

**DAFTAR ISI**

**LEMBAR PERSETUJUAN.....**

**KATA PENGANTAR..... i**

**RINGKASAN..... ii**

**DAFTAR ISI..... iii**

**DAFTAR TABEL..... vii**

**DAFTAR GAMBAR..... ix**

**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..... 3

**BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

2. 1 Umum..... 5

2. 2 Klasifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Air..... 6

2. 3 Pembangkit Listrik Tenaga Air(PLTA)..... 9

2. 4 Kajian Hidrologi Dalam Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Air..... 10

    2.4.1. Debit Andalan..... 10

    2.4.2. Debit Banjir Rancangan..... 12

    2.4.3. Sistem Operasi Long Storage..... 20

2. 5 Jenis dan Tipe PLTA..... 21

    2.5.1. High Head Power Plant..... 21

    2.5.2. Medium Head Power Plant..... 22

    2.5.3. Low Head Power Plant..... 22

    2.5.4. Rencana Desain PLTA Lodoyo II..... 22

    2.5.5. Perbedaan Studi PLTA Lodoyo II..... 23

2. 6 Desain Hidraulik Pembangkit Listrik Tenaga Air..... 25

2. 7 Komponen Bangunan PLTA..... 25

2. 8 Bangunan Pengambilan..... 25\

    2.8.1. Intake..... 25

2. 9 Bangunan Pembawa..... 29

    2.9.1. Headrace Tunnel..... 29

    2.9.2. Pipa Pesat (*Penstock*)..... 32



2.9.3. Tangki Gelombang ( <i>Surge Tank</i> ).....	37
2. 10 Bangunan Pelengkap .....	39
2.10.1. Saluran Pembuang ( <i>Tailrace Cannal</i> ) .....	39
2. 11 Rumah Pembangkit .....	39
2. 12 Tinggi Jatuh Efektif ( <i>Net Head</i> ) .....	40
2. 13 Kehilangan Tinggi ( <i>Head Loss</i> ).....	40
2. 14 Turbin Hidraulik .....	45
2.14.1. Klasifikasi Turbin.....	45
2.14.2. Komponen – komponen Turbin .....	48
2.14.3. Karakteristik Turbin .....	49
2.14.4. Kavitasi dan Titik Pusat Turbin .....	51
2.14.5. Dimensi Turbin .....	56
2.14.6. Efisiensi Turbin.....	61
2.14.7. Perhitungan Daya Turbin.....	62
2.15. Peralatan dan Fasilitas Listrik.....	63
2.15.1. Generator .....	63
2.15.2. Pengatur Kecepatan.....	65
2.15.3. Peningkat Kecepatan( <i>Speed Increaser</i> ).....	66
2.15.4. Transformer( <i>Travo</i> ).....	67
2.15.5. Peralatan Pengatur ( <i>Switchgear</i> ).....	68
2.15.6. Aksesoris Kelengkapan ( <i>Auxiliary Equipment</i> ).....	68
2.16. Energi .....	68
2.17. Sistem Operasi PLTA .....	69
2.18. Analisa Kelayakan Ekonomi .....	69
2.18.1. Komponen Manfaat dan Biaya .....	69
2.18.2. Indikator Kelayakan Ekonomi .....	76
2.18.3. Usia Guna Suatu Proyek.....	78

### **BAB III METODOLOGI STUDI**

3. 1 Kondisi Daerah Studi.....	79
3.1.1. Gambaran Umum Kndisi Daerah Kabupaten Blitar.....	79
3.1.2. Lokasi Daerah Studi .....	82
3.1.2.1. Gambaran Umum Kecamatan Kanigoro .....	82
3. 2 Kebutuhan Data.....	82
3.2.1. Data Teknik Bendung Lodoyo .....	83



