidak maka dibutuhkannya sebuah pengujian untuk mengetahuinya. Pengujian ini berdasarkan pada SNI 03-2914-1990 antara lain:

1. Selama 10+0,5 menit, resapan (absorpsi) maksimum 2,5% terhadap berat beton kering oven.
2. Selama 24 jam, resapan maksimum 6,5% terhadap berat beton kering oven.

Pengetesan beton kedap air ini seperti yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya pengetesan dilakukan pada hari ke-7, 14, 21, dan 28 dimaksudkan untuk mengetahui perkembangan daya absorpsi pada beton kedap air tersebut.

Adapun data-data tentang hasil pengujian sampel beton kedap air adalah sebagai berikut:

*Tabel 4.18 Resapan beton kedap air pada hari ke-7*

MIX DESIGN		W1	W2 (10+0,5 MENIT)	% RESAPAN	W2 (24 JAM)	% RESAPAN	KET	
KADAR SEMEN	FAS	(Kg)	(Kg)	(10+0,5 menit)	(Kg)	(24 JAM)		
450 kg/m <sup>3</sup>	0.45	A	3.776	3.844	1.80	3.866	2.38	OK
		B	3.723	3.793	1.88	3.827	2.79	OK
		C	3.686	3.754	1.84	3.779	2.52	OK
	0.4	A	3.857	3.914	1.48	3.924	1.74	OK
		B	3.813	3.871	1.52	3.889	1.99	OK
		C	3.779	3.852	1.93	3.849	1.85	OK
	0.35	A	3.835	3.88	1.17	3.896	1.59	OK
		B	3.815	3.86	1.18	3.874	1.55	OK
		C	3.766	3.808	1.12	3.825	1.57	OK
400 kg/m <sup>3</sup>	0.45	A	3.778	3.835	1.51	3.904	3.34	OK
		B	3.772	3.827	1.46	3.895	3.26	OK
		C	3.761	3.82	1.57	3.887	3.35	OK
	0.4	A	3.839	3.886	1.22	3.945	2.76	OK
		B	3.85	3.895	1.17	3.944	2.44	OK
		C	3.849	3.893	1.14	3.939	2.34	OK
	0.35	A	3.828	3.873	1.18	3.919	2.38	OK
		B	3.862	3.907	1.17	3.955	2.41	OK
		C	3.817	3.857	1.05	3.911	2.46	OK

Tabel 4.19 Resapan beton kedap air pada hari ke-14

MIX DESIGN		W1 (Kg)	W2 (10+0,5 MENIT) (Kg)	% RESAPAN (10+0,5 menit)	W2 (24JAM) (Kg)	% RESAPAN (24 JAM)	KET	
KADAR SEMEN	FAS							
450 kg/m <sup>3</sup>	0.45	A	3.774	3.813	1.03	3.853	2.09	OK
		B	3.737	3.779	1.12	3.823	2.30	OK
		C	3.685	3.727	1.14	3.775	2.44	OK
	0.4	A	3.853	3.89	0.96	3.915	1.61	OK
		B	3.818	3.854	0.94	3.881	1.65	OK
		C	3.777	3.811	0.90	3.841	1.69	OK
	0.35	A	3.825	3.862	0.97	3.881	1.46	OK
		B	3.829	3.861	0.84	3.886	1.49	OK
		C	3.728	3.757	0.78	3.782	1.45	OK
400 kg/m <sup>3</sup>	0.45	A	3.786	3.826	1.06	3.902	3.06	OK
		B	3.749	3.785	0.96	3.869	3.20	OK
		C	3.745	3.789	1.17	3.864	3.18	OK
	0.4	A	3.852	3.884	0.83	3.941	2.31	OK
		B	3.827	3.858	0.81	3.937	2.87	OK
		C	3.839	3.873	0.89	3.937	2.55	OK
	0.35	A	3.879	3.903	0.62	3.946	1.73	OK
		B	3.91	3.935	0.64	3.985	1.92	OK
		C	3.867	3.892	0.65	3.937	1.81	OK

Tabel 4.20 Resapan beton kedap air pada hari ke-21

MIX DESIGN		W1 (Kg)	W2 (10+0,5 MENIT) (Kg)	% RESAPAN (10+0,5 menit)	W2 (24JAM) (Kg)	% RESAPAN (24 JAM)	KET	
KADAR SEMEN	FAS							
450 kg/m <sup>3</sup>	0.45	A	3.773	3.798	0.66	3.847	1.96	OK
		B	3.748	3.772	0.64	3.817	1.84	OK
		C	3.686	3.712	0.71	3.771	2.31	OK
	0.4	A	3.848	3.872	0.62	3.914	1.72	OK
		B	3.821	3.844	0.60	3.879	1.52	OK
		C	3.773	3.795	0.58	3.836	1.67	OK
	0.35	A	3.861	3.878	0.44	3.918	1.48	OK
		B	3.852	3.87	0.47	3.907	1.43	OK
		C	3.783	3.801	0.48	3.844	1.61	OK
400 kg/m <sup>3</sup>	0.45	A	3.804	3.832	0.74	3.901	2.55	OK
		B	3.8	3.823	0.61	3.888	2.32	OK
		C	3.79	3.816	0.69	3.884	2.48	OK
	0.4	A	3.877	3.896	0.49	3.942	1.68	OK
		B	3.869	3.889	0.52	3.931	1.60	OK
		C	3.866	3.888	0.57	3.933	1.73	OK
	0.35	A	3.877	3.895	0.46	3.941	1.65	OK
		B	3.917	3.936	0.49	3.962	1.15	OK
		C	3.857	3.877	0.52	3.933	1.97	OK

Tabel 4.21 Resapan beton kedap air pada hari ke-28

MIX DESIGN		W1 (Kg)	W2 (10+0,5 MENIT) (Kg)	% RESAPAN (10+0.5 menit)	W2 (24JAM) (Kg)	% RESAPAN (24 JAM)	KET	
KADAR SEMEN	FAS							
450 kg/m <sup>3</sup>	0.45	A	3.758	3.779	0.56	3.824	1.76	OK
		B	3.73	3.752	0.59	3.798	1.82	OK
		C	3.659	3.684	0.68	3.734	2.05	OK
	0.4	A	3.831	3.853	0.57	3.893	1.62	OK
		B	3.802	3.822	0.53	3.856	1.42	OK
		C	3.766	3.786	0.53	3.829	1.67	OK
	0.35	A	3.877	3.889	0.31	3.916	1.01	OK
		B	3.866	3.878	0.31	3.906	1.03	OK
		C	3.801	3.813	0.32	3.841	1.05	OK
400 kg/m <sup>3</sup>	0.45	A	3.83	3.847	0.44	3.917	2.27	OK
		B	3.828	3.839	0.29	3.91	2.14	OK
		C	3.815	3.83	0.39	3.893	2.04	OK
	0.4	A	3.896	3.907	0.28	3.964	1.75	OK
		B	3.89	3.901	0.28	3.949	1.52	OK
		C	3.891	3.902	0.28	3.951	1.54	OK
	0.35	A	3.899	3.913	0.36	3.942	1.10	OK
		B	3.935	3.951	0.41	3.984	1.25	OK
		C	3.883	3.9	0.44	3.937	1.39	OK

Dari data percobaan resapan pada beton kedap air di atas dapat di ketahui semua pengaruh kadar semen dan faktor air semen terhadap kekedapan beton. Untuk lebih jelasnya data di atas disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 4.22 Nilai resapan beton kedap air pada hari ke-7

FAS	KADAR SEMEN	% RESAPAN (10+0.5 menit)	% RESAPAN (24 JAM)
0.45	450	1.84	2.57
	400	1.51	3.32
0.4	450	1.64	1.86
	400	1.18	2.51
0.35	450	1.16	1.57
	400	1.13	2.42

**Tabel 4.23** Nilai resapan beton kedap air pada hari ke-14

FAS	KADAR SEMEN	% RESAPAN (10+0.5 menit)	% RESAPAN (24 JAM)
0.45	450	1.10	2.28
	400	1.06	3.15
0.4	450	0.93	1.65
	400	0.84	2.58
0.35	450	0.86	1.47
	400	0.63	1.82

**Tabel 4.24** Nilai resapan beton kedap air pada hari ke-21

FAS	KADAR SEMEN	% RESAPAN (10+0.5 menit)	% RESAPAN (24 JAM)
0.45	450	0.67	2.04
	400	0.68	2.45
0.4	450	0.60	1.63
	400	0.53	1.67
0.35	450	0.46	1.51
	400	0.49	1.59

**Tabel 4.25** Nilai resapan beton kedap air pada hari ke-28

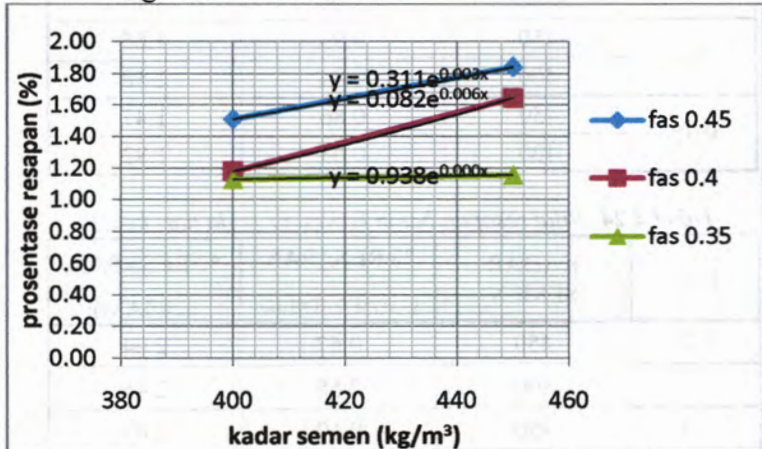
FAS	KADAR SEMEN	% RESAPAN (10+0.5 menit)	% RESAPAN (24 JAM)
0.45	450	0.61	1.88
	400	0.37	2.15
0.4	450	0.54	1.57
	400	0.28	1.60
0.35	450	0.31	1.03
	400	0.40	1.25



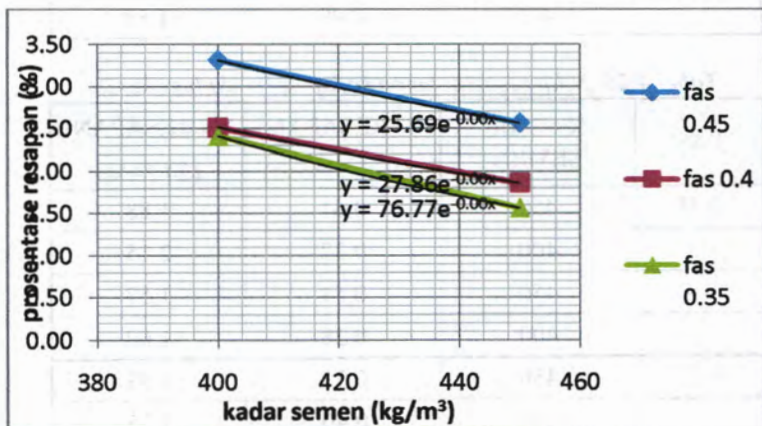


Adapun grafik hubungan antara kadar semen dengan resapan berdasarkan faktor air semen pada pengujian hari ke 7, 14, 21, dan 28 adalah sebagai berikut:

- Pengetesan hari ke-7



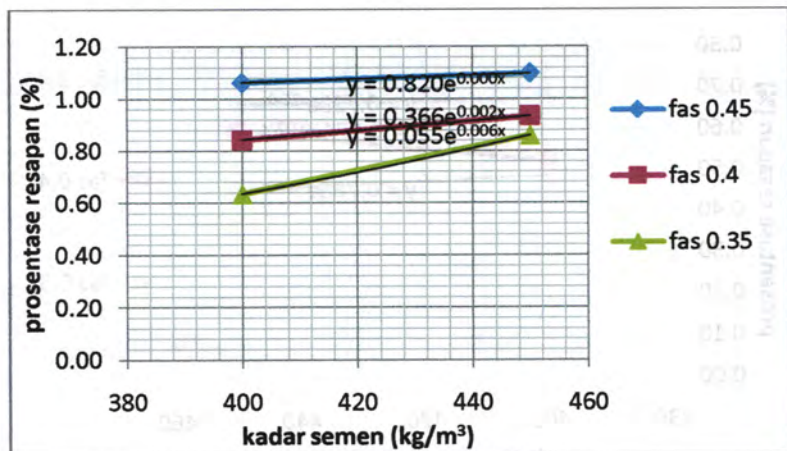
Gambar 4.5 Grafik resapan beton kepad air perendaman 10+0.5 menit hari ke-7



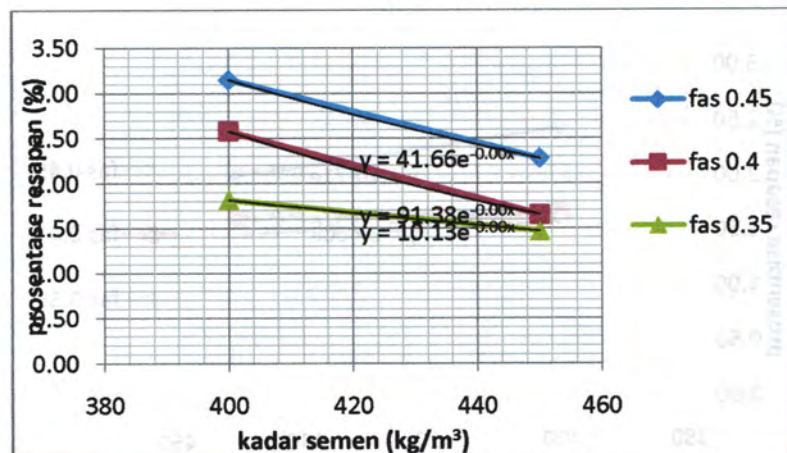
Gambar 4.6 Grafik resapan beton kepad air perendaman 24 jam hari ke-7



- Pengetesan hari ke-14

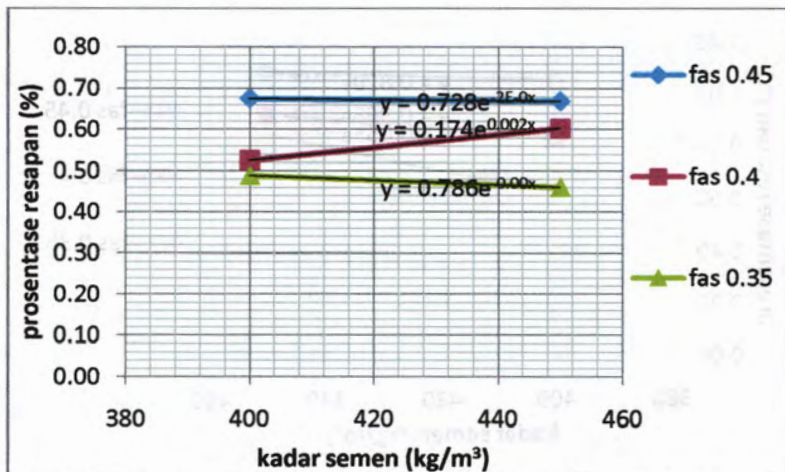


Gambar 4.7 Grafik resapan beton ke air perendaman 10+0.5 menit hari ke-14

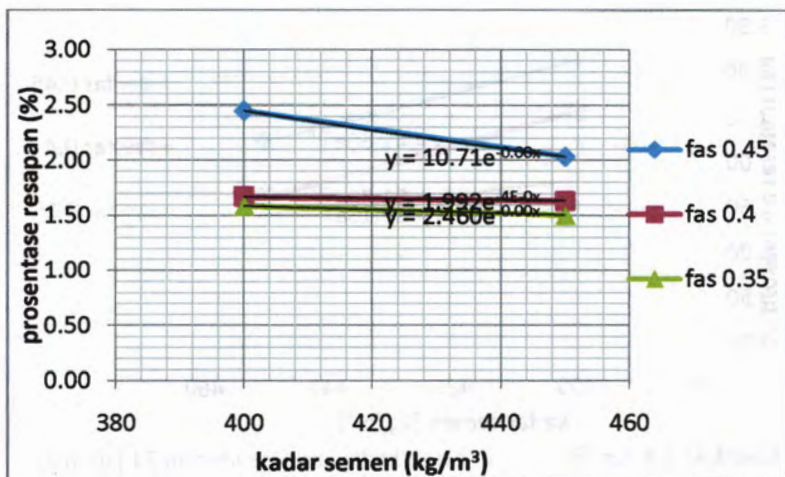


Gambar 4.8 Grafik resapan beton ke air perendaman 24 jam hari ke-14

- Pengetesan hari ke-21

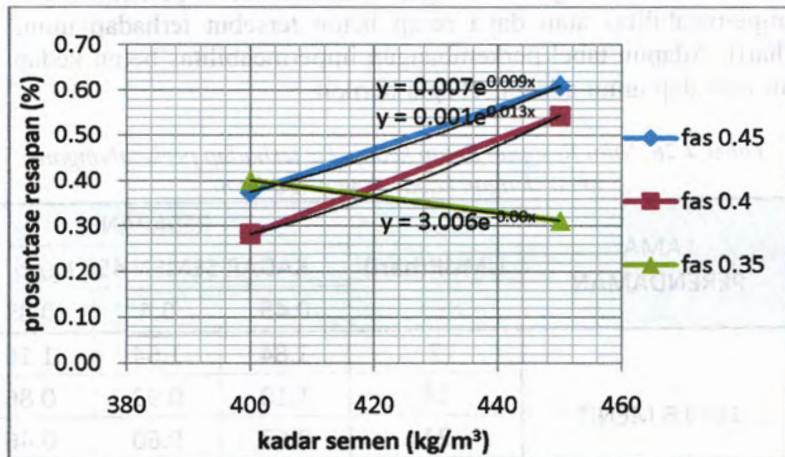


Gambar 4.9 Grafik resapan beton kepad air perendaman 10+0.5 menit hari ke-21

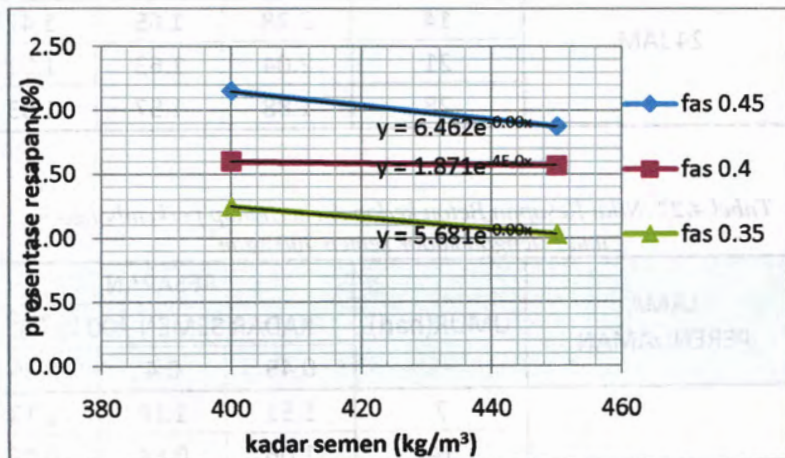


Gambar 4.10 Grafik resapan beton kepad air perendaman 24 jam hari ke-21

- Pengetesan hari ke-28



Gambar 4.11 Grafik resapan beton kepad air perendaman 10+0.5 menit hari ke-28



Gambar 4.12 Grafik resapan beton kepad air perendaman 24 jam hari ke-28

Maksud dilakukannya pengetesan resapan pada beberapa hari tersebut yakni agar diketahui perkembangan impermeabilitas atau daya resap beton tersebut terhadap umur (hari). Adapun tabel perkembangan impermeabilitas beton kedap air terhadap umur adalah sebagai berikut:

*Tabel 4.26 Nilai Resapan Beton kedap Air terhadap perkembangan umur dengan kadar semen 450 kg/m<sup>3</sup>*

LAMA PERENDAMAN	UMUR(hari)	RESAPAN		
		KADAR SEMEN 450 kg/m <sup>3</sup>		
		0.45	0.4	0.35
10+0.5 MENIT	7	1.84	1.64	1.16
	14	1.10	0.93	0.86
	21	0.67	0.60	0.46
	28	0.61	0.54	0.31
24 JAM	7	2.57	1.86	1.57
	14	2.28	1.65	1.47
	21	2.04	1.63	1.51
	28	1.88	1.57	1.03

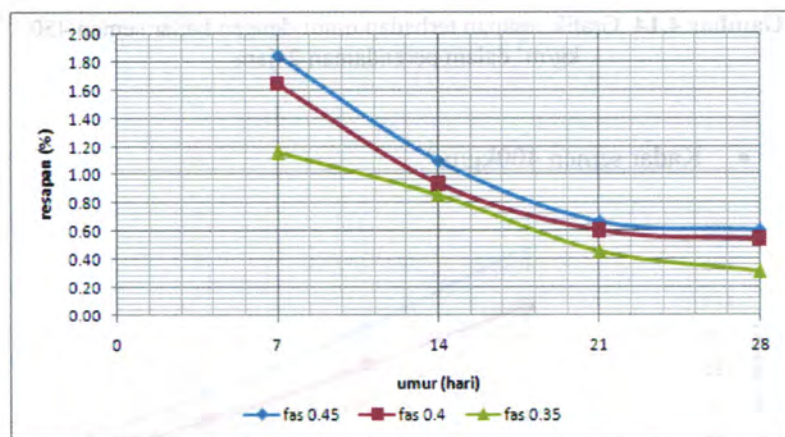
*Tabel 4.27 Nilai Resapan Beton kedap Air terhadap perkembangan umur dengan kadar semen 400 kg/m<sup>3</sup>*

LAMA PERENDAMAN	UMUR(hari)	RESAPAN		
		KADAR SEMEN 400 kg/m <sup>3</sup>		
		0.45	0.4	0.35
10+0.5 MENIT	7	1.51	1.18	1.13
	14	1.06	0.84	0.63
	21	0.68	0.53	0.49
	28	0.37	0.28	0.40

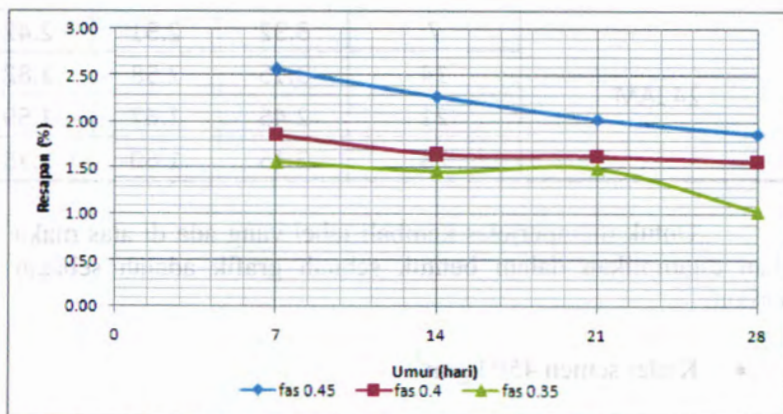
24 JAM	7	3.32	2.51	2.42
	14	3.15	2.58	1.82
	21	2.45	1.67	1.59
	28	2.15	1.60	1.25

Untuk memperjelas kembali tabel yang ada di atas maka akan ditampilkan dalam bentuk sebuah grafik adalah sebagai berikut:

- Kadar semen  $450 \text{ kg/m}^3$

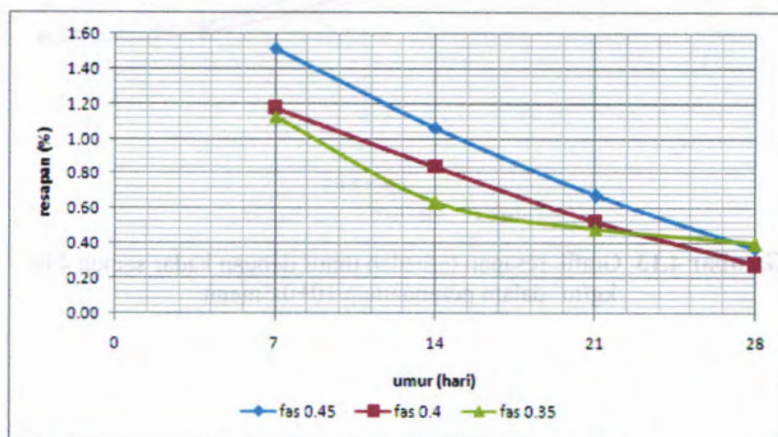


**Gambar 4.13** Grafik resapan terhadap umur dengan kadar semen  $450 \text{ kg/m}^3$  dalam perendaman  $10+0.5$  menit

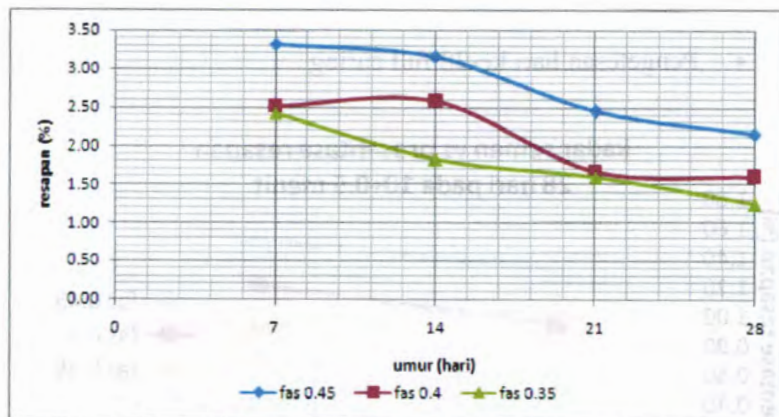


**Gambar 4.14** Grafik resapan terhadap umur dengan kadar semen 450  $\text{kg/m}^3$  dalam perendaman 24jam

- Kadar semen 400 $\text{kg/m}^3$



**Gambar 4.15** Grafik resapan terhadap umur dengan kadar semen 400  $\text{kg/m}^3$  dalam perendaman 10+0.5menit



**Gambar 4.16** Grafik resapan terhadap umur dengan kadar semen 400 kg/m<sup>3</sup> dalam perendaman 24jam

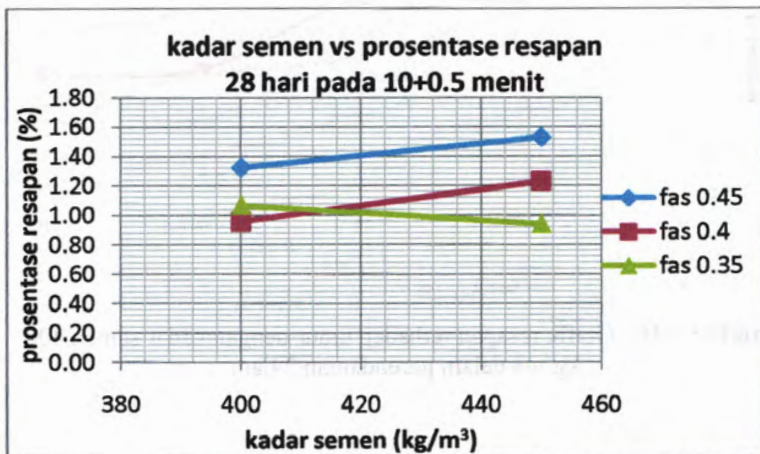
Daftar tabel dan gambar-gambar di atas adalah data beton kedap air yang diuji setiap selang 7 hari adapun data pengujian beton kedap air yang diuji pada umur 28 hari yang mana sebelum dilakukannya pengujian beton tersebut dicuring:

**Tabel 4.28** Resapan beton kedap air pada hari ke-28 full curing

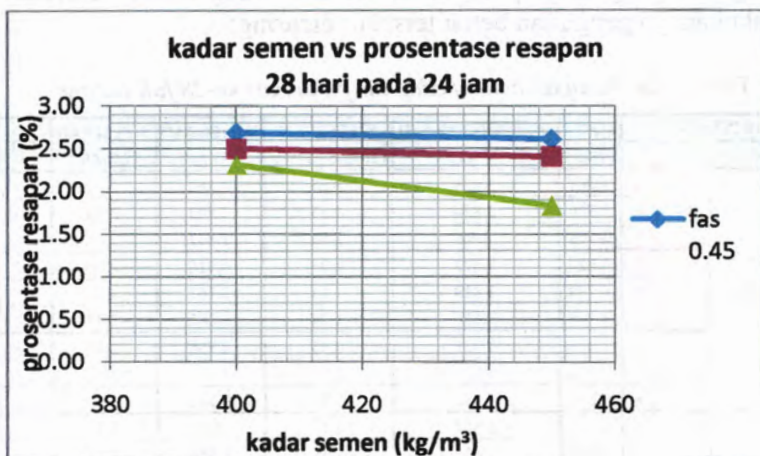
MIX DESIGN		W1	W2 (10+0,5 MENIT)	% RESAPAN	W2 (24JAM)	% RESAPAN	KET	
KADAR SEMEN	FAS	(Kg)	(Kg)	(10+0.5 menit)	(Kg)	(24 JAM)		
450 kg/m <sup>3</sup>	0.45	D	3.767	3.825	1.54	3.866	2.63	OK
		E	3.766	3.824	1.54	3.863	2.58	OK
		F	3.763	3.82	1.51	3.862	2.63	OK
	0.4	D	3.824	3.872	1.26	3.918	2.46	OK
		E	3.774	3.819	1.19	3.862	2.33	OK
		F	3.789	3.836	1.24	3.881	2.43	OK
	0.35	D	3.878	3.915	0.95	3.954	1.96	OK
		E	3.841	3.878	0.96	3.912	1.85	OK
		F	3.846	3.881	0.91	3.911	1.69	OK
400 kg/m <sup>3</sup>	0.45	D	3.795	3.847	1.37	3.9	2.77	OK
		E	3.752	3.801	1.31	3.859	2.85	OK
		F	3.776	3.825	1.30	3.868	2.44	OK
	0.4	D	3.85	3.888	0.99	3.945	2.47	OK
		E	3.81	3.847	0.97	3.906	2.52	OK
		F	3.825	3.86	0.92	3.921	2.51	OK
	0.35	D	3.812	3.851	1.02	3.901	2.33	OK
		E	3.797	3.838	1.08	3.882	2.24	OK
		F	3.807	3.849	1.10	3.897	2.36	OK



- Pengetesan hari ke-28 full curing



**Gambar 4.17** Grafik resapan beton kedap air full curing perendaman 10+0.5 menit hari ke-28



**Gambar 4.18** Grafik resapan beton kedap air full curing perendaman 24 jam hari ke-28

Dari Hasil penelitian beton kedap air yang telah dilakukan maka kita dapat menarik kesimpulan dengan melihat data pada tabel dan gambar grafik bahwa semakin tinggi kadar semen dan semakin rendah faktor air semen maka tingkat impermeabilitas atau daya resapan pada beton semakin rendah dan begitu pula sebaliknya apabila semakin rendah kadar semen dan semakin tinggi faktor air semen dalam perencanaan beton maka semakin tinggi pula tingkat impermeabilitas atau daya resapan pada beton tersebut.

Pada garfik resapan selama  $10 + 0.5$  menit yang didapat ada yang janggal itu dikarenakan kandungan kalor yang ada dalam beton masih tersimpan dan kemampuan penyimpanan kalor dalam beton oleh tiap-tiap benda uji sangatlah berbeda.

Resapan beton kedap air pada umur 28 hari antara beton yang diuji berkali-kali dengan beton yang full curing adalah resapan paling rendah terjadi pada beton yang sudah diuji berkali-kali akan tetapi perbedaan antar keduanya sangatlah kecil.

Untuk membuat pemberat terapung yang membutuhkan beton yang kedap terhadap air maka beton tersebut harus memiliki kadar semen yang tinggi dan faktor air semen yang rendah. Dan mix design yang paling tepat untuk membuat pemberat terapung ini adalah mix design 3 yakni memiliki kadar semen  $450 \text{ kg/m}^3$  dan faktor air semen sebesar 0.35.

#### **4.5 Pengetesan Kuat Tekan Hancur (ASTM C 832-75)**

Pada perencanaan mix desain kuat tekan tidak ditentukan karena yang ditentukan adalah kadar semen dan faktor air semennya maka uun tuk mengetahui mutu dari beton yang desain adalah dengan cara melakukan uji tekan pada beton tersebut.

