

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	2
1.3. Batasan Masalah.....	3
1.4. Rumusan Masalah.....	3
1.5. Tujuan dan Manfaat Studi	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Umum	5
2.2. Klasifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Air.....	6
2.3. Pembangkit Listrik Tenaga Air	8
2.4. Sistem Operasi Waduk	8
2.4.1. Simulasi Operasi Waduk Untuk PLTA	9
2.5. Desain Hidraulik Pembangkit Listrik Tenaga Air	10
2.6. Komponen Baja dalam Perencanaan PLTA	10
2.6.1. Klasifikasi Baja	11
2.7. Komponen Bangunan PLTA	11
2.7.1. Pintu Pengambilan	11
2.8. Bangunan Pembawa (<i>Water Way</i>)	12
2.8.1. Terowongan (<i>Tunnels</i>)	12
2.8.2. Pipa Pesat (<i>Penstock</i>)	14
2.9. Tangki Gelombang (<i>Surge Tank</i>).....	20
2.10. Rumah Pembangkit (<i>Power House</i>).....	22
2.11. Saluran Pembuang (<i>Tailrace Cannal</i>).....	22
2.12. Tinggi Jatuh Efektif (<i>Net Head</i>).....	22
2.12.1. Kehilangan Tinggi (<i>Head Loss</i>)	23
2.13. Turbin Hidraulik.....	27
2.13.1. Klasifikasi Turbin	27
2.13.2. Karakteristik Turbin	29



2.13.3. Kavitasi dan Titik Pusat Turbin.....	31
2.13.4. Dimensi Turbin.....	36
2.13.5. Efisiensi Turbin	40
2.14. Peralatan dan Fasilitas Listrik	41
2.14.1. Generator	42
2.14.2. Pengatur Kecepatan	43
2.14.3. Peningkat Kecepatan (<i>Speed Increaser</i>).....	44
2.14.4. Transformer (<i>Travo</i>).....	45
2.14.5. Peralatan Pengatur (<i>Switchgear</i>)	45
2.14.6. Aksesoris Kelengkapan (<i>Auxiliary Equipment</i>).....	46
2.15. Energi.....	46
2.16. Faktor Dalam Pembangkitan PLTA.....	47
2.17. Sistem Operasi PLTA	47
2.18. Analisa Emisi Gas Karbon(<i>Green House Gas Emission</i>).....	48
2.18.1. Clean Developmen Mechanism dan Certificate Emission Reduction .48	
2.19. Analisa Kelayakan Ekonomi.....	50
2.19.1. Komponen Manfaat dan Biaya	50
2.19.2. Indikator Kelayakan Ekonomi.....	57
2.19.3. Usia Guna Suatu Proyek.....	58
2.20. Perangkat Lunak Dalam Perencanaan PLTA.....	59
2.20.1. TURBIN PRO.....	59
BAB III METODOLOGI	
3.1. Lokasi Daerah Studi	65
3.2. Data-data yang Diperlukan.....	66
3.3. Langkah-langkah Studi.....	66
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	
4.1. Konsep PLTA Karangates IV & V	70
4.2. Analisa Debit Inflow	71
4.3. Simulasi Waduk	73
4.3.1. Konsep Debit Puncak	73
4.3.2. Simulasi Waduk.....	73
4.3.2.1. Simulasi Waduk Untuk PLTA I II & III	74
4.3.2.2. Simulasi Waduk Untuk PLTA IV & V	90
4.4. Perencanaan Bangunan Sipil	105

