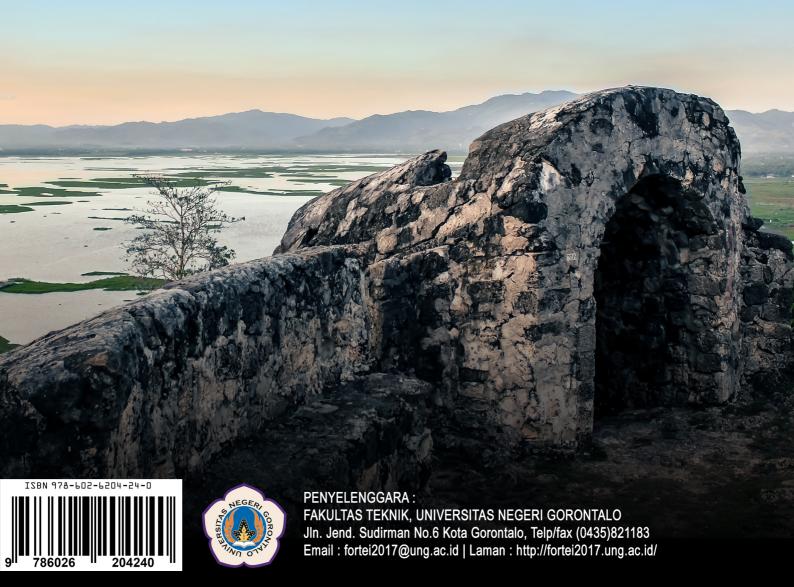


# PROSIDING

## **SEMINAR NASIONAL FORTEI 2017**

INOVASI DAN PENGEMBANGAN EBT DALAM RANGKA AKSELERASI ELEKTRIFIKASI DI INDONESIA TIMUR

GORONTALO, 18 - 21 OKTOBER 2017



## **PROSIDING**

## **TEMU NASIONAL KE-11**

## FORUM PENDIDIKAN TINGGI TEKNIK ELEKTRO INDONESIA (FORTEI) 2017

" INOVASI DAN PENGEMBANGAN EBT DALAM RANGKA AKSELERASI ELEKTRIFIKASI DI INDONESIA TIMUR"

> Gedung Training Centre Damhil UNG 18-21 Oktober 2017

ISBN 978-602-6204-24-0

## PROSIDING SEMINAR NASIONAL FORTEI 2017 INOVASI DAN PENGEMBANGAN EBT DALAM RANGKA AKSELERASI ELEKTRIFIKASI DI INDONESIA TIMUR

Hak Cipta ©2017 pada penulis,

Hak Cipta dilindungi undang-undang. Dilarang memperbanyak atau memindahkan sebagian atau seluruh isi buku dalam bentuk apa pun, secara elektronis maupun mekanis, termasuk memfotokopi, merekam, atau dengan teknik perekaman lainnya, tanpa izin tertulis dari penerbit.



Diterbitkan Oleh:

## FAKULTAS TEKNIK, UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO

Jln. Jend. Sudirman No.6 Kota Gorontalo, Telp/fax (0435)821183

Email: ft@ung.ac.id | Laman: http://ft.ung.ac.id/

## TIM REVIEWER

- Prof. Dr. Ir. Salama Manjang, MT. IPM Universitas Hasanuddin Makassar
- Dr. Zahir Zainuddin, MT Universitas Hasanuddin Makassar
- Ir. WAHAB MUSA, M.T, Ph.D Universitas Negeri Gorontalo
- Dr. SARDI SALIM, M.Pd Universitas Negeri Gorontalo

## PANITIA TEMU NASIONAL KE-XI FORTEI 2017 FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI GORONTALO

Pelindung : Prof. Dr. H. Syamsu Qamar Badu., M.Pd (Rektor UNG)

Panitia Pengarah : Prof. Dr. Ir. Mochamad Ashari, M.Eng (Rektor Telkom University)

Anggota : Dr. Ir. Insuwardianto (Rektor ITI - Teknik Elektro ITB)

Prof. Ida Ayu Dwi Giriantari, Ph.D (Teknik Elektro UDAYANA) Prof. Dr. Ir. H. Salama Manjang, MT (Teknik Elektro UNHAS)

Ir. Tumiran, M.Eng., Ph.D (Teknik Elektro UGM)

Ir. Arief Syaichu Rohman M.Eng.Sc.,Ph.D (Teknik Elektro ITB)

Dr. Wahyudi, ST.,MT. (Teknik Elektro UNDIP) Ir. Wahab Musa, MT., Ph.D. (Teknik Elektro UNG)

Penaggung Jawab : Moh. Hidayat Koniyo, ST., M. Kom (Dekan Fakultas Teknik UNG)

Pelaksana

Ketua : Ervan H. Harun, ST.,MT Sekretaris : Jumiati Ilham, ST.,MT Bendahara : Ade Irawati Tolago, ST.,MT

Panitia : Eduart Wolok, ST.,MT

Sri Wahyuni Dali, ST.,MT Amelya Indah Pratiwi, ST., MT Ifan Wiranto, ST., MT Bambang P. Asmara, ST., MT Yasin Mohamad, ST., MT Mohamad Asri, ST., MT Dr. Mohamad Yusuf Tuloli, MT Roy Harun, S.Pd., M.Pd Agus Lahinta, ST., M.Kom Steven Humena, ST., MT Arip Mulyanto, S.Kom., M.Kom Salmawaty Tansa, ST., M.Eng Syahrir Abdussamad, ST.,MT Yolanda Dungga, S.Pd. Zainudin Bonok, ST.,MT. Siti Asnasari Ishak, S.Pd Tajudin Abdilah, S.Kom., M.Kom

