

# LEMBAR PENGESAHAN

TUGAS AKHIR

EVALUASI KAPASITAS YANG ADA (*EXISTING*) DAN

PERENCANAAN *SPILLWAY* BENDUNGAN KRISAK

BERDASAR  $Q_{PMF}$

Disusun Oleh :

BIMO YULIANTO L2A 001 029

MARISA DEPARINA L2A 001 096

Semarang, Oktober 2006

Disetujui

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Ir. Pranoto S.A, Dipl.HE, MT.  
NIP. 131 459 439

Ir. Abdul Kadir Dipl.HE, MT.  
NIP. 131 474 091

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik

Universitas Diponegoro

Ir. Bambang Pudjianto, MT.  
NIP. 131 459 442

## KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penyusunan Laporan Tugas Akhir dengan judul **Evaluasi Kapasitas yang Ada (*Existing*) dan Perencanaan Spillway Bendungan Krisak Berdasar  $Q_{PMF}$**  dapat terselesaikan.

Penyusunan Laporan Tugas Akhir ini merupakan salah satu syarat yang harus ditempuh setiap mahasiswa dan merupakan tahap akhir dalam menyelesaikan pendidikan tingkat sarjana program strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.

Dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini tidak lepas dari bimbingan dan bantuan dari beberapa pihak, maka pada kesempatan ini ingin menyampaikan rasa terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Bambang Pudjianto, MT, selaku Ketua Jurusan Teknik Sipil Universitas Diponegoro Semarang.
2. Bapak Ir. Pranoto Samto A, Dipl. HE, MT, selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir.
3. Bapak Ir. Abdul Kadir Dipl. HE, MT, selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir.
4. Bapak Ir. Wahyudi Kushardjoko, MT, selaku Dosen Wali 2135.
5. Bapak Ir. Bambang Pardoyo, CES, selaku Dosen Wali 2138.
6. Bapak Ir. Bambang Sudarsono, MS, selaku Ketua Jurusan Teknik Geodesi Universitas Diponegoro Semarang dan mantan Dosen Wali 2138.
7. Seluruh Staf Administrasi Program Strata Satu Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Diponegoro Semarang.
8. Bapak Ir. Lilik, Staf Balai PSDA Proyek Bengawan Solo.
9. Bapak Aris, Mantri Waduk Krisak.

10. Bapak dan Ibu tercinta, serta Kakak dan Adikku yang telah memberikan dorongan dan doa restunya.
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.

Semoga bimbingan dan bantuan yang telah diberikan mendapatkan balasan dari Tuhan Yang Maha Esa.

Laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna karena keterbatasan ilmu yang dimiliki. Oleh karena itu, saran dan kritik yang bersifat membangun sangat diharapkan demi sempurnanya Laporan Tugas akhir ini.

Akhirnya, dengan segala keterbatasan dan kekurangan, semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Semarang, Oktober 2006

1. Bimo Yulianto  
L2A 001 029
2. Marisa Deparina  
L2A 001 096

# DAFTAR ISI

LEMBAR JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	ii
KATA PENGANTAR .....	iii
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR GAMBAR .....	ix
DAFTAR TABEL .....	xii
<b>BAB I      PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Balakang .....	1
1.2 Maksud dan Tujuan .....	1
1.3 Lokasi Bendungan .....	2
1.4 Lingkup Pembahasan .....	4
1.5 Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II     TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>7</b>
2.1 Pengertian .....	7
2.2 Analisis Hidrologi .....	7
2.2.1 Perhitungan dengan Curah Hujan Periode Ulang .....	11
2.2.2 Perhitungan Kehilangan Data Curah Hujan .....	12
2.2.3 Perhitungan Curah Hujan Rencana ....	12
2.2.4 Uji Keselarasan .....	22
2.2.5 Perhitungan Intensitas Curah Hujan .	24
2.2.6 Debit Banjir Rencana .....	27
2.2.7 Penelusuran Banjir ( <i>Flood Routing</i> ) .	41
2.3 Irigasi .....	43
2.4 Perencanaan Bendungan .....	47
2.4.1 Tipe Bendungan .....	47
2.4.2 Perencanaan Tubuh Bendungan .....	51
2.4.3 Stabilitas Konstruksi Bendungan ....	55
2.4.3.1 Syarat-syarat Stabilitas Konstruksi .....	55