4.4.1. Perencanaan Bangunan Pengambilan.....	106
4.4.2. Perencanaan Bangunan Pembawa	107
4.4.2.1. Perencanaan Terowongan (<i>Tunnel</i>).....	107
4.4.2.2. Perencanaan Pipa Pesat (<i>Penstock</i>).....	112
4.4.3. Perencanaan Tangki Gelombang (<i>Surge Tank</i>)	119
4.4.4. Perencanaan Saluran Pembuang (<i>Tailrace Cannal</i>).....	121
4.5. Tinggi Jatuh Efektif.....	124
4.5.1. Kehilangan Tinggi Tekan	124
4.6. Perencanaan Peralatan Hidromekanik dan Elektrik	129
4.6.1. Turbin Hidraulik	129
4.6.1.1. Metode Amerika (USBR)	129
4.6.1.2. Metode Eropa (ESHA).....	138
4.6.1.3. Simulasi TURBNPRO V3.....	146
4.6.1.4. Desain Turbin yang Digunakan	151
4.6.2. Peralatan Elektrik	153
4.6.3. Perencanaan Rumah Pembangkit	157
4.7. Analisa Pembangkitan Energi	157
4.8. Analisa Reduksi Gas Karbon (GHG) dan CER.....	159
4.9. Analisa Ekonomi	160
4.9.1. Pendekatan yang diperlukan	160
4.9.2. Estimasi Biaya (<i>Cost</i>).....	161
4.9.3. Estimasi Manfaat (<i>Benefit</i>)	167
4.9.4. Analisa Kelayakan Ekonomi	167
4.9.4.1. Analisa Ekuivalen Terhadap Kelayakan Ekonomi	167
4.9.4.2. Analisa Kelayakan Ekonomi Menggunakan Aliran Dana	168
4.9.4.3. Analisa Sensitivitas	175
4.9.4.4. Pengambilan Keputusan.....	176

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan	177
5.2. Saran	179

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Daya Terpasang Sistem Jawa Bali	1
Tabel 2.1. Karakteristik Bahan Material Pipa Pesat	18
Tabel 2.2. Klasifikasi dan Kapasitas Turbin	27
Tabel 2.3. Nilai Tekanan Atmosfer	34
Tabel 2.4. Nilai Tekanan Uap	35
Tabel 2.5. Hubungan Antara Daya Generator Dengan Efisiensi	43
Tabel 2.6. Nilai Kecepatan Generator Untuk Generator Sinkron	43
Tabel 2.7. Nilai Faktor Emisi Gas Karbon Untuk Tiap Jenis Bahan Bakar	48
Tabel 2.8. Usia Guna Jenis Bangunan Atau Peralatan Pembangkit Listrik	58
Tabel 4.1. Klasifikasi Potensi PLTA Karangates IV & V	71
Tabel 4.2. Data Debit Inflow 10 Harian Berdasarkan Keandalan Tahun 2004-2013 ...	71
Tabel 4.3. Simulasi Waduk Untuk PLTA I II III Periode 2003-2004	79
Tabel 4.4. Simulasi Waduk Untuk PLTA I II III Periode 2004-2005	80
Tabel 4.5. Simulasi Waduk Untuk PLTA I II III Periode 2005-2006	81
Tabel 4.6. Simulasi Waduk Untuk PLTA I II III Periode 2006-2007	82
Tabel 4.7. Simulasi Waduk Untuk PLTA I II III Periode 2007-2008	83
Tabel 4.8. Simulasi Waduk Untuk PLTA I II III Periode 2008-2009	84
Tabel 4.9. Simulasi Waduk Untuk PLTA I II III Periode 2009-2010	85
Tabel 4.10. Simulasi Waduk Untuk PLTA I II III Periode 2010-2011	86
Tabel 4.11. Simulasi Waduk Untuk PLTA I II III Periode 2011-2012	87
Tabel 4.12. Simulasi Waduk Untuk PLTA I II III Periode 2012-2013	88
Tabel 4.13. Simulasi Waduk Untuk PLTA I II III IV & V Periode 2003-2004	95
Tabel 4.14. Simulasi Waduk Untuk PLTA I II III IV & V Periode 2004-2005	96
Tabel 4.15. Simulasi Waduk Untuk PLTA I II III IV & V Periode 2005-2006	97
Tabel 4.16. Simulasi Waduk Untuk PLTA I II III IV & V Periode 2006-2007	98
Tabel 4.17. Simulasi Waduk Untuk PLTA I II III IV & V Periode 2007-2008	99
Tabel 4.18. Simulasi Waduk Untuk PLTA I II III IV & V Periode 2008-2009	100
Tabel 4.19. Simulasi Waduk Untuk PLTA I II III IV & V Periode 2009-2010	101
Tabel 4.20. Simulasi Waduk Untuk PLTA I II III IV & V Periode 2010-2011	102
Tabel 4.21. Simulasi Waduk Untuk PLTA I II III IV & V Periode 2011-2012	103
Tabel 4.22. Simulasi Waduk Untuk PLTA I II III IV & V Periode 2012-2013	104