Adapun hasil pengetesan kuat tekan hancur adalah sebagai berikut:

Tabel 4.29 kuat tekan beton kadap air dengan kadar semen 450 kg/m<sup>3</sup>

MIX DESIGN		Berat	Diameter	Tinggi	Luas Penampang	Umur	Beban Maksimum	Faktor	F=P/(A*korelasi)	Kuat Tekan	
kadar semen	fas	(Kg)	(cm)	(cm)	(A) (cm <sup>2</sup> )		(P) (Kg)	Korelasi	(Kg/cm <sup>2</sup> )	(Mpa)	
450 kg/m <sup>3</sup>	0.45	a	3.77	10	20	78.571	28	23300	1	296.547	29.062
		b	3.795	10	20	78.571	28	25100	1	319.456	31.307
		c	3.679	10	20	78.571	28	25200	1	320.729	31.432
jumlah										91.801	
Rate-rata										30.600	
450 kg/m <sup>3</sup>	0.4	a	3.847	10	20	78.571	28	25000	1	318.184	31.182
		b	3.813	10	20	78.571	28	26500	1	337.275	33.053
		c	3.774	10	20	78.571	28	35200	1	448.002	43.905
jumlah										64.235	
Rate-rata										32.118	
450 kg/m <sup>3</sup>	0.35	a	3.85	10	20	78.571	28	32400	1	412.366	40.412
		b	3.841	10	20	78.571	28	34200	1	435.275	42.657
		c	3.77	10	20	78.571	28	29800	1	379.275	37.169
jumlah										120.239	
Rate-rata										40.080	

tidak dipakai

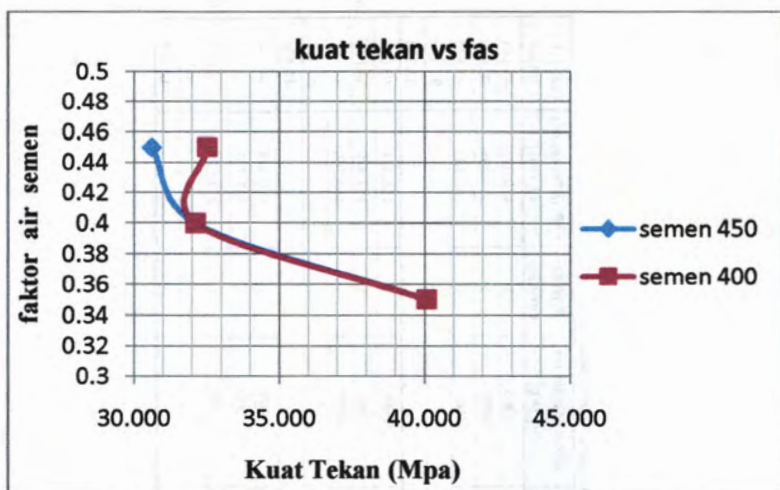
Tabel 4.30 kuat tekan beton kadap atr dengan kadar semen 400 kg/m<sup>3</sup>

MIX DESIGN		Berat (Kg)	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas Penampang (A) (cm <sup>2</sup> )	Umur	Beban Maksimum (P) (Kg)	Faktor Korelasi	F=P/(A*korelasi) (Kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan (Mpa)
kadar semen	fas									
400 kg/m <sup>3</sup>	0.45	a 3.8	10	20	78.571	28	33000	1	420.002	41.161
		b 3.787	10	20	78.571	28	24600	1	313.093	30.683
		c 3.778	10	20	78.571	28	20600	1	262.183	25.694
jumlah										97.538
Rata-rata										32.513
400 kg/m <sup>3</sup>	0.4	a 3.866	10	20	78.571	28	32600	1	414.911	40.662
		b 3.859	10	20	78.571	28	27800	1	353.820	34.675
		c 3.861	10	20	78.571	28	34600	1	440.366	43.156
jumlah										83.818
Rata-rata										41.909
400 kg/m <sup>3</sup>	0.35	a 3.871	10	20	78.571	28	35400	1	450.548	44.154
		b 3.906	10	20	78.571	28	32000	1	407.275	39.913
		c 3.856	10	20	78.571	28	41600	1	529.457	51.887
jumlah										84.067
Rata-rata										42.034

tidak dipakai

tidak dipakai

Grafik hubungan antar kuat tekan beton kedap air dengan fas berdasarkan kategori kadar semen yang digunakan tiap  $m^3$ :



Gambar 4.19 Grafik hubungan kuat tekan dengan fas

- Beton Kedap Air Full Curing

Adapun hasil pengetesan kuat tekan hancur beton kedap air full curing adalah sebagai berikut:

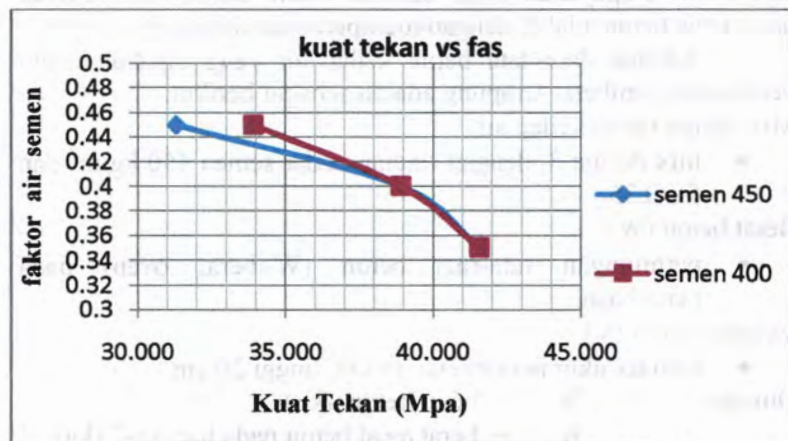
Tabel 4.31 kuat tekan beton kadap atr dengan kadar semen 450 kg/m<sup>3</sup> full curing

MIX DESIGN		Berat (Kg)	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas Penampang (A) (cm <sup>2</sup> )	Umu'	Beban Maksimum (P) (Kg)	Faktor Korelasi	f-P/(A*korelasi) (kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan (Mpa)	
kadar semen	fas										
450 kg/m <sup>3</sup>	0.45	d	3.77	10	20	79.571	28	26700	1	339.820	33.303
		e	3.735	10	20	79.571	28	23400	1	297.820	29.187
		f	3.679	10	20	79.571	28	25200	1	320.729	31.432
jumlah										99.921	
Rata-rata										31.307	
450 kg/m <sup>3</sup>	0.4	d	3.847	10	20	79.571	28	33800	1	430.184	42.158
		e	3.813	10	20	79.571	28	30000	1	381.820	37.419
		f	3.774	10	20	79.571	28	29800	1	379.275	37.169
jumlah										118.746	
Rata-rata										38.915	
450 kg/m <sup>3</sup>	0.35	d	3.85	10	20	79.571	28	33000	1	420.002	41.161
		e	3.811	10	20	79.571	28	31800	1	404.729	39.664
		f	3.77	10	20	79.571	28	35200	1	448.002	43.905
jumlah										124.729	
Rata-rata										41.576	

Tabel 4.32 Kuat tekan beton kadapan dengan kadar semen 400 kg/m<sup>3</sup> full curing

MIX DESIGN			Berat (Kg)	Diameter (cm)	Tinggi (cm)	Luas Penampang (A) (cm <sup>2</sup> )	Umur	Beban Maksimum (P <sub>i</sub> ) (Kg)	Faktor Korelasi	F=P/(A*koefesi) (Kg/cm <sup>2</sup> )	Kuat Tekan (Mpa)	
kadar semen	fas											
400 kg/m <sup>3</sup>	0.45	d	3.8	10	20	78.571	28	25400	1	336.002	32.928	
		e	3.787	10	20	78.571	28	23000	1	356.366	34.924	
		f	3.778	10	20	78.571	28	20600	1	262.183	25.694	tidak terpakai
jumlah											67.853	
Rata-rata											33.926	
400 kg/m <sup>3</sup>	0.4	d	3.866	10	20	78.571	28	23600	1	364.002	35.672	
		e	3.859	10	20	78.571	28	21400	1	272.365	26.692	tidak terpakai
		f	3.861	10	20	78.571	28	34600	1	440.366	43.156	
jumlah											78.829	
Rata-rata											39.414	
400 kg/m <sup>3</sup>	0.35	d	3.871	10	20	78.571	28	33400	1	425.003	41.650	
		e	3.906	10	20	78.571	28	25300	1	322.002	31.556	tidak terpakai
		f	3.856	10	20	78.571	28	33000	1	483.639	47.397	
jumlah											89.056	
Rata-rata											44.528	

Grafik hubungan antar kuat tekan beton kedap air full curing dengan fas berdasarkan kategori kadar semen yang digunakan tiap  $m^3$



Gambar 4.20 Grafik hubungan kuat tekan dengan fas beton kedap air full curing

## 4.6 Pendesainan Pemberat Terapung

### 4.6.1 Perhitungan Void dalam Beton

Konsep awal pembuatan pemberat terapung yang terbuat dari beton ini adalah bagaimana caranya beton tersebut yang sifat dasarnya berat akan tetapi bisa mengapung dalam air. Seperti yang sudah kita pelajari pada saat kita masih duduk di bangku sekolah, rumus Archimedes dapat dijadikan pemecah masalah untuk persoalan ini yang mana beton bisa mengapung dalam air. Rumus massa jenis digunakan untuk menjadikan berat jenis beton agar kurang dari berat jenis air.

$$BJ = \frac{W}{V} \dots\dots\dots (4.1)$$

Dengan:

$BJ$  adalah berat jenis,

$W$  adalah berat,



$V$  adalah volume.

Seperti yang sudah kita ketahui berat jenis air sebesar  $1000 \text{ kg/m}^3$  dan berat jenis beton  $2433.121 \text{ kg/m}^3$ . karena massa dari beton diupayakan tidak berubah maka untuk memperkecil berat jenis beton adalah dengan memperbesar volumenya.

Adapun data-data beton kepad air yang dipakai dalam pembuatan pemberat terapung adalah sebagai berikut:

Mix design beton kepad air :

- mix design 3, dengan rincian kadar semen  $450 \text{ kg/m}^3$  dan fas 0.35

Berat beton ( $W$ ) :

- perhitungan rata-rata beton ( $W_1$ /berat oven) pada percobaan.

Volume beton ( $V$ ) :

- silinder ukuran diameter 10 cm, tinggi 20 cm.

Dimana :  $W$  = berat beton (kg)

$W_a$  = berat awal beton pada hari ke-7 (kg)

$W_b$  = berat awal beton pada hari ke-14 (kg)

$W_c$  = berat awal beton pada hari ke-21 (kg)

$W_d$  = berat awal beton pada hari ke-28 (kg)

$$\begin{aligned} W &= (W_a + W_b + W_c + W_d) / 4 \\ &= (3.805 \text{ kg} + 3.794 \text{ kg} + 3.832 \text{ kg} + 3.848 \text{ kg}) / 4 \\ &= 15.279 \text{ kg} / 4 \\ &= 3.81975 \text{ kg} \approx 3.82 \text{ kg}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{silinder}} &= 0.25 \pi \cdot d^2 \cdot t \\ &= 0.25 \pi (0.1 \text{ m})^2 \cdot 0.2 \text{ m} \\ &= 0.00157 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Maka berat jenis beton adalah :

$$\begin{aligned} BJ_{\text{beton}} &= \frac{W}{V_{\text{silinder}}} \\ &= 3.82 \text{ kg} / 0.00157 \text{ m}^3 \\ &= 2433.121 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Setelah diketahui berat jenis beton yang akan dijadikan pemberat terapung maka dapat diketahui volume void yang

diperlukan untuk menjadikan beton kedap air sebagai pemberat terapurung adalah sebagai berikut:

$$V_{\text{void}} = V_{\text{total}} - V_{\text{beton}} \dots\dots\dots (4.2)$$

Dimana :

$$V_{\text{beton}} = \text{volume pada saat menggunakan BJ}_{\text{beton}} = 1 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{total}} = \text{volume pada saat menggunakan BJ}_{\text{pemberat terapurung}}$$

$$V_{\text{void}} = \text{volume void.}$$

Direncanakan:

$$\text{BJ}_{\text{pemberat terapurung}} = 900 \text{ kg/m}^3$$

Maka:

$$\text{BJ}_{\text{beton}} \times 1 \text{ m}^3 = \text{BJ}_{\text{pemberat terapurung}} \times V_{\text{total}}$$

$$2433.121 \text{ kg/m}^3 \times 1 \text{ m}^3 = 900 \text{ kg/m}^3 \times V_{\text{total}}$$

$$V_{\text{total}} = \frac{2433.121}{900} = 2.7035 \text{ m}^3$$

Volume void yang dipakai:

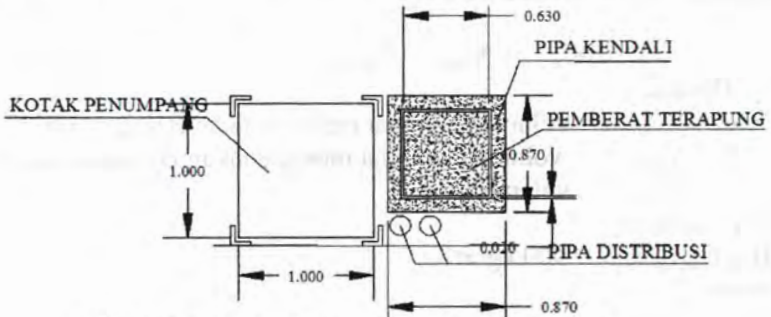
$$V_{\text{void}} = V_{\text{total}} - V_{\text{beton}}$$

$$= 2.7035 \text{ m}^3 - 1 \text{ m}^3$$

$$= 1.7035 \text{ m}^3$$

Jadi Volume void untuk berat beton dalam volume  $1 \text{ m}^3$  adalah sebesar  $1.0735 \text{ m}^3$

#### 4.6.2 Pendesainan Dimensi Pemberat Terapung



Gambar 4.21 denah skema hidropower elevator

Asumsi-asumsi dalam perencanaan hidropower elevator diambil dari perencanaan yang sudah disusun dalam laporan karya tulis ilmiah yang terdahulu yakni:

<u>DATA PENGHUNI</u>	<u>Ukuran-Ukuran:</u>	<u>UKURAN-UKURAN:</u>
1. Dewasa 1 : 60 kg	Pemberat	Jumlah Lantai 2 lantai
2. Dewasa 2 : 70	Bahan: Beton	Jarak Antar Lantai 3 meter
3. Dewasa 3 : 80	2433.121 kg/m <sup>3</sup>	Waktu Perpindahan: 30 detik
4. Remaja 1 : 40	Berat: + 300 kg	Pompa Air: 2 buah
5. Remaja 2 : 50	Volume: + 0.13 m <sup>3</sup> + 130000 cm <sup>3</sup>	@ Hidup 1 menit @ 1 kali naik turun @ 5 liter/detik
6. Anak-anak 1 : 20	Ukuran: 50 x 50 x 60 cm <sup>3</sup>	
7. Anak-anak 2 : 30	Kotak Kendali	
[Min = 20 kg ; Max ~ 90 kg]	Bersih 60 x 60 x 150 cm	
Berat Kotak Penumpang + 50 kg	Kotor 60 x 60 x 250 cm	
	Volume fluida:	

	<p>Total Berat Maksimum + 200 kg</p> <p>Kotak Penumpang 80 x 80 x 200 cm 60 x 60 x 175 cm 630 liter</p> <p>Debit Fluida: 21 liter/detik</p>	<p>Sistem Kontrol: 3 tumpuan 2 langkah</p> <p>Perpindahan lebih cepat Pergerakan lebih stabil Konstruksi lebih aman</p> <p>1 langkah pada pemberat = 2 langkah pada kotak penumpang</p>
---	---	---

(Sumber : Hidropower Elevator sebagai Media Transportasi Naik-Turun dengan Tenaga Air oleh Radikal dan Aulia (2007))

Dari data perencanaan di atas. Data yang digunakan dalam perencanaan pemberat terapung adalah sebagai berikut:

Berat penumpang:

- Dewasa 3 = 80 kg
- Remaja 2 = 50 kg
- Anak-anak 1 = 20 kg

Total beban = 150 kg

Berat kotak penumpang = 50 kg

Total berat beban penumpang = 200 kg

Berat pemberat terapung minimum (W) = 220 kg

Dimensi kotak penumpang :

Lebar = 1 m

Panjang = 1 m

Tinggi = 2 m

Luasan yang diperlukan dalam perencanaan sebuah hidropower elevator adalah 2 m x 1 m.

Volume beton:

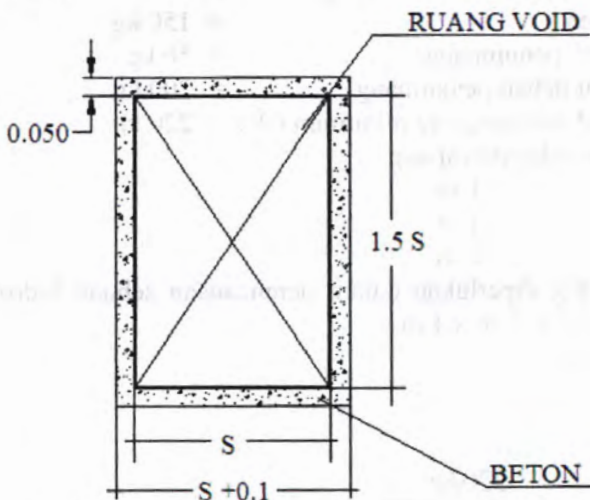
$$\begin{aligned}
 V_{\text{beton}} &= \frac{W}{BJ_{\text{beton}}} \\
 &= \frac{220 \text{ kg}}{2433.121 \text{ kg/m}^3} \\
 &= 0.09042 \text{ m}^3 \text{ (volume yang melapisi void)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{pemberat terapung}} &= \frac{W}{BJ_{\text{pemberat terapung}}} \\
 &= \frac{220 \text{ kg}}{900 \text{ kg/m}^3} \\
 &= 0.24444 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 V_{\text{void}} &= V_{\text{pemberat terapung}} - V_{\text{beton}} \\
 &= 0.24444 \text{ m}^3 - 0.09042 \text{ m}^3 \\
 &= 0.154025 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Pemberat terapung didesain dalam bentuk kubus dengan sisi bawah berbentuk bujur sangkar dengan tinggi 1.5 sisi. Perbandingan volume udara dengan volume beton yakni 0.09042 : 0.154025 apabila disederhanakan 1 : 1.703

Untuk mendapatkan panjang sisi yang optimum maka digunakan persamaan kuadrat:



Gambar 4.22 Desain awal pemberat terapung

$$\frac{S^2 * 1.5S}{[(S + 0.1)^2 * (1.5S + 0.1)] - (S^2 * 1.5S)} = \frac{1.703}{1}$$

$$\frac{1.5S^3}{1.703} = [(S^2 + 0.2S + 0.01)(1.5S + 0.1)] - 1.5S^3$$

$$0.881 S^3 = 1.5S^3 + 0.1S^2 + 0.3S^2 + 0.02S + 0.015S + 0.001 - 1.5S^3$$

$$0.881S^3 = 0.4S^2 + 0.035S + 0.001$$

$$0.881S^3 - 0.4S^2 - 0.035S - 0.001 = 0$$

Maka didapat  $S = 0.53262 \text{ m}$

Untuk pekerjaan pembuatan pemberat terampung ukuran seperti di atas sangatlah sulit untuk di terapkan maka dibulatkan panjang sisinya sebesar  $0.53 \text{ m}$

