

**DAFTAR ISI**

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

**DAFTAR ISI** ..... ii

**DAFTAR GAMBAR** ..... viii

**DAFTAR TABEL** ..... xi

**BAB I. PENDAHULUAN**

1.1. Latar Belakang ..... 1

1.2. Identifikasi Masalah ..... 2

1.3. Batasan Masalah ..... 2

1.4. Rumusan Masalah ..... 3

1.5. Tujuan dan Manfaat ..... 3

**BAB II. TINJAUAN PUSTAKA**

2.1. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) ..... 4

    2.1.1. Potensi Tenaga Air di Indonesia ..... 4

    2.1.2. Definisi PLTA ..... 4

    2.1.3. Klasifikasi PLTA ..... 4

    2.1.4. PLTA Run Of River (PLTA ROR) ..... 5

2.2. Analisa Hidrologi ..... 5

    2.2.1. Debit Andalan ..... 5

        2.2.1.1. Simulasi Debit Metode Tank Model Sugawara ..... 7

            2.2.1.1.1. Dasar Teori Model Tangki ..... 8

            2.2.1.1.2. Prosedur Perhitungan Model Tangki ..... 9

    2.2.2. Debit Banjir Rancangan ..... 9

        2.2.2.1. Curah Hujan Rancangan Metode Gumbel ..... 10

        2.2.2.2. Uji Kesesuaian Distribusi ..... 10

            2.2.2.2.1. Uji Smirnov Kolmogorov ..... 11

            2.2.2.2.2. Uji Chi-Kuadrat ..... 11

        2.2.2.3. Koefisien Pengaliran ..... 12

        2.2.2.4. Distribusi Hujan Jam-Jaman ..... 14

        2.2.2.5. Hujan Netto Efektif ..... 14



2.2.2.6. Aliran Dasar (Base Flow) .....	15
2.2.2.7. Hidrograf Satuan Sintetik Metode Nakayasu .....	15
2.3. Analisa Hidrolika dan Dimensi Bangunan .....	17
2.3.1. Perencanaan Bangunan Utama .....	17
2.3.1.1. Lebar Efektif Mercu .....	18
2.3.1.2. Mercu Bendung .....	20
2.3.1.2.1. Mercu Bulat .....	21
2.3.1.2.2. Mercu Ogee .....	21
2.3.1.3. Kolam Olak .....	22
2.3.1.4. Pembilas Sedimen Hulu Bendung .....	25
2.3.1.4.1. Pembilas Bawah .....	28
2.3.1.5. Pintu Intake .....	29
2.3.2. Perencanaan Bangunan Tengah .....	30
2.3.2.1. Perencanaan Saluran Pengantar .....	30
2.3.2.2. Perencanaan Sandtrap/Kantong Lumpur .....	30
2.3.2.3. Pelimpah .....	33
2.3.2.3.1. Mercu Pelimpah .....	33
2.3.2.3.2. Saluran Samping Pelimpah .....	34
2.3.2.4. Pembilas Kantong Lumpur .....	35
2.3.2.5. Pintu Power Intake .....	35
2.3.2.6. Penyaring (Trashrack) .....	36
2.3.2.7. Bak Penenang (Forebay) .....	36
2.3.3. Bangunan Pembawa .....	37
2.3.3.1. Terowongan (Tunnels) .....	37
2.3.3.2. Pipa Pesat (Penstock) .....	39
2.3.3.3. Tangki Gelombang (Surge Tanks) .....	42
2.3.3.4. Saluran Pembuang (Tailrace Cannal) .....	44
2.3.3.5. Tinggi Jatuh Efektif (Net Head) .....	44
2.3.3.5.1. Kehilangan Tinggi Tekan (Head Loss) .....	45
2.3.3.6. Turbin Hidraulik .....	48
2.3.3.6.1. Klasifikasi Turbin .....	48
2.3.3.6.2. Karakteristik Turbin .....	50
2.3.3.6.3. Kavitasi dan Titik Pusat Turbin .....	51