Tabel 4.23. Perhitungan Diameter Terowongan dengan Mempertimbangkan Kecepatan Izin	109
Tabel 4.24. Perhitungan Kehilangan Tinggi Tekan pada Terowongan	110
Tabel 4.25. Perhitungan Kehilangan Tinggi Tekan Akibat Diameter Pipa Pesat	115
Tabel 4.26. Jenis-jenis Baja	117
Tabel 4.27. Spesifikasi Baja SM 400B	117
Tabel 4.28. Perhitungan Tinggi Muka Air Diatas Ambang	122
Tabel 4.29. Perhitungan Kehilangan Tinggi Tekan dan Tinggi Jatuh Efektif	128
Tabel 4.30. Alternatif Pemilihan Jumlah Kutub Terhadap Kecepatan Spesifik	131
Tabel 4.31. Analisa Kecepatan Kavitasi Terhadap Elv TWL (USBR)	134
Tabel 4.32. Perhitungan Dimensi Rumah Siput Turbin	136
Tabel 4.33. Perhitungan Dimensi <i>Draf Tube</i> Turbin	137
Tabel 4.34. Klasifikasi Turbin Berdasarkan Tinggi Jatuh (Hn)	138
Tabel 4.35. Kepekaan Turbin Terhadap Variasi Debit dan Tinggi Jatuh	139
Tabel 4.36. Alternatif Pemilihan Jumlah Kutub Terhadap Kecepatan Spesifik	140
Tabel 4.37. Analisa Kepekaan Kavitasi Terhadap Elv TWL (ESHA)	142
Tabel 4.38. Perhitungan Dimensi Rumah Siput Turbin	144
Tabel 4.39. Perhitungan Dimensi <i>Draf Tube</i> Turbin	144
Tabel 4.40. Rangkuman Spesifikasi Turbin Untuk Tiap Metode	152
Tabel 4.41. Tinggi Jatuh Efektif Berdasarkan Alternatif Debit	158
Tabel 4.42. Hasil Pembangkitan Energi Harian Tiap Alternatif	158
Tabel 4.43. Analisa Kapasitas Terpasang Berdasarkan Tiap Alternatif	159
Tabel 4.44. Hasil Pembangkitan Energi Tahunan (<i>Annual Generation</i>)	159
Tabel 4.45. Ringkasan Reduksi GHG Untuk Tiap Jenis Bahan Bakar	160
Tabel 4.46. Parameter Estimasi Biaya	161
Tabel 4.47. Hasil Perhitungan Estimasi Biaya Tiap Alternatif	165
Tabel 4.48. Kegiatan Inspeksi dan Pemeliharaan PLTA Karangates IV & V	166
Tabel 4.49. Estimasi Manfaat Untuk Tiap Alternatif	167
Tabel 4.50. Cash Flow Alternatif 1 (Dalam Milyar Rupiah)	169
Tabel 4.51. Cash Flow Alternatif 2 (Dalam Milyar Rupiah)	172
Tabel 4.52. Hasil Analisa Sensitivitas Tiap Alternatif Dengan CER	175
Tabel 4.53. Hasil Analisa Sensitivitas Tiap Alternatif Tanpa CER	175
Tabel 4.54. Rangkuman Hasil Analisa Kelayakan Ekonomi	176
Tabel 4.55. Klasifikasi PLTA Karangates IV & V	176

