

KATA PENGANTAR

Dengan Menyebut Nama Allah Yang Maha Pengasih Lagi Maha Penyayang. Rasa syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahu Wata'ala yang telah memberikan rahmat, petunjuk dan hidayah-Nya kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul **“Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) di Sungai Atei Desa Tumbang Atei Kecamatan Sanamang Mantikai Kabupaten Katingan Provinsi Kalimantan Tengah”**. Tidak lupa shalawat serta salam patut dihaturkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW yang menjadi suri tauladan bagi setiap umat manusia. Amin.

Penyusunan Skripsi ini merupakan salah satu syarat yang harus ditempuh oleh mahasiswa Teknik Pengairan Universitas Brawijaya. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian Skripsi ini, antara lain :

1. Allah SWT yang senantiasa memberikan rahmat dan hidayah yang tiada henti kepada penulis.
2. Bapak Dr. Ir. Pitojo Tri Juwono, MT. dan Bapak Prima Hadi Wicaksono, ST., MT. selaku dosen pembimbing yang dengan sabar memberikan ilmu, masukan dan arahan selama penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Ir. Suwanto Marsudi, MS. dan Bapak Anggara WWS, ST., M.Tech. selaku dosen penguji, atas segala kritik dan saran yang telah diberikan untuk perbaikan skripsi ini.
4. Seluruh dosen Jurusan Teknik Pengairan yang telah memberikan ilmunya kepada penulis, serta staff karyawan TU Jurusan Teknik Pengairan atas bantuannya.
5. Kedua Orang Tua dan keluarga atas segala do'a, kasih sayang, pengorbanan, dan dukungan yang telah diberikan.
6. Teman-teman Teknik Pengairan Universitas Brawijaya khususnya angkatan 2010.
7. Seluruh pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan skripsi ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Akhir kata penulis berharap laporan ini dapat memberi manfaat kepada kita semua, terutama kepada Bangsa dan Negara.

Segala Puji Bagi Allah SWT Tuhan Semesta Alam.

Malang, April 2015

Penulis

ABSTRAK

Yogi Suryo Setyo Putro, Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, 2015. *Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) di Sungai Atei Desa Tumbang Atei Kecamatan Sanamang Mantikai Kabupaten Katingan Provinsi Kalimantan Tengah*. Dosen Pembimbing: Dr. Ir. Pitojo Tri Juwono, MT dan Prima Hadi Wicaksono, ST., MT.

Indonesia memiliki potensi sumber energi terbarukan dalam jumlah besar, termasuk tenaga air. Banyak sungai di Indonesia yang belum dimanfaatkan untuk membangkitkan energi listrik. Disamping itu, krisis energi yang terjadi di dunia meningkatkan kesadaran untuk mengembangkan pembangkit tambahan berbahan bakar energi terbarukan, termasuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH). Perkembangan listrik pedesaan yang belum terjangkau listrik PLN masih tergantung pada pemakaian mesin diesel/*genset*. Minat terhadap mesin diesel/*genset* telah mengalami penurunan dikarenakan biaya operasional terutama bahan bakar yang terus meningkat.

Penelitian tugas akhir ini dilakukan dalam kelompok, yang terdiri dari analisa teknis dan analisa ekonomi. Pada tugas akhir ini dibahas kajian teknis studi potensi PLTMH di Sungai Atei Desa Tumbang Atei Kabupaten Katingan, Kalimantan Tengah. Studi ini diawali dengan perhitungan curah hujan dan pendugaan debit sungai yang berguna untuk menghitung debit andalan yang tersedia untuk pembangkitan listrik, desain bangunan hantar dan menganalisa tinggi jatuh efektif yang terjadi. Studi dilanjutkan dengan pemilihan turbin dan perhitungan daya dan energi per tahunnya. Pengoptimalan potensi dilakukan dengan melakukan perhitungan kelayakan ekonomi.