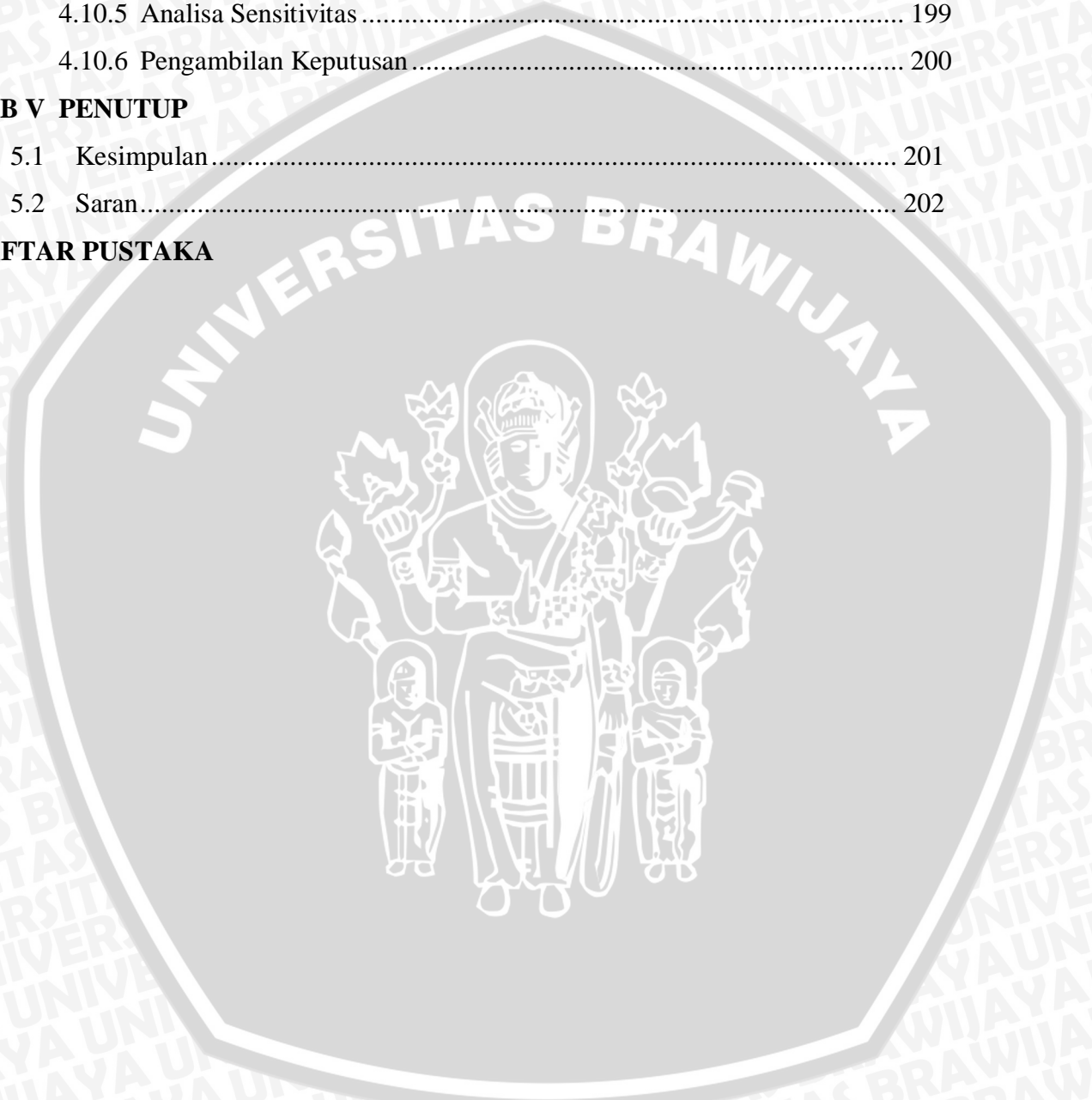
3.3 Tahap Penyelesaian .....	84
3.4 Flow Chart Studi .....	85
<b>BAB IV PEMBAHASAN</b>	
4.1 Konsep PLTA Lodoyo II .....	87
4.2 Analisa Hidrologi .....	88
4.2.1 Analisa Debit Andalan .....	88
4.2.2 Analisa Debit Banjir Rancangan .....	91
4.2.2.1 Uji Vertikal (Chi Kuadrat) .....	91
4.2.2.2 Uji Horizontal (Smirnov Kolmogorov) .....	92
4.2.2.3 Debit Banjir Metode Log Pearson Tipe III .....	94
4.2.3 Analisa Pemilihan Alternatif Debit Andalan .....	95
4.3 Analisa Simulasi PLTA LOdoyo II .....	96
4.3.1 Diagram Alir Simulasi PLTA Lodoyo II .....	96
4.3.2 Konsep Simulasi PLTA Lodoyo II .....	98
4.4 Perencanaan Bangunan Pengambilan .....	112
4.5 Perencanaan Bangunan Pembawa .....	116
4.5.1 Perencanaan Terowongan ( <i>Tunnel</i> ) .....	116
4.5.2 Perencanaan Pipa Pesat ( <i>Penstock</i> ) .....	122
4.5.3 Tanki Gelombang ( <i>Surge Tank</i> ) .....	132
4.6 Perencanaan Bangunan Pelengkap .....	134
4.6.1 Perencanaan Saluran Pembuang ( <i>Tailrace Cannal</i> ) .....	134
4.7 Tinggi Jatuh Efektif .....	137
4.7.1 Kehilangan Tinggi Tekan .....	137
4.8 Perencanaan Peralatan Hidromekanik dan Elektrik .....	142
4.8.1 Turbin Hidraulik .....	142
4.8.1.1 Metode Amerika (USBR) .....	144
4.8.1.2 Metode Eropa (ESHA) .....	155
4.8.1.3 Desain Turbin Yang Digunakan .....	164
4.8.2 Peralatan Elektrik .....	166
4.8.3 Perencanaan Rumah Pembangkit .....	171
4.9 Analisa Pembangkitan Energi .....	171
4.10 Analisa Ekonomi .....	174
4.10.1 Pendekatan yang dipergunakan .....	174
4.10.2 Estimasi Biaya .....	175