2.3.3.6.4. Dimensi Turbin .....	55
2.3.3.6.5. Efisiensi Turbin .....	59
2.3.3.7. Peralatan dan Fasilitas Listrik .....	59
2.3.3.7.1. Generator .....	60
2.3.3.7.2. Pengatur Kecepatan .....	61
2.3.3.7.3. Peningkat Kecepatan (Speed Increaser) .....	62
2.3.3.7.4. Transformer (Travo) .....	63
2.3.3.7.5. Peralatan Pengatur (Switchgear).....	63
2.3.3.7.6. Aksesoris Kelengkapan (Auxiliary Equipment).....	64
2.4. Energi.....	64
2.4.1. Sistem Operasi PLTA.....	65
2.5. Analisa Stabilitas .....	65
2.5.1. Gaya Yang Bekerja.....	65
2.5.1.1. Tekanan Air .....	66
2.5.1.2. Tekanan Air pori (Up Lift) .....	66
2.5.1.3. Berat Bangunan.....	66
2.5.1.4. Tekanan Tanah.....	67
2.5.1.5. Tekanan Lumpur (Sedimen) .....	67
2.5.1.6. Gaya Gempa .....	67
2.5.2. Kontrol Stabilitas.....	68
2.5.2.1. Stabilitas Terhadap Erosi Bawah Bendung (Piping) .....	68
2.5.2.2. Stabilitas Terhadap Guling .....	70
2.5.2.3. Stabilitas Terhadap Geser .....	70
2.5.2.4. Stabilitas Terhadap Daya Dukung Tanah .....	71

### **BAB III. METODE PENELITIAN**

3.1. Kondisi Umum Kabupaten Jayawijaya .....	72
3.1.1. Kondisi Geografis.....	72
3.1.2. Kondisi Topografi .....	72
3.1.3. Kondisi Administrasi.....	73
3.1.4. Kondisi Klimatologi .....	74
3.2. Gambaran Umum Wilayah Studi .....	76
3.2.1. Lokasi Wilayah Studi .....	76

3.2.2. Aksesibilitas Lokasi Studi.....	78
3.2.3. Daerah Aliran Sungai (DAS) Baliem.....	79
3.3. Data-data yang Diperlukan.....	80
3.4. Langkah-langkah Studi.....	80

## **BAB IV. PEMBAHASAN**

4.1. Analisa Hidrologi.....	84
4.1.1. Analisa Debit Andalan.....	84
4.1.1.1. Simulasi Debit Metode Model Tank.....	84
4.1.1.2. Flow Duration Curve.....	88
4.1.2. Analisa Debit Rancangan.....	89
4.1.2.1. Hujan Rancangan Metode Gumbel.....	89
4.1.2.2. Uji Kesesuaian Distribusi.....	90
4.1.2.2.1. Uji Smirnov Kolmogrov.....	90
4.1.2.2.2. Uji Chi Square.....	92
4.1.2.3. Distribusi Hujan Netto Jam-jaman.....	94
4.1.2.4. Hidrograf Satuan Sintetik Nakayasu.....	95
4.2. Analisa Hidrolika Dan Dimensi Bangunan.....	100
4.2.1. Analisa Debit Pembangkitan.....	100
4.2.2. Perencanaan Bangunan Utama.....	101
4.2.2.1. Profil Aliran di Mercu Bendung.....	101
4.2.2.2. Profil Aliran di Hilir Mercu Bendung.....	103
4.2.2.3. Perencanaan Kolam Olak.....	105
4.2.2.3.1. Elevasi Dasar Kolam Olak.....	105
4.2.2.3.2. Dimensi Kolam Olak Tipe Bucket.....	108
4.2.2.4. Pintu Pembilas Bawah Hulu Bendung.....	109
4.2.3. Perencanaan Bangunan Tengah.....	110
4.2.3.1. Profil Aliran di Pintu Intake.....	110
4.2.3.2. Profil Aliran di Saluran Pengantar.....	112
4.2.3.3. Profil Aliran di Kantong Lumpur.....	113
4.2.3.4. Pintu Pembilas Kantong Lumpur.....	115
4.2.3.5. Saluran Pembilas.....	116
4.2.3.6. Profil Aliran di Pelimpah Kantong Lumpur.....	117