Berdasarkan analisa yang telah dilakukan, aliran Sungai Atei secara teknis dapat digunakan untuk membangkitkan listrik dengan tinggi jatuh efektif yang terjadi sebesar 7,03 meter dan debit andalan menggunakan debit andalan Q_{60} sebesar 1,393 m³/dt. Dengan debit dan tinggi jatuh yang tersedia PLTMH Tumbang Atei menggunakan turbin *Crossflow* dengan diameter pipa pesat sebesar 0,9 meter dan ketebalan 4 mm. Potensi daya total PLTMH Tumbang Atei sebesar 73,03 kW, dan energi per tahun yang dihasilkan sebesar 577.054,99 kWh. Secara ekonomi, PLTMH Tumbang Atei layak untuk direncanakan karena dari hasil perhitungan menunjukkan nilai $B/C > 1$ dan modal akan kembali pada tahun ke-8.

Kata kunci: debit andalan, diameter pipa, tinggi jatuh efektif, turbin, daya, energi pertahun, kelayakan ekonomi.

DAFTAR ISI

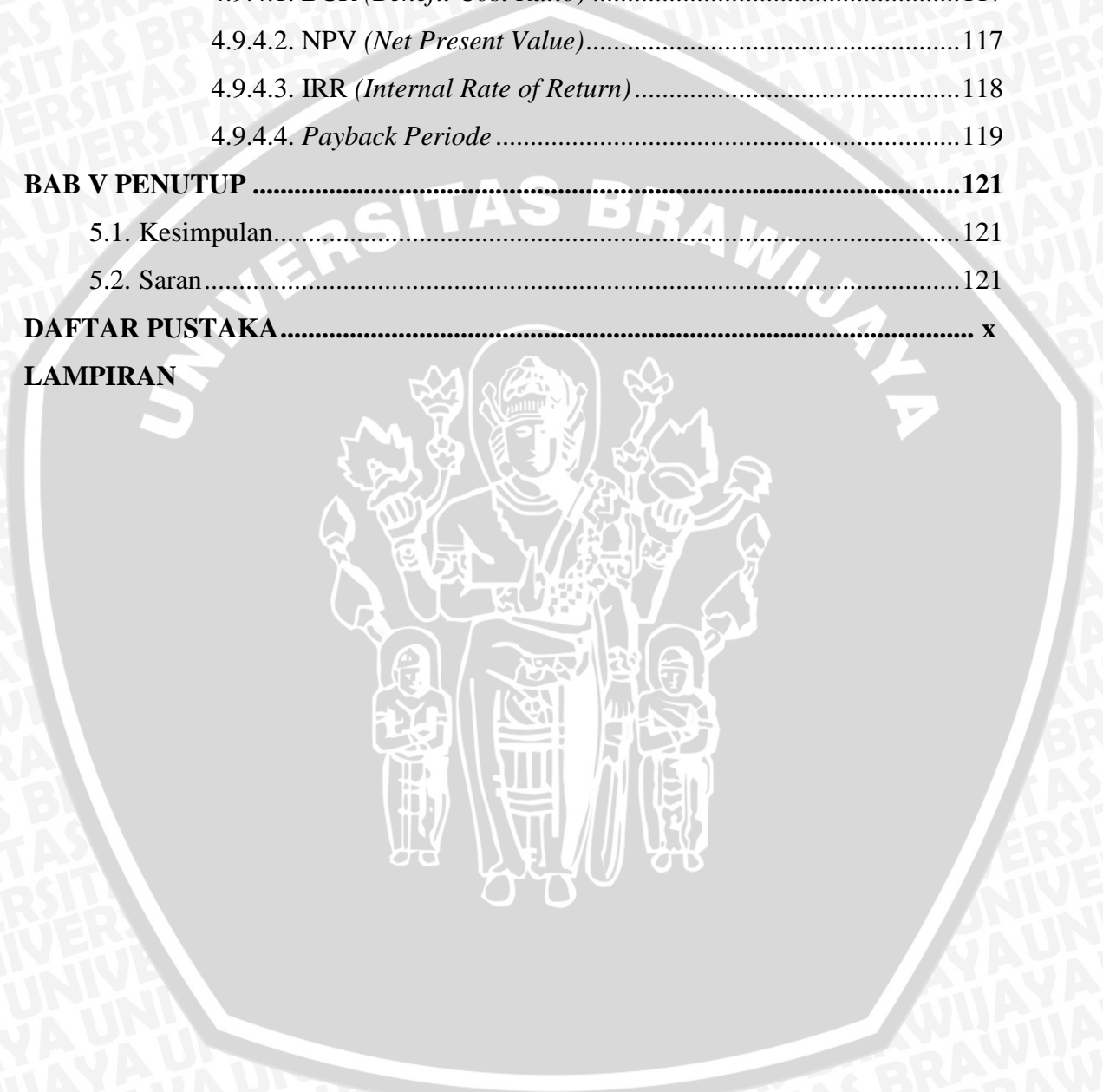
KATA PENGANTAR.....	i
ABSTRAK.....	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Identifikasi Masalah	3
1.3. Batasan Masalah.....	4
1.4. Rumusan Masalah	4
1.5. Tujuan dan Manfaat	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Umum.....	6
2.2. Analisa Hidrologi	7
2.2.1. Uji homogenitas data hujan.....	7
2.2.2. Uji abnormalitas data	8
2.2.3. Analisa frekuensi.....	10
2.2.4. Uji kesesuaian distribusi.....	13
2.2.4.1. Uji Chi-Square	13
2.2.4.2. Uji Smirnov-Kolmogorov.....	15
2.3. Distribusi Hujan	16
2.4. Koefisien Pengaliran	17
2.5. Aliran Dasar	18
2.6. Hidrograf Satuan	18
2.7. Debit Andalan	20
2.7.1. Metode F.J. Mock.....	20
2.7.2. Kurva durasi aliran (<i>Flow Duration Curve</i>).....	22
2.8. Bangunan Hantar.....	23
2.8.1. Bangunan pengambilan (<i>Intake</i>)	23
2.8.1.1. Pintu sorong (<i>Sluice Gate</i>).....	24
2.8.2. Bak pengendap	25