4.10.3	Estimasi Manfaat .....	181
4.10.4	Analisa Kelayakan Ekonomi .....	182
4.10.4.1	Analisa Ekuivalensi Terhadap Kelayakan Ekonomi.....	182
4.10.4.2	Analisa Kelayakan Ekonomi Menggunakan Aliran Dana( <i>Cash Flow</i> ).....	183
4.10.5	Analisa Sensitivitas .....	199
4.10.6	Pengambilan Keputusan.....	200

**BAB V PENUTUP**

5.1	Kesimpulan.....	201
5.2	Saran.....	202

**DAFTAR PUSTAKA**



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Klasifikasi PLTA Menurut Patty.....	9
Tabel 2.2. Nilai Kritis Chi-Square ( $X^2_{cr}$ ).....	13
Tabel 2.3. Nilai Kritis Smirnov Kolmogorov.....	15
Tabel 2.4. Nilai K Untuk Distribusi Log Pearson Type III.....	17
Tabel 2.5. Perbedaan Karakteristik Material Penstock.....	34
Tabel 2.6. Klasifikasi Dan Kapasitas Turbin.....	46
Tabel 2.7. Nilai Tekanan Atmosfer.....	54
Tabel 2.8. Nilai Tekanan Uap Air.....	55
Tabel 2.9. Efisiensi Turbin Untuk Berbagai Kondisi Beban.....	62
Tabel 2.10. Hubungan Antara Daya Generator Dengan Efisiensi.....	64
Tabel 2.11. Nilai Kecepatan Generator Untuk Generator Sinkron.....	64
Tabel 2.12. Usia Guna Jenis Bangunan Atau Peralatan Pembangkit Listrik.....	78
Tabel 4.1. Klasifikasi PLTA Lodoyo II.....	88
Tabel 4.2. Data Debit berdasarkan keandalan.....	88
Tabel 4.3. Data Debit Yang Diurutkan Dari Besar Ke Kecil.....	91
Tabel 4.4. Pembagian Interval Kelas Uji Chi kuadrat.....	92
Tabel 4.5. Perhitungan Uji Chi Kuadrat.....	92
Tabel 4.6. Perhitungan Uji Smirnov Kolmogorov.....	93
Tabel 4.7. Perhitungan Debit Banjir Rancangan Metode Log Pearson Tipe III.....	94
Tabel 4.8. Alternatif Debit Desain Yang Digunakan Untuk Analisa Energi.....	95
Tabel 4.9. Simulasi PLTA Lodoyo II.....	102
Tabel 4.10. Perhitungan Kapasitas Pintu Intake PLTA.....	113
Tabel 4.11. Perhitungan Kehilangan Tinggi Tekan Pada Terowongan.....	119
Tabel 4.12. Perhitungan Kehilangan Tinggi Tekan Akibat Diameter Pipa Pesat.....	126
Tabel 4.13. Ketebalan Pasir di Bawah Pipa.....	131
Tabel 4.14. Perhitungan Tinggi Muka Air Diatas Ambang.....	135
Tabel 4.15. Elevasi TWL Untuk Tiap Debit Operasional.....	136
Tabel 4.16. Perhitungan kehilangan tinggi dan tinggi jatuh efektif.....	141
Tabel 4.17. Alternatif Pemilihan Jumlah Kutub Terhadap Kecepatan Spesifik.....	147
Tabel 4.18. Analisa Kepekaan Kavitasasi Terhadap Elv TWL (USBR).....	150