Dimensi pemberat terampung awal:

$$S_{\text{dalam}} = 0.53 \text{ m}$$

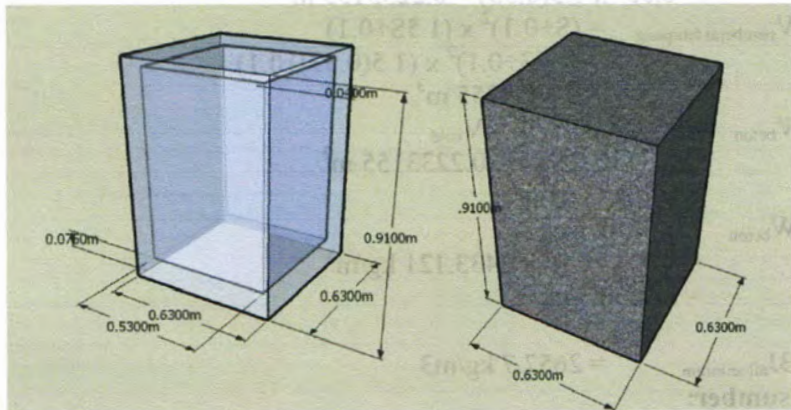
$$t_{\text{dalam}} = 1.5 \times 0.53 \text{ m} = 0.795 \text{ m}$$

$$S_{\text{luar}} = S_{\text{dalam}} + 0.1 \text{ m}$$

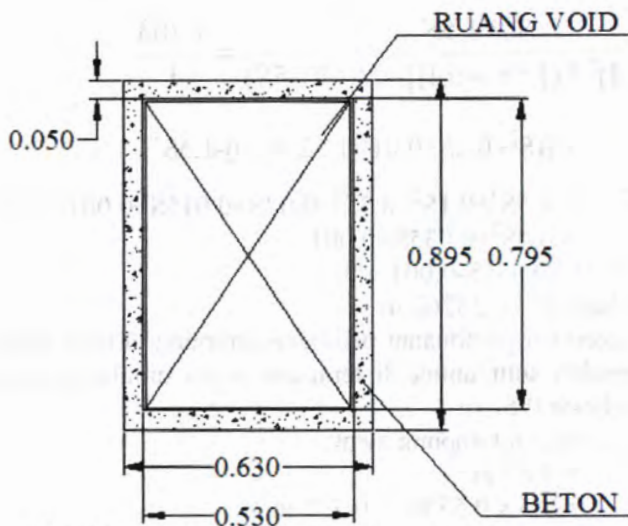
$$= 0.53 \text{ m} + 0.1 \text{ m} = 0.63 \text{ m}$$

$$t_{\text{luar}} = t_{\text{dalam}} + 0.1 \text{ m}$$

$$= 0.795 \text{ m} + 0.1 \text{ m} = 0.895 \text{ m}$$



Gambar 4.23 Desain pemberat terampung 3D



**Gambar 4.24** Potongan Desain pemberat terapung 1

- Kontrol berat jenis

$$V_{\text{void}} = S^2 \times 1.5S$$

$$= 0.53^2 \times 1.5(0.53) = 0.2233155 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{pemberat terapung}} = (S+0.1)^2 \times (1.5S+0.1)$$

$$= (0.53+0.1)^2 \times (1.5(0.53)+0.1)$$

$$= 0.3552255 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{beton}} = V_{\text{pemberat terapung}} - V_{\text{void}}$$

$$= 0.3552255 \text{ m}^3 - 0.2233155 \text{ m}^3$$

$$= 0.13191 \text{ m}^3$$

$$W_{\text{beton}} = V_{\text{beton}} \times \rho_{\text{beton}}$$

$$= 0.13191 \text{ m}^3 \times 2433.121 \text{ kg/m}^3$$

$$= 320.953 \text{ kg}$$

$$BJ_{\text{aluminium}} = 2657.7 \text{ kg/m}^3$$

(sumber:

<http://id.answers.yahoo.com/question/index?qid=20091127181923AAUO4Kf> ( tanggal akses 15 Juni 2010))

$$\begin{aligned}
 W_{\text{aluminium}} &= V_{\text{aluminium}} \times BJ_{\text{aluminium}} \\
 &= [2 \times (0.53^2 \times 0.001) + 4 \times (0.53 \times 0.795 \times 0.001)] \times 2657.7 \\
 &= 5.972 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{\text{pemberat terapung}} &= W_{\text{aluminium}} + W_{\text{beton}} \\
 &= 320.953 \text{ kg} + 5.972 \text{ kg} \\
 &= 326.925 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 BJ_{\text{pemberat terapung}} &= \frac{W_{\text{pemberat terapung}}}{V_{\text{pemberat terapung}}} \\
 &= \frac{326.925}{0.3552255} \\
 &= 920.331 \text{ kg/m}^3
 \end{aligned}$$

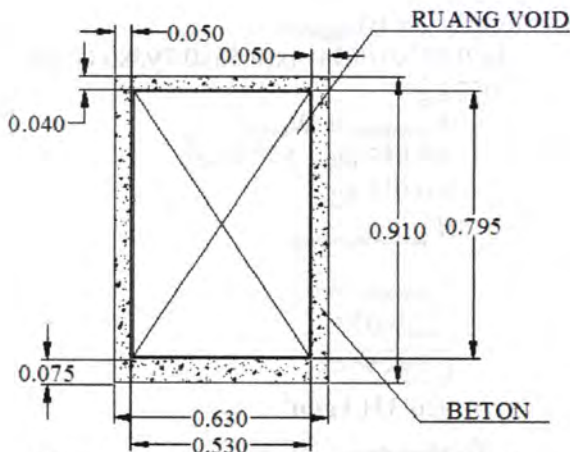
Syarat :  $\rho_{\text{pemberat terapung}} < \rho_{\text{air}}$   
 $920.331 \text{ kg/m}^3 < 1000 \text{ kg/m}^3 \dots\dots\dots(\text{OK})$

Pada perencanaan dimensi awal semua tebal lapisan mempunyai tebal yang sama. Agar pemberat terapung mempunyai gaya tekan ke bawah maka bagian bawah pemberat terapung dipertebal lapisannya.

Adapun gambar rencana pemberat terapung:

Ket :  $S_{\text{dalam}} = 0.53 \text{ m}$   
 $t_{\text{dalam}} = 0.795 \text{ m}$   
 $S_{\text{luar}} = 0.63 \text{ m}$   
 $t_{\text{luar}} = 0.91 \text{ m}$





**Gambar 4.25** Desain pemberat terapung ke-2

- Kontrol berat jenis

$$\begin{aligned}
 V_{\text{beton}} &= V_{\text{pemberat terapung}} - V_{\text{void}} \\
 &= (0.63 \times 0.63 \times 0.91) - (0.53 \times 0.53 \times 0.795) \\
 &= 0.1378635 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{\text{beton}} &= 0.1378635 \text{ m}^3 \times 2433.121 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 335.4386 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

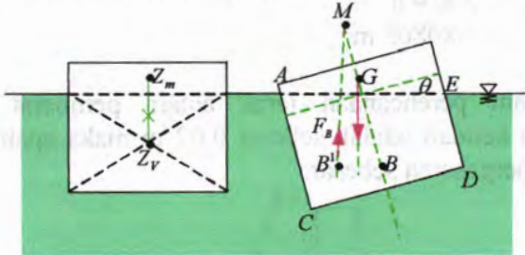
$$\begin{aligned}
 W_{\text{pemberat terapung}} &= W_{\text{beton}} + W_{\text{alluminium}} \\
 &= 335.4386 \text{ kg} + 5.972 \text{ kg} \\
 &= 341.41 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 BJ_{\text{pemberat terapung}} &= \frac{W_{\text{beton}}}{V_{\text{pemberat terapung}}} \\
 &= \frac{341.41}{0.36118} \\
 &= 945.263 \text{ kg/m}^3 < \rho_{\text{air}} \\
 &= 945.263 \text{ kg/m}^3 < 1000 \text{ kg/m}^3 \dots\dots\dots (\text{OK})
 \end{aligned}$$

#### 4.6.3 Pengecekan kestabilan desain pemberat terapung

Setelah dilakukannya pendesainan maka hasil desain tersebut harus dicek dahulu kestabilan desain yang telah kita buat. Kriteria hasil kestabilan ditentukan oleh syarat berikut:

- Benda dalam keseimbangan stabil apabila  $GM > 0$
- Benda dalam keseimbangan labil apabila  $GM < 0$
- Benda dalam keseimbangan netral apabila  $GM = 0$

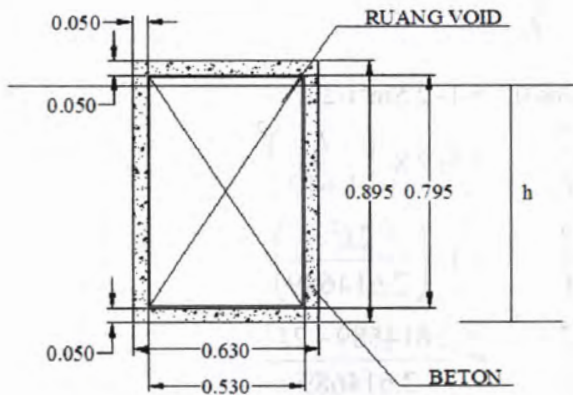


Keterangan :

- G = titik berat bidang benda yang mngapung di atas air  
 B = titik berat bidang benda yang tenggelam dalam air  
 B' = titik semula sebelum bidang bergeser pada bidang benda yang tenggelam.  
 M = titik dimana hasil perpotongan garis B-G dengan garis B'

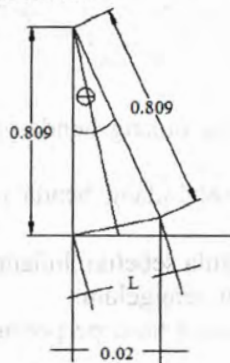
Adapun kontrol kestabilan desain adalah sebagai berikut:

1.



$$\begin{aligned} \text{Berat beton} &= \text{Volume air yang dipindahkan} \\ &[(0.63^2 \times 0.895) - (0.53^2 \times 0.795)] \text{m}^3 \times 2433.121 \text{kg/m}^3 \\ &= (0.63^2 \times h) \text{m}^3 \times 1000 \text{kg/m}^3 \\ 320.952991 &= 396.9 h \\ h &= 0.80865 \text{ m} \end{aligned}$$

Dalam perencanaan jarak antara pemberat terapan dengan pipa kendali adalah sebesar 0.02 m maka apabila terjadi guncangan pergeseran sebesar:



$$\sin \frac{1}{2} \theta = \frac{1/2L}{0.8085} = \frac{L}{1.617}$$

$$\cos \theta = \frac{2}{L}$$

$$\cos \theta = 1 - 2 \sin^2 \frac{1}{2} \theta$$

$$\frac{2}{L} = 1 - 2 \times \left( \frac{L}{1.617} \right)^2$$

$$\frac{2}{L} = 1 - \left( \frac{2L^2}{2.614689} \right)$$

$$\frac{2}{L} = \frac{2.614689 - 2L^2}{2.614689}$$

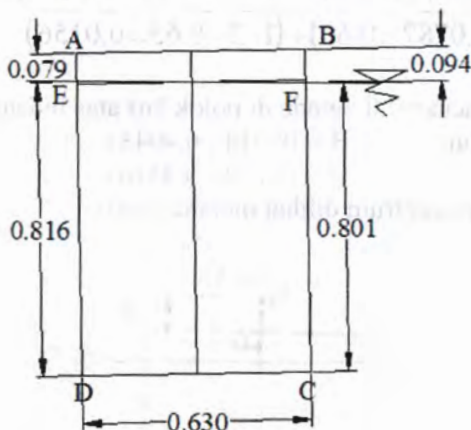
$$5.229378 = 2.614689 - 2L^3$$

$$2L^3 - 2.614689L + 5.229378 = 0$$

Didapat:  $L = 0.0200061 \text{ m}$

$$\text{arc tan} = \frac{0.0200061}{0.8085}$$

$$= 1.417^\circ$$



$$\tan 1.417^\circ = \frac{x}{0.315}$$

$$= 0.0078 \text{ m}$$

- Titik berat bidang CDEF

$$Y = \frac{(0.8007 \times 0.63) \times 0.40035 + (1/2 \times 0.63 \times 0.0156) \times 0.806}{(0.8007 \times 0.63) + (1/2 \times 0.63 \times 0.0156)}$$

$$= 0.4043 \text{ m}$$

(titik acuan 0,0 berada di pojok kiri bawah bidang)

$$X = \frac{(0.8007 \times 0.63) \times 0.315 + (1/2 \times 0.63 \times 0.0156) \times 0.21}{(0.8007 \times 0.63) + (1/2 \times 0.63 \times 0.0156)}$$

$$= 0.314 \text{ cm}$$

(titik acuan 0,0 berada di pojok kiri bawah bidang)

- Titik berat bidang ABFE

$$Y = \frac{(0.0787 \times 0.63) \times 0.03935 + (1/2 \times 0.63 \times 0.0156) \times 0.0839}{(0.0787 \times 0.63) + (1/2 \times 0.63 \times 0.0156)}$$

$$= 0.0434 \text{ m}$$

(titik acuan 0,0 berada di pojok kiri atas bidang)

$$X = \frac{(0.0787 \times 0.63) \times 0.315 + (1/2 \times 0.63 \times 0.0156) \times 0.21}{(0.0787 \times 0.63) + (1/2 \times 0.63 \times 0.0156)}$$

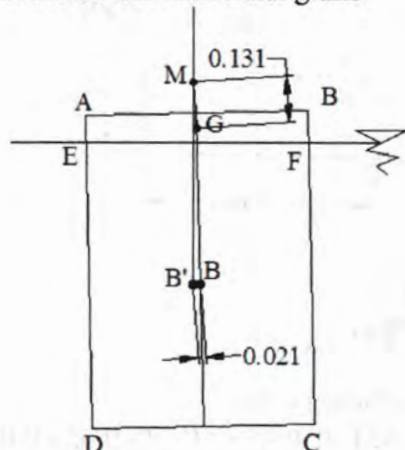
$$= 0.314 \text{ m}$$

(titik acuan 0,0 berada di pojok kiri atas bidang)

Maka diketahui:  $B = (0.314 ; 0.4043)$

$G = (0.314 ; 0.8516)$

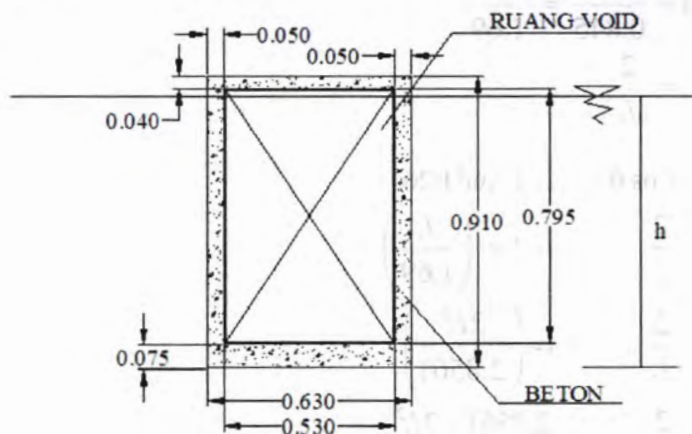
Besar garis metacentrum dilihat melalui grafis:



Grafis digambar menggunakan program gambar Autocad dan berskala.

Dari grafis didapat panjang garis GM sebesar +13.1cm karena titik M berada di atas titik G

2.



