PANDUAN SURVEI UNTUK MEMPREDIKSI KAPASITAS DAYA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO (PLTMH)

TIM PENYUSUN:

Susilo, S.Kom., MT

Ir. Setiyadi, MT

Ir. Bambang Widodo, MT

Ir. Agnes Sri Mulyani, MSc

Ir. Johansen Silalahi, MM

Ir. Rahmad Samosir, MT

Ir. Robinson Purba, MT

Prof. Atmonobudi Soebagio, Ph.D.

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA

Judul:

Panduan Survei Untuk Memprediksi Kapasitas Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH).

Tim Penyusun:

Susilo, S.Kom., MT
Ir. Setiyadi, MT
Ir. Bambang Widodo, MT
Ir. Agnes Sri Mulyani, MSc
Ir. Johansen Silalahi, MM
Ir. Rahmad Samosir, MT
Ir. Robinson Purba, MT
Prof. Atmonobudi Soebagio, Ph.D.

Disain Sampul: Susilo, S.Kom., MT
Editor : Susilo, S.Kom., MT

xviii + 83 halaman; 15 cm x 23 cm
Cetakan Pertama, April 2014

Penerbit: Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia (UKI)
Jl. Mayjen Sutoyo No. 2, Cawang, Jakarta 13630

ISBN 978-602-97315-3-8

Dicetak oleh:
Kaylin Cahaya International
(021) 4634 8059
Tata Letak:
KCI- As, Ade, Sora

Hak Cipta @ 2014 pada Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia

Isi Buku diluar tanggung jawab Percetakan

KATA SAMBUTAN
DEKAN FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA

Puji syukur kita panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Kuasa karena dengan bimbingan-Nyalah buku yang berjudul ***Panduan Survei Untuk Memprediksi Kapasitas Daya Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro*** ini dapat selesai disusun.

Buku ini disusun untuk memberikan penjelasan tentang pengukuran potensi air yang dapat dimanfaatkan oleh masyarakat untuk membangkitkan energi listrik.

Penyusunan buku ini merupakan kerjasama antara Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia dengan Gereja Kristen Protestan Simalungun (GKPS) Cikoko, yang merupakan bentukan sinergi antara Perguruan Tinggi dan Gereja atau masyarakat. Sinergi ini diharapkan menjadi kekuatan untuk mengembangkan ekonomi masyarakat pedesaan dengan energi listrik mikrohidro.

Akhirnya, saya berharap bahwa keberadaan buku ini tidak sebatas memperkaya khasanah pengetahuan kita, namun juga dapat menjadi sumber inspirasi dan pedoman bagi masyarakat, organisasi dan pemangku kepentingan lainnya dalam memanfaatkan pontesi alam dengan memperhatikan lingkungan yang berkelanjutan.

Buku ini disusun secara interdisipliner oleh Tim Fakulta Teknik Universitas Kristen Indonesia (UKI) Jakarta untu memenuhi permintaan Gereja Kristen Protestan Simalunge (GKPS) Cikoko dan Dewan Pimpinan Pusat Ikatan Alum Universitas Kristen Indonesia (DPP IKA UKI). Tim Fakultas Tekn bersedia untuk menyusun buku ini sebagai wujud dari Tridharm Perguruan Tinggi, yaitu Pengabdian Kepada Masyarakat (PKM).

Buku ini disusun berdasarkan Studi Literatur dan Stu Lapangan, dalam kurun waktu dua semester, yaitu semest Genap tahun 2012/2013 dan semester Ganjil 2013/2014. Hal mengingat kesibukan Tim penyusun sendiri sebagai staff pengaj di Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia.

Demikian kata pengantar ini kami sampaikan, apabila a kritik dan saran yang membangun, akan kami terima denga senang hati.

Semoga bermanfaat.

Jakarta, 6 Februari 2014

Tim Penyusun

Kami mengucapkan terima kasih dan penghar setinggi-tingginya kepada Tim Pengabdian Kepada Masyar (PKM) Fakultas Teknik - Universitas Kristen Indonesia, yang t mencurahkan tenaga dan pikirannya, serta kepada seluruh p yang telah mendukung penyusunan buku ini.