Tabel 4.19. Perhitungan Dimensi Rumah Siput Turbin .....	152
Tabel 4.20. Perhitungan Dimensi <i>Draft Tube</i> Turbin .....	153
Tabel 4.21. Klasifikasi turbin berdasarkan tinggi jatuh ( $H_n$ ) .....	155
Tabel 4.22. Kepekaan Turbin Terhadap Variasi Debit Dan Tinggi Jatuh.....	157
Tabel 4.23. Alternatif Pemilihan Jumlah Kutub Terhadap Kecepatan Spesifik.....	158
Tabel 4.24. Analisa Kepekaan Kavitasasi Terhadap Elv TWL (ESHA).....	161
Tabel 4.25. Perhitungan Dimensi Rumah Siput Turbin .....	163
Tabel 4.26. Perhitungan Dimensi <i>Draft Tube</i> Turbin .....	164
Tabel 4.27. Rangkuman Spesifikasi Turbin Untuk Tiap Metode .....	165
Tabel 4.28. Tinggi Jatuh Effektif Berdasarkan Alternatif Debit .....	172
Tabel 4.29. Hasil Pembangkitan Energi harian Tiap Alternatif.....	173
Tabel 4.30. Analisa Kapasitas Terpasang Berdasarkan Tiap Alternatif.....	173
Tabel 4.31. Hasil Pembangkitan Energi Tahunan ( <i>Annual Generation</i> ) .....	174
Tabel 4.32. Parameter Estimasi Biaya Tiap Alternatif.....	175
Tabel 4.33. Hasil Perhitungan Estimasi Biaya Tiap Alternatif.....	180
Tabel 4.34. Kegiatan inspeksi dan pemeliharaan PLTA Lodooyo II.....	180
Tabel 4.35. Estimasi Manfaat Untuk Tiap Alternatif.....	182
Tabel 4.36. Cash Flow Alternatif I (Dalam Milyar Rupiah) .....	184
Tabel 4.37. Cash Flow Alternatif II (Dalam Milyar Rupiah) .....	187
Tabel 4.38. Cash Flow Alternatif III (Dalam Milyar Rupiah).....	190
Tabel 4.39. Cash Flow Alternatif IV (Dalam Milyar Rupiah).....	193
Tabel 4.40. Cash Flow Alternatif V (Dalam Milyar Rupiah).....	196
Tabel 4.41. Hasil Analisa Sensitivitas Tiap Alternatif.....	199
Tabel 4.42. Rangkuman Hasil Analisa Kelayakan Ekonomi .....	200
Tabel 4.43. Rangkuman Hasil Tiap Alternatif.....	200
Tabel 4.44. Parameter Desain Debit Alternatif 5 .....	200



**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2.1. Skema Konversi Energi Pada Pembangkit Lisrik Tenaga Air ..... 6

Gambar 2.2. Potongan Melintang Bendungan di PLTA ..... 10

Gambar 2.3. Kurva Durasi Aliran..... 11

Gambar 2.4. Grafik Hubungan Bilangan Froude Dengan TWL ..... 19

Gambar 2.5. Grafik Hubungan Bilangan Froude Dengan TWL ..... 19

Gambar 2.6. Tingkat Head Sumber Air ..... 21

Gambar 2.7. Pintu Pengambilan ..... 27

Gambar 2.8. Skema Inlet Pipa Pesat ..... 28

Gambar 2.9. Parameter Fisik Penyaring (trashrack) ..... 29

Gambar 2.10. Conduits Tipe Lingkaran..... 30

Gambar 2.11. Conduits tipe D ..... 30

Gambar 2.12. Conduits Horse shoe dan Modified shoe section..... 31

Gambar 2.13. Egg Shaped dan Eggclipse section ..... 31

Gambar 2.14. Sketsa pipa pesat tertanam..... 33

Gambar 2.15. Pipa pesat tertanam ..... 33

Gambar 2.16. Surge Tank..... 37

Gambar 2.17. Sketsa Tinggi Jatuh Efektif ..... 40

Gambar 2.18. Nilai f Berdasarkan Bentuk Inlet ..... 41

Gambar 2.19. Diagram Moody ..... 42

Gambar 2.20. Kisaran nilai  $\xi$  berdasarkan tipe kontraksi..... 43

Gambar 2.21. Sketsa Situasi Kehilangan Tinggi Akibat Penyempitan dan Pelebaran ..... 43