4.2.3.7. Saluran Samping Pelimpah.....	119
4.2.3.8. Pintu Power Intake.....	121
4.2.3.9. Penyaring (Trashrack).....	122
4.2.3.10. Bak Penenang (Forebay).....	123
4.2.4. Perencanaan Bangunan Pembawa.....	124
4.2.4.1. Perencanaan Terowongan (Tunnel).....	124
4.2.4.1.1. Perencanaan Diameter Terowongan.....	124
4.2.4.1.2. Kehilangan Tinggi Tekan Pada Terowongan (Ht).....	125
4.2.4.1.3. Kedalaman Aliran Tekan.....	126
4.2.4.1.4. Menghitung Panjang Saluran Transisi inlet (Lt).....	127
4.2.4.2. Perencanaan Pipa Pesat (Penstock).....	128
4.2.4.2.1. Diameter Pipa Pesat.....	128
4.2.4.2.2. Kehilangan Tinggi Tekan Pada Pipa Pesat.....	129
4.2.4.2.3. Tebal Pipa Pesat.....	131
4.2.4.2.4. Material Jenis Baja Pipa Pesat.....	131
4.2.4.2.5. Pengaruh Pukulan Air Terhadap Pipa Pesat.....	132
4.2.4.3. Perencanaan Tangki Gelombang (Surge Tank).....	133
4.2.4.3.1. Kebutuhan Terhadap Tangki Gelombang.....	134
4.2.4.3.2. Diameter Tangki Gelombang Menggunakan Rumus Thoma.....	134
4.2.4.3.3. Tinggi Muka Air dalam Tangki Gelombang(MetodePermakian).....	134
4.2.4.4. Tinggi Jatuh Efektif (Net Head).....	135
4.2.4.5. Perencanaan Turbin Hidraulik.....	136
4.2.4.5.1. Pemilihan Tipe Turbin.....	136
4.2.4.5.2. Kecepatan Spesifik Turbin.....	140
4.2.4.5.3. Titik Pusat Turbin.....	141
4.2.4.5.4. Kontrol Gejala Kavitasi.....	143
4.2.4.5.5. Dimensi turbin.....	143
4.2.4.5.6. Effisiensi Turbin.....	146
4.2.4.5.7. Rangkuman Spesifikasi Turbin.....	147
4.2.4.6. Peralatan Elektrik.....	147
4.2.4.6.1. Generator.....	148
4.2.4.6.2. Peningkat Kecepatan (Speed Increaser).....	150
4.2.4.6.3. Pengatur Kecepatan (Governor).....	150

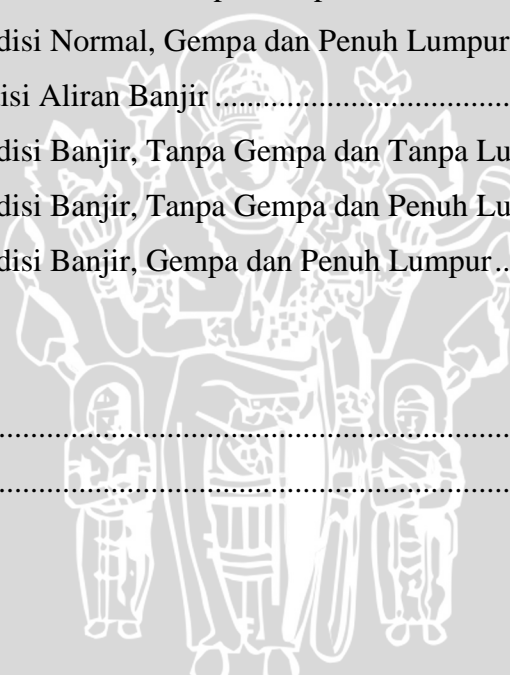
4.2.4.6.4. Transformer (Travo) .....	150
4.2.4.6.5. Peralatan Pengatur Kelistrikan (Switchgear Equipment) .....	150
4.2.4.6.6. Aksesoris Pelengkap (Auxiliary Equipment) .....	150
4.2.4.7. Perencanaan Saluran Pembuang (Tailrace Cannal).....	151
4.3. Analisa Pembangkitan Energi .....	152