2.8.3. Saluran pembawa	27
2.8.3.1. Perhitungan kecepatan	28
2.8.3.2. Dimensi saluran	29
2.8.3.3. Kemiringan dasar saluran	29
2.8.3.4. Tinggi jagaan	30
2.8.4. Bak Penenang (<i>Forebay</i>).....	30
2.8.5. Pipa Pesat (<i>Penstock</i>)	31
2.8.6. Saluran Pembuang (<i>Tail Race</i>).....	33
2.8.7. Kehilangan Tinggi.....	33
2.9. Tinggi Jatuh Efektif (H_{eff})	36
2.10. Turbin Air	36
2.10.1. Penentuan tipe turbin	36
2.10.2. Karakteristik turbin	38
2.10.3. Generator.....	41
2.10.4. Kalasifikasi generator	42
2.11. Perhitungan Daya dan Energi	43
2.11.1. Produksi energi tahunan.....	43
2.11.2. Proyeksi penduduk.....	44
2.12. Analisa Kelayakan Ekonomi.....	44
2.12.1. <i>Cost</i> (Komponen Biaya)	44
2.12.2. <i>Benefit</i> (Komponen Manfaat)	50
2.12.3. Indikator kelayakan ekonomi.....	50
2.12.3.1. BCR (<i>Benefit Cost Ratio</i>).....	50
2.12.3.2. NPV (<i>Net Present Value</i>).....	50
2.12.3.3. IRR (<i>Internal Rate of Return</i>)	51
2.12.3.4. <i>Payback Periode</i>	51
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	52
3.1. Deskripsi Daerah Studi.....	52
3.2. Kebutuhan Data.....	55
3.3. Tahapan Penyelesaian	56
3.4. <i>Flow Chart</i> Perencanaan	58
BAB IV ANALISIS DATA DAN PERENCANAAN	59
4.1. Analisa Hidrologi	59
4.1.1. Uji homogenitas data hujan.....	59