Fakultas Teknik

Universitas Kristen Indonesia

Dekan

Ir. Bambang Widodo, MT

DAFTAR ISI

Kata Pengantar iii

Kata Sambutan Dekan Fakultas Teknik UKI vii

Kata Sambutan Pimpinan Majelis GKPS Jemaat Cikoko ix

Daftar Tabel xi

Daftar Gambar xiv

xv

BAB I SUMBER ENERGI MATAHARI

1.1. Matahari sebagai Sumber Energi bagi Bumi 1

1.2. Spektrum Radiasi Matahari 3

1.3. Proses Photosintesa menangkap Energi Matahari 8

1.4. Radiasi Matahari yang memberikan Efek pencahayaan 11

1.5. Radiasi Infra Merah 11

BAB II POTENSI ENERGI TERBARUKAN di INDONESIA

2.1. Krisis Energi Fosil 13

2.2. Energi Panas Bumi (Geothermal) 16

2.3. Energi Angin 18

2.4. Energi Air 18

2.5. Energi Biomasa dan Biogas 19

2.6. Energi Matahari secara langsung 21
2.7. Energi Laut 21
2.7.1. Energi Gelombang Laut 21
2.7.2. Energi Arus Laut 22

BAB III PANDUAN SURVEI UNTUK MEMPREDIKSI KAPASITAS DAYA PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO (PLTMH)

3.1. Pendahuluan 23
3.2. Kapasitas Daya Listrik dari Air 24
3.3. Penentuan Spesifikasi Generator 25
3.4. Menentukan Jaringan Listrik 28
3.4.1. Pemilihan Tegangan dan Panjang Jaringan 28
3.4.2. Pemilihan Ukuran Penghantar 29
3.4.3. Menentukan/memilih Panjang Tiang 30
3.5. Menentukan Debit Air Sungai (Q) 32
3.5.1. Metode menggunakan Ember 32
3.5.2. Metode Pelampung/Terapung 35
3.5.3. Metode Bendung Bersudut V(90^0)/Metode Thomson 40
3.6. Menentukan Beda Tinggi (H) 44
3.6.1. Metode Pengukuran Beda Tinggi Dengan Alat modern 44
3.6.1.1. Cara Barometris 44

3.6.1.2. Cara trigonometris 44
3.6.1.3. Waterpassing atau Sipat Datar 46
3.6.1.4. Pengukuran Tinggi dengan GPS 52
3.6.2. Pengukuran Beda Tinggi Dengan Alat Sederhana 52
3.6.2.1. Pengukuran Beda Tinggi Dengan Selang Plastik 52
3.7. Penentuan Jenis Turbin yang digunakan 56
3.7.1. Jenis Turbin 56
3.7.2. Instalasi Pipa pada Turbin pelton 58
3.7.3. Kerugian Tekanan akibat gesekan air pada pipa (h_f) 58
3.7.4. Penyesuaian Putaran 65

BAB IV INFRASTRUKTUR DARI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKROHIDRO

4.1. Pendahuluan 67
4.2. Bendung 68
4.3. Saluran Pembawa 69
4.4. Ujung Saluran Pembawa 70
4.5. Bak Penenang 71
4.6. *Penstock* (Pipa Pesat) 72
4.7. Rumah Pembangkit *(Power House)* 73
4.8. Saluran Buang (Tail Race) 76

DAFTAR GAMBAR

1.1. Reaksi thermonuklir di permukaan matahari 2

1.2. Spektrum gelombang elektromagnetik 3

1.3. Radiasi energi matahari yang mencapai bumi dan yang dipantulkan kembali ke angkasa 4

1.4. Proses fotosintesa pada tumbuhan 9

2.1. Sebuah gambar *Ring of Fire* 17

3.1. Tinggi air jatuh (head) 24

3.2. Bendung air sungai 24

3.3. Turbin terhubung dengan generator 26

3.4. Sistem AVR generator penguatan sendiri 27

3.5. Jaringan utama dan sadapan 30

3.6. Tiang jaringan tegangan rendah 31

3.7. Pengukuran volume air dengan menggunakan ember 32

3.8. Pengukuran volume air dengan menggunakan ember dan stopwatch 34

3.9. Pengukuran volume air terjun kecil/pancuran dengan menggunakan ember dan stopwatch 35

3.10. Titik-titik dan kedalaman air yang kita peroleh diatas kertas millimeter block 36

3.11. Pengukuran kecepatan aliran sungai dengan metode pelampung 37

BAB I

Sumber Energi Matahari

Matahari merupakan sentral dari sistem tata surya kita. Suhu permukaan matahari berkisar 6.000 °C dan dapat bertahan karena adanya reaksi nuklir secara fusi antara atom-atom hidrogen di dalamnya. Reaksi nuklir tersebut secara gradual mengkonversikan seluruh hidrogen ke wujud elemen yang lebih berat, namun berlangsung lambat sehingga matahari tetap dapat menyuplai energinya untuk 5 milyar tahun ke depan.