**BAB V. STABILITAS BENDUNG**

5.1. Data Yang Digunakan .....	155
5.2. Analisa Stabilitas Bendung .....	156
5.2.1. Analisa Stabilitas Kondisi Aliran Normal .....	157
5.2.1.1. Kontrol Stabilitas Kondisi Normal, Tanpa Gempa dan Tanpa Lumpur.....	159
5.2.1.2. Kontrol Stabilitas Kondisi Normal, Tanpa Gempa dan Penuh Lumpur.....	160
5.2.1.3. Kontrol Stabilitas Kondisi Normal, Gempa dan Penuh Lumpur.....	161
5.2.2. Analisa Stabilitas Kondisi Aliran Banjir .....	162
5.2.2.1. Kontrol Stabilitas Kondisi Banjir, Tanpa Gempa dan Tanpa Lumpur.....	164
5.2.2.2. Kontrol Stabilitas Kondisi Banjir, Tanpa Gempa dan Penuh Lumpur .....	165
5.2.2.3. Kontrol Stabilitas Kondisi Banjir, Gempa dan Penuh Lumpur.....	166

**BAB VI. PENUTUP**

6.1. Kesimpulan.....	168
6.2. Saran .....	169



**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 2.1. Skema PLTA Run Of River.....5

Gambar 2.2. Kurva Durasi Aliran ..... 6

Gambar 2.3. Skema Metode Model Tank dengan 3 Tangki..... 7

Gambar 2.4. Limpasan yang keluar dari Model Tangki.....8

Gambar 2.5. Hidrograf Satuan Sintetik Metode Nakayasu ..... 16

Gambar 2.6. Lebar Efektif Mercu ..... 19

Gambar 2.7. Sketsa Aliran Diatas Mercu Bendung.....20

Gambar 2.8. Bendung Mercu Bulat.....21

Gambar 2.9. Bentuk Mercu Tipe Ogee..... 22

Gambar 2.10. Kasus-kasus Aliran di Kolam Olak ..... 23

Gambar 2.11. Tipe-tipe Pintu Bilas ..... 25

Gambar 2.12. Jenis Aliran Pada Pintu ..... 28

Gambar 2.13. Pembilas Bawah ..... 29

Gambar 2.14. Skema Pengendapan Partikel Sedimen.....31

Gambar 2.15. Hubungan Antara Diameter Saringan Dan Kecepatan Endap.....31

Gambar 2.16. Hubungan Kecepatan dan Tegangan Geser Kritis Dengan Besarnya  
Butiran Untuk  $\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$  (Pasir)..... 32

Gambar 2.17. Efisiensi Pengendapan Kantong Lumpur Untuk Aliran Turbulensi.....33

Gambar 2.18. Tekanan pada mercu bendung bulat sebagai fungsi perbandingan  $H_1/r$ . 34

Gambar 2.19. Parameter Fisik Trashrack ..... 36

Gambar 2.20. Tipe tipe bentuk dari bak penampung (forebay).....37

Gambar 2.21. Penampang lingkaran.....38

Gambar 2.22. Penampang berbentuk D ..... 38

Gambar 2.23. Penampang Tapal Kuda ..... 38

Gambar 2.24. Pipa Pesat Dan Kelengkapannya ..... 40

Gambar 2.25. Surge Tanks ..... 43

Gambar 2.26. Saluran Tailrace ..... 44

Gambar 2.27. Sketsa Tinggi Jatuh Effektiv ..... 45

Gambar 2.28. Nilai f Berdasarkan Bentuk Inlet ..... 45

Gambar 2.29. Kisaran nilai  $\xi$  Berdasarkan Tipe Kontraksi ..... 47

Gambar 2.30. Sketsa Situasi Kehilangan Tinggi Akibat Penyempitan Dan Pelebaran..47



