

PLTMH Sebagai Alternatif Pembangkit Listrik Ramah Lingkungan

Oleh : Agus Sugiharto *)

Abstrak

Rasio elektrifikasi Indonesia sampai dengan pertengahan tahun 2016 baru mencapai 87 persen dengan target akhir tahun bisa ditingkatkan menjadi 90%. Untuk meningkatkan rasio elektrifikasi tersebut maka diperlukan penambahan jumlah pembangkit listrik yang ada, yaitu dengan menggunakan pembangkit listrik dengan energi fosil seperti batubara, minyak bumi dan gas bumi maupun dengan energi baru terbarukan yang lebih ramah lingkungan. Untuk rasio elektrifikasi per wilayah, Provinsi Papua masih merupakan yang paling rendah yaitu sekitar 44,40% disusul Nusa Tenggara Timur 57,74%, lalu Sulawesi Tenggara 66,78%, serta Kalimantan Tengah 68,27%.

Untuk mendorong optimalisasi pengembangan energi baru terbarukan yang saat ini baru 7 persen menjadi 23 persen pada 2025, diperlukan kerjasama semua pihak mulai dari proses perijinan sampai proses pemasangan, perawatan dan juga alih tehnologinya. Pembangkit listrik Mikro Hidro (PLTMH) adalah salah satu pembangkit listrik alternatif yang ramah lingkungan, dengan memanfaatkan aliran air sebagai tenaga penggerak turbin untuk menghasilkan energi listrik.

Kata kunci: PLTMH, Arus sungai, Peralatan pembangkitan, proses pembangkitan.

I. PENDAHULUAN

Menurut kamus besar bahasa Indonesia mikro adalah kecil, sedangkan hidro adalah bentuk terikat air. Sehingga dapat diartikan mikro hidro adalah air dengan debit yang kecil. PLTMH adalah istilah yang digunakan untuk instalasi pembangkit listrik yang menggunakan energi air dengan debit air yang kecil. Kondisi air yang bisa dimanfaatkan sebagai sumber daya (resources) penghasil listrik adalah yang memiliki kapasitas aliran dan ketinggian tertentu. Pembangkit listrik kecil yang dapat menggunakan tenaga air pada saluran irigasi dan sungai atau air terjun alam, dengan cara memanfaatkan ketinggian air terjun (head, dalam m) dan kapasitas mengacu kepada jumlah volume aliran air persatuan waktu (flow rate capacity). Semakin besar kapasitas aliran ma-

upun ketinggiannya air terjun, maka semakin besar energi yang bisa dimanfaatkan untuk menghasilkan energi listrik. Air dialirkan ke power house (rumah pembangkit) yang biasanya dibangun dipinggir sungai. Aliran air digunakan memutar sebuah turbin. Energi mekanik dari putaran poros turbin akan diubah menjadi energi listrik oleh sebuah generator. Pembangkit listrik tenaga air dibawah 200 kW digolongkan sebagai PLTMH.

Keterbatasan tenaga listrik merupakan salah satu permasalahan energi yang paling mendasar di Indonesia. Ketersediaan pembangkit listrik masih sangat kurang. Hal ini dapat dilihat dari banyaknya daerah yang belum teraliri listrik. Maka dari itu, perlu diciptakan alat atau pembangkit listrik yang dapat menjangkau tempat terpencil yang ramah lingkungan

dan harganya terjangkau. Indonesia dialiri oleh banyak sungai dan belum dimanfaatkan secara optimal. Lokasi sungai-sungai ini juga kebanyakan terletak di desa-desa dan daerah terpencil. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) merupakan instrument yang tepat dengan memanfaatkan sungai-sungai di daerah yang belum dialiri listrik.

Potensi sumber daya air yang melimpah di Indonesia karena banyak terdapatnya hutan hujan tropis, membuat kita harus bisa mengembangkannya potensi ini, karena air adalah sebagai sumber energi yang dapat terbarukan dan sangat alami. Bila hal ini dapat terus dieksplorasi, konversi air menjadi energi listrik sangat menguntungkan bagi negeri ini. Di Indonesia telah terdapat banyak sekali sungai dan waduk untuk menampung air, tinggal bagaimana kita dapat mengembangkan PLTMH menjadi lebih baik lagi dan lebih efisien.