Berat beton = Volume air yang dipindahkan

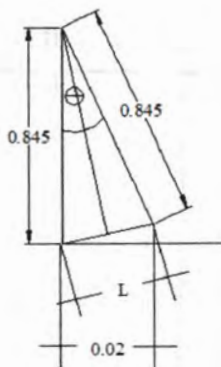
$$[(0.63^2 \times 0.91) - (0.53^2 \times 0.795)] \text{m}^3 \times 2433.121 \text{kg/m}^3$$

$$= (0.63^2 \times h) \text{m}^3 \times 1000 \text{kg/m}^3$$

$$335.438577 = 396.9 h$$

$$h = 0.8452 \text{ m} \approx 0.845 \text{ m}$$

dalam perencanaan jarak antara pemberat terapung dengan pipa kendali adalah sebesar 0.02 m maka apabila terjadi guncangan pergeseran sebesar:



$$\sin \frac{1}{2} \theta = \frac{1/2L}{0.845} = \frac{L}{1.69}$$

$$\cos \theta = \frac{2}{L}$$

$$\cos \theta = 1 - 2 \sin^2 \frac{1}{2} \theta$$

$$\frac{2}{L} = 1 - 2 \times \left( \frac{L}{1.69} \right)^2$$

$$\frac{2}{L} = 1 - \left( \frac{2L^2}{2.8561} \right)$$

$$\frac{2}{L} = \frac{2.8561 - 2L^2}{2.8561}$$

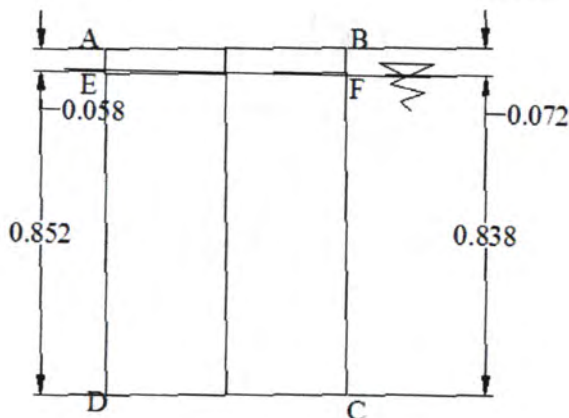
$$5.7122 = 2.8561 - 2L^3$$

$$2L^3 - 2.8561L + 5.7122 = 0$$

Didapat:  $L = 0.0200056 \text{ m}$

$$\text{arc tan} = \frac{0.0200056}{0.845}$$

$$= 1.36^\circ$$



$$\begin{aligned}\tan 1.36^\circ &= \frac{x}{0.315} \\ &= 0.0075 \text{ m}\end{aligned}$$

- Titik berat bidang CDEF

$$Y = \frac{(0.8375 \times 0.63) \times 0.41875 + (1/2 \times 0.63 \times 0.015) \times 0.8425}{(0.8375 \times 0.63) + (1/2 \times 0.63 \times 0.015)}$$

$$= 0.4225 \text{ m}$$

(titik acuan 0,0 berada di pojok kiri bawah bidang)

$$X = \frac{(0.8375 \times 0.63) \times 0.315 + (1/2 \times 0.63 \times 0.015) \times 0.21}{(0.8375 \times 0.63) + (1/2 \times 0.63 \times 0.015)}$$

$$= 0.314 \text{ m}$$

(titik acuan 0,0 berada di pojok kiri bawah bidang)

- Titik berat bidang ABFE

$$Y = \frac{(0.0575 \times 0.63) \times 0.02875 + (1/2 \times 0.63 \times 0.015) \times 0.0625}{(0.0575 \times 0.63) + (1/2 \times 0.63 \times 0.015)}$$

$$= 0.03264 \text{ m}$$

(titik acuan 0,0 berada di pojok kiri atas bidang)

$$X = \frac{(0.0575 \times 0.63) \times 0.315 + (1/2 \times 0.63 \times 0.015) \times 0.21}{(0.0575 \times 0.63) + (1/2 \times 0.63 \times 0.15)}$$

$$= 0.314 \text{ m}$$

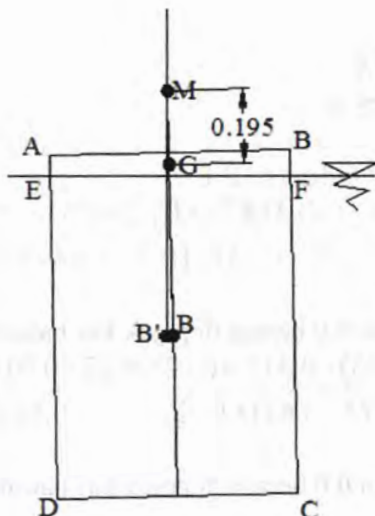
(titik acuan 0,0 berada di pojok kiri atas bidang)

Maka diketahui: B = (0.314 ; 0.4225)

G = (0.314 ; 0.8774)

Besar garis metacentrum dilihat melalui grafis:





Grafis digambar menggunakan program gambar Autocad dan berskala.

Dari grafis didapat panjang garis GM sebesar +19.5 cm karena titik M berada di atas titik G

Dari perhitungan di atas dapat dilihat desain ke-2 lebih stabil daripada desain yang pertama karena panjang garis GM desain ke-2 lebih besar dari desain pertama. Maka dalam pembuatan pemberat terapung ini dipakai desain yang ke-2.

## 4.7 Pembuatan Pemberat Terapung

### 4.7.1 Mix Design Beton Kedap Air (Prototype)

Pemberat terapung yang dibuat adalah prototype dari pemberat terapung yang sebenarnya. Maka perlu diadakan mix design ulang karena material yang dipakai khususnya agregat kasar yakni batu kerikil juga ikut diperkecil. Skala pemberat terapung dengan prototypenya adalah 1 : 4.

Adapun hasil mix design beton kedap air sebagai prototype pemberat terapung adalah sebagai berikut:

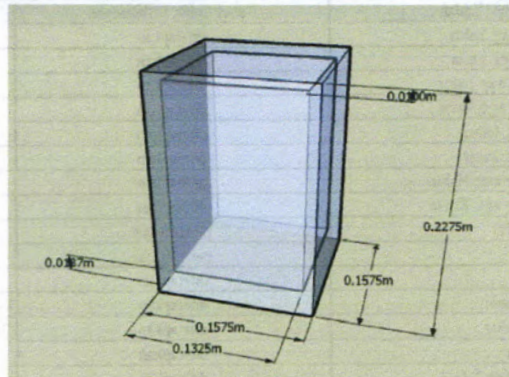
No.	Uraian	Tabel Grafik Perhitungan	Nilai	Satuan
1	Berat jenis agg. halus	ditetapkan	2.72	gr/cm <sup>3</sup>
2	Berat jenis agg. kasar	ditetapkan	2.65	gr/cm <sup>3</sup>
3	Kelembaban agg. halus	ditetapkan	1.73	%
4	Kelembaban agg. kasar	ditetapkan	2.09	%
5	Resapan agg. halus	ditetapkan	0.55	%
6	Resapan agg. kasar	ditetapkan	2.45	%
7	Berat volume agg. Halus	ditetapkan	1.69	gr/cm <sup>3</sup>
8	Berat volume agg. Kasar	ditetapkan	1.48	gr/cm <sup>3</sup>
9	Kuat tekan (fc)	pengetesan		
10	Shump	pengetesan		
11	Jenis semen	ditetapkan	PPC	
12	Jenis agg. Kasar	ditetapkan	Batu pecah	
	Jenis agg. Halus	ditetapkan	Pasir alami	
13	Kadar semen	ditetapkan	450	kg/m <sup>3</sup>
14	faktor air semen (fas)	ditetapkan	0.35	
15	Kadar air	13 x 14	157.5	kg/m <sup>3</sup>
16	% berat agg. halus terhadap campuran	perhitungan % agregat halus terhadap camp. berdasarkan analisa ayakan gabungan	45	%
17	Berat jenis agg. Campuran	$(16 \times 1) - ((1-16) \times 2)$	2.675	kg/m <sup>3</sup>
18	berat jenis beton	grafik xxx	2450	kg/m <sup>3</sup>
19	kadar agg. Campuran	18-13-15	1842.5	kg/m <sup>3</sup>
20	kadar agg. Halus	16 x 19	829.125	kg/m <sup>3</sup>
21	kadar agg. Kasar	19 - 20	1013.375	kg/m <sup>3</sup>
<b>komposisi keadaan asli</b>				
a	kadar semen	14	450	kg/m <sup>3</sup>
b	kadar air	$15 - [(3-5) \times 20 / 100] - [(4-6) \times 21 / 100]$	151.364	kg/m <sup>3</sup>
c	kadar agg. Halus	$20 - [(3-5) \times 20 / 100]$	838.909	kg/m <sup>3</sup>
d	kadar agg. Kasar	$21 - [(4-6) \times 21 / 100]$	1009.727	kg/m <sup>3</sup>
e	kadar aditif sikament LN	0.5% x 13	2.250	kg/m <sup>3</sup>
<b>kebutuhan material per silinder ukuran diameter 10 cm, tinggi 20 cm</b>				
	semen	volume silinder x a	0.707	kg
	air	volume silinder x b	0.238	kg
	agg. halus	volume silinder x c	1.318	kg
	agg. kasar	volume silinder x d	1.587	kg
	aditif sikament LN	volume silinder x e	0.004	kg

Berat pemberat terapurung prototype:

$$\begin{aligned}
 V_{\text{beton}} &= V_{\text{pemberat terapurung}} - V_{\text{void}} \\
 &= (0.1575^2 \times 0.2275) - (0.1325^2 \times 0.19875) \\
 &= 0.00215 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 W_{\text{beton}} &= 0.00215 \text{ m}^3 \times 2450 \text{ kg/m}^3 \\
 &= 5.277 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$W_{\text{beton}} = W_{\text{pemberat terapurung}} = 5.277 \text{ kg}$$



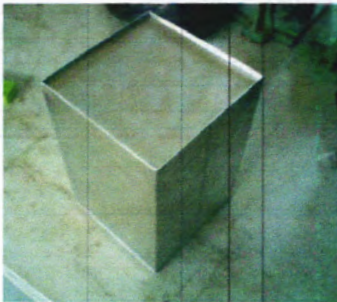
**Gambar 4.26** desain prototype pemberat terapung

#### 4.7.2 Pengecoran Pemberat terapung

Bahan utama :

- Box alluminium dengan dimensi 13.25 cm x 13.25cm x 19.875cm.
- Beton kedap air.
- Bekisting yang dirancang khusus
- Baut

Penyediaan box alluminium dan bekisting:





**Gambar 4.27** box aluminium yang ditanam dalam beton dan bekisting pemberat terapung

Pembuatan pemberat terapung:



**Gambar 4.28** material yang dipakai beton



**Gambar 4.29** pembautan beton kedap air



**Gambar 4.30** proses penempatan box alluminium dalam bekisting



**Gambar 4.31** proses pemasangan beton ke dalam bekisting yang terisi alluminium



**Gambar 4.32** proses akhir pencetakan pemberat terapung



**Gambar 4.33** pembukaan bekisting



**Gambar 4.34** pemberat terapung

#### 4.8 Pengujian Pemberat Terapung

Pengujian pemberat terapung ini didasarkan pada sifat yang diinginkan. Adapun hasil dari pengujian pemberat terapung adalah sebagai berikut:

##### 1. Berat

Pengecekan ini dilakukan sebagai kontrol agar pemberat terapung harus lebih berat dari kotak penampung.

berat pemberat terapung prototype = 5.277 kg



**Gambar 4.35** pengukuran berat prototype pemberat terapung

Dari gambar dapat dilihat berat prototype pemberat terapung sebesar 5.2685 kg sedangkan berat rencana 5.277 kg. Maka berat yang diinginkan dapat dipakai karena berat pemberat terapung lebih berat dari berat kotak penumpang.

2. Mengapung

Sifat mengapung ini sangat dibutuhkan dalam mekanisme hidropower elevator.



**Gambar 4.36** uji daya apung pemberat terapung

Dari gambar dapat dilihat bahwa pemberat terapung dapat mengapung dalam air.

3. Stabil

Seperti yang sudah dijelaskan di bab 3, sub bab 3.3.11 tentang pengujian pemberat terapung bahwa pengujian kestabilan berdasarkan perhitungan atau analisis yang sudah dijabarkan di atas yakni pada control desain pemberat terapung.



Dari hal-hal tersebut, dapat dilihat bahwa terdapat pengaruh yang signifikan terhadap variabel terikat.

### 3.2.2.1

Pada saat ini, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari variabel-variabel tersebut terhadap variabel terikat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari variabel-variabel tersebut terhadap variabel terikat.

**( halaman ini sengaja dikosongkan )**

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Dalam bab terakhir ini akan disampaikan beberapa kesimpulan dan saran dari berbagai tes dan analisa yang telah dilakukan dalam tugas akhir penelitian ini.

### 5.1 Kesimpulan

1. Rumus yang digunakan dalam menunjang pembuatan pemberat terapung adalah pengembangan rumus massa jenis yakni " $BJ = \frac{W}{V}$ " dan hukum Archimedes sebagai patokan.
2. Material yang dipakai dalam pembuatan pemberat terapung adalah beton kedap air yang terdiri dari semen, air, batu pecah, pasir alami dan aditif sikament LN.
3. Dalam pendesainan beton kedap air digunakan sebanyak 9 mix design yang mana kadar semen dan faktor air semen yang bervariasi. Adapun macam-macam mix design adalah sebagai berikut:
  - Kadar semen 450 kg/m<sup>3</sup> ; fas = 0,45 ; penambahan bahan aditif Sikament LN 0,5%.
  - Kadar semen 450 kg/m<sup>3</sup> ; fas = 0,4 ; penambahan bahan aditif Sikament LN 0,5%.
  - Kadar semen 450 kg/m<sup>3</sup> ; fas = 0,35 ; penambahan bahan aditif Sikament LN 0,5%.
  - Kadar semen 400 kg/m<sup>3</sup> ; fas = 0,45 ; penambahan bahan aditif Sikament LN 0,5%.
  - Kadar semen 400 kg/m<sup>3</sup> ; fas = 0,4 ; penambahan bahan aditif Sikament LN 0,5%.

- Kadar semen 400 kg/m<sup>3</sup> ; fas = 0,35 ; penambahan bahan aditif Sikament LN 0,5%.

Hasil mix design yang paling baik adalah mix design dengan kadar semen 450 kg/m<sup>3</sup>; fas = 0.35; aditif sikament LN 0.5%. dan dari hasil penelitian pengujian beton kedap air adalah semakin besar kadar semen dan semakin kecil nilai faktor air semen dari beton tersebut maka semakin kecil pula resapan pada beton tersebut.

4. Perbandingan proporsi material yang dipakai dalam pembuatan beton kedap air yang baik adalah:

- Perbandingan berat

Semen :	Air :	Pasir :	Batu pecah :	aditif sikamentLN
450kg :	153.067kg :	727.054kg :	1119.879kg :	2.250kg
1 :	0.341 :	1.617 :	2.49 :	0.00566

5. Metode pelaksanaan pembuatan pemberat terapung yakni dengan cara manual dengan cara menanam sebuah box aluminium yang ukuran volumenya sama dengan volume void yang diperlukan oleh pemberat terapung dan di cor seperti biasa. Sebelum langkah pengecoran diupayakan dalam bekisting sudah terdapat benda penahan box agar box tidak bergerak.
6. Uji coba yang dilakukan pada pemberat terapung adalah uji berat pemberat terapung, uji kesetimbangan pemberat terapung, dan uji sifat pemberat terapung terhadap air/fluida.

## 5.2 Saran

1. Penelitian ini perlu dilanjutkan lagi dengan material apalagi yang dipakai dalam pembuatan pemberat terapung ini serta perencanaan pendesainan hydropower elevator yang diaplikasikan pada bangunan.
2. Pemberat terapung perlu dikembangkan kembali sebagai bahan alternative yang lain selain sebagai komponen utama dalam hydropower elevator.
3. Penelitian ini harus ditindak lanjuti dan direalisasikan secara nyata dan konsep ini perlu dipatenkan.

## 2.1.2.2

1. Penelitian ini perlu dilakukan bagi dengan material apung yang dibuat dalam penelitian ini untuk mengetahui sifat perambatan gelombang hidrogas yang sangat dipengaruhi oleh lajunya.
2. Perlu ada terapan pada penelitian ini untuk mengetahui sifat perambatan gelombang hidrogas yang lain selain dengan komponen alamiah hidrogas dan air.
3. Penelitian ini dapat menjadi tolak ukur untuk penelitian lain yang berkaitan dengan sifat perambatan gelombang hidrogas.

**( halaman ini sengaja dikosongkan )**

## DAFTAR PUSTAKA

- ASTM C 117-95. *Standar Metode Tes untuk Material dengan Ukuran Kehalusan Kurang Dari 75  $\mu\text{m}$  (no. 200) menggunakan Ayakan Agregat dengan Pencucian*. Annual Book of ASTM Standards.
- ASTM C 127-01. *Standar Metode Tes untuk Kepadatan, Kepadatan Relatif (Berat Jenis), dan Resapan dari Agregat Kasar*. Annual Book of ASTM Standards.
- ASTM C 128-01. *Standar Metode Tes untuk Kepadatan, Kepadatan Relatif (Berat Jenis), dan Resapan dari Agregat Halus*. Annual Book of ASTM Standards.
- ASTM C 131-03. *Standar Metode Tes untuk Menentukan ketahanan peluruhan pada Agregat Kasar Ukuran Kecil dari Abrasi dan Tumbukan menggunakan Mesin Los Angeles*. Annual Book of ASTM Standards.
- ASTM C 136-01. *Standar Metode Tes untuk Analisa Ayakan Agregat Halus dan Kasar*. Annual Book of ASTM Standards.
- ASTM C 29/C29M-97. *Standar Metode Tes untuk Menentukan Berat Volume Agregat dan Kadar Rongga pada Agregat*. Annual Book of ASTM Standards.
- ASTM C 40-99. *Standar Metode Tes untuk Mengetahui Kandungan Organik pada Agregat Halus untuk Beton*. Annual Book of ASTM Standards.
- ASTM C 566-97. *Standar Metode Tes untuk Mengetahui Tingkat Evaporasi dari Kelembaban Agregat akibat Pengeringan*. Annual Book of ASTM Standards.
- Giancoli, Douglas. 1998. *Fisika*. Jakarta: Erlangga.
- Kadir, Abdul. 2006. *Energi Ombak dan Arus Laut: Pertambahan Teknologi dan Prospek*, Jurnal Teknologi dan Energi, vol 6.No 1 Januari:1-11
- Lasino dan Andriati. 2003. *Pengendalian Mutu Pekerjaan Beton di Lapangan*. Sosialisasi Penerapan NSPM Untuk Peningkatan Kualitas Pekerjaan Bidang Kimpraswil.