Gambar 2.31. Kisaran Nilai $\xi$ Akibat Belokan.....	47
Gambar 2.32. Kisaran Nilai $\xi$ Akibat Pintu dan Katup .....	48
Gambar 2.33. Jenis Turbin Untuk Pembangkitan Tenaga Air .....	49
Gambar 2.34. Jenis Turbin Berdasarkan Kecepatan Spesifik Dan Tinggi Jatuh .....	49
Gambar 2.35. Grafik Pemilihan Tipe Turbin Menurut ESHA .....	50
Gambar 2.36. Skema Pemasangan Turbin Untuk Analisa Kavitas.....	52
Gambar 2.37. Pemilihan Bentuk Runner Berdasarkan Kecepatan Spesifik.....	55
Gambar 2.38. Skema Runner Untuk Turbin Francis.....	56
Gambar 2.39. Skema Rumah siput (Spiral Case).....	57
Gambar 2.40. Dimensi Draft Tube Untuk Turbin Kaplan .....	58
Gambar 2.41. Kisaran Nilai Efisiensi Untuk Tiap Jenis Turbin .....	59
Gambar 2.42. Pengatur Kecepatan (Governor) Tipe Mekanik .....	62
Gambar 2.43. Peningkat Kecepatan Tipe Parallel Shaft Dan Bevel Gears .....	62
Gambar 2.44. Peningkat Kecepatan Tipe Belst Speed Increaser .....	63
Gambar 2.45. Switchgears.....	63
Gambar 3.1. Curah Hujan Bulanan (mm) Tahun 2013 .....	75
Gambar 3.2. Tekanan Udara (mb) Tahun 2013.....	76
Gambar 3.3. Kecepatan Angin (knot) Tahun 2013 .....	76
Gambar 3.4. Peta Lokasi Studi Perencanaan PLTA ROR Baliem .....	77
Gambar 3.5. Sketsa Jalur Jalan Menuju Ke PLTA Baliem .....	78
Gambar 3.6. DAS Baliem.....	79
Gambar 3.7. Sungai Baliem .....	79
Gambar 3.8. Diagram Alir Pengerjaan Skripsi.....	83
Gambar 4.1. Susunan Model Tangki Simulasi Debit Sungai Baliem .....	84
Gambar 4.2. Grafik Debit Bulanan Metode Model Tank Tahun 1992.....	87
Gambar 4.3. Flow Duration Curve Sungai Baliem .....	88
Gambar 4.4. Hidrograf Sintetik Satuan Nakayasu .....	99
Gambar 4.5. Hidrograf Banjir Rancangan Kala Ulang 100 Tahun .....	99
Gambar 4.6. Mercu Pelimpah Tipe Ogee I .....	101
Gambar 4.7. Sketsa Aliran diatas Mercu Bendung .....	103
Gambar 4.8. Sketsa Lebar Mercu Efektif (Be).....	103
Gambar 4.9. Sketsa $\Delta Z$ , P, dan Z .....	104
Gambar 4.10. Sketsa Loncatan Hidrolik di Kolam Olak .....	105



Gambar 4.11. Kasus-kasus Loncatan Air .....	107
Gambar 4.12. Sketsa Dimensi Kolam Olak Tipe Bucket .....	108
Gambar 4.13. Grafik Hubungan $R_{min}/hc$ dan $\Delta H/hc$ .....	108
Gambar 4.14. Grafik Hubungan $T_{min}/hc$ dan $\Delta H/hc$ .....	109
Gambar 4.15. Sketsa Pintu Pembilas .....	110
Gambar 4.16. Kurva Kapasitas Pintu Intake .....	111
Gambar 4.17. Sketsa Kantong Lumpur .....	113
Gambar 4.18. Sketsa Slope Saluran Atas dan Kantong Lumpur.....	114
Gambar 4.19. Sketsa Pelimpah Mercu Bulat.....	117
Gambar 4.20. Tekanan Pada Mercu Bulat.....	118
Gambar 4.21. Kurva Kapasitas Pintu Intake .....	122
Gambar 4.22. Sketsa Aliran Pada Penyaring.....	123
Gambar 4.23. Sketsa Aliran Pada Bak Penenang.....	123
Gambar 4.24. Sketsa Kedalaman Aliran Tekan .....	127
Gambar 4.25. Sketsa Tinggi Jatuh.....	135
Gambar 4.26. Diagram Alir Perencanaan Turbin Hidraulik .....	136
Gambar 4.27. Grafik Pemilihan Tipe Turbin Menurut ESHA .....	137
Gambar 4.28. Turbin Francis Dengan Poros Horizontal .....	138
Gambar 4.29. Turbin Francis Dengan Poros Vertikal .....	138
Gambar 4.30. Kriteria Pemilihan Jenis Turbin.....	139
Gambar 4.31. Sketsa Titik Pusat Turbin.....	142
Gambar 4.32. Sketsa Runner Turbin Francis .....	144
Gambar 4.33. Sketsa Rumah Siput Turbin Francis .....	145
Gambar 4.34. Sketsa Draft Tube Turbin Francis.....	146
Gambar 4.35. Nilai Kiasaran Efisiensi Turbin .....	147
Gambar 4.36. Generator Brush Type Exciter .....	148
Gambar 4.37. Generator Brushless type exciter .....	149
Gambar 4.38. Desain Tipikal Parralel Shaft Speed Increaser (Penche,2004) .....	150