1.1. Matahari sebagai Sumber Energi bagi Bumi.

Energi adalah bagian dari kebutuhan manusia yang sangat mutlak dan juga bersifat kompleks. Dalam pengertian global, ada tiga sumber energi yaitu: *matahari*, *gravitasi*, *inti atom*. Tidak kurang dari 95% energi yang ada di bumi ini berasal dari matahari. Energi digunakan pada awal peradapan manusia adalah untuk menjemur pakaian/kulit binatang, mengeringkan/mengawetkan daging/makanan, dan sebagai penerang di malam hari (lampu menggunakan lemak hewan) atau membakar kayu sebagai penghangat tubuh. Energi yang berasal dari matahari ini juga merupakan sumber energi yang memberikan suhu atmosfir di sekitar kita sebagaimana yang kita rasakan saat ini. Proses fundamental yang menentukan suhu bumi adalah keseimbangan antara radiasi energi termis dari matahari ke bumi dan energi termis yang dipantulkan kembali oleh permukaan bumi ke angkasa. Dengan demikian kenaikan suhu permukaan bumi, atau

BAB II

Potensi Energi Terbarukan di Indonesia.

Ketika membahas tentang masalah energi, kita tidak dapat mengabaikan begitu saja dua hukum fisika energi, yaitu (a) hukum kekekalan energi[2] *(conservation of energy)* dan (b) hukum keseimbangan energi bumi[3] *(earth's energy balance)*. Masalah keseimbangan energi menjadi pusat pembahasan ketika kita membahas tentang pemanfaatan energi yang terbuang dalam wujud panas di saat proses konversi energi[4], pemanasan global, maupun kelestarian *ecosystem*[5].

2.1. Krisis Energi Fosil.

Perlu digarisbawahi *warning* yang pernah disampaikan oleh M. King Hubbert[6] 42 tahun yang lalu, yaitu bahwa batubara dan minyak bumi -- yang proses terbentuknya memerlukan

---

he total energy of an isolated system is constant. Energy may be converted from one rm to another, but is not created or destroyed. If the system has only conservative rces, then the total mechanical energy (kinetic and potential) is constant. Dictionary of ience and Technology, The Wordsworth Pub. , 1995.

*balance-sheet drawn up from an engine test, expressing the various forms of energy duced by the engine (e.g. BHP or output power, heat to cooling water, heat carried ay in exhaust gases, and heat unaccounted for) as percentage of the heat supplied n the calorific value of the fuel.*Dictionary of Science and Technology, The rdsworth Pub. , 1995.

uglasM. Considine (editor), *Energy Technology Handbook*, McGraw-Hill, 1977.

ergy balance (Ecol.) is a quantitative account of the exhanges of energy between qnisms and the surroundings., Dictionary of Science & Technology, The dsworth Pub., 1995.

4th Symposium on Engineering Problems of Fussion Research, WashingtonDC, 1971.

BAB III

Panduan Survei Untuk Memprediksi Kapasitas Daya Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH)

3.1. Pendahuluan.

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) merupakan suatu pembangkit listrik yang memanfaatkan energi potensial dari air jatuh. Semakin tinggi air jatuh (*head*) maka semakin besar energi potensial air yang dapat diubah menjadi energi listrik. Secara skematis, hal tersebut diperlihatkan pada gambar 3.1. Air jatuh dengan ketinggian tertentu, mengalir melalui pipa pesat *(penstock)* untuk menggerakkan turbin dan turbin menggerakkan generator dan generator mengkonversi energi mekanis menjadi energi listrik.

Disamping faktor geografis yang memungkinkan, tinggi air jatuh (*head)*, seperti diperlihatkan pada gambar 3.1, dapat pula diperoleh dengan membendung aliran air sehingga permukaan air menjadi tinggi seperti diperlihatkan pada gambar 3.2 atau disebut juga *intake dam*.

BAB IV

Infrastruktur dari Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro.

4.1. Pendahuluan.

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro(PLTMH), Kali Maron, Desa Seloliman, Kecamatan Trawas, Kabupaten Mojokerto, Jawa Timur merupakan contoh PLTMH untuk memberikan gambaran lebih jelas tentang PLTMH itu sendiri. Desa ini mempunyai 2 PLTMH masing-masing PLTMH Maron dan PLTMH Wot Lemah. Tim penyusun buku pedoman ini mengadakan kunjungan ke PLTMH tersebut di atas.

