



UNIVERSITAS DIPONEGORO

PERENCANAAN LALU LINTAS AIR PADA BENDUNG KLAMBU
The Design of Inland Waterway at Klambu Barrage

TAUFAN MARHENDRA
L2A006131

TRI AJI NUR ROCHMAN
L2A006135

Semarang, Juni 2011

tentang persetujuan:

Disetujui,

Pembimbing Utama

Pembimbing Pendamping

PROF. IR. JOETATA HADIHARDAJA
NIP. 194007061964101001

IR. SRI SANGKAWATI, MS.
NIP. 195409301980032001

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Sipil
Fakultas Teknik Universitas Diponegoro,

IR. SRI SANGKAWATI, MS.
NIP. 195409301980032001

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

PERENCANAAN LALU LINTAS AIR PADA BENDUNG KLAMBU *The Design of Inland Waterway at Klambu Barrage*

**Tugas Akhir ini adalah hasil karya kami sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk
telah kami nyatakan dengan benar.**

NAMA : TAUFAN MARHENDRA
NIM : L2A006131

Tanda Tangan :

Tanggal : Juni 2011

NAMA : TRI AJI NUR ROCHMAN
NIM : L2A006135

Tanda Tangan :

Tanggal : Juni 2011

HALAMAN PENGESAHAN
UJIAN TUGAS AKHIR

Tugas Akhir ini diajukan oleh :

Mahasiswa 1 : Taufan Marhendra NIM : L2A006131
Mahasiswa 2 : Tri Aji Nur Rochman NIM : L2A006135
Jurusan : Teknik Sipil
Judul Tugas Akhir : PERENCANAAN LALU LINTAS AIR PADA BENDUNG
KLAMBU

The Design of Inland Waterway at Klambu Barrage

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

Penguji I : PROF. IR. JOETATA HADIHARDAJA (.....)
Penguji II : IR. SRI SANGKAWATI, MS (.....)
Penguji III : IR. SUGIYANTO, M.ENG (.....)

Semarang, Juni 2011

Jurusan Teknik Sipil

Ketua,

IR. SRI SANGKAWATI, MS
NIP. 195409301980032001

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK**

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, kami yang bertanda tangan di bawah ini :

Mahasiswa 1 : Taufan Marhendra NIM : L2A006131
Mahasiswa 2 : Tri Aji Nur Rochman NIM : L2A006135
Jurusan : Teknik Sipil
Fakultas : Fakultas Teknik
Jenis Karya : Tugas Akhir

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None – exclusive Royalty Free Right*) atas tugas akhir kami yang berjudul :

PERENCANAAN LALU LINTAS AIR PADA BENDUNG KLAMBU

The Design of Inland Waterway at Klambu Barrage

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan memublikasikan tugas akhir kami selama tetap mencantumkan Nama kami sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini kami buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang
Pada Tanggal : Juni 2011

Yang menyatakan,

Taufan Marhendra
L2A006131

Tri Aji Nur Rochman
L2A006135

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT, karena dengan rahmat dan karunia-Nya, kami telah dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul *Perencanaan Lalu Lintas Air Pada Bendung Klambu* dengan baik dan lancar.

Tugas akhir merupakan mata kuliah wajib yang harus ditempuh dalam rangka menyelesaikan pendidikan kesarjanaan Strata I di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Sipil Universitas Diponegoro Semarang. Melalui Tugas Akhir ini kami banyak mempelajari dan sekaligus memperoleh pengalaman secara langsung dalam proses perencanaan suatu *lock construction* mulai dari studi pustaka sampai pada perhitungan dimensi, anggaran biaya serta bagaimana operasi dan pemeliharannya agar tercapai umur teknisnya. Dari pengalaman itu, diharapkan nantinya dapat bermanfaat pada masa yang akan datang.

Dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini, penulis banyak dibantu oleh berbagai pihak. Dengan penuh rasa hormat, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Ir. Sri Sangkawati, MS., selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro dan dosen pembimbing pendamping.
2. Ir. Arif Hidayat, CES., MT., selaku Koordinator Bidang Akademik Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
3. Prof. Ir. Joetata Hadihardaja, selaku dosen pembimbing utama.
4. Ir. Purwanto, MT. MEng., selaku dosen wali 2168.
5. Seluruh staf pengajaran Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
6. Balai Besar Wilayah Sungai Pemali Juana.
7. Balai Pengelolaan Sumber Daya Air Seluna.
8. Kepada bapak, ibu, dan keluarga tercinta yang telah memberikan banyak dorongan, doa, dan dana sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
9. Teman-teman angkatan 2006, atas kebersamaan dan bantuannya selama perkuliahan serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Kami menyadari bahwa dalam penulisan laporan ini masih banyak kekurangan dan jauh dari sempurna. Oleh karena itu saran dan kritik yang bersifat membangun sangat kami harapkan. Demikian laporan ini kami buat, semoga dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Semarang, Juni 2011