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Grafik Daya Terpasang Sistem Jawa Bali	2
Gambar 2.1	Pengembangan Pembangkit Energi Listrik Dengan Sumber Energi Terbarukan	5
Gambar 2.2	Skema Konversi Energi Pada Pembangkit Listrik Tenaga Air.....	6
Gambar 2.3	PLTA <i>Run of River</i> dan PLTA Kolam Tandon	7
Gambar 2.4	Potongan Melintang Bendungan di PLTA.....	8
Gambar 2.5	Pola Konsep Operasi Harian.....	10
Gambar 2.6	<i>Intake</i> Pengambilan.....	12
Gambar 2.7	Penampang Lingkaran	13
Gambar 2.8	Penampang Berbentuk D	13
Gambar 2.9	Penampang Tapal Kuda	14
Gambar 2.10.	Pipa Pesat Tak Tertanam	15
Gambar 2.11	Skema Inlet Pipa Pesat.....	19
Gambar 2.12	Pipa Pesat dan Kelengkapannya	20
Gambar 2.13	<i>Surge Tanks</i>	20
Gambar 2.14	Sketsa Tinggi Jatuh Efektif	23
Gambar 2.15	Nilai f Berdasarkan Bentuk Inlet	24
Gambar 2.16	Diagram Moody	24
Gambar 2.17	Kisaran Nilai ξ Berdasarkan Tipe Konstruksi	25
Gambar 2.18	Sketsa Situasi Kehilangan Tinggi Akibat Penyempitan dan Pelebaran ..	26
Gambar 2.19	Kisaran Nilai ξ Akibat Belokan	26
Gambar 2.20	Kisaran Nilai ξ Akibat Pintu dan Katup	26
Gambar 2.21	Jenis Turbin Untuk Pembangkitan Tenaga Air	28
Gambar 2.22	Grafik Jenis Turbin Berdasarkan Kecepatan Spesifik dan Tinggi Jatuh 28	
Gambar 2.23	Grafik Pemilihan Jenis Turbin Berdasarkan Kecepatan Spesifik, Tinggi Jatuh dan Daya	29
Gambar 2.24	Skema Pemasangan Turbin Untuk Analisa Kavitasasi	32
Gambar 2.25	Pemilihan Bentuk <i>Runner</i> Berdasarkan Kecepatan Spesifik	37
Gambar 2.26	Skema <i>Runner</i> Untuk Turbin Francis	37
Gambar 2.27	Skema <i>Runner</i> Untuk Turbin Kaplan	38
Gambar 2.28	Skema Rumah Siput (<i>Spiral Case</i>)	39
Gambar 2.29	Dimensi Draf Tube Untuk Turbin Kaplan	40

Gambar 2.30	Kisaran Nilai Efisiensi Untuk Tiap Jenis Turbin	41
Gambar 2.31	Pengatur Kecepatan (<i>Governor</i>) Tipe Mekanik	44
Gambar 2.32	Peningkat Kecepatan Tipe <i>Parallel Shaf</i> dan <i>Bevel Gears</i>	45
Gambar 2.33	Peningkatan Kecepatan Tipe <i>Belst Speed Increaser</i>	45
Gambar 2.34	<i>Switchgear</i>	46
Gambar 2.35	Proses Pembakaran Bahan Bakar Dalam Pembangkitan Energi Listrik	48
Gambar 2.36	Prinsip Pengurangan Emisi Gas Rumah Kaca Dengan CDM	50
Gambar 2.37	Tampilan Awal TURBNPRO V3	59
Gambar 2.38	Grafik Pemilihan Tipe Turbin.....	60
Gambar 2.39	Tampilan Input Data TURBNPRO V3	60
Gambar 2.40	Tampilan Alternatif Solusi TURBNPRO V3	61
Gambar 2.41	Tampilan Pengaturan TURBNPRO V3	61
Gambar 2.42	Tampilan Ringkasan Desain TURBNPRO V3	62
Gambar 2.43	Tampilan Gambar Desai TURBNPRO V3	63
Gambar 2.44	Tampilan <i>Hill Curve</i> TURBNPRO V3	64
Gambar 3.1	Lokasi Studi	65
Gambar 3.2	Bagan Alir Pengerjaan Skripsi	68
Gambar 3.3	Bagan Alir Simulasi Aplikasi TURBNPRO V3	69
Gambar 4.1	Sketsa Konsep PLTA Karangates IV & V.....	70
Gambar 4.2	Grafik Pengukuran Inflow Harian Waduk Karangates.....	71
Gambar 4.3	Kurva Durasi Aliran Pada Bendungan Karangates.....	72
Gambar 4.4	Bagan Alir Simulasi Waduk	74
Gambar 4.5	Draf Pola Lepasn Karangates I II III periode 2003-2004	79
Gambar 4.6	Draf Pola Lepasn Karangates I II III periode 2004-2005	80
Gambar 4.7	Draf Pola Lepasn Karangates I II III periode 2005-2006	81
Gambar 4.8	Draf Pola Lepasn Karangates I II III periode 2006-2007	82
Gambar 4.9	Draf Pola Lepasn Karangates I II III periode 2007-2008	83
Gambar 4.10.	Draf Pola Lepasn Karangates I II III periode 2008-2009	84
Gambar 4.11	Draf Pola Lepasn Karangates I II III periode 2009-2010	85
Gambar 4.12	Draf Pola Lepasn Karangates I II III periode 2010-2011	86
Gambar 4.13	Draf Pola Lepasn Karangates I II III periode 2011-2012	87
Gambar 4.14	Draf Pola Lepasn Karangates I II III periode 2012-2013	88
Gambar 4.15	Draf Pola Lepasn Karangates I II III IV & V periode 2003-2004	95
Gambar 4.16	Draf Pola Lepasn Karangates I II III IV & V periode 2004-2005	96