- Linsley, Franzini. 1996. *Teknik Sumber Daya Air*. Jakarta: Erlangga.
- Lukman, Lucky. \_\_\_\_\_. *Kemantapan Benda Terapung*. Bandung: Penerbit ITB.
- Maryono, Agus. 2002. *Hidrolika Terapan*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Nawi, E.G. 1998. *Beton Bertulang, Suatu Pendekatan Dasar*. Bandung: Refika Aditama.
- Radikal dan Aulia. *Hidropower Elevator Sebagai Media Transportasi Naik-Turun Dengan Tenaga Air*. Surabaya.
- SNI 03-2847-02. *Tata Cara Perhitungan Struktur Beton Untuk Bangunan Gedung Dilengkapi Penjelasan*. Surabaya: itspress.
- SNI 03-2914-90. *Spesifikasi Beton Bertulang Kedap Air*.
- SNI 15-2049-94. *Semen Portland*.
- Subakti, Aman. 1995. *Teknologi Beton Dalam Praktek*. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil-ITS Surabaya.
- \_\_\_\_\_. *Modul Mekanika Fluida*. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil-ITS.
- Tjokrodinuljo, Kardiyono. 1995. *Teknologi Beton*. Yogyakarta: UGM.

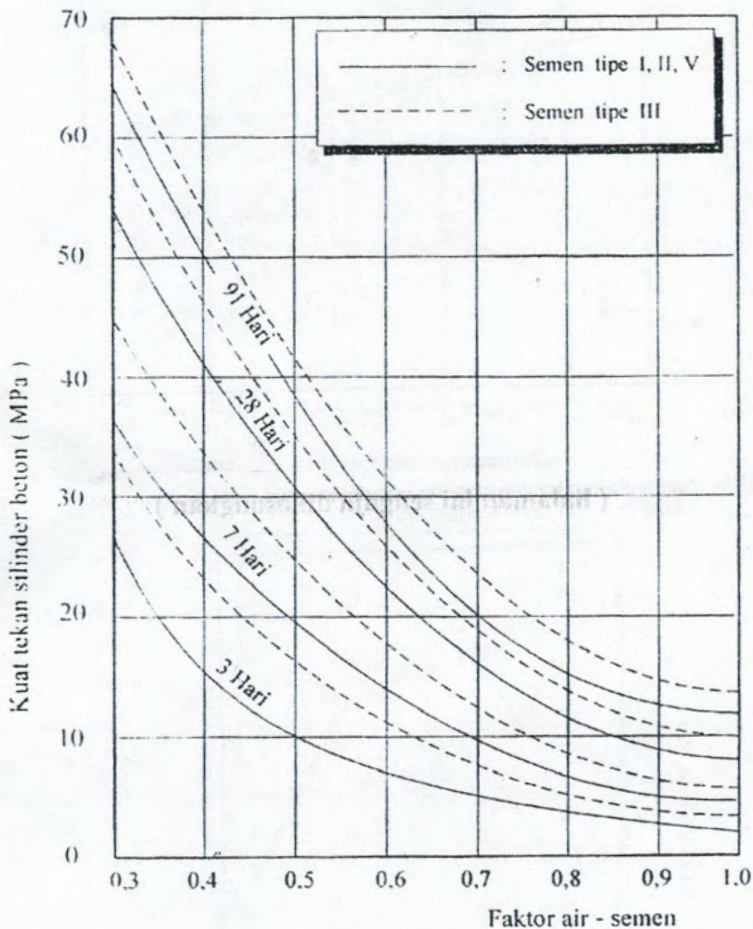
Internet :

- Beton kedap air* (Sumber: <http://www.migas-indonesia.com> (tanggal akses 22 Oktober 2009))
- Susanto. 2006, *Studi Tentang Beton Kedap Air yang Menggunakan Metode Kristalisasi dengan meninjau faktor Air Semen* (Sumber: [http://dewey.petra.ac.id/dgt\\_res\\_detail.php?knokat=4108](http://dewey.petra.ac.id/dgt_res_detail.php?knokat=4108) (tanggal akses 3 Desember 2009))
- Berat Jenis Alluminium* (Sumber: <http://id.answers.yahoo.com/question/index?qid=20091127181923AAUO4Kf> (tanggal akses 15 Juni 2010))

# LAMPIRAN



### Lampiran 1 : Gambar 1



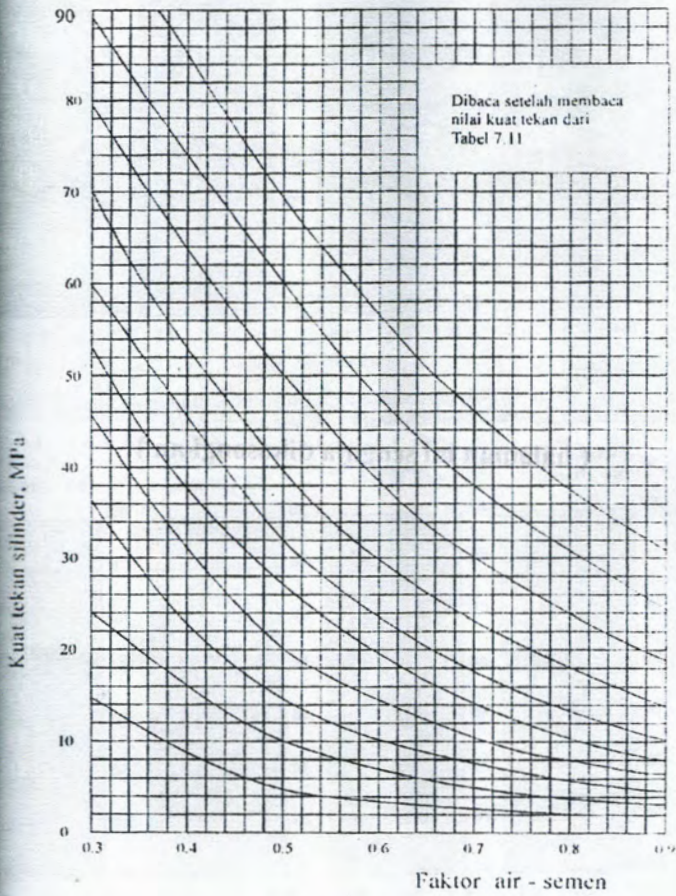
Hubungan faktor air semen dan kuat tekan rata-rata silinder beton  
(sebagai perkiraan nilai fas)



**( halaman ini sengaja dikosongkan )**

... dan ...  
... dan ...

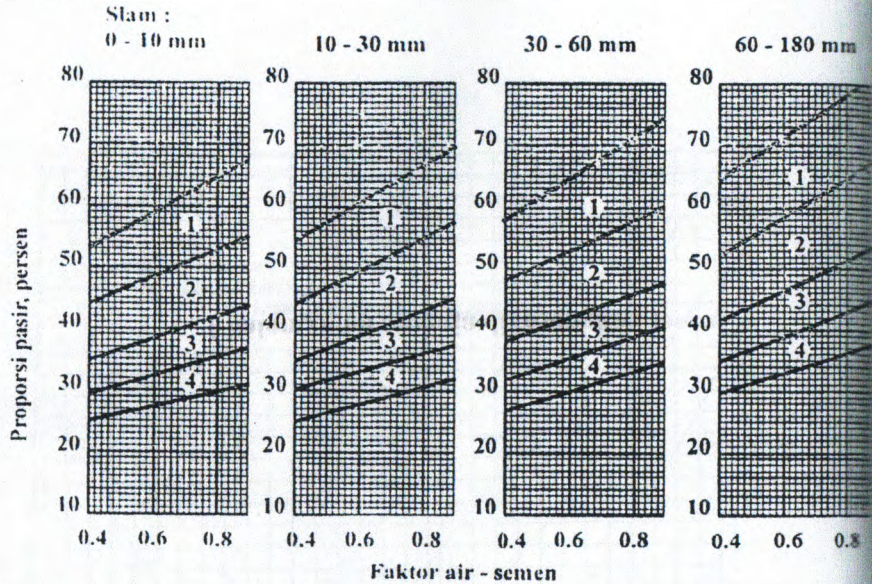
## Lampiran 2 : Gambar 2



Grafik mencari faktor air-semen

**( halaman ini sengaja dikosongkan )**

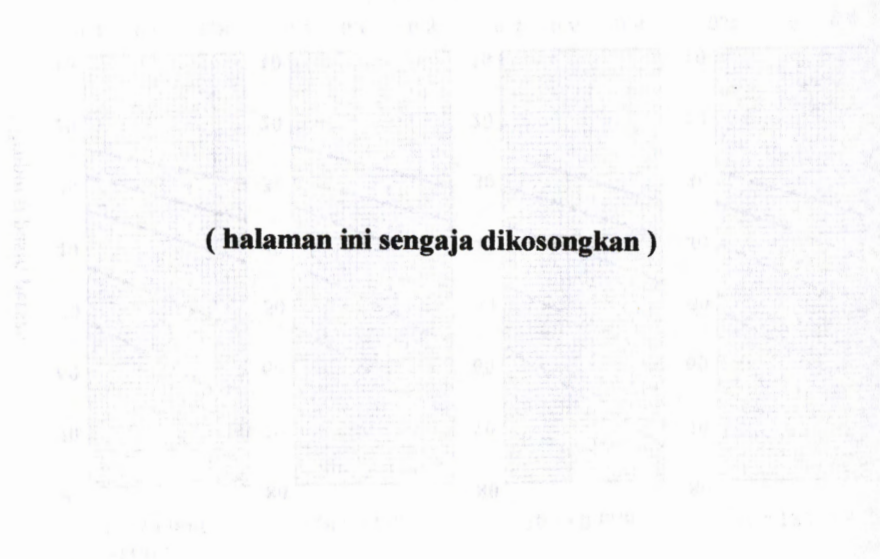
### Lampiran 3 : Gambar 3



Grafik prosentase agregat halus terhadap agregatkeseluruhan untuk ukuran butir maksimum 10 mm

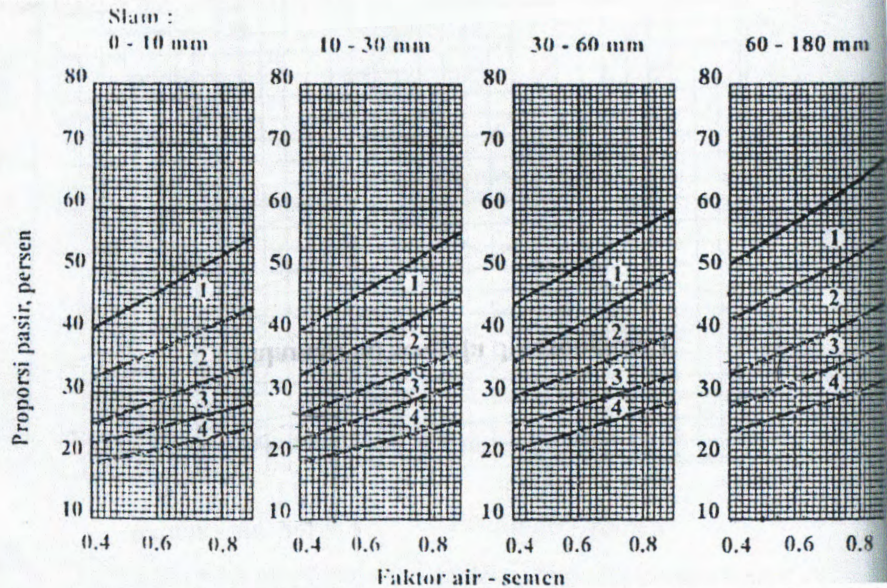
Untuk mengetahui apakah ada pengaruh konsentrasi pada pertumbuhan ikan, maka dilakukan uji t

Tabel 10.10



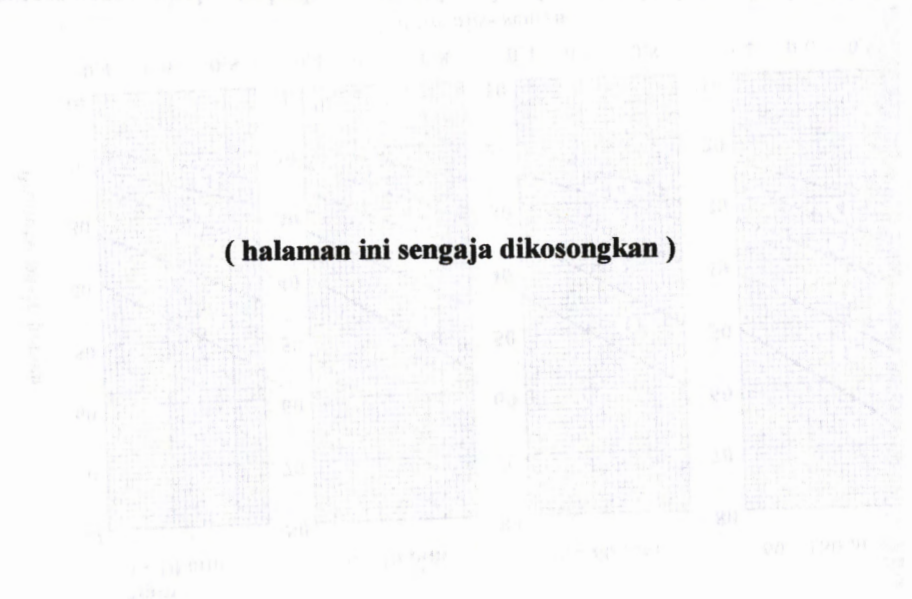
**( halaman ini sengaja dikosongkan )**

## Lampiran 4 : Gambar 4



Grafik persentase agregat halus terhadap agregat keseluruhan untuk ukuran butir maksimum 20 mm

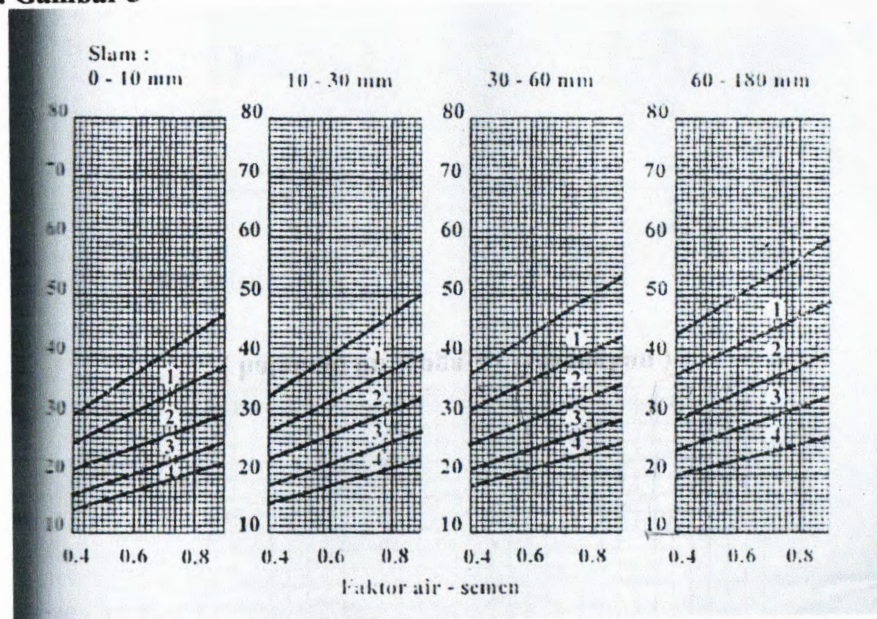
Studi Eksperimental mengenai pengaruh variasi konsentrasi zat warna pada larutan dengan pH berkisar 5,0



**( halaman ini sengaja dikosongkan )**

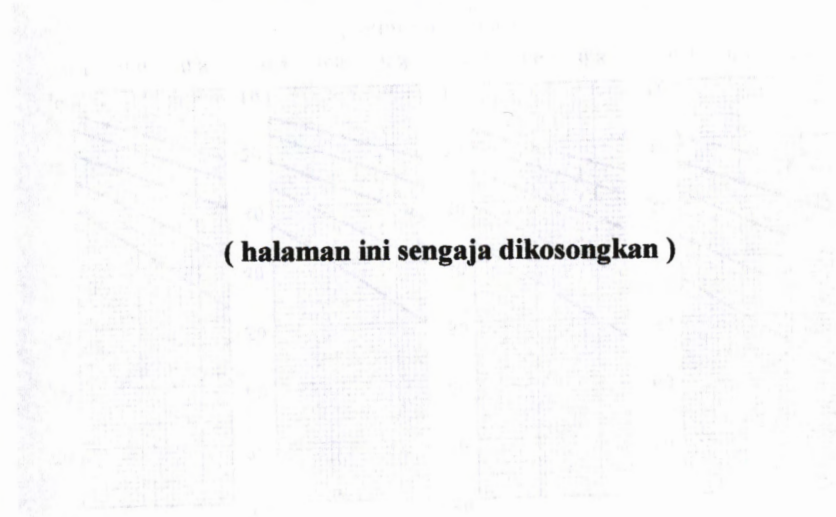


## Lampiran 5 : Gambar 5



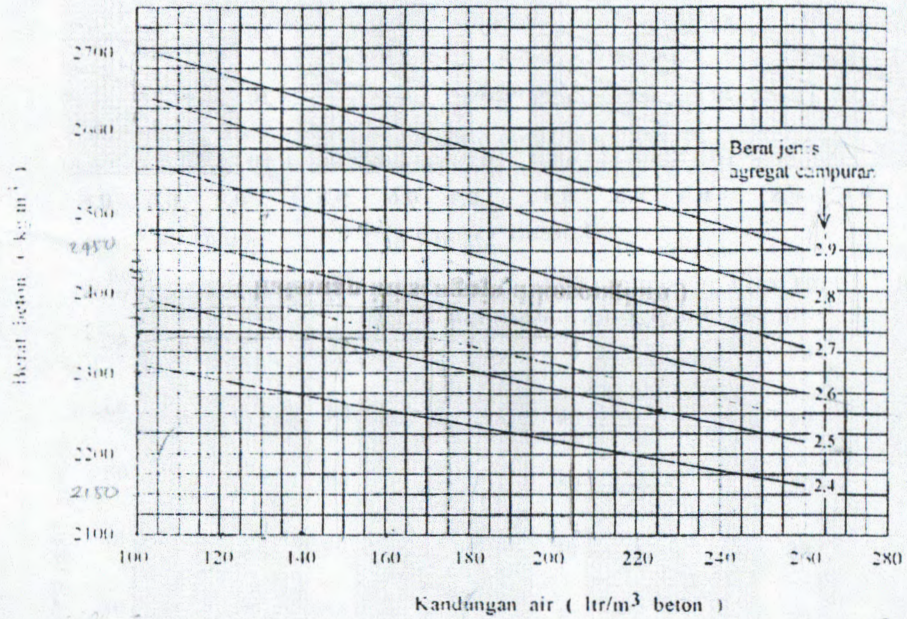
Grafik persentase agregat halus terhadap agregat keseluruhan untuk ukuran butir maksimum 40 mm

Contoh kerangka acuan yang dapat digunakan untuk keperluan ini adalah sebagai berikut.