Penyusun

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
Halaman Pernyataan Orisinalitas	iii
Halaman Pengesahan Ujian Tugas Akhir	iv
Halaman Pernyataan Persetujuan Publikasi	v
Abstrak	vi
Kata Pengantar	x
Daftar Isi	xii
Daftar Tabel	xviii
Daftar Gambar	xx
Daftar Notasi	xxv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Maksud dan Tujuan	2
1.3. Sistematika Penulisan	2
BAB II STUDI PUSTAKA	4
2.1 Perencanaan Dimensi Saluran Pintu Air	4
2.1.1 Tipe – tipe Saluran Pintu Air.....	4
2.1.2 Kelonggaran Kapal.....	5
2.1.3 Dimensi Gerbang.....	7
2.1.4 Dimensi Kamar.....	.9
2.1.5 Elevasi Dasar Saluran dan Tinggi Kamar.....	10
2.2 Macam, Operasi dan Jumlah Pintu Air.....	10
2.2.1 Macam Pintu Air	10
2.2.2 Operasi Pintu.	12
2.2.3 Penentuan Jumlah Pintu.....	16

2.3	Perencanaan Bentuk Bangunan	17
2.4	Konstruksi Pintu Air	19
2.4.1	Schotbalk	19
2.4.2	Pintu Gerbang (Lock Gates)	22
2.4.3	Engsel Pintu Gerbang	25
2.4.4	Dinding (Lock Walls).....	30
2.4.5	Pelat dan Balok Lantai.....	40
2.5	Konstruksi Pondasi	43
2.5.1	Daya Dukung Tiang Terhadap Kekuatan Tanah	44
2.5.2	Daya Dukung Tiang Terhadap Kekuatan Bahan	45
2.5.3	Perhitungan Tulangan Tiang Pancang.....	45
2.6	Pengisian dan Pengosongan Kamar.....	48
2.6.1	Waktu Pengisian dan Pengosongan.....	50
2.6.2	Perhitungan Pelat Pipa Saluran Pengisian dan Pengosongan.....	50
2.7	Dewatering.....	51
2.8	Tempat Parkir, Gudang dan Kantor Operasi	52
2.9	Bolder	52
2.10	Operasi dan Pemeliharaan	55
2.10.1	Operasi.....	55
2.10.2	Pemeliharaan.....	57
BAB III METODOLOGI.....		60
3.1	Metode Pengumpulan Data	60
3.2	Diagram Alir Perencanaan.....	61
3.3	Perencanaan Bentuk Bangunan	63
3.4	Perencanaan Dimensi Saluran Pintu Air	63
3.5	Konstruksi Pintu Air	64
3.6	Operasi dan pemeliharaan	65

BAB IV PERENCANAAN SALURAN PINTU AIR	66
4.1 Pemilihan Jalur Lalu Lintas Air.....	66
4.2 Analisis Elevasi	69
4.3 Data-data Perhitungan	70
4.3.1 Data Teknis Material Beton.....	70
4.3.2 Data Elevasi Muka Air.....	71
4.4 Perhitungan Elevasi Dasar Saluran.....	71
4.5 Perhitungan Dimensi Gerbang dan Kamar	72
4.6 Perhitungan Schotbalk.....	73
4.6.1 Schotbalk 1.....	74
4.6.2 Schotbalk 2&4.....	77
4.6.3 Schotbalk 3.....	79
4.7 Perhitungan Pintu Gerbang.....	82
4.7.1 Perhitungan Pintu Gerbang A.....	82
4.7.2 Perhitungan Pintu Gerbang B.....	93
4.8 Perhitungan Dinding Gerbang dan Kamar	106
4.8.1 Perhitungan Konstruksi Dinding Gerbang A.....	106
4.8.1.1 Perhitungan Pembebanan.....	106
4.8.1.2 Perhitungan Bagian Tapak Dinding.....	111
4.8.1.3 Perhitungan Konstruksi Dinding Tegak.....	116
4.8.1.4 Perhitungan Bagian Perkuatan Dinding.....	126
4.8.2 Perhitungan Konstruksi Dinding Gerbang B.....	129
4.8.2.1 Perhitungan Pembebanan.....	130
4.8.2.2 Perhitungan Bagian Tapak Dinding.....	135
4.8.2.3 Perhitungan Konstruksi Dinding Tegak.....	140
4.8.2.4 Perhitungan Bagian Perkuatan Dinding.....	150
4.8.3 Perhitungan Konstruksi Dinding Beda Elevasi Saluran.....	153
4.8.3.1 Perhitungan Pembebanan.....	153
4.8.3.2 Perhitungan Bagian Tapak Dinding.....	158
4.8.3.3 Perhitungan Konstruksi Dinding Tegak.....	163