Gambar 4.17	Draf Pola Lepasn Karangkates I II III IV & V periode 2005-2006	97
Gambar 4.18	Draf Pola Lepasn Karangkates I II III IV & V periode 2006-2007	98
Gambar 4.19	Draf Pola Lepasn Karangkates I II III IV & V periode 2007-2008	99
Gambar 4.20	Draf Pola Lepasn Karangkates I II III IV & V periode 2008-2009	100
Gambar 4.21	Draf Pola Lepasn Karangkates I II III IV & V periode 2009-2010	101
Gambar 4.22	Draf Pola Lepasn Karangkates I II III IV & V periode 2010-2011 ...	102
Gambar 4.23	Draf Pola Lepasn Karangkates I II III IV & V periode 2011-2012	103
Gambar 4.24	Draf Pola Lepasn Karangkates I II III IV & V periode 2012-2013	104
Gambar 4.25	Rencana Komponen Bangunan Sipil PLTA Karangkates IV & V	106
Gambar 4.26	Desain Diameter dan Tebal Pipa Pesat	116
Gambar 4.27	Rating Curve Pada Ambang	123
Gambar 4.28	Skema Kehilangan Tinggi Tekan	124
Gambar 4.29	Diagram Alir Perencanaan Turbin Hidraulik	129
Gambar 4.30	Grafik Pemilihan Tipe Turbin yang Disarankan Menurut USBR	130
Gambar 4.31	Grafik Pemilihan Tipe Turbin	132
Gambar 4.32	Bentuk Tipikal Diameter Turbin Francis	134
Gambar 4.33	Penjelasan Tiap Section Rumah Siput	136
Gambar 4.34	Penjelasan Tiap Section <i>Draft Tube</i>	137
Gambar 4.35	Nilai Kisaran Efisiensi Turbin	138
Gambar 4.36	Nilai Kisaran Efisiensi Turbin	145
Gambar 4.37	Grafik Pemilihan Tipe Turbin Menurut TURBNPRO V3.....	146
Gambar 4.38	Tampilan Entri Data Pada TURBNPRO V3	146
Gambar 4.39	Tampilan Pemilihan Solusi Pada TURBNPRO V3	147
Gambar 4.40	Tampilan Konfigurasi Turbin Pada TURBNPRO V3	148
Gambar 4.41	Tampilan Hasil Simulasi Pada TURBNPRO V3	149
Gambar 4.42	Tampilan <i>Hill Curve</i> TURBNPRO V3	151
Gambar 4.43	Generator Brush <i>Type Exciter</i>	154
Gambar 4.44	Generator Brushless <i>Type Exciter</i>	154
Gambar 4.45	Desain Tipikal <i>Parralel Shaft Speed Increaser</i>	155
Gambar 4.46	Kurva <i>Cash Flow</i> Alternatif 1	171
Gambar 4.47	Kurva <i>Cash Flow</i> Alternatif 2	174