Gambar 2.22. Kisaran nilai  $\xi$  akibat belokan..... 44

Gambar 2.23. Kisaran nilai  $\xi$  akibat pintu dan katup ..... 44

Gambar 2.24. Jenis Turbin Untuk Pembangkitan Tenaga Air ..... 46

Gambar 2.25. Grafik Pemilihan Jenis Turbin Berdasarkan Kecepatan Spesifik dan Tinggi Jatuh ..... 47

Gambar 2.26. Grafik Pemilihan Jenis Turbin Berdasarkan Kecepatan Spesifik, Tinggi Jatuh dan Daya ..... 47

Gambar 2.27. Skema Pemasangan Turbin Untuk Analisa Kavitasi ..... 52

Gambar 2.28. Pemilihan Bentuk Runner Berdasarkan Kecepatan Spesifik..... 57

Gambar 2.29. Skema Runner Untuk Turbin Kaplan..... 57

Gambar 2.30. Skema Rumah siput (spiral case) ..... 59





Gambar 2.31. Dimensi Draft Tube Untuk Turbin Kaplan .....	61
Gambar 2.32. Kisaran Nilai Efisiensi Untuk Tiap Jenis Turbin.....	62
Gambar 2.33. Pengatur Kecepatan(Governor) Tipe Mekanik.....	66
Gambar 2.34. Peningkat Kecepatan Tipe Parallel Shaft dan Bevel Gears.....	67
Gambar 2.35. Peningkat kecepatan tipe belst speed increaser .....	67
Gambar 2.36. Switchgears.....	68
Gambar 3.1. Peta Lokasi Daerah Studi.....	81
Gambar 3.2. Peta situasi DAS Brantas .....	81
Gambar 3.3. Diagram alir pengerjaan skripsi .....	86
Gambar 4.1. Sketsa konsep PLTA Lodoyo II.....	87
Gambar 4.2. Kurva Durasi Aliran Pada Bendung Gerak Lodoyo.....	89
Gambar 4.3. Kurva Durasi Aliran Pada Bendung Gerak Lodoyo.....	90
Gambar 4.4. Debit Desain Untuk Perencanaan Desain Bangunan .....	95
Gambar 4.5. Diagram Alir Simulasi.....	97
Gambar 4.6. Desain Pintu Intake PLTA Lodoyo II .....	112
Gambar 4.7. Kapasitas Pintu Intake PLTA Lodoyo II .....	114
Gambar 4.8. Desain Trashrack Intake PLTA Lodoyo II.....	115
Gambar 4.9. Desain Inlet Terowongan.....	122
Gambar 4.10. Desain Diameter dan Tebal Burried Penstock.....	132
Gambar 4.11. Rating Curve Pada Ambang.....	136
Gambar 4.12. Skema Kehilangan Tinggi Tekan.....	138
Gambar 4.13. Diagram Alir Perencanaan Turbin Hidraulik.....	143
Gambar 4.14. Grafik Pemilihan Tipe Turbin .....	144
Gambar 4.15. Detail Turbin Kaplan.....	145
Gambar 4.16. Grafik Pemilihan Tipe Turbin Yang Disarankan Menurut USBR.....	145
Gambar 4.17. Posisi Titik Pusat Turbin Terhadap TWL.....	149
Gambar 4.18. Bentuk Tipikal Diameter Turbin Kaplan.....	150
Gambar 4.19. Penjelasan Tiap Section Rumah Siput.....	152
Gambar 4.20. Penjelasan Tiap Section Draft Tube .....	153
Gambar 4.21. Nilai Kisaran Efisiensi Turbin .....	154
Gambar 4.22. Grafik Pemilihan Tipe Turbin Yang Disarankan Menurut ESHA.....	156
Gambar 4.23. Generator Brush Type Exciter .....	167
Gambar 4.24. Generator Brushless Type Exciter.....	168
Gambar 4.25. Desain Tipikal Parralel Shaft Speed Increaser.....	170

Gambar 4.26. Kurva Cash Flow Alternatif 1 .....	186
Gambar 4.27. Kurva Cash Flow Alternatif 2 .....	189
Gambar 4.28. Kurva Cash Flow Alternatif 3 .....	192
Gambar 4.29. Kurva Cash Flow Alternatif 4 .....	195
Gambar 4.30. Kurva Cash Flow Alternatif 5 .....	198