Peningkatan kebutuhan suplai daya listrik ke daerah-daerah pedesaan di sejumlah negara, sebagian untuk mendukung industri-industri dan sebagian untuk menyediakan penerangan di malam hari. Kemampuan pemerintah yang terhalang oleh biaya yang tinggi untuk perluasan jaringan listrik, dapat membuat Mikrohidro memberikan sebuah alternatif ekonomi ke dalam jaringan. Hal ini dikarenakan Skema Mikrohidro yang mandiri dapat menghemat dari jaringan transmisi, karena skema perluasan jaringan tersebut biasanya memerlukan biaya peralatan dan pegawai yang mahal.

II. TUJUAN

PLTMH merupakan suatu pembangkit listrik skala kecil dengan kapasitas pembangkit dibawah 200 kW. Dalam tulisan ini akan dibahas gambaran umum dari sebuah PLTMH mulai dari prinsip kerja, bagian – bagian PLTMH, beberapa sistem kontrol dan pembangkitan

dan perhitungan daya yang bisa dibangkitkan.

III. DASAR TEORI PLTMH

A. PRINSIP KERJA

PLTMH pada prinsipnya memanfaatkan beda ketinggian (simbol h dengan satuan meter) dan jumlah air yang jatuh (debit) perdetik (simbol Q dengan satuan m^3/det) yang ada pada saluran air terutama pada sungai. Untuk mengetahui potensi daya listrik di suatu lokasi diperlukan data mengenai; debit minimum, perencanaan debit yang dapat dipergunakan PLTMH, debit air pada saat banjir, tinggi terjun (beda tinggi/head) yang tersedia. Dalam pengukuran debit air sering sering dihadapkan pada keterbatasan data dan ketersediaan waktu sehingga pengukuran kair sepanjang tahun tidak memungkinkan. Sebagai jalan keluarnya, biasanya pengukuran debit air dilakukan pada musim kemarau, sehingga diperoleh data debit minimal air yang bisa dijadikan sebagai acuan. Selanjutnya untuk menjamin ketersediaan air sepanjang tahun, perhitungan pontensi daya suatu lokasi dilakukan pada 80%-90% debit air terukur. Potensi daya listrik yang bisa dibangkitkan pada suatu lokasi dapat ditentukan dari besar daya yang dibangkitkan dan jumlah energi yang dibangkitkan tiap tahun. Jika tinggi jatuh efektif maksimum adalah H_{eff} (m), debit maksimum turbin adalah Q (m^3/dtk), efisiensi dari turbin dan generator masing-masing adalah η_t dan η_g , maka daya atau tenaga yang dibangkitkan oleh suatu Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro dapat dihitung dengan rumus :