Tajudin Abdilah, S.Kom.,M.Kom
Elvie Mokodongan, ST.,MT
Frengki E. P. Surusa, ST.,MT
Amirudin Y. Dako, ST., M.Eng
Rahmat Dedy Rianto Dako, ST., M.Eng
Rochmad M. Thohir Yassin, S.Kom., M.Eng
Taufiq I. Yusuf, ST.,M.Si
Drs. Yus Iryanto Abas, M.Pd
Jamal Darussalam Giu, ST.,MT
Lilyan Hadjarati, S.Kom., M.Kom
Muammar Zainudin, ST., MT
Charles Mopangga, S.Pd

Rochmad M. Thohir Yassin, S.Kom., M.Eng Abdul Azis Bouty, S.Kom.,M.Kom M. Yasser Arafat, S.Pd.,M.Pd Stephan Hulukati, ST.,MT L.M. Kamil Amali, ST.,MT Wrastawa Ridwan, ST.,MT Iskandar Z. Nasibu, S.Pd.,M.Eng Dian Novian, S.Kom., MT.

Rahmat Doda, ST Allan Amilie, S.Kom Eric Pomalingo, A.Md Jufri Nento, A.Md Raif Latongko, A.Md Fetry Labolo, A.Md HMJ Teknik Elektro

Arfan Sumaga, ST., MT

## KATA PENGANTAR

Pertumbuhan ekonomi dan peningkatan daya saing suatu bangsa di setiap negara sangat erat kaitannya dengan kemampuan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) yang dimiliki oleh bangsa itu sendiri. Peran Pendidikan Tinggi dalam menghasilkan riset-riset yang inovatif dan produktif yang dapat dihilirisasi menjadi salah satu faktor pendorong penting dalam kemajuan IPTEK.

Peran Pendidikan Tinggi sebagai lembaga penghasil IPTEK, diharapkan tidak saja sekedar menghasilkan riset, tetapi bagaimana riset-riset itu menjadi produk IPTEK yang dapat dikembangkan dan dimanfaatkan oleh praktisi industri dalam meningkatkan daya saing produknya. Peningkatan interaksi antar Pendidikan Tinggi dan Dunia Industri menjadi penting, salah satu hal yang dapat dilakukan adalah menggiatkan forum komunikasi dan kerjasama antara ilmuwan, perekayasa, praktisi di industri, serta masyarakat.

Dalam kaitan dengan penguatan Peran Pendidikan Tinggi dalam menghasilkan riset-riset yang produktif dan inovatif, Forum Pendidikan Tinggi Teknik Elekro Indonesia (FORTEI) menyelenggarakan Temu Nasional ke-11 tahun 2017 yang mengambil tema "Inovasi dan Pengembangan EBT dalam Rangka Akselerasi Elektrifikasi di Indonesia Timur".

Serangkaian dengan kegiatan Temu Nasional FORTEI tahun 2017 ini, telah dilaksanakan juga Seminar Nasional FORTEI sebagai media untuk mempresentasikan hasil penelitian para pendidik, peneliti, akademisi, dan praktisi rumpun Teknik Elektro serta platform untuk membangun atau mengembangkan hubungan kerjasama antara peserta. Hasil penelitian dan gagasan ini selanjutnya didokumentasikan dalam bentuk prosiding yang diharapkan dapat memberikan wawasan mengenai perkembangan dan inovasi teknologi khususnya rumpun Teknik Elektro.

Akhir kata, Panitia Penyelanggara menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah ikut berpartisipasi dalam kegiatan Temu Nasional FORTEI 2017 dan Seminar Nasional hingga sampai penerbitan prosiding ini.

Gorontalo, Oktober 2017
Panitia Penyelenggara

## **DAFTAR ISI**

Halaman Judul
Tim Reviewer
Susunan Panitia
Daftar Isi
Penggunaan Jaringan Wireless untuk Memantau Besarnya Pemakaian dan Kualitas air PDAM secara RealTime
A. Ejah Umraeni Salam, Inggrid Nurtanio, Muh. Fakhri, Umar Hasan
Datalogger Portabel Online Untuk Remote Monitoring Menggunakan Arduino Mikrokontrok
Agus Putu Abiyasa, I Wayan Sukadana, I Wayan Sutama, I Wayan Sugarayasa
Rancang Bangun Kontrol Otomatis pada Stasiun Penebahan Buah Sawit, Studi Kasus di PKS Sei Galuh PT. Perkebunan Nusantara V
Amir Hamzah, Dodi Sofyan Arief , Galuh Leonardo Sembiring, Andri
Perancangan Sistem Pengendali Air Conditioner untuk Aplikasi Smart Energy Building
Anggoro S. Pramudyo, Suhendar
Unjuk Kerja Generator Sinkron dengan Sistem Translasi Menggunakan Variasi Bentuk Magnet NdFeB Pembangit Listrik Tenaga Gelombang Laut
A. Indriani, Dimas, S, Hendra
Sistem Kontrol Kekeruhan Dan Temperatur Air Laut Menggunakan Microcontroller Arduino Mega
A.Indriani, Y. Witanto, Supriyadi, Hendra
Energy Efficiency Analysis by Using AHU Fresh Air Controller in HVAC System at PT. SCI
Arnisa Stefanie, Dene Herwanto
Pengembangan Pembangkit Listrik Tersebar Energi Baru Terbarukan dan Konversi Energi
Asep Najmurrokhman, Zulfakhri, Muhamad Reza
Hibrid Pembangkit Listrik Tenaga Angin Dan Pembangkit Listrik Tenaga Surya
Aslimeri
Smart Lighting Berbasis Photocell pada Low Voltage Main Distibusion Panel (Lvmdp) untuk Penghematan Energi
Deni Hendarto, Padillah
Analsis Penguat EDFA dan SOA pada Sistem Transmisi DWDM dengan Optisystem 14
Dewiani Djamaluddin, Andani Achmad, Fiqri Hidayat, Dhanang Bramatyo
Sistem Kendali Governor Pembangkit Listrik Tenaga Diesel Berbasis Mikrokontroller
Flfizon