4.1.2. Uji abnormalitas data (<i>Inlier-Outlier</i>)	62
4.1.3. Analisa Curah Hujan Rancangan	63
4.1.4. Uji kesesuaian distribusi	66
4.1.4.1. Uji Smirnov-Kolmogorov	66
4.1.4.2. Uji Chi-Square	70
4.1.5. Intensitas Curah Hujan	72
4.1.5.1. Koefisien pengaliran	72
4.1.5.2. Distribusi curah hujan	72
4.2. Aliran Dasar	74
4.3. Analisa Banjir Rancangan	74
4.4. Analisa Debit Andalan	78
4.4.1. Perhitungan debit andalan metode F.J Mock	78
4.4.2. Pemilihan debit andalan metode lengkung durasi aliran/ <i>Flow Duration Curve</i>	83
4.5. Simulasi Kapasitas Tampungan Embung	85
4.6. Analisa Dimensi Bangunan Hantar	91
4.6.1. Letak bangunan pengambilan	91
4.6.2. Bangunan pengambilan (<i>Intake</i>)	92
4.6.2.1. Pola operasi pintu <i>intake</i>	92
4.6.3. Bak pengendap (<i>Settling Basin</i>)	94
4.6.4. Saluran pembawa (<i>Waterway</i>)	96
4.6.5. Bak Penenang (<i>Forebay</i>)	97
4.6.6. Pipa Pesat (<i>Penstock</i>)	98
4.6.7. Saluran Pembuang (<i>Tail Race</i>)	101
4.6.8. Kehilangan Tinggi Aliran	103
4.7. Tinggi Jatuh Efektif	104
4.8. Analisa Mekanikal Elektrikal	105
4.8.1. Turbin Air	105
4.8.1.1. Pemilihan turbin	105
4.8.1.2. Kecepatan putar turbin dan generator	106
4.8.1.3. Generator	107
4.8.2. Proyeksi penduduk	107
4.8.3. Perhitungan daya dan energi	108
4.8.3.1. Produksi energi tahunan	109

4.9. Analisa Kelayakan Ekonomi.....	111
4.9.1. <i>Cost</i> (Biaya).....	111
4.9.2. <i>Benefit</i> (Manfaat).....	114
4.9.3. <i>PV (Present Value/Nilai Sekarang)</i>	115
4.9.4. Indikator kelayakan ekonomi.....	117
4.9.4.1. <i>BCR (Benefit Cost Ratio)</i>	117
4.9.4.2. <i>NPV (Net Present Value)</i>	117
4.9.4.3. <i>IRR (Internal Rate of Return)</i>	118
4.9.4.4. <i>Payback Periode</i>	119
BAB V PENUTUP	121
5.1. Kesimpulan.....	121
5.2. Saran.....	121
DAFTAR PUSTAKA.....	x
LAMPIRAN	



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Nilai $Q/(n^{0.5})$ dan $R/(n^{0.5})$ 8

Tabel 2.2. Nilai K_n untuk uji *Inlier-Outlier* 9

Tabel 2.3. Nilai K Distribusi Log Pearson Tipe III 12

Tabel 2.4. Nilai Kritis *Chi-Square* (X^2_{cr}) 15

Tabel 2.5. Nilai Kritis D_0 untuk Uji *Smirnov-Kolmogorov* 16

Tabel 2.6. Harga Koefisien (oleh Dr. Mononobe) (Koefisien Pengaliran) 18

Tabel 2.7. Prosentase Debit dan Jenis Perencanaan 20

Tabel 2.8. *Hidrologic Condition Classes* 22

Tabel 2.9. Koefisien Manning 28

Tabel 2.10. Tinggi Jagaan untuk Saluran Pasangan 30

Tabel 2.11. Profil Kisi Saringan 34

Tabel 2.12. Nilai K pada Belokan pada Pipa 35

Tabel 2.13. Jenis Turbin 36

Tabel 2.14. Penentuan Tipe Turbin 37

Tabel 2.15. Klasifikasi Turbin Berdasarkan Tinggi Jatuh 37

Tabel 2.16. Klasifikasi Turbin Berdasarkan Kecepatan Jenis 37

Tabel 2.17. Efisiensi Generator 42

Tabel 3.1. Data Perhitungan Luas Genangan dan Volume Genangan Embung
Tumbang Atei 56