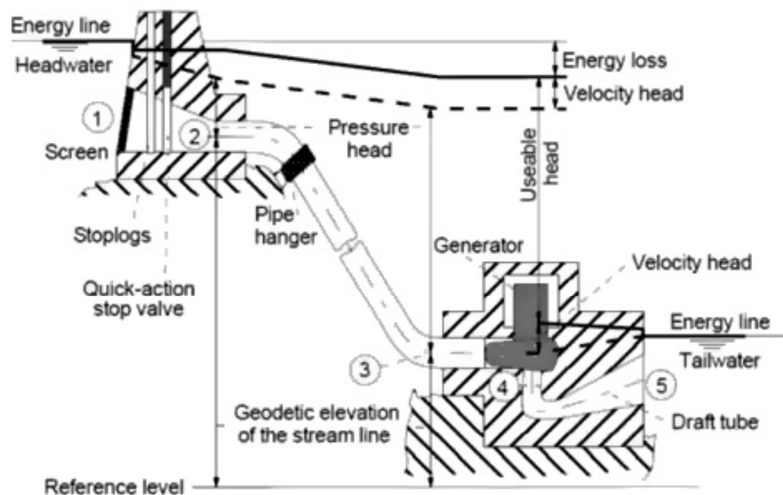
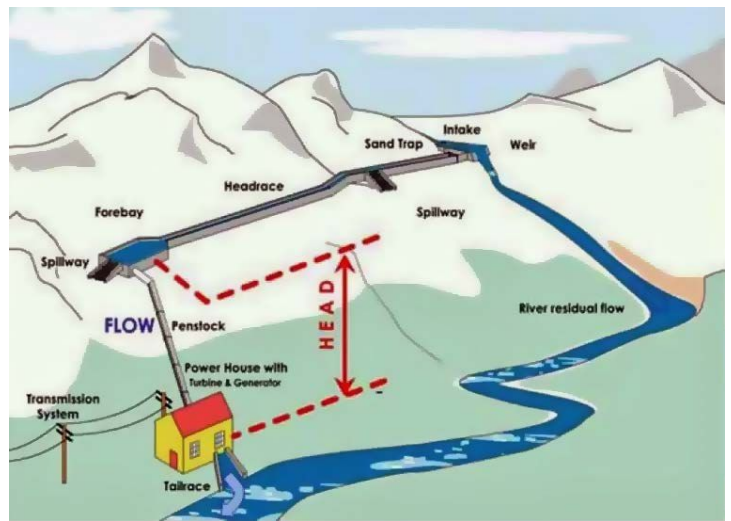
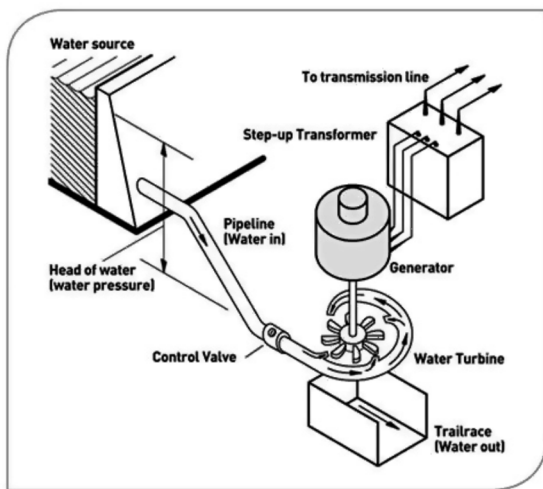
- Daya Teoritis (P Teoritis)
= $9,81 \times Q \times H$ (w)
- Daya Turbin (P Turbin)
= $9,81 \times \eta_t \times Q \times H_{eff}$ (w)
- Daya Generator (P Generator)
= $9,81 \times \eta_t \times \eta_g \times Q \times H_{eff}$ (w)

Dengan:

- P = daya yang dihasilkan (kW)
- η_t = efisiensi turbin (ppm)
- η_g = efisiensi generator (rpm)
- Q = debit pembangkit (m/dtk)
- H = tinggi jatuh efektif (m)

Air yang mengalir selanjutnya menggerakkan turbin, kemudian turbin akan memutar generator untuk menghasilkan listrik. Selanjutnya

daya listrik yang dihasilkan oleh generator pada PLTMH ini biasanya akan ditransmisikan atau didistribusikan dengan menggunakan sistem jaringan tegangan rendah (TR). Yang perlu diperhatikan dalam merancang sebuah PLTMH adalah menyesuaikan antara debit air yang tersedia dengan besarnya generator yang digunakan. Jangan sampai generator yang dipakai terlalu besar atau terlalu kecil dari debit air yang ada. Generator yang tidak sesuai juga akan menyebabkan tingkat efisiensi rendah.



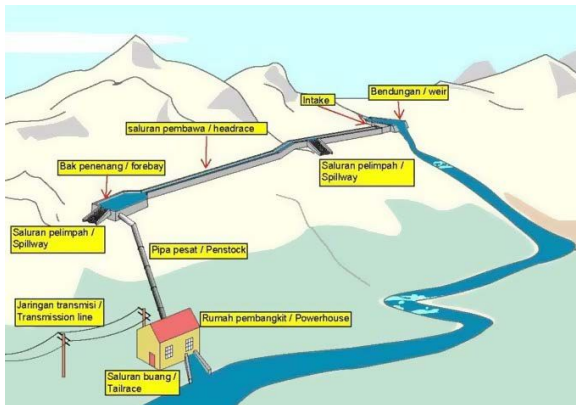
Sumber : *Renewable Energy hal 350, 2007*

Gambar 1.3 Prinsip pembangkit listrik tenaga mikrohidro

Gambar 1. Skema PLTMH

B. BAGIAN – BAGIAN PLTMH

Secara umum bagian – bagian yang ada di dalam sistem PLTMH meliputi bangunan sipil, mekanik dan elektrik. Bangunan sipil terdiri dari pembangunan bendungan (dam), saringan (sand trap), pintu pengambilan air (intake), Saluran pembawa (headrace), Saluran pelimpah (spill way), Kolam penenang (Forebay), Saluran pembuang (tailrace). Sedangkan untuk bagian mekanik terdiri dari pipa pesat (penstock), katup utama (main valve atau inlet valve) dan juga turbin air. Sedangkan untuk bagian elektrik terdiri dari generator, ballast load (dummy load), panel control dan juga jaringan distribusi/transmisi tenaga listrik dari pembangkit sampai ke konsumen.