Educational Kit: Trainer (Multi Gerbang) Berbasis Arduino Mega 2560  Adnan Subkhan, Fatchul Arifin	73 - 78
	76 76
Alat Pengatur Suhu Air Via Smartphone Android Berbasis Mikrokontroller Arduino Uno  Habibullah, Orri Novita Sari	79 - 82
	19 - 62
Penurunan CO2 Penerapan Energi Baru Terbarukan Biofuel Limbah Kelapa Sawit	02 04
Hasmawaty. AR	83 - 86
Digital Transformation Maturity Model for Telecommunication Service Provider	
Ibrahim, Lela Nurpulaela	87 - 90
Perancangan Modul Pengering Ikan Putaran Rak Vertikal Berbasis Mikrokontroller	
Irnanda Priyadi, Reza Satria Rinaldi, Mensi Alexander	91 - 96
Rancang Bangun Sistem Penyejuk Udara Menggunakan Termoelektrik dan Humidifier	
Irnanda Priyadi, Khairul Amri Rosa, Rian Novriansyah	97 - 102
Very Short Term Load Forecasting Beyond Peak Load Time Using Fuzzy Logic (Case Study : Java Bali Electrical System)	
Jamaaluddin Jamaaluddin, Dwi Hadidjaja, Indah Sulistiyowati, Eko Agus Suprayitno, Izza Anshory, Syamsudduha Syahrorini	103 - 106
Inverter Lima Tingkat dengan Topologi Deret Jembatan-H	
Krismadinata, Irma Husnaini	107 - 110
Analysis of Service Quality to Implementation of Tracking Antenna on Inclined Satellite based on Carrier to Noise Ratio Parameter	
Lela Nurpulaela, Arnisa Stefanie	111 - 116
Perancangan Rangkaian Digital Pendeteksi Kontinuitas Saluran Transmisi	
Lianly Rompis	117 - 120
Peningkatan Efisiensi Pembangkit Listrik Tenaga Bayu Menggunakan Maximum Power Point Tracking (MPPT) Berbasis Fuzzy-P&O (Perturb & Observe)	
Machmud Effendy, Nuralif , Khusnul	121 - 124
Gallium Nitride Applications in Power Electronics	
Mohammad Taufik, Taufik	125 - 130
Pengaruh Masuknya PLTS on Grid Skala Besar Pada Sistem Distribusi 20 KV Terhadap Kualitas Tegangan dan Rugi-rugi Daya	
Muammar Zainuddin	131 - 136
Pengembangan EBTKE Melalui Kerja Sama Industri di Universitas Telkom Bandung	
Muhamad Reza, Sigit Yuwono	137 - 140

Desain Sistem Informasi Pemasaran Hasil Pertanian Gabungan Kelompok Tani (Gapoktan) Berbasis Web di Kota Kendari	
Muh Nadzirin Anshari Nur, Jumadil Nangi	141 - 144
Pengontrolan Catu Daya Cadangan Dengan Panel Surya Pada Smart Traffic Light	
Noveri Lysbetti Marpaung, Edy Ervianto, Nurhalim, Rahyul Amri	145 - 150
Urban Growth through Land Use Optimization in Bekasi City	
Seta S, Herlawati, Anita SSG,Rahmadya TH	151 - 156
Teknologi Informasi untuk Peningkatan Hasil Penjualan Perajin Karawo sebagai Upaya Mempertahankan Eksistensi Industri Kreatif Tradisional	
Dicky Saputra Ibrahim, Sri Wahyuni, Moh. Fahmi DJ Puloli, Tajuddin Abdillah	157 - 162
Inverter Tiga Fasa untuk Pembangkit Listrik Tenaga Surya	
Asnil, Krismadinata, Irma Husnaini	163 - 166
Analisis Unjuk Kerja Penyearah 3 Fasa Terkendali pada Tegangan Suplai tidak Seimbang	
Aswardi	167 - 172
Tinjauan Inovasi Sistem Cooler Heatsink Dingin pada Pembangkit Energi Listrik Alternatif dengan Model Sistem Hybrid Thermolektrik dengan Panel Surya Mini untuk Desa Mandiri Energi	
Bambang Panji Asmara	173 - 178
Pengaturan Output Generator Induksi dengan Static Synchronous Compensator (STATCOM) pada Pembangkit Listrik Tenaga Angin	
Riswan Dinzi, Riswanta Sembiring, Fahmi Fahmi	179 - 184
Kualitas Uji Citra Phantom Payudara untuk Deteksi Dini Kanker Menggunakan Konstruksi Sensor UWB	
Elyas Palantei, Dewiani, Farid Armin	185 - 190
Radiation Detection System Ultraviolet and Carbonmonoxides In Air Arduino Based	
Gunady Haryanto, Vector Anggit Pratomo	191 - 194
Penerapan Aseec Berbasis Energi Baru Terbarukan (Solar Cell) untuk Perontok dan Pengering Padi	
Hendri, Aswardi, Lian, Wirma	195 - 198
Pembangkit Listrik Tenaga Surya, Energi Bersih dan Murah (Studi Kasus Rumah Pariwisata Di Bali)	
I Putu Suka Arsa	199 - 202
Penerapan Algoritma Sistem Semut untuk Penjejakan Multi Target pada Sistem Radar Multi Sensor	
Ifan Wiranto, Zainudin Bonok	203 - 208
Perancangan Reaktor Gas Tipe Fixed Dome Multi Input Skala Laboratorium	
Iumiati Ilham Wrastawa Ridwan Fryan Hasan Harun	209 - 214