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Nilai kritis Do untuk uji Smirnov-Kolmogorov .....	13
Tabel 2.2. Nilai Kritis Untuk Distribusi Chi-Kuadrat .....	13
Tabel 2.3. Harga Komponen Cp oleh Faktor Intensitas Hujan .....	14
Tabel 2.4. Harga Komponen Ct oleh Faktor Topografi .....	14
Tabel 2.5. Harga Komponen Co oleh Faktor Tampang Permukaan .....	14
Tabel 2.6. Harga Komponen Cs oleh Faktor Infiltrasi .....	14
Tabel 2.7. Harga Komponen Cc oleh Penutup Lahan .....	15
Tabel 2.8. Harga-harga koefisien Ka dan Kp .....	19
Tabel 2.9. Harga-harga K dan n .....	22
Tabel 2.10. Karakteristik Bahan Material Pipa Pesat .....	41
Tabel 2.11. Klasifikasi dan Kapasitas Turbin .....	49
Tabel 2.12. Nilai Tekanan Atmosfer .....	53
Tabel 2.13. Nilai Tekanan Uap Air .....	54
Tabel. 2.14. Hubungan Antara Daya Generator Dengan Effisiensi .....	61
Tabel 2.15. Nilai Kecepatan Generator Untuk Generator Sinkron .....	61
Tabel 2.16. Harga Minimum Angka Rembesan Lane (CL) .....	70
Tabel 2.17. Daya Dukung Ijin .....	71
Tabel 3.1. Luas Kecamatan Pada Kabupaten Jayawijaya .....	73
Tabel 3.2. Jumlah Penduduk Kabupaten Jayawijaya Tahun 2012 .....	74
Tabel 3.3. Suhu Dan Kelembapan Udara Tahun 2013 .....	75
Tabel 4.1. Parameter dan Koefisien Model Tangki .....	85
Tabel 4.2. Simulasi Debit Metode Model Tank Tahun 1992 .....	87
Tabel 4.3. Data Debit Berdasarkan Keandalan .....	88
Tabel 4.4. Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan .....	89
Tabel 4.5. Perhitungan Parameter Metode Gumbel .....	90
Tabel 4.6. Perhitungan Hujan Rancangan Metode Gumbel .....	90
Tabel 4.7. Perhitungan Probabilitas Teoritis (Pt) .....	91
Tabel 4.8. Probabilitas Curah Hujan .....	92
Tabel 4.9. Pembagian Interval Kelas Uji Chi Kuadrat .....	93
Tabel 4.10. Perhitungan Uji Chi Kuadrat .....	93
Tabel 4.11. Pola Distribusi Hujan Jam-jaman .....	94