Gambar 2. Bagian – Bagian PLTMH

1. Bendungan (dam)

Bendungan adalah bangunan yang berfungsi untuk menutup aliran sungai sehingga terbentuk waduk. Tipe bendungan harus memenuhi syarat topografi, geologi dan syarat lain seperti bentuk, kekuatan serta model bendungan. Bendungan mempunyai dua keluaran saluran air dimana mengalir pada pipa pesat (penstock) dan bisa juga mengalir pada areal persawahan



Gambar 3. Bendungan

2. Saringan (sand trap)

Saringan ini dipasang didepan pintu pengambilan air, berguna untuk menyaring kotoran – kotoran atau sampah yang terbawa sehingga air menjadi bersih dan tidak mengganggu operasi mesin PLTMH.



Gambar 4. Saringan (Sand Trap)

3. Pintu pengambilan air (intake)

Pintu Pengambilan Air atau intake adalah bagian dari konstruksi sipil yang digunakan untuk masuknya air dari bendungan dan sandtrap untuk kemudian dibawa ke saluran pembawa (headrace).



Gambar 5. Intake

4. Saluran Pembawa (Headrace)

Saluran pembawa berfungsi untuk mengalirkan air dari intake sampai ke kolam penenang. Selain itu, saluran ini juga berfungsi untuk mempertahankan kestabilan debit air. Saluran air untuk sebuah pembangkit skala kecil cenderung untuk memiliki bangunan yang terbuka

5. Saluran Pelimpah (Spillway)

Saluran pelimpah berfungsi untuk mengurangi kelebihan air pada saluran pembawa.

6. Kolam Penenang (Forebay)

Kolam penenang berfungsi untuk mengendapkan dan menyaring kembali air agar kotoran tidak masuk dan merusak turbin. Selain itu, kolam penenang ini juga berfungsi untuk menenangkan aliran air yang akan masuk ke dalam pipa pesat



Gambar 6. Saluran Pembawa (Headrace)



Gambar 7. Saluran Pelimpah (Spillway) dan Kolam Penenang (Forebay)

7. Pipa pesat (penstok)

Fungsinya untuk mengalirkan air dari kolam penenang menuju turbin. Pipa pesat mempunyai posisi kemiringan yang tajam dengan maksud agar diperoleh kecepatan dan tekan-

an air yang tinggi untuk memutar turbin. Konstruksinya harus diperhitungkan agar dapat menerima tekanan besar yang timbul termasuk tekanan dari pukulan air. Pipa pesat merupakan bagian yang cukup mahal, untuk itu pemilihan pipa yang tepat sangat penting



Gambar 8. Pipa Pesat (Penstok)

8. Katub Utama (Main Valve atau Inlet Valve)

Katub utama dipasang didepan turbin berfungsi untuk membuka aliran air, Menstart turbin

atau menutup aliran (menghentikan turbin). Katup utama ditutup saat perbaikan turbin atau perbaikan mesin dalam rumah pembangkit. Pengaturan tekanan air pada katup utama

digunakan pompa hidrolik.

9. Saluran Pembuang (Tailrace)

Saluran pembuang berfungsi untuk mengalirkan air keluar setelah memutar turbin

10. Power House (Rumah Pembangkit)

Power house atau rumah pembangkit adalah tempat berputarnya turbin air untuk menggerakkan generator untuk menghasilkan listrik. Pada rumah pembangkit terdapat instalasi turbin air, generator, peralatan bantu, ruang pemeliharaan, dan ruang control (panel kontrol dan balast load).