Tabel 4.1. Data Curah Hujan Bulanan Maksimum Stasiun Hujan Kasongan. 59

Tabel 4.2. Data Curah Hujan Harian Maksimum 60

Tabel 4.3. Hasil Perhitungan Uji Homogenitas 61

Tabel 4.4. Hasil Perhitungan Uji (*Inlier-Outlier*) 63

Tabel 4.5. Data Curah Hujan Harian Maksimal Terurut 64

Tabel 4.6. Analisis Nilai Kemencegan (Cs) 65

Tabel 4.7. Perhitungan Curah Hujan Rancangan 66

Tabel 4.8. Hasil Perhitungan Nilai D Maksimum 69

Tabel 4.9. Perbandingan Nilai D Maksimal Tabel dengan Hasil Perhitungan 70

Tabel 4.10. Hasil Penentuan Kelas 71

Tabel 4.11. Hasil Perhitungan Frekuensi Kelas 71

Tabel 4.12. Perbandingan Nilai X^2_{tabel} dan X^2_{hitung} 72

Tabel 4.13. Analisa Hujan Efektif 74



Tabel 4.14. Tabel Lengkung Hidrograf	75
Tabel 4.15. Tabulasi Perhitungan Hidrograf satuan Sintetik Nakayasu	76
Tabel 4.16. Rekapitulasi Hasil Perhitungan Hidrograf Banjir Rancangan Metode Nakayasu.....	77
Tabel 4.17. Debit 10 Harian Sungai Atei hasil Pendugaan Metode F.J. Mock	81
Tabel 4.18. Debit Sungai Atei Hasil Pendugaan Metode FJ. Mock	82
Tabel 4.19. Debit Andalan dengan Metode <i>Weibull</i> (m^3/dt)	84
Tabel 4.20. Debit Andalan Terurut Metode <i>Flow Duration Curve</i> (FDC).....	85
Tabel 4.21. Simulasi Tampungan Embung Tumbang Atei	88
Tabel 4.22. Simulasi Tampungan Embung Tumbang Atei dengan Peluang Keberhasilan 100%	90
Tabel 4.23. Pola Operasi Pintu <i>Intake</i>	93
Tabel 4.24. Angka dan Tingkat Pertumbuhan Penduduk Desa Tumbang Atei.....	107
Tabel 4.25. Proyeksi Pertumbuhan Penduduk Desa Tumbang Atei 20 Tahun.....	108
Tabel 4.26. Nilai Daya dan Energi	109
Tabel 4.27. Kebutuhan Energi Masyarakat Desa Tumbang Atei 20 Tahun Ke Depan	110
Tabel 4.28. Manfaat Tahunan PLTMH Tumbang Atei	115
Tabel 4.29. <i>PV</i> Manfaat PLTMH Tumbang Atei	117
Tabel 4.30. Nilai IRR Pembangunan PLTMH Tumbang Atei	118



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Bendung dan <i>Intake</i>	24
Gambar 2.2. Koefisien K untuk debit tenggelam	25
Gambar 2.3. Koefisien debit μ untuk permukaan pintu datar atau lengkung	25
Gambar 2.4. Dimensi bak pengendap	27
Gambar 2.5. Rincian konstruksi dari bak pengendap (<i>Sand trap</i>)	27
Gambar 2.6. Bak penenang (<i>Forebay</i>)	31
Gambar 2.7. Profil Kisi Saringan	34
Gambar 2.8. Jenis Turbin	38
Gambar 2.9. Grafik pemilihan tipe turbin	38
Gambar 2.10. Perbandingan bentuk sudu turbin berdasarkan kecepatan spesifik	40
Gambar 2.11. Efisiensi turbin	41
Gambar 3.1. Peta Kabupaten Katingan	52
Gambar 3.2. Foto lokasi Sungai Atei	54
Gambar 3.3. Peta lokasi Desa Tumbang Atei	54
Gambar 3.4. Diagram alir pengerjaan skripsi	58
Gambar 4.1. Hidrograf Nakayasu	77
Gambar 4.2. Kurva Durasi Aliran Sungai Atei	85
Gambar 4.3. Desain Pintu <i>Intake</i>	91
Gambar 4.4. Grafik Pola Operasi Pintu <i>Intake</i>	94
Gambar 4.5. Desain Bak Pengendap	94
Gambar 4.6. Desain Saluran Pembawa	96
Gambar 4.7. Desain Bak Penenang	97
Gambar 4.8. Desain <i>Penstock</i>	98
Gambar 4.9. Skema Inlet Pipa Pesat	100
Gambar 4.10. Potongan Melintang Sungai	101
Gambar 4.11. Desain Saluran Pembuang Akhir	102
Gambar 4.12. Penentuan Tipe Turbin Berdasarkan Tinggi Jatuh dan Debit Desain	106
Gambar 4.13. Kebutuhan Energi Setiap Tahun Desa Tb. Atei Dalam 20 Tahun Ke Depan	110