	2.4.3.2 Formula Perhitungan Stabilitas Konstruksi .....	57
	2.4.3.3 Gaya-gaya yang Bekerja pada Bangunan Pelimpah .....	65
<b>BAB III</b>	<b>DESKRIPSI STUDI LOKASI BENDUNGAN .....</b>	<b>69</b>
	3.1 Tinjauan Umum .....	69
	3.2 Data Teknis Bendungan .....	69
	3.3 Manfaat/Layanan yang Ada .....	71
	3.4 Kondisi Fisik Bendungan .....	71
	3.5 Permasalahan .....	71
<b>BAB IV</b>	<b>METODOLOGI .....</b>	<b>74</b>
	4.1 Uraian Umum .....	74
	4.2 Pengumpulan Data Bendungan .....	74
	4.2.1 Data Primer .....	74
	4.2.2 Data Sekunder .....	74
	4.3 Pengolahan Data Bendungan .....	75
	4.4 <i>Flow Chart</i> /Bagan Alir .....	77
<b>BAB V</b>	<b>ANALISIS HIDROLOGI .....</b>	<b>78</b>
	5.1 Tinjauan Umum .....	78
	5.2 Analisis Hidrologi .....	78
	5.2.1 Analisis Curah Hujan Area .....	78
	5.2.2 Perhitungan Uji Kecocokan Sebaran Distribusi Data Curah Hujan Metode <i>Chi Square Test</i> .....	82
	5.2.3 Analisis Curah Hujan Rencana .....	84
	5.2.4 Perhitungan Intensitas Curah Hujan ..	87
	5.2.5 Perhitungan Debit Banjir Rencana ...	88
	5.3 Perhitungan Hubungan Elevasi terhadap Volume Waduk .....	104
	5.4 Penelusuran Banjir ( <i>Flood Routing</i> ) .....	107
<b>BAB VI</b>	<b>EVALUASI BENDUNGAN KRISAK .....</b>	<b>111</b>
	6.1 Evaluasi Bendungan .....	111
	6.1.1 Evaluasi Badan Bendungan .....	111

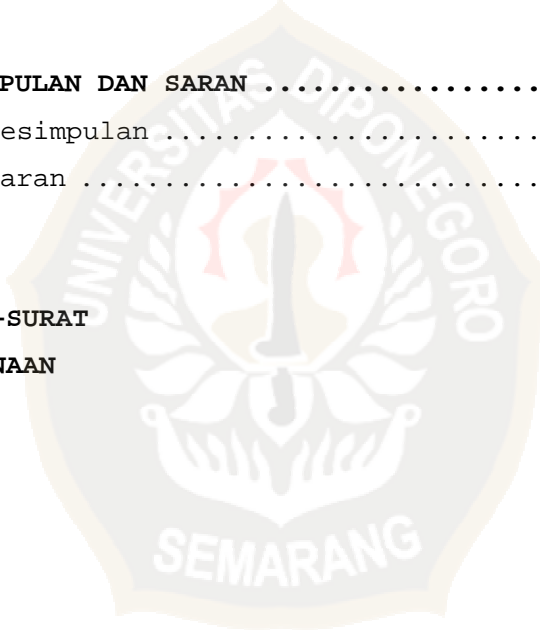
6.1.2	Evaluasi Ketersediaan Air .....	111
6.1.3	Evaluasi Banjir .....	112
6.1.4	Evaluasi Elevasi <i>Spillway</i> dan <i>Intake</i> .....	112
6.2	Permasalahan di Lapangan .....	116
6.3	Alternatif Penanganan .....	116
<b>BAB VII</b>	<b>PERENCANAAN BENDUNGAN .....</b>	<b>121</b>
7.1	Perhitungan Bendungan .....	121
7.1.1	Stabilitas terhadap Banjir Rencana .	121
7.1.2	Stabilitas terhadap Rembesan .....	124
7.1.3	Stabilitas terhadap Penurunan Bendungan .....	127
7.2	Perhitungan Hidrolis .....	139
7.2.1	Bangunan Pelimpah ( <i>Spillway</i> ) .....	139
7.2.1.1	Saluran Pengarah Aliran ...	139
7.2.1.2	Saluran Pengatur Aliran ...	140
7.2.2	Perhitungan Bentuk Mercu .....	141
7.3	Gaya-gaya pada Bangunan Pelimpah .....	144
7.3.1	Gaya Akibat Berat Sendiri Konstruksi .....	144
7.3.2	Gaya <i>Uplift Pressure</i> .....	145
7.3.3	Gaya Akibat Gempa .....	147
7.3.4	Gaya Akibat Hidrostatik .....	148
7.3.5	Gaya Akibat Tekanan Lumpur .....	149
7.4	Perhitungan Stabilitas pada Bangunan Pelimpah .....	150
7.4.1	Perhitungan Stabilitas untuk Kondisi Muka Air Banjir .....	150
7.4.2	Perhitungan Stabilitas untuk Kondisi Muka Air Normal .....	153
7.5	Peredam Energi .....	154
7.6	Bangunan Penyadap .....	157
<b>BAB VIII</b>	<b>RENCANA KERJA DAN SYARAT-SYARAT .....</b>	<b>162</b>
8.1	Syarat-syarat Umum .....	162
8.2	Syarat-syarat Administrasi .....	164