4.8.3.4	Perhitungan Bagian Perkuatan Dinding.....	167
4.9	Perhitungan Pelat dan Balok Lantai	170
4.9.1	Perhitungan Pelat dan Balok Lantai Gerbang A.....	170
4.9.1.1	Perhitungan Pelat Lantai.....	170
4.9.1.2	Perhitungan Balok Lantai	177
4.9.2	Perhitungan Pelat dan Balok Lantai Gerbang B.....	190
4.9.2.1	Perhitungan Pelat Lantai.....	190
4.9.2.2	Perhitungan Balok Lantai	296
4.9.3	Perhitungan Pelat dan Balok Lantai Kamar.	210
4.9.3.1	Perhitungan Pelat Lantai.....	210
4.9.3.2	Perhitungan Balok Lantai	216
4.10	Perhitungan Pondasi Tiang Pancang	230
4.10.1	Perhitungan Pondasi Gerbang A.....	230
4.10.1.1	Perhitungan Tiang Pancang Dinding Penahan Tanah.	230
4.10.1.2	Perhitungan Tiang Pancang Pada Lantai.	232
4.10.2	Perhitungan Pondasi Gerbang B.....	234
4.10.2.1	Perhitungan Tiang Pancang Dinding Penahan Tanah.	234
4.10.2.2	Perhitungan Tiang Pancang Pada Lantai.	236
4.10.3	Perhitungan Pondasi Kamar.	237
4.10.3.1	Perhitungan Tiang Pancang Dinding Penahan Tanah.	237
4.10.3.2	Perhitungan Tiang Pancang Pada Lantai.	240
4.10.4	Penulangan Tiang Pancang.....	241
4.11	Perhitungan Pipa Pengisian/Pengosongan Kamar	245
4.12	Perhitungan Rembesan	248
4.13	Dewatering.....	249
4.14	Perhitungan Bolder	251
 BAB V RENCANA KERJA SYARAT DAN BIAYA.....		255
5.1	Syarat-syarat Umum	255
5.2	Syarat-syarat Administrasi	263

5.3	Syarat-syarat Teknis	276
5.4	Rencana Anggaran Biaya	309
5.4.1	Perhitungan Volume Pekerjaan	309
5.4.2	Perhitungan Waktu dan Tenaga Kerja.....	312
5.4.3	Daftar Rencana Anggaran Biaya	314
5.4.4	Daftar Harga Satuan Upah, Alat dan Bahan.....	318
5.4.5	Analisa Harga Kesatuan Pekerjaan.....	319
5.4.6	Rekapitulasi Analisa Pekerjaan	322
5.4.7	Jenis Pekerjaan yang Akan Dilaksanakan	323
5.4.8	Network Planning	324
5.4.9	Tabel Total Float	325
5.4.10	Barchart	326
5.4.11	Kurva S	327
5.4.12	Kurva Kebutuhan Tenaga Kerja	328
 BAB VI OPERASI DAN PEMELIHARAAN		329
6.1	Umum	329
6.2	Fungsi dan Sistem Operasi Bangunan	331
6.2.1	Pintu Radial	331
6.2.2	Pintu Pengatur Air Minum.	335
6.2.3	Kantong Lumpur.....	336
6.2.4	Pintu Pengatur Irigasi.	336
6.2.5	Pintu Pembilas.	338
6.3	Efektivitas Bendung Klambu.....	328
6.4	Pemeliharaan Bendung Klambu	341
6.4.1	Pemeliharaan Rutin.....	341
6.4.2	Pemeliharaan Berkala.	342
6.5	Biaya Operasi dan Pemeliharaan Sebelum Ada Lalu Lintas Air.....	342
6.5.1	Sumber Dana Operasi dan Pemeliharaan	342
6.5.2	Penganggaran Biaya Operasi dan Pemeliharaan.	343