The ACO-ANFIS Hybrid Method used for LFC Optimization in Wind–Diesel Hybrid Power System	
Machrus Ali, Hidayatul Nurohmah, Muhlasin	215 - 218
Model Design of Surya-Diesel Hibrid Power System	
Matius Sau, Hestikah Eirene Patoding	219 - 224
The FA-ANFIS Hybrid Method is used for LFC Optimization in Micro Hydro Power Generation	
Muhlasin, Rukslin, Agus Raikhani, Machrus Ali	225 - 230
Alat Penjemur Kemplang Berbasis Sensor : Studi Kasus pada Industri Rumah Tangga Palembang	
Nina Paramytha IS, Ali Kasim	231 - 236
Pengaruh Sudut Kemiringan Terhadap Tegangan Keluaran Modul Surya	
Nurhalim, Firdaus, Noveri Lysbetti, Edy Ervianto, Rahyul Amri	237 - 240
Rancang Bangun Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Sampah (PLTSa)	
Salmawaty Tansa, Bambang Panji Asmara, Ade Irawaty Tolago, Yasin Mohamad	241 - 244
Strategi Pengembangan Skema Load Balancing Multicarrier Trafik Data pada Jaringan Heterogen	
Setiyo Budiyanto, Fajar Rahayu, Dadang Gunawan, Arissetyanto Nugroho	245 - 250
Penerapan Customer Relationship Management (CRM) Berbasis Web Mobile pada Coffee Toffee	
Nifantri Agunta, Arip Mulyanto, Sitti Suhada	251 - 258
Torajapedia (The Encyclopedia of Virtual Art Carving Toraja)	
Lande Sudianto, Petrus Simon	259 - 264
Desain Antena Mikrostrip Mutiband menggunakan Metode Multislit	
Teguh Firmansyah, Herudin, Fery Kurniawan	265 - 268
Aplikasi Spektrum Analyzer menggunakan Software Defined Radio (SDR) berbasis Android	
Toto Supriyanto, Indra	269 - 272
Aplikasi Algoritma Hibrida rvGA-Enm Untuk Prediksi Harga Energi Takterbarukan	
Wahab Musa, Wrastawa Ridwan	273 - 276
Potensi Pemanfaatan Energi Listrik Fotovoltaik di Universitas Bangka Belitung  Wahri Sunanda, Rika Favoria Gusa, Irwan Dinata, Asmar	277 - 280
Pengendalian Robot Lengan Berbasis Perintah Suara Menggunakan MFCC dan ANN	
Wahyu Muldayani, Ali Rizal Chaidir, Guido Dias Kalandro, Catur Suko Sarwono	281 - 286
Desain Tracker Antena Parabola Berbasis Mikrokontroler	
Sri Wahyuni Dali, Iskandar Z. Nasibu, Syahrir Abdussamad	287 - 292

Analisis Kebutuhan dan Penyediaan Energi Listrik di Kabupaten Konawe Kepulauan Tahun 2017-2036dengan Menggunakan Perangkat Lunak Leap	
Abdul Djohar, Mustarum Musaruddin	293 - 298
Listrik Mikro Hidro Berdasarkan Potensi Debit Andalan Sungai	
Sardi Salim	299 - 304
Analisis Kekuatan Struktur Pondasi untuk Dudukan Mesin Turbin	
Ayuddin, Frice L. Desei	305 - 308
Desain Hydro Setting Room untuk Pengeringan Piringan pada Pabrik Baterai	
Sumardi Sadi, Rizal Febriandi	309 - 314
Improving Method MIMO Multi Relay Using Zero Forcing At Network System	
Apriana Toding, Syafruddin Syarif	315 - 318