8.3 Syarat Teknik .....	179
<b>BAB IX RENCANA ANGGARAN BIAYA .....</b>	<b>216</b>
9.1 Uraian Umum .....	216
9.2 Harga Satuan Biaya dan Analisis Harga Satuan .....	217
9.3 Rencana Anggaran Biaya .....	220
9.4 Rekapitulasi RAB Konstruksi Bendungan Krisak .....	221
9.5 Metode Kerja dan Analisis Teknis .....	221
9.6 <i>Man Power</i> .....	222
<b>BAB X KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>230</b>
8.1 Kesimpulan .....	230
8.2 Saran .....	231

**DAFTAR PUSTAKA**

**LAMPIRAN SURAT-SURAT**

**GAMBAR PERENCANAAN**



## DAFTAR GAMBAR

1. Gambar 1.1 Peta Lokasi Proyek .....	3
2. Gambar 1.2 Peta Lokasi Waduk Krisak .....	3
3. Gambar 1.3 Tata Letak Waduk Krisak .....	4
4. Gambar 2.1 Metode Poligon <i>Thiessen</i> .....	9
5. Gambar 2.2 Metode Isohyet .....	10
6. Gambar 2.3 Penentuan Besar Nilai $K_m$ .....	19
7. Gambar 2.4 Faktor Koreksi Pengaruh Data Terbesar untuk Nilai $X_n$ .....	20
8. Gambar 2.5 Faktor Koreksi Pengaruh Data Terbesar untuk Nilai $S_n$ .....	20
9. Gambar 2.6 Faktor Penyesuaian $\overline{X_n}$ dan $S_n$ terhadap Panjang Data .....	21
10. Gambar 2.7 Faktor Koreksi yang Berkaitan terhadap Luas DAS .....	21
11. Gambar 2.8 Sketsa Hidrograf Satuan Sintetik .....	37
12. Gambar 2.9 Sketsa Penetapan Panjang dan Tingkat Sungai .....	38
13. Gambar 2.10 Sketsa Penetapan WF .....	38
14. Gambar 2.11 Sketsa Penetapan RUA .....	39
15. Gambar 2.12 Tinggi Bendungan .....	51
16. Gambar 2.13 Tinggi Jagaan .....	52
17. Gambar 2.14 Uraian Gaya Hidrostatik yang Bekerja pada Bidang Luncur .....	59
18. Gambar 2.15 Cara Menentukan Harga-harga N dan T ..	59
19. Gambar 3.1 Situasi Bendungan Krisak .....	72
20. Gambar 3.2 Bangunan <i>Outlet</i> .....	72
21. Gambar 3.3 Bangunan Pelimpah ( <i>Spillway</i> ) .....	73
22. Gambar 3.4 Bentuk Saluran Pintu Pengambilan .....	73
23. Gambar 5.1 Sketsa Stasiun Penakar Hujan .....	80
24. Gambar 5.2 Unit Hidrograf Satuan Sintetik Gamma 1 Kali Krisak .....	93