6.5.3	Komponen Biaya Operasi dan Pemeliharaan.....	344
6.6	Operasi dan Pemeliharaan Setelah Ada Lalu Lintas Air.....	347
6.6.1	Operasi Lalu Lintas Air.....	347
6.6.2	Pemeliharaan Lalu Lintas Air.....	350
6.6.3	Komponen Biaya Operasi dan Pemeliharaan.....	351
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....		354
7.1	Kesimpulan.....	354
7.2	Saran.....	355

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kelonggaran Kapal.....	7
Tabel 2.2	Jarak Antar Bolder.....	52
Tabel 2.3	Tarikan Pada Kapal	53
Tabel 4.1	Keuntungan Dan Kerugian Pemilihan Kedua Alternatif.....	68
Tabel 4.2	Elevasi Bendung Klambu	69
Tabel 4.3	Elevasi Dasar Salutan	71
Tabel 4.4	Standar Ukuran Perencanaan.....	72
Tabel 4.5	Dimensi Gerbang.....	73
Tabel 4.6	Dimensi Kamar.....	73
Tabel 4.7	Dimensi Dinding Gerbang A.....	107
Tabel 4.8	Momen Aktif (Horizontal)	109
Tabel 4.9	Momen Pasif (Vertikal).....	110
Tabel 4.10	Pembebanan Counterfort.....	127
Tabel 4.11	Dimensi Dinding Gerbang B.....	130
Tabel 4.12	Momen Aktif (Horizontal)	133
Tabel 4.13	Momen Pasif (Vertikal).....	133
Tabel 4.14	Pembebanan Counterfort.....	151
Tabel 4.15	Dimensi Dinding Beda Elevasi	154
Tabel 4.16	Momen Aktif (Horizontal)	156
Tabel 4.17	Momen Pasif (Vertikal).....	156
Tabel 4.18	Pembebanan Counterfort.....	168
Tabel 4.19	Nilai q_c dan f_c Untuk Pondasi.....	231
Tabel 4.20	Pengaruh Sumur Pompa	250
Tabel 6.1	Pedoman Besarnya Debit Berdasarkan Bukaan Pintu.....	334
Tabel 6.2	Pedoman Besarnya Debit Pada Alat Ukur Broadcrest Untuk Air Minum.....	335
Tabel 6.3	Pedoman Besarnya Debit Pada Alat Ukur Broadcrest Untuk Air Irigasi ..	337

Tabel 6.4	Debit Rencana Bendung Klambu dan Yang Dilepas	339
Tabel 6.5	Debit Bendung Klambu 1 Tahun Terakhir	339
Tabel 6.6	Debit Saluran Air Baku 1 Tahun Terakhir	339
Tabel 6.7	Debit Klambu Kiri 1 Tahun Terakhir	340
Tabel 6.8	Debit Klambu Kanan 1 Tahun Terakhir	340
Tabel 6.9	Biaya Operasi dan Pemeliharaan Bendung Klambu	345
Tabel 6.10	Biaya Operasi dan Pemeliharaan Kantong Lumpur	346
Tabel 6.11	Biaya Operasi dan Pemeliharaan Lalu Lintas Air	352

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Saluran Pintu Air dengan Kapal Ditempatkan Seri	4
Gambar 2.2	Saluran Pintu Air dengan Kapal Ditempatkan Paralel dengan Pintu Masuk dan Keluar Sejajar	5
Gambar 2.3	Saluran Pintu Air dengan Kapal Ditempatkan Paralel dengan Pintu Masuk dan Keluar Tidak Sejajar.....	5
Gambar 2.4	Kelonggaran Melintang 2 Kapal.....	6
Gambar 2.5	Kelonggaran Memanjang untuk Kapal Paralel (a) Tampak Atas; (b) Tampak Samping	6
Gambar 2.6	Panjang Gerbang Bagian Hulu	8
Gambar 2.7	Panjang Gerbang Bagian Hilir.....	8
Gambar 2.8	Panjang Kamar untuk Kapal secara Paralel Tampak Atas	9
Gambar 2.9	Panjang Kamar untuk Kapal secara Paralel Tampak Samping	10
Gambar 2.10	Pintu Kembar	11
Gambar 2.11	Pintu Sorong	11
Gambar 2.12	Pintu Angkat	12
Gambar 2.13	Pintu Rebah.....	12
Gambar 2.14	Pergerakan Kapal dari Saluran A ke Saluran B (a) pintu 1 dan 2 tertutup, lubang pengisian terbuka; (b) pintu 1 terbuka, pintu 2 tertutup; (c) pintu 1 dan 2 tertutup, saluran pengosongan terbuka; (d) pintu 1 tertutup, pintu 2 terbuka.....	14
Gambar 2.15	Pergerakan Kapal dari Saluran B ke Saluran A (a) pintu 1 dan 2 tertutup, saluran pengosongan terbuka; (b) pintu 1 tertutup, pintu 2 terbuka; (c) pintu 1 dan 2 tertutup, lubang pengisian terbuka; (d) pintu 1 terbuka, pintu 2 tertutup	16
Gambar 2.16	Pintu Air pada Daerah Tanpa Pasang Surut	16
Gambar 2.17	Pintu Air pada Daerah Pasang Surut	17
Gambar 2.18	Pintu Air pada Daerah Pasang Surut dan Badai	17