## Listrik Mikro Hidro Berdasarkan Potensi Debit Andalan Sungai

Sardi Salim

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Negeri Gorontalo

sardi@ung.ac.id

Abstrak — Pembangkit listrik mikrohidro adalah pembangkit listrik yang menggunakan energi air (aliran air anak sungai) sebagai energi penggerak generator pembangkit listriknya. Kondisi air yang dapat dimanfaatkan sebagai sumberdaya (resources) penghasil listrik memiliki kapasitas aliran dan ketinggian tertentu dari sistem saluran airnya. Masalah utama dalam pembangkitan listrik tenaga air adalah ketersediaan debit air sungai sebagai energi penggerak pembangkit. Tidak terjadinya hujan dengan waktu yang lama serta kondisi daerah aliran sungai (DAS) yang kritis dapat menyebabkan aliran air sungai menjadi kecil bahkan menjadi kering. Pengukuran debit sungai secara manual pada waktu tertentu hanya dapat merepresentasi volume debit sungai pada saat dilakukan pengukuran. Perubahan yang terjadi akibat terjadinya hujan pada waktu berikutnya, atau penurunan debit sungai karena simpanan air tanah yang mengecil, tidak dapat terpantau dengan baik. Oleh karenanya dibutuhkan teknik tertentu untuk memprediksi potensi aliran air sungai pada sepanjang waktu atau debit andalan sungai yang dapat digunakan untuk energi pembangkit listrik tenaga mikro hidroPotensi listrik PLTMH dengan menggunakan metode analisis debit andalan sungai menggunakan metode Flow Duration Curve (FDC) yakni dengan menggambarkan grafik kurva hubungan debit dengan frekuensi kejadiannya diperoleh nilai Debit Sungai Bula Desa Tulabolo Kecamatan Suwawa Timur Kabupaten Bone Bolango adalah : O andalan sebesar  $5,04 \text{ m}^3/\text{det}$ , H = 3,25 m, dan P = 120,39 kilo watt.

Kata Kunci — pembangkit listrik, mikrohidro, FDC, Sungai

## I. PENDAHULUAN

Pembangkit listrik mikro hidro (PLTMH) merupakan pembangkit listrik yang dibangkitkan dengan menggunakan energi aliran sungai dengan debit aliran sungai (Q) yang kecil. Karena energi penggerak yang kecil maka kapasitas daya listrik yang dihasilkan juga kecil. Berbagai teknik penggerak diterapkan untuk memaksimalkan energi penggerak, diantaranya dengan menggunakan Turbin Francis dengan sudu berbentuk mangkok yang banyak sehingga proses tekanan menjadi lebih besar. Bagian-bagian utama dari PLTMH yaitu: bendung pengalih saluran (intake), saluran pembawa/Pipa penstok, bak penenang, turbin, generator, dan panel kontrol. Bagian-bagian tersebut didesain sesuai kondisi dan kebutuhan pembangkitan energi listrik di lapangan.

Masalah utama dalam pembangkitan listrik tenaga air adalah ketersediaan debit air sungai sebagai energi penggerak pembangkit. Tidak terjadinya hujan dengan waktu yang lama serta kondisi daerah aliran sungai (DAS) yang kritis dapat menyebabkan aliran air sungai menjadi kecil bahkan menjadi kering. Pengukuran debit sungai secara manual pada waktu tertentu hanya dapat merepresentasi volume debit sungai pada saat dilakukan pengukuran. Perubahan yang terjadi akibat terjadinya hujan pada waktu berikutnya, atau penurunan debit sungai karena simpanan air tanah yang mengecil, tidak dapat terpantau dengan baik. Oleh karenanya dibutuhkan teknik tertentu untuk memprediksi potensi aliran air sungai pada sepanjang waktu atau debit andalan sungai yang dapat digunakan untuk energi pembangkit listrik tenaga mikro hidro.

#### II. TINJAUAN PUSTAKA

Pembangkit listrik mikrohidro pembangkit listrik yang menggunakan energi air (aliran air anak sungai) sebagai energi penggerak generator pembangkit listriknya. Kondisi air yang dapat dimanfaatkan sebagai sumberdaya (resources) penghasil listrik memiliki kapasitas aliran dan ketinggian tertentu dari sistem saluran airnya. Pembangkit listrik mikrohidro kapasitas ketinggian aliran mengacu pada jumlah volume aliran air persatuan waktu (flow capacity). Beda ketinggian tempat dari titik pengamatan debit aliran sampai ke bangunan PLTMH dikenal dengan istilah head. Mikrohidro juga dikenal sebagai clean resources karena pembangkit listrik ini mengunakan sumber daya yang telah disediakan oleh alam dan ramah lingkungan. [4], menunjukkan bahwa persyaratan utama yang harus dipertimbangkan ketika membangun pembangkit listrik tenaga mikro hidro adalah:

- 1. Curah hujan dan limpasan yang tersedia sepanjang waktu.
- 2. Memiliki ketinggian jatuh air (head)
- Saluran air yang akan menjadi energi penggerak turbin
- 4. Power house sebagai rumah turbin dan peralatan pembangkit listrik lainnya
- 5. Saluran pembuangan air.

Kebanyakan PLTMH dibangun dengan sistim aliran air sungai (runoff river), dimana air sungai dialirkan pada saluran yang dibuat dengan konstruksi

tertentu untuk menghasilkan energi aliran air yang besar untuk memutar turbin. Biaya pembangunan runoff river lebih ekonomis dibandingkan dengan sistim penampungan air (reservoir) yang memerlukan bedungan dan area genangan yang luas. Dalam perencanaan pusat pembangkit listrik tenaga air biasanya ditentukan terlebih dahulu debit andalan (dependable discharge), guna menentukan debit yang diharapkan tersedia di sungai untuk memperkirakan daya terpasang pusat listrik tenaga air. Debit andalan adalah debit aliran sungai yang tersedia sepanjang tahun yang akan digunakan untuk proyek-proyek pengembangan sumberdaya air. Debit andalan dapat dicari dengan membuat terlebih dahulu garis durasi untuk debit-debit yang disamai atau dilampaui, kemudian menetapkan suatu andalan yaitu suatu frekuensi kejadian dimana di dalamnya terdapat paling sedikit satu kegagalan. Andalan yang didasarkan atas frekuensi kejadian (jaminan, kepastian) dirumuskan sebagai berikut:

 $A = (n-q)/n \times 100\%$ 

dengan n = banyaknya pengamatan

q = banyaknya kegagalan, yaitu debit yang lebih kecil dari debit andalan

Debit andalan yang digunakan untuk keperluan pusat pembangkit tenaga listrik adalah sebesar 85-90 %, yang artinya dari sekian banyak kejadian debit aliran sungai sepanjang tahun, harus dapat dipenuhi debit kisaran 85-90% yang akan digunakan sebagai energi pembangkit tenaga listrik.