25. Gambar 5.3 Hidrograf Banjir .....	103
26. Gambar 5.4 Grafik Elevasi-Volume .....	105
27. Gambar 5.5 Grafik Elevasi-Luas Muka Air .....	106
28. Gambar 5.6 Hidrograf <i>Inflow</i> dan <i>Outflow</i> Bendungan Krisak .....	110
29. Gambar 6.1 Kondisi Pelimpah Sebelum Diperlebar ...	113
30. Gambar 6.2 Kondisi Pelimpah Setelah Diperlebar ...	113
31. Gambar 6.3 Kondisi Pelimpah Sebelum Diganti Struktur Beton Bertulang Masih Menggunakan Skotbalk Kayu .....	114
32. Gambar 6.4 Kondisi Pelimpah Setelah Diganti dengan Struktur Beton Bertulang .....	114
33. Gambar 6.5 Mengatasi <i>Drain</i> dengan Drum .....	117
34. Gambar 6.6 Mengatasi <i>Drain</i> dengan Drum Berisi <i>Kistdam</i> .....	117
35. Gambar 6.7 Mengatasi <i>Drain</i> dengan Menggunakan Kantung Plastik .....	118
36. Gambar 6.8 Mengatasi <i>Drain</i> dengan Timbunan Batu ..	119
37. Gambar 6.9 Beban Pelawan Gaya ke Atas ( <i>Counterweight</i> ) .....	120
38. Gambar 6.10 Mengatasi <i>Drain</i> dengan Sementasi Tirai	120
39. Gambar 7.1 Kondisi Muka Air Normal Tubuh Bendungan	121
40. Gambar 7.2 Kondisi Muka Air Banjir Lama Tubuh Bendungan .....	121
41. Gambar 7.3 Kondisi Muka Air Banjir ( $Q_{PMF}$ ) Tubuh Bendungan dengan Peninggian Parapet .....	124
42. Gambar 7.4 Sketsa Rembesan pada Bendungan .....	127
43. Gambar 7.5 Penampang Bendungan dengan Tinggi Debit Banjir .....	128
44. Gambar 7.6 <i>Sliding</i> Metode Irisan Bidang Luncur untuk Kondisi Selesai Dibangun .....	131
45. Gambar 7.7 <i>Sliding</i> Metode Irisan Bidang Luncur untuk Kondisi Air Penuh .....	133

46. Gambar 7.8 <i>Sliding</i> Metode Irisan Bidang Luncur untuk Kondisi Saat Air Turun Mendadak ( <i>Rapid Drow Down</i> ) .....	135
47. Gambar 7.9 <i>Sliding</i> Metode Irisan Bidang Luncur untuk Kondisi Saat Air Turun Mendadak ( <i>Rapid Drow Down</i> ) .....	137
48. Gambar 7.10 Saluran Pengarah Aliran dan Ambang Pengatur Debit pada Bangunan Pelimpah .....	139
49. Gambar 7.11 Saluran Pengarah Aliran dan Ambang Pengatur Debit pada Bangunan Pelimpah .....	140
50. Gambar 7.12 Koordinat Penampang Memanjang Ambang Pengatur Debit pada Bangunan Pelimpah .....	141
51. Gambar 7.13 Potongan Pelimpah Bendungan Krisak ...	143
52. Gambar 7.14 Gaya Tekanan Lumpur pada Bangunan <i>Spillway</i> .....	149
53. Gambar 7.15 Bentuk Peredam Energi ( <i>Skyjump</i> ) .....	155
54. Gambar 7.16 Perkuatan Beton Bertulang pada Konstruksi <i>Skyjump</i> .....	157
55. Gambar 7.17 Komponen dari Bangunan Penyadap Menara	158
56. Gambar 7.18 Skema Pengaliran dalam Penyalur Kondisi Pintu Terbuka 80% .....	159
57. Gambar 9.1 <i>Network Planning</i> .....	227

## DAFTAR TABEL

1.	Tabel 2.1 <i>Reduced Mean</i> ( $Y_n$ ).....	13
2.	Tabel 2.2 <i>Reduced Standard Deviation</i> ( $S_n$ ).....	14
3.	Tabel 2.3 <i>Reduced Variate</i> ( $Y_t$ ).....	14
4.	Tabel 2.4 Harga k untuk Distribusi <i>Log Pearson III</i>	16
5.	Tabel 2.5 Faktor Frekuensi k untuk Distribusi Log Normal 3 Parameter .....	17
6.	Tabel 2.6 Nilai Kritis untuk Distribusi <i>Chi Square</i>	23
7.	Tabel 2.7 Nilai Delta Maksimum untuk Uji Keselarasan <i>Smirnov Kolmogorof</i> .....	24
8.	Tabel 2.8 Nilai Faktor Pembesar (C) .....	32
9.	Tabel 2.9 Contoh Tabel <i>Flood Routing</i> dengan Metode <i>Step by Step</i> .....	42
10.	Tabel 2.10 Standar Tinggi Jagaan Bendungan .....	54
11.	Tabel 2.11 Harga-harga Perkiraan untuk Koefisien Gesek f .....	62
12.	Tabel 5.1 Pembagian Daerah Aliran .....	79
13.	Tabel 5.2 Data Curah Hujan Maksimum Rata-rata ....	80
14.	Tabel 5.3 Analisis Frekuensi Hujan .....	81
15.	Tabel 5.4 <i>Chi Square</i> Distribusi Sebaran Data Curah Hujan Stasiun BMG Metode Distribusi <i>Gumbel Tipe 1</i>	83
16.	Tabel 5.5 Perkiraan Curah Hujan Rencana Stasiun Hujan BMG Periode Ulang T Tahun Metode <i>Gumbel Tipe</i> 1 .....	85
17.	Tabel 5.6 Curah Hujan Maksimum Tahunan pada Stasiun Hujan di Sekitar Waduk Krisak .....	85
18.	Tabel 5.7 Perhitungan Intensitas Curah Hujan .....	88
19.	Tabel 5.8 Perhitungan Debit Banjir Rencana Metode <i>Haspers</i> .....	90
20.	Tabel 5.9 Perhitungan Resesi Unit Hidrograf .....	92
21.	Tabel 5.10 Intensitas Hujan Efektif per Jam Periode Ulang T Tahun .....	95