Gambar 2.19 Penempatan Saluran Pintu Air (a) Saluran Pintu Air Terpisah dengan Bendung; (b) Saluran Pintu Air Terletak pada Bendung	18
Gambar 2.20 Tekanan Hidrostatik pada <i>Schotbalk</i>	20
Gambar 2.21 Celah <i>Schotbalk</i>	21
Gambar 2.22 Bidang Geser Dinding Penahan <i>Schotbalk</i>	22
Gambar 2.23 Engsel Atas	27
Gambar 2.24 Stang Angker	28
Gambar 2.25 Pelat Angker	28
Gambar 2.26 Engsel Bawah	29
Gambar 2.27 Pelat Andas	30
Gambar 2.28 Dinding pada Bagian Gerbang.....	31
Gambar 2.29 Dinding pada Kamar tanpa Pelat Lantai.....	31
Gambar 2.30 Dinding Pada Kamar dengan Pelat Lantai.....	31
Gambar 2.31 Bentuk Rencana Dinding Konsol	32
Gambar 2.32 Gaya yang Bekerja pada Bagian Tapak.....	36
Gambar 2.33 Rembesan Air pada Pintu Air	41
Gambar 2.34 Pengangkatan pada saat pemancangan	46
Gambar 2.35 Pengangkatan dari truk	47
Gambar 2.36 Saluran Pengisian/Pengosongan yang Terletak pada Pintu	48
Gambar 2.37 Saluran Pengisian/Pengosongan yang Terletak pada Samping Gerbang (a) Tampak Depan; (b) Tampak Atas.....	49
Gambar 3.1 Bagan Alir Penyusunan Tugas Akhir	63
Gambar 4.1 Alternatif Jalur 1	67
Gambar 4.2 Alternatif Jalur 2	68
Gambar 4.3 Elevasi Dasar Saluran	71
Gambar 4.4 Dimensi Gerbang dan Kamar	72
Gambar 4.5 Lay Out Letak Pintu Gerbang dan <i>Schotbalk</i>	74
Gambar 4.6 Pembebanan pada <i>Schotbalk</i> 1.....	74
Gambar 4.7 Lebar Bidang Geser <i>Schotbalk</i> 1	76
Gambar 4.8 Pembebanan pada <i>Schotbalk</i> 2&4	77

Gambar 4.9 Lebar Bidang Geser <i>Schotbalk</i> 2&4	79
Gambar 4.10 Pembebanan pada <i>Schotbalk</i> 3	79
Gambar 4.11 Lebar Bidang Geser <i>Schotbalk</i> 3	81
Gambar 4.12 Pembebanan dan Penempatan Profil Pintu Gerbang A	82
Gambar 4.13 Dimensi Pintu Gerbang A.....	88
Gambar 4.14 Pembebanan pada Engsel Pintu Gerbang A	89
Gambar 4.15 Potongan I – I Plat Andas Gerbang A	93
Gambar 4.16 Pembebanan dan Penempatan Profil Pintu Gerbang B.....	94
Gambar 4.17 Dimensi Pintu Gerbang B.....	101
Gambar 4.18 Pembebanan pada Engsel Pintu Gerbang B.....	101
Gambar 4.19 Potongan I – I Plat Andas Gerbang B.....	105
Gambar 4.20 Pendimensian Dinding Gerbang A	106
Gambar 4.21 Diagram Tegangan Tanah Gerbang A.....	107
Gambar 4.22 Gaya-Gaya Vertikal pada Dinding Gerbang A.....	108
Gambar 4.23 Perataan Beban Segitiga	116
Gambar 4.24 Diagram Tegangan Tanah Tiap Segmen Dinding Gerbang A.....	117
Gambar 4.25 Pendimensian Dinding Gerbang B	130
Gambar 4.26 Diagram Tegangan Tanah Gerbang B	131
Gambar 4.27 Gaya-Gaya Vertikal pada Dinding Gerbang B.....	132
Gambar 4.28 Perataan Beban Segitiga	140
Gambar 4.29 Diagram Tegangan Tanah Tiap Segmen Dinding Gerbang B.....	141
Gambar 4.30 Pendimensian Dinding Beda Elevasi Saluran.....	153
Gambar 4.31 Diagram Tegangan Tanah Beda Elevasi Saluran	154
Gambar 4.32 Gaya-Gaya Vertikal Beda Elevasi Saluran.....	155
Gambar 4.33 Perataan Beban Segitiga	163
Gambar 4.34 Diagram Tegangan Tanah Tiap Segmen Dinding Beda Elevasi Saluran	164
Gambar 4.35 Tampak Samping Gerbang A	170
Gambar 4.36 Potongan Melintang Gerbang A	171
Gambar 4.37 Denah Balok Lantai Gerbang A	177