Pembangunan PLTMH ini dimulai tahun 1993 bekerjasama dengan Negara Jerman dan selesai tahun 1994. PLTMH ini memanfaatkan aliran Kali Maron dengan 2 (dua) PLTMH yaitu, PLTMH Maron dan PLTMH Wot Lemah. Desa Seloliman terdiri dari 4 Dusun yaitu Dusun Balekambang, Dusun Sempur, Dusun Biting dan Dusun Janjing.

Dari empat dusun tersebut, dusun Janjing tidak dapat dijangkau secara elektris oleh PLN. Setelah PLTMH dibangun, semua desa dapat menikmati energi listrik

BAB V

Biaya Pembuatan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro.

Biaya yang diperlukan untuk membangun suatu Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro tergantung kepada jenis pekerjaan seperti, infrastruktur pembangkit, bangunan pembangkit dan peralatan mekanikal dan elektrikal. Infrastruktur pembangkit mencakup pembuatan bendung, bangunan *intake*, saluran pembawa dan termasuk bak penenang. Bangunan pembangkit terdiri pipa penstok dan rumah pembangkit. Peralatan mekanikal dan elektrikal secara umum terdiri dari turbin, generator, peralatan kontrol dan peralatan interkoneksi. Bahan bangunan seperti batu, pasir kemungkinan dapat diperoleh secara lokal. Pembangunan PLTMH dapat dilakukan secara gotong-royong. Pembiyaan untuk membangun PLTMH dapat diperoleh misalnya dari swadana masyarakat maupun perusahaan sponsor melalui program *Corporate Social Responsibility* (CSR).

Tidak tertutup kemungkinan bahwa dana bantuan juga dapat diperoleh melalui lembaga-lembaga asing. Semua itu memerlukan adanya sebuah proposal permohonan dana untuk pembangunan PLTMH tersebut.

Daftar Pustaka.

1. **Basuki Slamet**, (2006), *Ilmu Ukur Tanah,* Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
2. **Bird J,** (2007)., *Engineering Mathematics,* 5th edn, Elsevier, (ISBN 978-07506-8555-9).
3. **Chapman Stephen J.,** (1991), *Electric Machinery Fundamentals*, Second Edition, McGraw-Hill, Inc., New York, (ISBN 0-07-100972-8).
4. **Chow Ven Te**, (1959), *Hidraulika Saluran Terbuka (terjemahan)*, Mc-Graw Hill Inc., New York.
5. **Dietzel Fritz, Dakso Sriyono,** (1980), *Turbin Pompa dan Kompresor*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
6. **ESDM Untuk Kesejahteraan Rakyat** (ppt).
7. **Fraenkel P, O Paish, V. Bolkader**,(1991)., *Micro-hydro power: A guide for development workers,* P. Fraenkel, A. Harvey & A Brown, ITDG Publishing, IT Power, Stockholm Environment Institute.
8. **Harvey Adam, A. Brown., P. Hettiarachi., A. Inversin,** (2006), *Micro-Hydro Design Manual, A guide to small-scale water power schemes*, YIDG Publishing.
9. **Harvey A., A. Brown,** (1992), *Micro-hydro Design Manual,* ITDG Publishing.
10. **Hydromatch**, *Flow Estimation for Streams and Small Rivers*, www.hydromatch.com.

Ringkasan Eksekutif:

Seperti kita ketahui bersama, bahwa cadangan energi fosil (batubara, minyak dan gas) di Indonesia semakin menipis, dan dapat dikatakan cadangan ini hanya tersedia untuk puluhan tahun ke depan sementara kebutuhan akan energi semakin meningkat. Pada saatnya, energi fosil akan habis dan harus beralih kepada sumber energi baru dan terbarukan yang salah satunya adalah energi air.

Energi air dapat dimanfaatkan sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidra (PLTMH) yang potensinya di Indonesia masih sangat besar.

PLTMH merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan energi potensial dari air jatuh. Semakin tinggi air jatuh (*head*) dan semakin besar debit air tersebut, maka semakin besar energi potensial air yang dapat diubah menjadi energi listrik.

Buku ini merupakan panduan survei untuk memprediksi kapasitas suatu PLTMH. Kapasitas pembangkit listrik jenis ini tergantung kepada debit air (Q) dan tinggi air jatuh (H).

Cara pengukuran debit air dan tinggi air jatuh disajikan secara rinci pada buku panduan ini. Besarnya debit air dan tinggi air jatuh akan menentukan pemilihan jenis turbin dan generator.

Fakultas Teknik
Universitas Kristen Indonesia
Jl. Mayjen Sutoyo No. 2
Cawang - Jakarta Timur

ISBN: 978-602-97315-3-8
9 786029 731538