22. Tabel 5.11 Perhitungan Hidrograf Banjir Periode Ulang 2 Tahun .....	96
23. Tabel 5.12 Perhitungan Hidrograf Banjir Periode Ulang 50 Tahun .....	97
24. Tabel 5.13 Perhitungan Hidrograf Banjir Periode Ulang 100 Tahun .....	98
25. Tabel 5.14 Perhitungan Hidrograf Banjir Periode Ulang 500 Tahun .....	99
26. Tabel 5.15 Perhitungan Hidrograf Banjir Periode Ulang 1000 Tahun .....	100
27. Tabel 5.16 Perhitungan Hidrograf Banjir Periode Ulang 10000 Tahun .....	101
28. Tabel 5.17 Hasil Perhitungan Debit Banjir Rencana (HSS <i>Gamma</i> 1) .....	101
29. Tabel 5.18 Perhitungan Hidrograf Banjir PMF .....	102
30. Tabel 5.19 Rekap Hasil Perhitungan Q .....	103
31. Tabel 5.20 Perhitungan Volume Waduk terhadap Elevasi dan Luas Permukaan .....	104
32. Tabel 5.21 Perhitungan Penelusuran Banjir ( <i>Flood Routing</i> ) .....	108
33. Tabel 7.1 Kondisi Perencanaan Teknis Material Urugan sebagai Dasar Perhitungan .....	129
34. Tabel 7.2 <i>Fellenious Method of Locating</i> .....	130
35. Tabel 7.3 Perhitungan Stabilitas Lereng Kondisi Waduk Kosong .....	132
36. Tabel 7.4 Perhitungan Stabilitas Lereng Kondisi Waduk Penuh .....	134
37. Tabel 7.5 Perhitungan Stabilitas Lereng Kondisi Waduk Turun Mendadak ( <i>Rapid Drow Down</i> ) .....	136
38. Tabel 7.6 Perhitungan Stabilitas Lereng Kondisi Waduk Turun Mendadak ( <i>Rapid Drow Down</i> ) .....	138
39. Tabel 7.7 Perhitungan Berat Sendiri Konstruksi Bendungan .....	144

40.	Tabel 7.8 Perhitungan <i>Uplift Pressure</i> Kondisi Muka Air Banjir .....	145
41.	Tabel 7.9 Perhitungan Gaya <i>Uplift Pressure</i> Kondisi Muka Air Banjir .....	146
42.	Tabel 7.10 Perhitungan <i>Uplift Pressure</i> Kondisi Muka Air Normal .....	146
43.	Tabel 7.11 Perhitungan Gaya <i>Uplift Pressure</i> Kondisi Muka Air Normal .....	147
44.	Tabel 7.12 Perhitungan Gaya Akibat Gempa .....	148
45.	Tabel 7.13 Perhitungan Gaya Akibat Hidrostatik Kondisi Muka Air Banjir .....	148
46.	Tabel 7.14 Perhitungan Gaya Akibat Hidrostatik Kondisi Muka Air Normal .....	148
47.	Tabel 7.15 Perhitungan Gaya Akibat Tekanan Lumpur	149
48.	Tabel 7.16 Perhitungan Gaya Akibat Hidrostatik Kondisi Muka Air Banjir .....	149
49.	Tabel 7.17 Perhitungan Gaya Akibat Hidrostatik Kondisi Muka Air Normal .....	150
50.	Tabel 7.18 Perhitungan Debit Berdasarkan Prosentase Bukaan Pintu .....	159
51.	Tabel 9.1 <i>Time Schedule</i> dan Kurva S .....	229