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1986. *Standar Perencanaan Irigasi Bagian Bangunan Utama (KP-02)*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pengairan Departemen Pekerjaan Umum.
- Anonim. 1986. *Standar Perencanaan Irigasi Bagian Saluran (KP-03)*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pengairan Departemen Pekerjaan Umum.
- Anonim. 1986. *Standar Perencanaan Irigasi Bagian Bangunan (KP-04)*. Jakarta: Direktorat Jenderal Pengairan Departemen Pekerjaan Umum.
- Anonim, 1996. *Pedoman Teknis Penyediaan Air Bersih*. Jakarta: Departemen Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Cipta Karya Direktorat Air Bersih.
- Anonim. 2005. *RETSscreen Engineering & Cases Textbook*. Kanada: RETSscreen International.
- Anonim. 2007. *An Approach for Using Duration Curves in the Development of TMDLs*. Washington DC: U.S. Environmental Protection Agency.
- Anonim. 2009a. *Buku 2A Pedoman Studi Kelayakan Hidrologi*. Jakarta: Direktorat Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Anonim. 2009c. *Buku 2C Pedoman Studi Kelayakan Elektrikal Mekanikal*. Jakarta: Direktorat Jenderal Listrik dan Pemanfaatan Energi, Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral.
- Anonim. 2009d. *Manual and Guidelines for Microhydro Power Development in Rural Electrification Volume I*, Japan: Departement of Energy.
- Anonim, 2014. *Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 12 Tahun 2014*.
- Arismunandar A. & Kuwahara S. 1988. *Teknik Tenaga Listrik Jilid I*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Badan Pusat Statistik. 2014. *Kabupaten Katingan Dalam Angka*. Jakarta: BPS.
- Chow, Ven Te. 1988. *Applied Hydrology*. Singapura: Times Roman.
- Chow, Ven Te. 1997. *Hidrolika Saluran Terbuka*. Jakarta: Erlangga.
- Dake, J.M. 1985. *Hidrolika Teknik*. Jakarta: Erlangga.
- Dandekar, M.M. & Sharma, K.N. 1991. *Pembangkit Listrik Tenaga Air*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- European Small Hydropower Association (ESHA). 2004. *Guide on How to Develop a Small Hydropower Plant*.
- Harto, Sri. 1993. *Analisis Hidrologi*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Jorde, Klaus. 2009. *Buku Baik & Buruk dari Mini/Mikro Hidro*. Jakarta: Integrated Microhydro Development and Application Program (IMIDAP).
- Pujawan, I Nyoman. 2009. *Ekonomi Teknik*. Surabaya: Guna Widya.
- Kodoatie, Robert J. 1995. *Analisis Ekonomi Teknik*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Linsley, Ray K. 1991. *Teknik Sumber Daya Air*. Jakarta: Erlangga.

- Liu, Henry. 2003. *Pipeline Engineering*. United States of America: Lewis Publisher.
- Montarcih, Lily. 2009. *Hidrologi Teknik Terapan*. Malang: CV. Asrori.
- Patty, O.F. 1995. *Tenaga Air*. Jakarta: Erlangga.
- Penche, Celso. 2004. *Guide on How to Develop a Small Hydro Site*. Belgia: ESHA (European Small Hydropower Association).
- Ramos, Helena. 2000. *Guidelines for Design of Small Microhydro Plants*. Ireland: CEHIDRO.
- Soemarto, C.D. 1987. *Hidrologi Teknik*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Soetopo, Widandi. 2011. *Statistika Hidrologi*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Soewarno. 1995. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data Jilid I*. Bandung: NOVA.
- Sosrodarsono, Suyono. 1993. *Hidrologi untuk Pengairan*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita.
- Triatmojo, Bambang. 2003. *Hidrolika II*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Tunggulgeni, Ekodjati. 1988. *Studi Perencanaan PLTM Pada Bendungan Ketandan Nganjuk*. Skripsi Tidak Diterbitkan. Malang: Jurusan Teknik Pengairan Universitas Brawijaya.
- Varshney. 1977. *Hydro Power Structures*. India: Roorkee Press.
- Waluyo, Hendik. 2011. *Studi Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro di Sungai Brang Bea Kabupaten Sumbawa Barat Dengan Simulasi Turbinpro*. Skripsi Tidak Diterbitkan. Malang: Jurusan Teknik Pengairan Universitas Brawijaya.