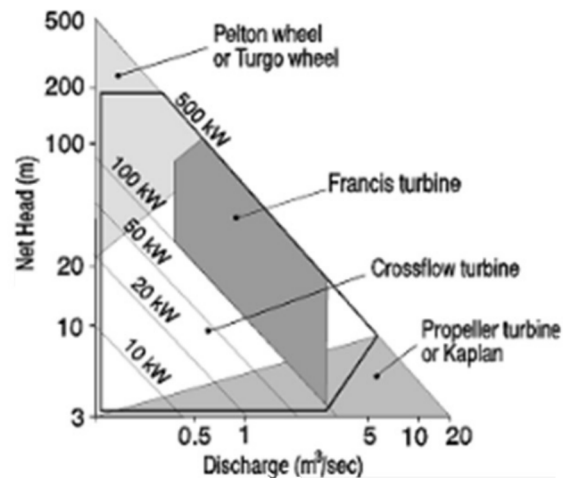
Gambar 9. Power House

Beberapa peralatan yang ada pada rumah pembangkit antara lain :

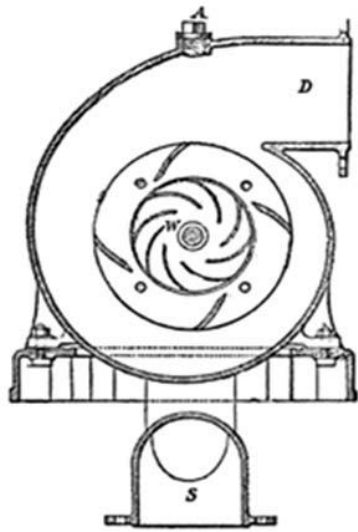
- a. Turbin, merupakan salah satu bagian penting dalam PLTMH yang menerima energi potensial air dan mengubahnya menjadi putaran (energi mekanis). Putaran turbin dihubungkan dengan generator untuk menghasilkan listrik.

Pemilihan turbin didasarkan atas pertimbangan head yang dibuat. Adapun tipe penggunaan head yang berlaku pada beberapa macam turbin diantaranya:

Jenis Turbin	Nilai Head (meter)
Kaplan	2 < H < 40
Francis	10 < H < 350
Pelton	50 < H < 1300
Turgo	50 < H < 250



Gambar 10. Hubungan antara Head dan Jenis Turbin yang digunakan



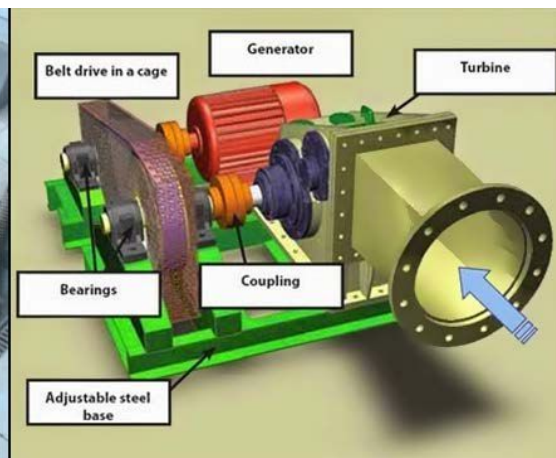
Gambar 11. Turbin

- b. Generator AC (Arus bolak balik) adalah peralatan yang dipergunakan untuk mengkonversikan energi potensial air menjadi energi listrik AC. Untuk memilih generator yang akan digunakan harus disesuaikan dengan debit air yang ada agar efisiensinya tinggi, dengan perhitungan data yang ada di lapangan. Kemampuan generator dalam menghasilkan listrik biasanya dinyatakan dalam VoltAmpere (VA) atau dalam kilo volt Ampere (kVA).
- c. Efisiensi generator secara umum yang digunakan pada sebuah PLTMH 3 fasa

dengan frekuensi 50 hz dan tegangan keluaran 220/380 V adalah sebagai berikut :

Tabel 1. Efisiensi Generator

Daya Generator (kVA)	Efisiensi Generator
< 10 KVA	0.7 - 0.8
10 - 20 KVA	0.8 - 0.85
20 - 50 KVA	0.85
50 - 100 KVA	0.85
> 100 KVA	0.9 - 0.95



Gambar 12. Generator

d. Peralatan Kontrol

Peralatan kontrol yang terpasang pada PLTMH berfungsi untuk mengatur distribusi daya listrik yang dihasilkan. Sistem kontrol yang digunakan pada PLTMH biasanya menggunakan pengaturan beban sehingga jumlah output daya generator selalu sama dengan beban. Apabila terjadi penurunan beban di konsumen, maka beban tersebut akan dialihkan ke sistem pemanas udara (air heater) yang dikenal sebagai ballast load/dummy load.