Tabel 4.12. Distribusi Hujan Netto Jam-jaman .....	95
Tabel 4.13. Interval Waktu Lengkung Debit .....	96
Tabel 4.14. Debit Banjir Rancangan Kala Ulang 100 Tahun .....	96
Tabel 4.15. Rekapitulasi Banjir Rancangan Berbagai Kala Ulang .....	99
Tabel 4.16. Profil Aliran di Hulu Mercu Bendung .....	103
Tabel 4.17. Profil Aliran di Hilir Mercu Bendung Saat Q100 .....	105
Tabel 4.18. Rating Curve di Sungai Hilir Bendung .....	106
Tabel 4.19. Kapasitas Pintu Intake .....	111
Tabel 4.20. Profil Aliran di Saluran Pengantar .....	112
Tabel 4.21. Profil Aliran di Saluran Atas .....	115
Tabel 4.22. Profil Aliran di Hilir Mercu Pelimpah .....	119
Tabel 4.23. Profil Aliran di Saluran Samping Pelimpah .....	121
Tabel 4.24. Kapasitas Pintu Intake .....	122
Tabel 4.25. Perhitungan Diameter Terowongan .....	125
Tabel 4.26. Perhitungan Kehilangan Tinggi Tekan Pada Terowongan .....	126
Tabel 4.27. Perhitungan Kehilangan Tinggi Tekan Setiap Diameter Pipa Pesat .....	130
Tabel 4.28. Spesifikasi Baja SM 400B .....	131
Tabel 4.29. Perhitungan Tinggi Jatuh Effektif (Net Head) .....	135
Tabel 4.30. Klasifikasi Turbin Berdasarkan Tinggi Jatuh ( $H_n$ ) .....	137
Tabel 4.31. Kepekaan Turbin Terhadap Variasi Debit dan Tinggi Jatuh .....	138
Tabel 4.32. Alternatif Pemilihan Jumlah Kutub Terhadap Kecepatan Spesifik .....	141
Tabel 4.33. Analisa Kepekaan Kavitasasi Terhadap Elv TWL (ESHA) .....	143
Tabel 4.34. Perhitungan Dimensi Rumah Siput Turbin .....	145
Tabel 4.35. Perhitungan Dimensi Draft Tube Turbin .....	146
Tabel 4.36. Rangkuman Spesifikasi Turbin .....	147
Tabel 4.37. Profil Aliran Diatas Ambang .....	152
Tabel 4.38. Tinggi Jatuh Efektif Berdasarkan Alternatif Debit .....	153
Tabel 4.39. Hasil Pembangkitan Energi Harian Tiap Alternatif .....	154
Tabel 4.40. Analisa Kapasitas Terpasang Berdasarkan Tiap Alternatif .....	154
Tabel 4.41. Hasil Pembangkitan Energi Tahunan (Annual Generation) .....	154
Tabel 5.1. Perhitungan Jalur Rembesan dan Tekanan Air Kondisi Normal .....	157
Tabel 5.2. Momen Tahan dan Gaya Vertikal Akibat Tubuh Bendung dan Hidrostatik .....	158
Tabel 5.3. Momen Guling dan Gaya Vertikal Akibat Up-Lift .....	158

Tabel 5.4. Momen Guling dan Gaya Horizontal Akibat Tekanan Air, Tanah, Lumpur 158

Tabel 5.5. Momen Tahan dan Gaya Horizontal Akibat Tekanan Air dan Tanah..... 158

Tabel 5.6. Momen Guling dan Gaya Horizontal Akibat Gempa Pada Bangunan..... 159

Tabel 5.7. Momen dan Gaya Horizontal Akibat Gempa Pada Tanah, Lumpur, Air ..... 159

Tabel 5.8. Perhitungan Jalur Rembesan dan Tekanan Air Kondisi Banjir..... 162

Tabel 5.9. Momen Tahan dan Gaya Vertikal Akibat Tubuh Bendung dan Hidrostatik . 163

Tabel 5.10. Momen Guling dan Gaya Vertikal Akibat Up-Lift..... 163

Tabel 5.11. Momen Guling dan Gaya Horizontal Akibat Tekanan Air,Tanah,Lumpur 163

Tabel 5.12. Momen Tahan dan Gaya Horizontal Akibat Tekanan Air dan Tanah..... 164

Tabel 5.13. Momen Guling dan Gaya Horizontal Akibat Gempa Pada Bangunan..... 164

Tabel 5.14. Momen dan Gaya Horizontal Akibat Gempa Pada Tanah, Lumpur, Air .... 164