Debit andalan merupakan acuan potensi debit aliran sungai yang akan digunakan untuk menentukan kapasitan daya listrik dari pembangkit listrik tenaga air yang akan dibangun. Debit aliran yang dihasilkan oleh suatu hujan akan menghasilkan hidrograf yang bentuknya beragam. Keragaman bentuk hidrograf dipengaruhi oleh hujan dan karakteristik DAS yang meliputi keadaan penutup lahan, keadaan permukaan tanah, serta karakteristik penggal jaringan sungai. Dengan memantau bentuk hidrograf suatu sungai dari waktu ke waktu, maka secara otomatis kondisi penutup lahan juga dapat teramati, karena hidrograf debit aliran lebih besar dipengaruhi oleh penutup lahan dalam wilayah suatu DAS. Dengan demikian bentuk hidrograf suatu sungai dapat dijadikan indikator perubahan penutup lahan dalam wilayah suatu DAS (Hadi, 2003). Karakteristik yang umumnya diamati pada suatu hidrograf debit aliran adalah debit puncak, waktu puncak, waktu dasar, dan volume limpasan.

### III. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode observasi dan pengukuran lapangan. Metode observasi digunakan untuk menentukan titik pengukuran debit aliran sungai sebagai potensi tertinggi untuk menghasilkan energi pembangkit listrik.Pengukuran Debit Sungai dilakukan di Sungai

Bula Desa Tulabolo Kecamatan Suwawa Timur Kabupaten Bone Bolango.

Pengukuran debit sungai menggunakan metode *area velocity* dimana penampang basah sungai dibagi atas beberapa *section* (a – i). Pada pengukuran ini penampang basah sungai dibagi atas 10 *section* dengan lebar masing-masing *section* adalah 1,33 m. Luas masing-masing *section* dihitung berdasarkan metode trapesium. Jumlah luas masing-masing *section* merupakan luas penampang basah sungai.

Pengukuran kecepatan aliran (v) dilakukan dengan menggunakan metode pelampung dengan menggunakan botol kemasan air aqua ukuran ½ liter yang diisi air sampai ½ bagian kemasan. Pelampung dialirkan sepanjang sungai dengan jarak yang telah ditentukan. Pada pengukuran ini menggunakan jarak 10 m. Waktu tempuh pelampung dihitung dengan menggunakan *stop watch* mulai dari titik awal sampai pada titik akhir. Kecepatan aliran (v) diperoleh dengan menggunakan rumus kecepatan = Jarak tempuh dikali dengan waktu tempuh.

Debit andalan sungai dianalisis menggunakan metode *Flow Duration Curve* (FDC) yakni dengan menggambarkan grafik kurva hubungan debit dengan frekuensi kejadiannya. Proses pembuatan kurva FDC adalah dengan mengurutkan data debit dari data terbesar hingga data terkecil pada sumbu Y, dan membuat probabilitas ranking angka kejadian dari 1 – 100% pada sumbu X. Probabilitas debit untuk setiap presentasi dihitung menggunakan Persamaan (Soemarto, 1986):

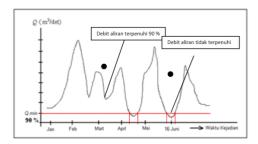
$$P = 100 \text{ x} \left[ \frac{M}{n+1} \right]$$

Dengan:

P = Probabilitas dari debit air,

M = Posisi ranking dari data debit, dan n = Total data.

Sebaran data debit menurut persentase kejadian yang disajikan melalui hasil analisis kurva FDC merupakan informasi penting dalam merancang struktur dan kapasitas pembangkit listrik mikro hidro yang akan dibuat. Dalam menentukan debit aliran sungai secara rinci berdasarkan waktu kejadian yang akan digunakan untuk memutar turbin generator listrik sepanjang tahun. Dalam penelitian ini nilai debit andalan yang digunakan adalah sebesar 90% dari total debit aliran yang tersedia sepanjang waktu sebagai debit minimum sungai. Debit minimum diperoleh dengan memplot hidrograf debit aliran sepanjang satu tahun berdasarkan waktu kejadian. Jika terdapat 360 nilai debit dalam 1 tahun, maka ada 36 nilai debit tidak terpenuhi sebagai nilai debit yang akan memutar turbin generator untuk menghasilkan energi listrik. Dengan proses tersebut dapat diketahui kapan terjadinya nilai debit minimum di sungai sehingga untuk penggunaannya dapat diperhitungkan kapasitas komponen/generator listrik. Untuk jelasnya penentuan debit minimum yang terpenuhi 90 % berdasarkan kejadian hidrograf debit aliran sungai di sajikan pada Gambar 1.