Beberapa peralatan yang digunakan untuk mengatur daya listrik yang dihasilkan PLTMH

biasanya menggunakan:

- Peralatan Pengaman seperti CB (Circuit Breaker), MCB (Miniatur Circuit Breaker), NFB (No Fuse Breaker) atau MCCB (Molded Case Circuit Breaker). Peralatan pengaman adalah suatu peralatan listrik yang digunakan menghubungkan atau memutuskan daya listrik dari satu rangkaian ke rangkaian lainnya. Selain itu berfungsi juga untuk memutuskan/ melindungi beban dari arus yang berlebihan ataupun jika terjadi hubung singkat.



Gambar 13. Peralatan pengaman Jenis MCB, NFB dan MCCB

- Electronic Load Controller (ELC) Atau Induction Generator Controller (IGC)
Electronic Load Controller (ELC) berfungsi sebagai pengatur speed turbin (governor) untuk sistem pembangkit dengan generator sinkron. Prinsip kerja pengatur beban elektronis (Electronic Load Controller, ELC) ini adalah ELC akan memonitor frekuensi sistem secara terus menerus. Frekuensi hasil monitor akan dibandingkan dengan frekuensi offset (nilai frekuensi

yang sudah ditentukan sebelumnya sesuai dengan nilai toleransi yang diijinkan). Hasil dari perbandingan digunakan untuk mengatur besar-kecilnya ballast loads secara otomatis yakni dengan cara menambah atau mengurangi ballast loads sebagai kompensasi beban utama yang pemakaiannya tidak menentu, sehingga diharapkan total beban generator PLTMh akan terjaga pada beban aman dan putaran generator menjadi relatif mendekati putaran konstan.



Gambar 14. Panel kontrol ELC (Electronic Load Controller)

- Induction Generator Controller (IGC)
Induction Generator Controller (IGC) berfungsi sebagai pengatur tegangan (Automatic Voltage Regulator) untuk sistem pembangkit dengan generator asinkron (IMAG). Dengan

cara menyeimbangkan antara daya turbin (input power) dengan daya generator (output power)

- Kontaktor Magnet (Magnetic Contactor)
Magnetic Contactor (MC) adalah sebuah komponen yang berfungsi sebagai penghubung/kontak dengan kapasitas yang besar dengan menggunakan daya minimal. Dapat dibayangkan MC adalah relay dengan kapasitas yang besar. Umumnya MC terdiri dari 3 pole kontak utama dan kontak bantu (aux. contact). Untuk menghubungkan kontak utama hanya dengan cara memberikan tegangan pada koil MC sesuai spesifikasinya.

Komponen utama sebuah MC adalah koil dan kontak utama. Koil dipergunakan untuk menghasilkan medan magnet yang akan menarik kontak utama sehingga terhubung pada masing-masing pole



Gambar 15. Kontaktor magnet

- Beban Ballast (Ballast Load)
Beban ballast hanya digunakan pada PLTMH dengan pemakaian kontrol beban (ELC/IGC) sedangkan pada PLTMH tanpa kontrol tidak menggunakan beban ballast. Pada PLTMH tanpa menggunakan kontrol, tegangan dan frekuensi akan naik dan turun sesuai dengan perubahan beban konsumen, hal ini akan mengakibatkan lampu dan peralatan elektronik akan cepat rusak.

Beban ballast digunakan untuk membuang energi listrik yang dibangkitkan oleh generator tetapi tidak terpakai oleh konsumen. Sehingga daya yang dihasilkan generator dengan daya yang dipakai akan seimbang, hal ini dimaksudkan untuk menjaga tegangan dan frekuensi generator tetap stabil



Gambar 16. Ballast Load

C. PERHITUNGAN DAYA

Perhitungan daya yang dihasilkan oleh suatu PLTMH (dalam kW) dapat dihitung dengan menggunakan rumus Daya Generator

$$(P) = 9,81 \times \eta_t \times \eta_g \times Q \times H_{\text{eff}} \text{ (w)}.$$

Oleh karena itu kita harus mengetahui jumlah debit air yang masuk (m³/dtk), head atau tinggi jatuh efektif (meter), efisiensi turbin dan efisiensi generator.