**( halaman ini sengaja dikosongkan )**

## Lampiran 6 : Gambar 6



Grafik hubungan kandungan berat jenis agregat campuran dan berat beton

Quasi-partitioned: unpartitioned part:  $k_{un}$   $\times$   $k_{part}$   $\times$   $k_{part}$   $\times$   $k_{un}$

$k_{un} = k_{part} = k_{part} = k_{un}$

**( halaman ini sengaja dikosongkan )**

## Lampiran 7 :

### HIDROPOWER ELEVATOR

#### 4.1 Deskripsi dan Cara Kerja

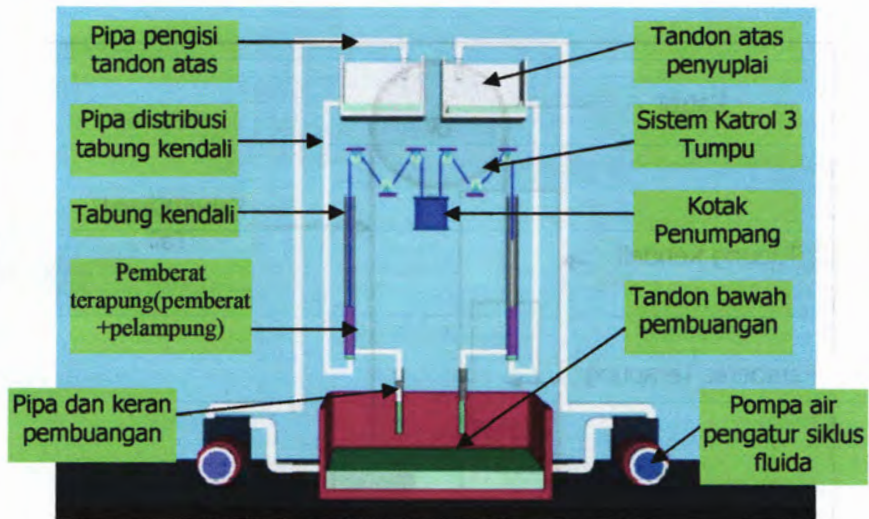
Alat ini dinamakan HidroPower Elevator (Alat Pengangkut Naik-Turun Tenaga Air). Prinsip kerja alat ini berdasarkan hukum mekanika gerak *newtonian* pada sistem katrol dan memanfaatkan sifat fisika air sebagai teknik pembangkit tenaganya. Hipev tersusun dari sebuah kotak *elevator*/kotak penumpang dengan range beban tertentu, kotak ini dihubungkan dengan kabel/tali yang dilewatkan melalui katrol yang menggantung di bagian atasnya. Ujung kawat/tali ini terhubung pada sebuah pemberat-terapung yang berada di dalam pipa/kotak berisi air (selanjutnya disebut pipa kendali). Kotak kendali ini setinggi jarak perpindahan elevator (ketinggian gedung).



Gambar 7.1 Foto Produk

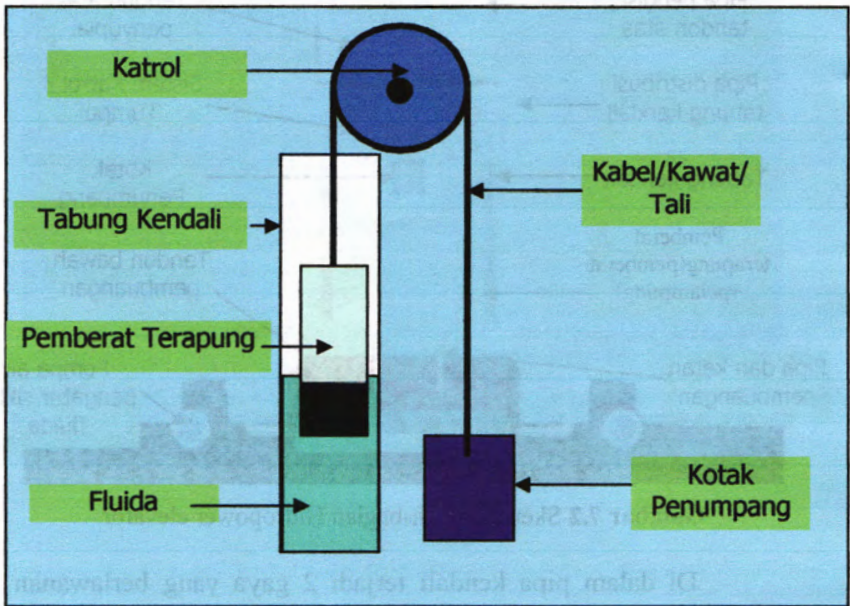
Mekanisme Sistem Penggerak Hidropower Elevator ini akan bekerja dengan mengendalikan siklus fluida secara terus-menerus dalam alat. Komponen Penggerak terdiri atas 3 bagian: Pemberat Terapung, Kotak Kendali, dan pipa saluran distribusi fluida. Komponen Penggerak ini berfungsi mengendalikan gerakan pada kotak penumpang. Di dalam kotak kendali terdapat Pemberat Terapung (Bermassa besar sekaligus memiliki gaya apung besar). Di dalam kotak kendali, Pemberat Terapung mengalami 2 (dua) gaya berlawanan, yakni Gaya Berat (Gravitasi) dan Gaya Apung (buoyancy). Gaya berat dan gaya apung ini akan dikombinasikan dan diatur sedemikian rupa hingga didapatkan gaya resultan yang digunakan untuk menaikkan dan menurunkan kotak penumpang/lift. Secara sederhana, untuk menaikkan dan menurunkan kotak penumpang, cukup dengan mengisi dan menguras fluida dalam kotak kendali. Bagian yang paling utama dari *elevator* ini terletak pada pemberat terapung. Desain pemberat terapung dibuat terdiri dari dua bagian, bagian atas-bagian bawah. Bagian bawah didesain dengan material bermassa jenis cukup besar (logam, beton). Sedangkan bagian atas disediakan ruang kosong tertutup berisi udara. Desain ini dimaksudkan untuk menjaga pemberat-apung tetap berada stabil di permukaan air. Dengan pemahaman bahwa massa yang besar akan mengakibatkan gaya berat ke arah bawah, sedangkan ruang kosong berisi udara akan mengapungkan (membuat gaya apung) yang mengarah ke atas. Jika kedua gaya berlawanan arah ini seimbang, maka pemberat-apung akan tetap stabil berada di permukaan air. Dengan demikian sistem dapat mengendalikan pergerakan kotak penumpang dengan hanya mengatur ketinggian air saja.





**Gambar 7.2** Skema bagian-bagian Hidropower elevator

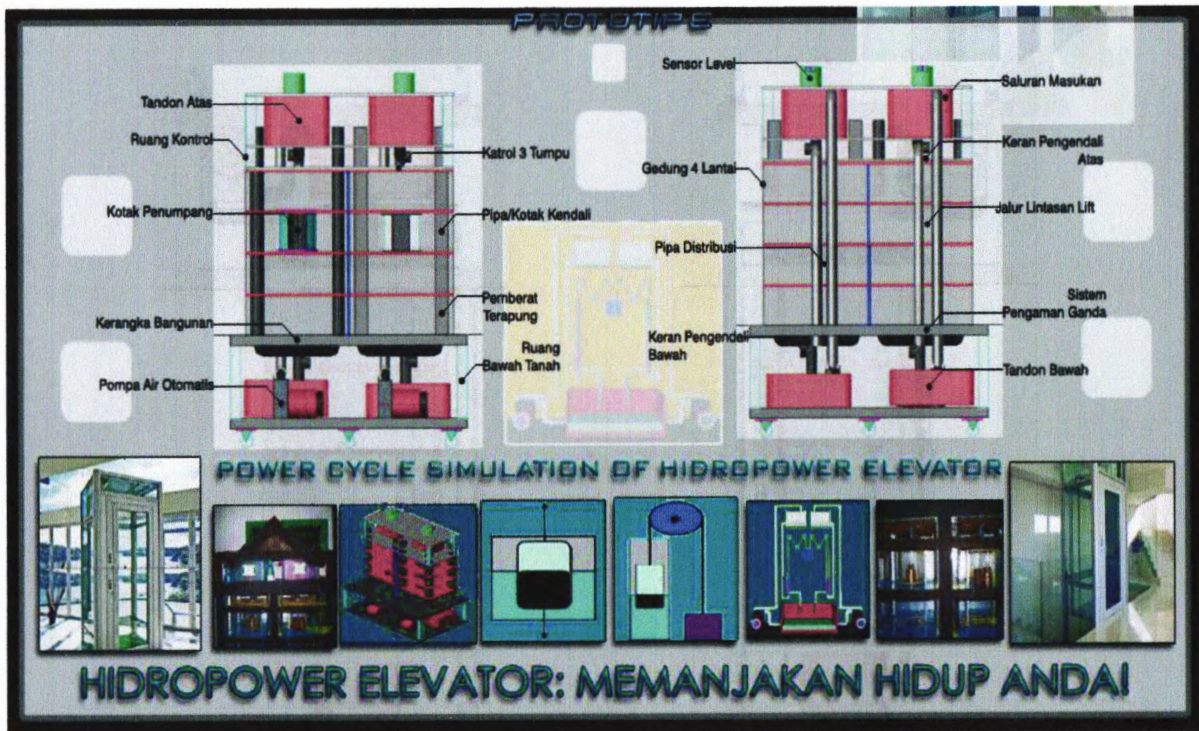
Di dalam pipa kendali terjadi 2 gaya yang berlawanan arah, gaya gravitasi yang diakibatkan massa benda yang mengarah ke bawah dan gaya apung/*buoyancy* oleh cairan dalam pipa kendali yang mengarah ke atas. Secara sederhana untuk menaikkan dan menurunkan pemberat ini, cukup dengan mengisi dan menguras air yang ada dalam pipa kendali. Hal ini disebabkan terjadinya interaksi antara gaya gravitasi dan gaya apung yang bekerja pada pemberat apung dalam tandon tersebut.



**Gambar 7.3** Konsep Hidropower Elevator

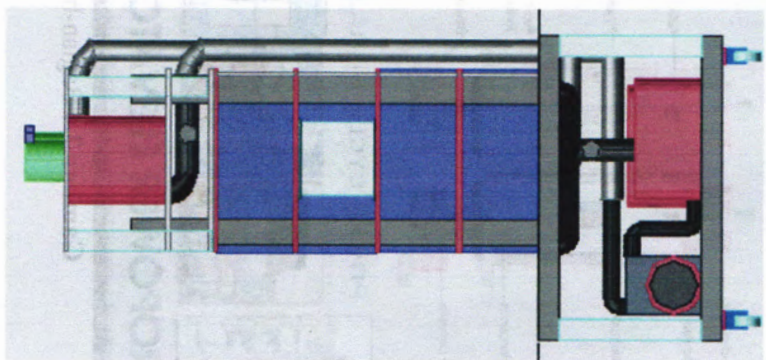
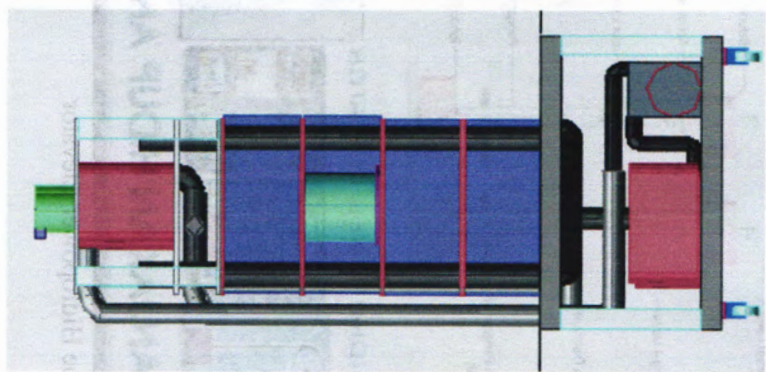


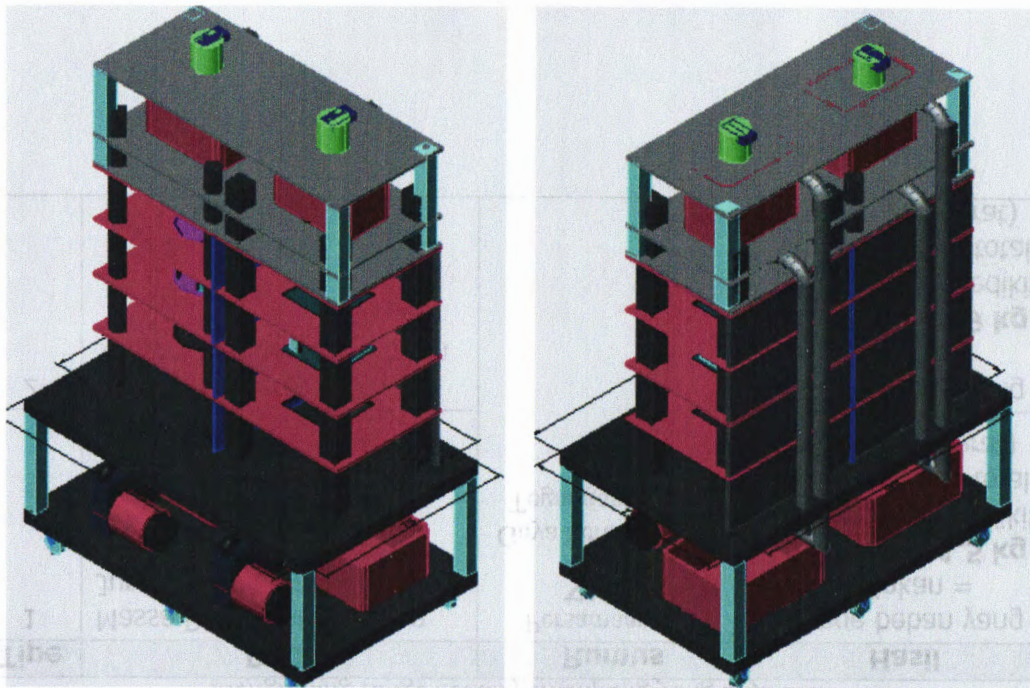




**Gambar 7.4** Bagian-bagian prototype Hidropower Elevator







**Gambar 7.5** Tampak Perspektif Keseluruhan Prototype

### Perhitungan

Perhitungan dilakukan antara lain untuk mengetahui range beban penumpang yang diijinkan, kecepatan pergerakan naik turun lift, serta batas kerja lift.