Gambar 1, Penentuan Debit Andalan, 90% terpenuhi

Debit diperoleh dengan menggunakan rumus

 $Q = v \cdot A$ ,

dimana

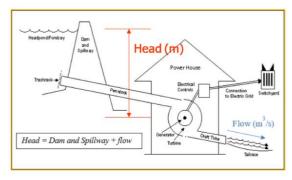
 $Q = \text{debit (m}^3/\text{det)},$ 

v = kecepatan aliran (m), dan

A = luas penampang basah (m).

Ketinggian jatuh air dibutuhkan untuk menghasilkan power house sebagai tenaga mekanik yang akan memutar turbin generator. Ketinggian jatuh air diperoleh dengan cara menetapkan suatu titik ideal pada jarak tertentu yang diperkirakan dapat menghasilkan suatu ketinggian jatuh air yang memadai. Analisis ketinggian jatuh air dapat dilakukan dengan pengukuran langsung di lapangan dengan mengukur sudut ketinggian elevasi tempat berdasarkan jarak tertentu (menggunakan alat ukur theodolite).

Ketinggian jatuh air (head) merupakan penjumlahan nilai ketinggian titik pengamatan debit dan nilai ketinggian tempat bagunan pembangkit listrik dan tinggi maksimum sungai setelah dibendung. Campbell (2010), menggambarkan penentuaan Head berdasarkan proses bendungan sungai dan penyaluran air melalui pipa penstock seperti Gambar 2.



Gambar 2, Penentuan *Head* pembangkit listrik mikro hidro (Campbell, 2010).

Dengan asumsi jarak tertentu air sungai yang telah dibendung dialirkan melalui pipa pesat (penstock) menuju rumah pembangkit (power house). Head diperoleh berdasarkan nilai ketinggian air sungai dan dan tempat bangunan turbin generator.

Potensi debit aliran sungai untuk sumberdaya listrik dianalisis berdasarkan persamaan (Arismunandar dan Kuwahara,2000):

 $P = 9.8 \cdot H \cdot Q \cdot \dot{\eta} E(Kilo watt)$ 

#### Dengan:

listrik.

P = tenaga yang dikeluarkan secara teoritis (Kilo watt)

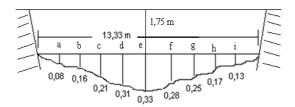
H = tinggi jatuh air efektif (m)

Q = debit aliran sungai (m³/s) ήE = efisiensi pembangkit

Potensi debit aliran untuk sumberdaya listrik dianalisis berdasarkan debit rata-rata sungai dan ketinggian jatuh air yang diperoleh pada titik pengamatan debit sungai sampai lokasi pembangunan pembangkit tenaga

#### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran debit sungai dilakukan pada beberapa nilai ketinggian muka air, sesuai pengamatan pada papan duga air pada waktu yang berbeda. Nilai pengukuran debit sungai yang dilakukan pada tanggal 22 Juli 2016, jam 15.00, disajikan pada Gambar 3, dan hasil pengukuran pada Tabel 1.



Gambar 3. Nilai hasil pengukuran lapangan penampang Sungai Bula Tanggal 2 Agustus 2016.

Dengan metode yang sama untuk sembilan kali pengukuran pada waktu yang berbeda diperoleh data debit lapangan.

TABEL I DATA HASIL PENGUKURAN DEBIT LAPANGAN DI SUNGAI BULA.

		Luas	Kecepatan	Lebar	Debit Aliran
No	Hari/Tanggal/Jam	Penampang	aliran	penampang	Q
		basah sungai	(v)	basah sungai	(m <sup>3</sup> /det)
		$A - (m^2)$	(m/det)	L -( m)	
1	09/5-2011, 16.35	2,56	0,91	13,33	2,31
2	27/5-2011, 17.23	2,53	0,91	13,33	2,32
3	30/6-2011, 17.15	2,53	0,91	13,33	2,31
4	01/7-2011, 17.00	2,53	0,90	13,33	2,30
5	22/7-2011, 15.00	2,55	0,91	13,33	2.31
6	2/8-2011, 16.00	4,56	1,05	14,80	4,80
7	05/8-2011, 09.00	5,71	1,14	15,02	6,51
8	17/9-2011, 14.00	9,86	1,37	15,28	13,50
9	13/9-2011, 17.00	14,53	1,69	15,60	24,63

Sumber: Hasil pengukuran debit di Sungai Bula, 2016

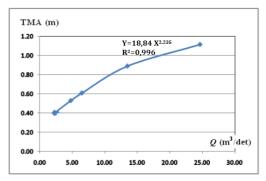
Untuk menentukan nilai debit aliran secara keseluruhan digunakan pasangan TMA hasil AWLR dan Debit pengukuran lapangan dengan menggunakan metode Lengkung Aliran. Lengkung aliran adalah metode analisis hubungan tinggi muka air dengan debit aliran sungai. Pasangan data TMA dan debit lapangan Sungai Bula disajikan pada Tabel 2.