Misalnya diketahui data di suatu lokasi yang akan dibangun PLTMH adalah :

$$Q = 10 \text{ m}^3/\text{detik},$$

$$H_{\text{eff}} = 5 \text{ meter},$$

$$\eta_t = 0,77$$

$$\eta_g = 0,85$$

Maka daya listrik yang bisa dihasilkan dari data diatas adalah :

$$\begin{aligned} P &= 9,81 \times \eta_t \times \eta_g \times Q \times H_{\text{eff}} \text{ (w)} \\ &= 9,81 \times 0,77 \times 0,85 \times 10 \times 5 \\ &= 321,03 \text{ kW} \end{aligned}$$

Jadi daya listrik yang bisa dihasilkan adalah 321,03 kW atau sekitar 321.000 Watt.

Apabila daya listrik minimum untuk satu rumah pedesaan diestimasikan sebesar 300

Watt, maka jumlah rumah yang akan menerima suplai daya listrik baru adalah:

Jumlah rumah = Daya listrik PLTMH / Kebutuhan minimum listrik pedesaan

$$= 321.000 / 300$$

$$= 1070 \text{ rumah}$$

IV. PENUTUP

A. KESIMPULAN

Penggunaan energi mikrohidro dapat digunakan sebagai salah satu alternatif energi baru terbarukan untuk mengatasi permasalahan konsumsi listrik yang besar serta penyediaan energi listrik yang belum merata terutama di daerah pedesaan dengan memanfaatkan aliran sungai yang ada.

Penggunaan PLTMH ini sesuai dengan kondisi lingkungan di Indonesia yang mempunyai banyak bukit dan sungai. Kondisi geografis seperti inilah yang dapat dimanfaatkan untuk pembuatan PLTMH.

Daya yang dihasilkan oleh PLTMH berkisar antara 10-200 kW. Walaupun daya tersebut tergolong kecil untuk suatu pembangkit, akan

tetapi hal ini sangat membantu masyarakat terutama yang berada di daerah terpencil yang belum mendapatkan suplai daya listrik dari PLN. Suplai daya listrik dari PLN belum dapat diberikan pada daerah-daerah pedesaan dikarenakan faktor ekonomis, teknis dan lain-lain.

Prinsip kerja PLTMH adalah memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah air yang jatuh (debit) perdetik yang ada pada saluran air yang dikondisikan dengan pipa. Air tersebut selanjutnya akan menggerakkan turbin yang memutar generator untuk menghasilkan listrik.

Besarnya debit air dan tinggi jatuh efektif sua-

tu aliran air sangat berpengaruh terhadap daya listrik yang bisa dibangkitkan pada PLTMH.

B. SARAN

Untuk membuat Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH), kita perlu mengetahui terlebih dahulu berapa debit air dan tinggi jatuh efektif aliran airnya, sehingga dapat diketahui besar potensi dari aliran air tersebut. Kemudian menentukan jenis dan spesifikasi dari turbin dan generatornya. Besar debit air dan kemampuan dari turbin dan generator harus seimbang agar didapatkan daya terbangkit secara maksimal dengan tingkat efisiensi yang tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

- Rizky Primachristi Ryantira Pongdatu, 2015, Studi Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro Di Sungai Sampean Baru Desa Bunutan Kecamatan Tapen Kabupaten Bondowoso Provinsi Jawa Timur, Institut Teknologi Surabaya.
- <http://ebtke.esdm.go.id/>, Tingkatkan Rasio Elektrifikasi Dengan EBT, diakses 26 September 2016.
- Arismunandar, Artono, 1991. Buku Pegangan Teknik Tegangan Listrik I, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Archie W. Culp Jr., 1989, Prinsip-Prinsip Konversi Energi, Erlangga, Jakarta
- Gunawan, Didik Eko Budi Santoso, Studi Potensi Tenaga Air Sebagai Energi Primer Pembangkit Mikro Hidro Di Kabupaten Pekalongan.
- Intamani, A., Nidiansyah, 2007, Perencanaan Teknis PLTM Pekatan NTB, Institut Teknologi Bandung.
- Sami, Dedy. 2010."PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO (PLTMH)", (Online), (<http://sami-dedy.blogspot.co.id/2010/06/pembangkit-listrik-tenaga-mikro-hidro.html>), di akses 27 Maret 2017
- Gunawan dan Didik Eko Budi Santoso. "Studi Potensi Tenaga Air Sebagai Energi Primer Pembangkit Mikro Hidro Di Kabupaten Pekalongan". Jurusan Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Unissula Semarang.

**) Penulis adalah Pejabat Fungsional Widyaiswara Ahli Muda PPSDM Migas.*