*Menghitung range beban penumpang yang diijinkan*

Tipe	Data	Rumus	Hasil
1	Massa Pemberat = 0.4 kg Jumlah Pemberat = 4 buah	Persamaan 2.1 $\sum F = 0$ Gaya berat $w = m_1g$ Tegangan tali $F_2 = m_2g$	Range beban yang diijinkan = <b>Antara 0 - 1.5 kg</b> (Beban max= sedikit lebih kecil dari total massa pemberat)
2	Massa Pemberat = 0.5 kg Jumlah Pemberat = 4 buah		Range beban yang diijinkan = <b>Antara 0 - 1.9 kg</b> (Beban max= sedikit lebih kecil dari total massa pemberat)

*Menghitung kecepatan perpindahan naik turun lift antar lantai*

<b>Tipe</b>	<b>Data</b>	<b>Rumus</b>	<b>Hasil</b>
1	Tinggi lantai = 20 cm Diameter tabung kendali = 6 cm Diameter pipa distribusi = 2.5 cm Kekuatan pompa = 2 liter/detik	Persamaan 2.6 $Q = v.A$	Kecepatan perpindahan antar lantai <b>13 detik</b>
2	Tinggi lantai = 20 cm Sisi-sisi kotak kendali = 5.5 cm Diameter pipa distribusi = 2.5 cm Kekuatan pompa = 2 liter/detik		Kecepatan perpindahan antar lantai <b>10 detik</b>

*Menghitung Perbandingan Dimensi Pemberat dengan Tabung/Kotak Kendali*

<b>Tipe</b>	<b>Data</b>	<b>Rumus</b>	<b>Hasil</b>
1	Pemberat beton $\rho = 2333 \text{ kg/m}^3$ Massa = 0.4 kg Ukuran = 4.5 x 4.5 x 12 cm	Persamaan: Volum Tabung, Volum Balok. Massa = $\rho \cdot V$	Proporsi <b>Gaya Berat dan Gaya Apung</b> dengan <b>Luas penampang</b>

2	Pemberat beton $\rho = 2333 \text{ kg/m}^3$ Massa = 0.5 kg Ukuran = 5 x 5 x 10 cm		minimum tabung/kotak kendali= Sedapat mungkin ukuran sisi horisontal <b>lebih besar atau sama</b> dengan sisi vertikal
---	---	--	---

#### 4.4.2.4 Menghitung batas kerja lift

Type	Data	Rumus	Hasil
1	Volume tabung kendali = 11304 cm kubik Volume tandon atas = 14080 cm kubik	Persamaan Volume tabung, Volume Balok.	Batas Kerja Minimal = Volume Total Siklus Fluida dapat <b>mengisi penuh</b> tabung kendali

2	Volume Kotak kendali = 2250 cm kubik Volume tandon atas = 14080 cm kubik	Batas Kerja Minimal = Volume Total Siklus Fluida dapat <b>mengisi penuh</b> kotak kendali
---	---	---

#### 4.4.3 Hasil dan Pembahasan

Dengan eksperimen, dapat diamati secara langsung proses yang akan dianalisis. Pengujian kinerja alat dilakukan setelah alat selesai dibuat. Data hasil pengujian selanjutnya dibutuhkan sebagai bahan untuk melakukan perhitungan serta sebagai informasi untuk melakukan analisis penilaian karakteristik alat ini. Untuk melakukan analisa dan penilaian kinerja alat, dibutuhkan beberapa informasi: data spesifikasi alat, data hasil pengujian, dan standar penilaian kinerja, sebagaimana yang telah dirumuskan sebelumnya. Berikut adalah hasil kajian analitis terhadap alat beserta sistem terpadu yang telah dibuat:

#### Hasil dan Pembahasan

No	Item	Informasi	Analisis
1	Skala protipe	1:15	Skala ini cukup sesuai dan paling memungkinkan untuk dibuat menimbang ukuran dan biaya
2	Proporsi	Perbandingan dimensi	Tingkat kesesuaian antar

	<b>ukuran antar bagian</b>	antara komponen satu dengan lainnya sesuai ukuran nyata	bagian tinggi
<b>3</b>	<b>Aksesibilitas</b>	Tersedia sistem otomasi	Sistem otomasi telah memberikan kemudahan akses pada pemakaian alat
<b>4</b>	<b>Ergonomi</b>	Desain dan kinerja	Desain rancangan cukup ideal dan kinerja teruji
<b>5</b>	<b>Keamanan</b>	Sistem lift menggunakan 4 poros penggerak. Masing-masing terdiri 3 katrol. Kotak penumpang telah dilengkapi dengan pengaman ganda yakni pegas dan gear peredam	Tingkat Kemanan didukung oleh: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tingkat kestabilan terhadap guncangan vertical-horizontal;</li> <li>2. Distribusi beban yang menyebar merata pada tumpuan 3 katrol</li> <li>3 Keempat kabel pada poros penggerak juga merupakan kabel cadangan.</li> <li>4. Gear peredam berfungsi meredam guncangan</li> </ol>



			<p>vertical dan mengantisipasi jatuhnya lift</p> <p>5. Pegas juga berfungsi meredam gejala pembebanan dan mengantisipasi keelakaan</p>
<b>6</b>	<b>Biaya</b>	<p>Berdasarkan perhitungan bahan dan pengerjaan untuk membuat hydropower elevator skala nyata untuk ukuran kecil 1 penumpang diperlukan budget sebesar ± 5 juta</p>	<p>Biaya sebesar ini cukup murah untuk membuat sebuah fasilitas unik, yang fungsional dan berguna dalam hunian kita</p>
<b>7</b>	<b>Kemudahan Instalasi dan Operasional</b>	<p>Bahan yang diperlukan cukup mudah didapat, perancangan secara teknis dapat dikerjakan oleh tukang yang telah diberikan pelatihan khusus. Jika pemilik/pengguna telah</p>	<p>Artinya alat ini secara mudah dapat diterapkan pada masyarakat awam(umum). Dengan sedikit memahami cara kerja dan prosedur perancangan seorang awam pun tidak akan mengalami</p>

		memahami cara kerja alat, akan sangat bermanfaat dalam mengoperasikan alat ini	banyak kesulitan dalam perancangan dan instalasi. Alat ini juga cukup mudah dalam pengoperasiannya
<b>8</b>	<b>Efisiensi</b>	Penggunaan energi: listrik 100 watt untuk menghidupkan pompa air selama 5 menit untuk perjalanan satu kali naik-turun	Penggunaan daya sekian ini masih sangat ekonomis
<b>9</b>	<b>Kinerja dan keandalan</b>	Tingkat kecepatan dapat diatur dengan modifikasi penampang saluran airnya. Untuk prototype ini time delay perpindahan antar lantai sebesar 10 detik	Kecepatan dapat diatur menurut tingkat mobilitas penghuni.
<b>10</b>	<b>Range Beban</b>	Range berat penumpang dapat diatur dengan memodifikasi massa	Range beban dapat disesuaikan dengan melihat berat badan pemakai atau

		pemberat-apung, serta penampang balok kendali	untu apa alat akan digunakan.
<b>11</b>	<b>Kekuatan struktur</b>	Untuk kekuatan struktur, alat ini sendiri telah dirancang secara ideal untuk dapat mendistribusikan beban-bebannya melalui teknik tumpuan beberapa katrol	Kekuatan strktur tergantung dari konstruksi bangunan itu sendiri. Akan tetapi pada saat pembuatan dapat dilakukan modifikasi terhadap bangunan awal.
<b>12</b>	<b>Sistem Perpipaan</b>	Saluran-saluran pipa, penempatan keran, tandon atas dan bawah serta pmpa air telah dilakukan setepat dan seefektif mungkin.	
<b>13</b>	<b>Sistem otomasi elektrik</b>	Alat ini menerapkan sistem otomatis manual, mekanisme sistem ini berjalan dengan otomatis, melainkan masih terdapat sedikit aktivitas manual	Walaupun demikian, sistem ini sudah cukup nyaman untuk mendukung aksesibilitas dan kemudahan operasional.

14	<b>Maintenance</b>	Berdasarkan eksperimen simulasi berbagai kondisi yang mungkin terjadi, kinerja alat akan mengalami kondisi non aktif pada saat jumlah total cairan yang ada dalam sistem mencapai batas minimum level. Penyebabnya antara lain adalah faktor penguapan zat cair.	Dalam keadaan nyata, hal ini suatu saat pasti akan terjadi dalam sekian periode waktu, di mana siklus aliran fluida dalam sistem akan berkurang hingga batas minimum kerja. Sehingga dalam periode waktu tertentu(normal 2 bulan sekali), harus dilakukan maintenance alat oleh pemilik dengan mengkondisikan level air hingga di atas batas kerja.
----	--------------------	--	---

## Perancangan Nyata

Selain dalam bentuk produk prototipe, hasil akhir dari program juga memformulasikan rumusan teknis perancangan "**Implementasi Hidropower Elevator pada Bangunan Nyata**". Hasil akhir ini merupakan langkah lebih lanjut dari program untuk menyusun panduan teknis mengenai prosedur perancangan Hidropower Elevator pada ukuran sebenarnya. Rumusan didasarkan dari hasil simulasi yang ditunjukkan dari produk prototipe yang dibuat. Rumusan teknis (*blueprint*) ini diformulasikan secara ideal berdasarkan hasil analisis, perhitungan, dan penilaian terhadap rancangan dan kinerja prototipe. Keseluruhan prosedur, mulai dari peninjauan ke objek hunian hingga maintenance pasca pembuatan disajikan secara lengkap melalui uraian di bawah ini.

**Tabel** Contoh Detail Rancangan untuk ukuran nyata

<u>DATA PENGHUNI</u>	<u>3.1.1.1 Ukuran- Ukuran:</u>	<u>UKURAN- UKURAN:</u>
1. Dewasa 1 : 60 kg	Pemberat	Jumlah Lantai
2. Dewasa 2 : 70	Bahan: Beton	2 lantai
3. Dewasa 3 : 80	2333 kg/m <sup>3</sup>	Jarak Antar Lantai
4. Remaja 1 : 40	Berat: + 300 kg	3 meter
5. Remaja 2 : 50	Volume: + 0.13 m <sup>3</sup>	Waktu
6. Anak-anak 1 : 20	+ 130000 cm <sup>3</sup>	Perpindahan:
7. Anak-anak 2 : 30	Ukuran: 50 x 50 x 60 cm <sup>3</sup>	30 detik
[Min = 20 kg ; Max ~ 90 kg]	Kotak Kendali	Pompa Air:
Berat Kotak Penumpang	Bersih 60 x 60 x 150 cm	2 buah
± 50 kg	Kotor 60 x 60 x 250 cm	@ Hidup 1 menit
	Volume fluida:	@ 1 kali naik turun
		@ 5 liter/detik

	<p>Total Berat Maksimum + 200 kg</p> <p>Kotak Penumpang 80 x 80 x 200 cm 60 x 60 x 175 cm 630 liter</p> <p>Debit Fluida: 21 liter/detik</p>	<p>Sistem Katrol: 3 tumpuan 2 langkah</p> <p>Perpindahan lebih cepat</p> <p>Pergerakan lebih stabil</p> <p>Konstruksi lebih aman</p> <p>1 langkah pada pemberat = 2 langkah pada kotak penumpang</p>
---	---	--

### Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil antara lain:

1. Pada masa mendatang persentase atau jumlah bangunan bertingkat akan semakin bertambah, baik di tingkat perkotaan maupun pedesaan oleh sebab semakin meningkatnya jumlah populasi penduduk dan tingkat kebutuhan akan ruang hunian berlantai banyak. Hal ini memungkinkan akan sangat diperlukannya suatu alat penunjang berupa lift untuk menunjang mobilitas penghuni.
2. Hidropower Elevator memiliki keuntungan dalam hal:
  - aplikatif : kemudahan dalam pembuatan bagi masyarakat awam(umum);
  - ekonomis : biaya yang relatif kecil dalam pembuatan, hemat energi, serta murah dalam perawatannya
  - ergonomi : aksesibilitas, kemudahan pengoperasian, kenyamanan kotak penumpang, pertimbangan keamanan seperti pada lift modern.
3. Beberapa ketentuan yang dirumuskan berdasarkan penilaian rancangan dan kinerja prototipe, antara lain:
  - Tipe penampang elevator yang paling ideal adalah tipe 1 dengan bentuk penampang persegi;
  - jenis bahan pemberat ideal : beton  $\rho = 2333 \text{ kg/m}^3$  ;

- jenis bahan pelampung : udara bebas;
- jenis bahan fluida : air  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$  ;
- perbandingan volume pemberat dan pelampung :  $\pm 1 : 2$ ;
- perbandingan massa beban penumpang dan massa pemberat :  $\pm 1 : 1.5$ ;
- Proporsi Gaya Berat dan Gaya Apung dengan Luas penampang minimum tabung/kotak kendali = Sedapat mungkin ukuran sisi horisontal lebih besar atau sama dengan sisi vertikal;
- konstruksi sistem katrol : paling ideal 3 tumpuan;
- batas volume kerja fluida: minimum harus dapat mengisi penuh tabung kendali di semua poros;
- debit fluida : debit fluida dari pompa harus lebih besar dari debit keluar atau masuk dari dan menuju tabung kendali;
- sistem perpipaan: 2 tandon, pompa air sebagai pengatur siklus aliran;
- Sistem otomasi ideal: gabungan otomatis manual, melalui pengaturan saklar-saklar seri dan paralel.

### Saran

Saran yang direkomendasikan untuk upaya penyempurnaan alat ini antara lain:

1. Apabila hendak menerapkan alat ini pada suatu bangunan nyata, seyogyanya dirumuskan dengan sangat matang mengenai konstruksi struktur bangunan yang lebih mantap agar lebih terjamin dari resiko.
2. Penyempurnaan hendaknya diupayakan pada bagaimana alat ini dapat memiliki unjuk kerja sebagaimana kinerja pada lift modern. Secara khusus, kinerja yang perlu ditingkatkan adalah tentang kecepatan gerak lift dan range beban maksimum yang mampu ditopang.





# Sikament® LN

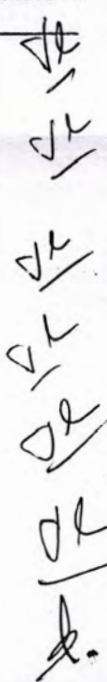

## High Range Water Reducing

<b>Description</b>	A highly effective water reducing agent and superplasticizer for promoting accelerated hardening with high workability. Complies with A.S.T.M. C 494-92 Type F
<b>Use</b>	Sikament LN is a high range water reducing concrete admixture specially formulated for the precast concrete element industry; to meet the demand of early removal of formwork due to the early strength gain. Enables concrete placing equipment to be used to its full capacity. Effective throughout dosage range.
<b>Advantages</b>	Sikament LN provides the following properties : <ul style="list-style-type: none"><li>■ Up to 20% reduction of water will produce 40% increase in 28 days compressive strength</li><li>■ Increased watertightness.</li></ul>
<b>Dosage</b>	Sikament® LN can be used at the dose rate 0.30% - 2.0% by total weight of cementitious material depending on requirements concerning workability and strength.  It is recommended that trial mixes be conducted to determine the exact dosage rate required.  <b>Note :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>■ Typical dosage rate for use with silica sand is 0.30 % - 1.20% by weight of cementitious material.</li><li>■ Typical dosage rate for use with combination of manufactured sand / volcanic sand is 0.4 % - 2.0% by weight of cementitious material.</li></ul> For more specific requirements, advice is available from our Technical Service Department to determine the usage rate for optimum results.
<b>Dispensing</b>	Sikament LN can be added to the gauging water prior to its addition to the dry aggregates or separately to the freshly mixed concrete (on the batching plant or on site into the truck mixer) where added to truck mixer on site, further mixing for three to five minutes should be carried out.
<b>Combinations</b>	Sikament LN may be combined with the following products: <ul style="list-style-type: none"><li>■ Plastocrete series</li><li>■ Plastiment series</li><li>■ SikaFume</li><li>■ Sika AER</li><li>■ Sika Pump</li></ul> Pre-trials are recommended if combinations with the above products are required. Please consult our Technical Service Department.

Construction



NAMA PEMBIMBING	: i. Prof. Dr. Ir. Triuwulan. DEA ii. Dr. Techn Pujo Aji. ST, MT
NAMA MAHASISWA	: Aulia Fajar Naval.
NRP	: 3106.100.022
JUDUL TUGAS AKHIR	: BETON KEDAP AIR SEBAGAI PEMBERAT TERAPUNG UNTUK HIDROPOWER ELEVATOR
TANGGAL PROPOSAL	: 5 Februari 2010
NO. SP-MMTA	: 281 / 12.3.2 / PP / 2010

NO	TANGGAL	KEGIATAN		PARA ASISTE
		REALISASI	RENCANA MINGGU DEPAN	
1.	9/2 '10	Pengadaan Material.		
2.	12/03 '10	pemilihan Bahan aditif Beton kedap air.		
3.	21/03 '10	pembahasan metode pelaksanaan pembuatan beton kedap air.		
4.	30/03 '10	pembahasan Dasar SNI tentang beton kedap air.		
5.	1/04 '10	pembahasan Metode pengujian beton kedap air.		
6.	5/4 '2010	Praktikum tentang pengujian beton kedap air.		
7.	5/4 '2010	pembahasan Metode + pengujian mix - design beton kedap air.		
8.	6/5 '2010	Evaluasi hasil data di Lab.		
9.	20/5 '2010	Penelitianan pemberat terapung.		
10.	26/5 '2010	Evaluasi: membenarkan data kuat tekan.		
11.	26/5 '2010	<ul style="list-style-type: none"> <li>• tet. Variabel - variabel yang dipakai harus ditulis.</li> <li>• gambar 3D pemberat terapung harus diperbaiki</li> <li>• perumusan tipe rong pipa kecil terhadap kecepatan air.</li> <li>• Cari Spek kecepatan Elevator.</li> </ul>		

## BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Lamongan, 20 Maret 1988, merupakan anak kedelapan dari 9 bersaudara. Penulis telah menyelesaikan pendidikan formal yaitu di TK Alwardah III Babat, MI Attahdzibiyah Babat, SMPN 1 Babat dan SMA Muhammadiyah 1 Babat. Setelah lulus dari SMA Muhammadiyah 1 Babat, penulis diterima di Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS pada tahun 2006 melalui jalur SPMB dan terdaftar dengan NRP. 3106.100.022.

Di jurusan Teknik Sipil ini Penulis mengambil Bidang Studi Struktur. Penulis sempat aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Teknik Sipil sebagai staf Kesma dan kegiatan pelatihan dan seminar lainnya. Penulis juga sempat aktif sebagai Panitia Pengkaderan Mahasiswa baru dan beberapa kepanitiaan kegiatan Mahasiswa lainnya. Selain itu, Penulis pernah meraih juara 1 tingkat nasional Pekan Ilmiah Mahasiswa Nasional Bidang Teknologi di Lampung pada tahun 2007. Pada tahun 2009 penulis juga pernah melakukan kerja praktek di SATKER JABOTABEK. Untuk lebih mengenal lagi penulis dan apabila ingin mengetahui lebih dalam lagi tentang tugas akhir penulis. Sang penulis menerima sharing melalui email [olly\\_afn8@yahoo.com](mailto:olly_afn8@yahoo.com)