TABEL II PASANGAN NILAI TMA DAN DEBIT LAPANGAN SUNGAI BULA

No	Hari/Tanggal/Jam	TMA (m)	Debit (m³/s)
1	09/5-2016, 16.35	0,40	2,30
2	28/5-2016, 16.53	0,41	2,31
3	30/6-2016, 17.15	0,41	2,31
4	01/7-2016, 17.00	0,39	2,29
5	22/7-2016, 15.00	0,40	2.31
6	24/8-2016, 16.00	0,53	4,08
7	05/8-2016, 09.00	0,61	6,51
8	17/9-2016, 14.00	0,89	13,50
9	13/9-2016, 17.00	1,11	24,63

Sumber: Data TMA dan data Debit hasil pengukuran lapangan, 2016

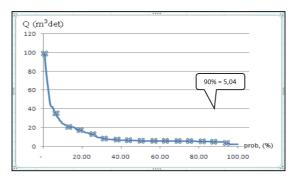
Berdasarkan data pasangan tinggi muka air dan debit hasil pengukuran lapangan dibuat grafik lengkung aliran sebagaimana disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4, Lengkung aliran hubungan TMA – Debit

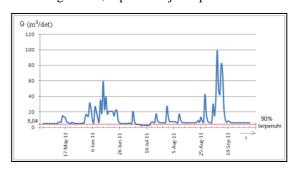
Berdasarkan grafik lengkung aliran diperoleh nilai persamaan  $Y=18,84~X^{2,24}$ , dengan  $R^2=0,996$ . Nilai debit aliran sungai diperoleh dengan memasukkan nilai TMA yang menjadi variable X dalam persamaan. Y merupakan nilai debit hasil perhitungan. Berdasarkan proses tersebut diperoleh nilai debit aliran sungai sesuai banyaknya data TMA.

Perhitungan debit andalan sungai untuk memperoleh nilai debit yang terpenuhi sepanjang waktu dilakukan dengan menggunakan metode *flow duration curve* (FDC) dengan menetapkan frekuensi capaian yang terpenuhi sebagai potensi debit sungai adalah sebesar 90% seperti disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5, Grafik FDC untuk memperoleh debit andalan Sungai

Berdasarkan grafik FDC di atas dapat dijelaskan bahwa debit aliran sungai sebagai debit andalan 90% yang dapat terpenuhi sepanjang waktu di Sungai Bula Bone Bolango adalah sebesar 5,04 m³/det. Untuk mengetahui debit minimum secara rinci berdasarkan waktu kejadian dilakukan dengan memplot 90 % hidrograf debit aliran yang dapat terpenuhi sebagai aliran Sungai Bula, seperti disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6, Grafik hidrograf 90 % terpenuhi sebagai debit aliran Sungai Bula

Hasil Obtimasi digambarkan secara grafik scatter yang nilainya di plot sesuai waktu kejadian dengan menggunakan software microsoft excel. Debit minimum diperoleh dengan menarik garis pada kisaran 90 % kejadian hidrograf terpenuhi sebagai debit minimum sungai Bula dengan nilai sebesar 5,04 m³/det. Secara rinci debit minimum 90% terpenuhi sebagai aliran Sungai Bula berdasarkan waktu kejadian dengan input data hujan selang bulan Mei sampai September Tahun 2016 disajikan pada Tabel 3.

TABEL III DEBIT MINIMUM BERDASARKAN WAKTU KEJADIAN90% TERPENUHI SEBAGAI ALIRAN SUNGAI BULA

Debit aliran		Waktu Kejadian	
Debit minimum/ 90% terpenuhi sebagai aliran Sungai Bula.	5,04 (m³/det)	Terjadi sepanjang waktu kecuali pada Tanggal 9 – 18 Juli 2016 turun hingga 2,5 m³/det	

Debit minimum merupakan potensi sumberdaya air sungai yang akan digunakan sebagai energi pembangkit tenaga listrik.

Nilai ketinggian jatuh air (*Head*) dilakukan dengan mengukur ketinggian muka air di atas permukaan air laut pada titik pengamatan dan titik 50 meter sebelum titik pengamatan. Pengukuran ketinggian menggunakan GPS Map Type Garlin. perolehan ketinggian aliran sungai Nilai *head*Sungai Bula adalah 3,25 m.

Potensi Sumberdaya Listrik dihitung dengan menggunakan rumus :

P = 9.8. H. Q.  $\acute{\eta}E(Kilo watt)$ ,

dimana efisiensi pembangkit menggunakan nilai 75%. Beradasarkan hasil perhitungan diperoleh potensi pembangitan listrik di Sungai Bulaadalah120,39 Kilo watt.

#### IV. KESIMPULAN

- Analisis nilai pembangkitan energi listrik di aliran sungai dengan menggunakan metode analisis debit andalan sungai sepanjang waktu, menunjukkan hasil yang lebih akurat dalam perancangan project PLTMH.
- Potensi listrik PLTMH di Sungai Bula Desa Tulabolo, Kecamatan Suwawa Timur Kabupaten Bone Bolango, berdasarkan debit andalan sepanjang waktu menunjukkan hasil sebesar 120,39 kilo watt.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Arismunandar A., S. Kuwahara, 2000, Teknik Tenaga Listrik *Jilid I: Pembangkitan dengan Tenaga Air*, Pradnya Paramita, Jakarta
- [2]. Campbell J.R., 2010, Small Hydro and Low-Head Hydro Power Technologies and Prospects, Congressional Research Service.
- [3]. Hadi, M.P., 2003, Hubungan antara hujan dan limpasan selama hujan sebagai fungsi karakteristik Daerah Aliran Sungai. (Suatu studi kasus pemodelan hidrologi di Daerah Aliran Sungai Bengawan Solo Hulu). Disertasi, Pasca Sarjana UGM, Yogyakarta.
- [4]. Macaringue D., 2009, The Potential for Micro-hidro Power Plants in Mozambique, *Journal of Water Resources Planning* and Management, Vol.128, 424-430.
- [5]. Soemarto, C.D., 1999, Hidrologi Teknik, Edisi kedua, Erlangga, Surabaya