Gambar 4.38 Lay Out Balok Lantai Gerbang A serta Pola Pembebanan dengan Metode Amplop	178
Gambar 4.39 Perataan Beban Trapesium	179
Gambar 4.40 Perataan Beban Segitiga	179
Gambar 4.41 Pola Pembebanan Balok Lantai Gerbang A	180
Gambar 4.42 Penulangan Balok Melintang Lantai Gerbang A.....	185
Gambar 4.43 Penulangan Balok Memanjang Lantai Gerbang A	190
Gambar 4.44 Tampak Samping Gerbang B.....	190
Gambar 4.45 Potongan Melintang Gerbang B	190
Gambar 4.46 Denah Balok Lantai Gerbang B.....	197
Gambar 4.47 Lay Out Balok Lantai Gerbang B serta Pola Pembebanan dengan Metode Amplop	198
Gambar 4.48 Perataan Beban Trapesium	198
Gambar 4.49 Perataan Beban Segitiga	199
Gambar 4.50 Pola Pembebanan Balok Lantai Gerbang B.....	199
Gambar 4.51 Penulangan Balok Melintang Lantai Gerbang B	204
Gambar 4.52 Penulangan Balok Memanjang Lantai Gerbang B	209
Gambar 4.53 Tampak Samping Kamar	210
Gambar 4.54 Potongan melintang Kamar	210
Gambar 4.55 Denah Balok Lantai Kamar	216
Gambar 4.56 Lay Out Balok Lantai Kamar serta Pola Pembebanan dengan Metode Amplop	218
Gambar 4.57 Perataan Beban Trapesium	218
Gambar 4.58 Perataan Beban Segitiga	219
Gambar 4.59 Pola Pembebanan Balok Lantai Kamar	219
Gambar 4.60 Penulangan Balok Melintang Lantai Kamar.....	224
Gambar 4.61 Penulangan Balok Memanjang Lantai Kamar.....	229
Gambar 4.62 Lay Out Tiang Pancang Dinding Gerbang A	230
Gambar 4.63 Penempatan Tiang Pancang Pelat Lantai Gerbang A.....	232
Gambar 4.64 Lay Out Tiang Pancang Dinding Gerbang B.....	234

Gambar 4.65 Penempatan Tiang Pancang Pelat Lantai Gerbang B	236
Gambar 4.66 Lay Out Tiang Pancang Dinding Kamar	237
Gambar 4.67 Penempatan Tiang Pancang Pelat Lantai Kamar	240
Gambar 4.68 Pendirian Tiang Pancang	241
Gambar 4.69 Korelasi Penampang Lingkaran menjadi Persegi	242
Gambar 4.70 Lubang Pengisian/Pengosongan (a) Gerbang A, (b) Gerbang B	247
Gambar 4.71 Lay Out Lubang Pengisian Gerbang A	247
Gambar 4.72 Lay Out Lubang Pengosongan Gerbang B	248
Gambar 4.73 Rencana Lokasi Sumur Pompa Dan Titik Yang Ditinjau	250
Gambar 6.1 Peta lokasi Bendung Klambu	329
Gambar 6.2 Lokasi Bendung Klambu	330
Gambar 6.3 Denah Bendung Klambu	330
Gambar 6.4 Pintu Radial no. 1 dan 8	331
Gambar 6.5 Pintu Radial no. 1 dan 8 dipandang dari hilir	332
Gambar 6.6 Pintu Radial no. 2 hingga 7	332
Gambar 6.7 Pintu Radial no. 2 hingga 7 dipandang dari hilir	333
Gambar 6.8 Pergerakan Kapal dari Saluran A ke Saluran B (a) pintu 1 dan 2 tertutup,lubang pengisian terbuka; (b) pintu 1 terbuka, pintu 2 tertutup; (c) pintu 1 dan 2 tertutup, saluran pengosongan terbuka; (d) pintu 1 tertutup, pintu 2 terbuka	348
Gambar 6.9 Pergerakan Kapal dari Saluran B ke Saluran A (a) pintu 1 dan 2 tertutup,saluran pengosongan terbuka; (b) pintu 1 tertutup, pintu 2 terbuka; (c) pintu 1 dan 2 tertutup, lubang pengisian terbuka; (d) pintu 1 terbuka, pintu 2 tertutup	350

DAFTAR NOTASI

α	= sudut antara gerbang saat terbuka dengan garis vertikal
γ	= berat jenis tanah (t/m^3)
γ_{sub}	= berat jenis tanah basah (kg/cm^3)
γ_w	= berat jenis air (t/m^3)
δ	= tebal pelat (mm)
\emptyset	= diameter tulangan (mm)
m	= koefisien pengeluaran air melalui dinding/pintu gerbang
π	= koefisien lingkaran = 3,14
ρ	= ratio luas penampang tulangan tarik terhadap luas penampang efektif
σ_a	= tegangan tanah aktif (t/m^2)
σ_{baja}	= tegangan tekan baja (kg/cm^2)
σ_{ijin}	= tegangan ijin (kg/cm^2)
σ_p	= tekanan tanah pasif (t/m^2)
τ	= tegangan geser (kg/m^2)
τ_b	= tegangan geser ijin beton (kg/m^2)
φ	= sudut geser tanah
\hat{C}	= koefisien Lane
$\$$	= koefisien reduksi
A	= luas lebar bidang geser (m^2)
A	= luas penampang beton tiang tanpa tulangan (cm^2)
A_b	= luas tiang pancang (cm^2)
A_s	= luas penampang tulangan yang dibutuhkan (mm^2)
A_v	= luas tulangan geser (cm^2)
a	= kelonggaran samping/melintang (m)
a	= panjang minimum <i>schotbalk</i> pada celah <i>schotbalk</i> (cm)
a	= jarak antar segmen vertikal (cm)

a	= lengan momen G terhadap sumbu engsel (m)
a	= lebar pelat (mm)
a	= luas penampang pipa pengisian atau pengosongan (m ²)
B	= lebar dasar pondasi (m)
B	= lebar balok (mm)
B ₁ ,B ₂	= lebar tapak (m)
b	= kelonggaran depan (m)
b	= kedalaman celah <i>schotbalk</i> (cm)
b	= jarak antar segmen horizontal (cm)
b	= lengan momen V terhadap sumbu engsel (m)
b	= lebar <i>counterfort</i> (m)
b	= panjang pelat (mm)
bo	= keliling penampang kritis (cm)
C	= kohesi
C	= panjang rembesan (m)
c	= kelonggaran belakang (m)
D	= gaya geser yang bekerja pada dinding akibat <i>schotbalk</i> (kg)
D	= diameter pen engsel atas (cm)
D	= kedalaman dinding dari dasar tanah (m)
D	= diameter angkur (mm)
d	= kelonggaran bawah (m)
d	= tebal dinding tegak per segmen (cm)
d	= jarak tepi dari serat teratas sampai pusat tulangan tarik (mm)
d'	= jarak tepi dari serat teratas sampai pusat tulangan tekan (selimut beton) (mm)
d'	= <i>draft</i> kapal (m)
E	= modulus elastisitas baja = $2,1 \times 10^6$ kg/cm ²
e	= jarak antar kapal (m)
e	= eksentrisitas
F	= luas pelat angker (cm ²)

F	= luas penampang andas (cm^2)
F	= bagian penampang beton tertekan
F	= gaya gempa pada suatu bagian stuktur (ton)
F	= gaya tarikan kapal (ton)
Fb	= tinggi jagaan/ <i>freeboard</i> (m)
Fk	= luas saluran keseluruhan (m^2)
f	= lendutan (cm)
f	= <i>total friction</i> (kg/cm)
fc	= kuat tekan beton rencana (kg/cm^2)
fy	= kuat leleh tulangan rencana (kg/cm^2)
G	= berat pintu (kg)
g	= celah <i>schotbalk</i> (m)
g	= percepatan gravitasi (m/dt^2)
H	= tinggi muka air dari dasar saluran (m)
H	= tinggi tekanan hidrostatis (m)
H	= tebal tapak (m)
H	= beda tinggi air ekstrim (m)
H'	= tinggi tekanan hidrostatis - tinggi sponning (m)
H _D	= tinggi bendung (m)
h	= tebal <i>schotbalk</i> /tinggi profil (cm)
h	= tinggi balok horizontal (cm)
h	= tinggi pintu gerbang (m)
h	= tebal lapisan (m)
h	= selisih rentang kedalaman (m)
h	= beda ketinggian muka air (m)
I _x	= momen inersia profil (cm^4)
Ka	= koefisien tekanan tanah aktif
Kg	= gaya reaksi engsel akibat berat pintu (kg)
Kg	= koefisien gempa (dilihat dari gambar wilayah gempa Indonesia)
Kw	= gaya reaksi engsel akibat tekanan hidrostatis (kg)

K'	= resultan gaya pada engsel atas (kg)
k	= koefisien kondisi tumpuan, $k = 0,8$ (muatan tetap)
k	= koefisien permeabilitas (m/dt)
k_1, k_2	= koefisien yang besarnya tergantung pada perbandingan panjang dan lebar bentang
L	= lebar pintu gerbang (m)
L	= lebar saluran (m)
L	= lebar bidang geser (m)
L_g	= panjang gerbang (m)
L_h	= panjang total segmen horizontal (m)
L_k	= panjang kamar (m)
L_v	= panjang total segmen vertikal (m)
l	= panjang kapal (m)
M	= gaya momen (tm)
M	= berat struktur (ton)
M_a	= momen aktif (tm)
M_{lap}	= momen lapangan (tm)
M_n	= momen yang terjadi dibagi faktor nominal 0,8 (kgcm)
M_p	= momen pasif (tm)
M_{tump}	= momen tumpuan (tm)
M_u	= momen yang terjadi akibat pembebanan (kgcm)
m	= jarak celah <i>schotbalk</i> ke tepi luar (m)
N	= nilai SPT
N_c, N_q, N_γ	= koefisien daya dukung tanah Terzaghi
n	= kelonggaran depan pintu (cm)
n	= jumlah kapal/perahu
n	= angka ekivalensi
O	= keliling tiang (cm)
P	= beban merata akibat tekanan hidrostatik pada <i>schotbalk</i> (kg/m)
P_a	= tekanan tanah aktif (ton)

P_{aw}	= tekanan air (t/m^2)
P_p	= tekanan tanah pasif (t/m)
P_{tiang}	= daya dukung ijin tiang pancang (ton)
P_w	= tekanan air tanah (t/m)
Q	= debit saluran (m^3/dt)
Q_o	= debit sumur (m^3/dt)
Q_{tiang}	= daya dukung tiang (ton)
q_c	= nilai konus pada kedalaman tanah keras (kg/cm^2)
q_h	= beban merata (t/m)
q_h	= muatan yang diterima balok horizontal (kg/m)
q_v	= muatan yang diterima balok vertikal (kg/m)
q_v	= gaya (vertikal) yang bekerja pada bagian tapak dinding (kg/m)
R	= jari-jari engsel (cm)
R_l	= tegangan tekan pada penampang beton (kg/mm^2)
r	= jarak titik terhadap sumur (m)
S	= <i>draw down</i> (m)
SF	= <i>safety factor</i>
S_x	= momen statis profil (cm^3)
s	= kelonggaran belakang pintu (cm)
s	= spasi antar tulangan geser (mm)
T	= tebal badan profil (cm)
T	= waktu pengisian atau pengosongan (detik)
t	= jarak antara celah <i>schotbalk</i> (m)
t	= tebal pelat baja penutup pintu (mm)
t	= tinggi dinding tegak per segmen (m)
t_p	= tebal pintu (cm)
V	= gaya angkat pengapung (kg)
V	= gaya normal (kg)
V	= kecepatan aliran (m/s)
V_c	= kuat geser beton (kg)

V_n	= kuat geser nominal (kg)
V_s	= kuat geser tulangan geser (kg)
V_u	= gaya geser yang terjadi akibat pembebanan (kg)
W	= lebar saluran (m)
W_1	= lebar gerbang (m)
W_2	= lebar kamar (m)
w	= lebar kapal (m)
x	= panjang beban merata (m)
y	= lengan momen (cm)