

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Umum

Sudah ada beberapa penelitian tentang Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro, namun dalam realisasinya belum banyak yang menganalisa seberapa efisien pembuatan pembangkit listrik tersebut. Maka dari itu, pada penelitian kali ini kami akan menganalisa lebih lanjut seberapa efisien pembangunan pembangkit listrik di tiap daerah dengan meninjau beberapa Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro. Sebelumnya pada bagian ini akan dibahas Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro di beberapa lokasi di Indonesia sebagai dasar teori dalam penelitian lebih lanjut yang akan dilakukan di daerah Kulonprogo.

Dalam peneleitian kali ini terdapat beberapa hal yang dapat ditinjau guna tercapainya hasil yang dituju. Aspek utama yang menjadi tinjauan yaitu bangunan-bangunan sipil serta peralatan yang berpengaruh dalam perencanaan dan analisa tentang Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro. Hal-hal penting yang menjadi bahasan antara lain bendung, *intake*, bak pengendap (*settling basin*), saluran pembawa (*headrace*), bak penenang (*forebay*), pipa pesat (*penstock*), saluran pembuang (*tailrace*), turbin dan generator.

2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Air

Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) adalah pembangkit listrik yang mengandalkan energi potensial dan kinetik dari air untuk menghasilkan energi listrik. Energi listrik yang dibangkitkan dari ini biasa disebut sebagai hidroelektrik.

Empat komponen utama dari PLTA ialah waduk atau bendungan, saluran pelimpah (pembawa air), gedung sentral (powerhouse), dan serandang hubung (switchyard) atau unit transmisi yang mengalirkan produksi listrik ke konsumen. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) juga memiliki pengertian pembangkit listrik yang memanfaatkan tenaga (aliran) air sebagai sumber penghasil energi. PLTA termasuk sumber energi terbarukan dan layak disebut *clean energy* karena ramah lingkungan. Dari segi teknologi, PLTA dipilih karena konstruksinya sederhana, mudah dioperasikan, serta mudah dalam perawatan dan penyediaan suku cadang. Secara ekonomi, biaya operasi dan perawatannya relatif murah, tenaga air yang digunakan dapat berupa aliran air pada sistem irigasi, sungai yang dibendung atau air terjun.

Bentuk utama dari pembangkit listrik jenis ini adalah motor yang dihubungkan ke turbin yang digerakkan oleh tenaga kinetik dari air. Namun, secara luas, pembangkit listrik tenaga air tidak hanya terbatas pada air dari sebuah waduk atau air terjun, melainkan juga meliputi pembangkit listrik yang menggunakan tenaga air dalam bentuk lain seperti tenaga ombak.

Besarnya listrik yang dihasilkan PLTA tergantung dua faktor sebagai berikut:

1. Seberapa tinggi air yang jatuh.

Semakin tinggi air yang jatuh, maka semakin besar tenaga yang dihasilkan. Biasanya, tinggi air jatuh tergantung tinggi dari suatu bendungan. Semakin tinggi suatu bendungan, semakin tinggi air jatuh maka semakin besar tenaga yang dihasilkan. Ilmuwan mengatakan bahwa tinggi jatuh air berbanding lurus dengan

jarak jatuh. Dengan kata lain, air jatuh dengan jarak dua satuan maka akan menghasilkan dua satuan energi lebih banyak.

2. Jumlah air yang jatuh.

Semakin banyak air yang jatuh menyebabkan turbin akan menghasilkan tenaga yang lebih banyak. Jumlah air yang tersedia tergantung kepada jumlah air yang mengalir di sungai. Semakin besar sungai akan mempunyai aliran yang lebih besar dan dapat menghasilkan energi yang banyak. Tenaga juga berbanding lurus dengan aliran sungai. Dua kali sungai lebih besar dalam mengalirkan air akan menghasilkan dua kali lebih banyak energi.

PLTA dapat dibedakan menjadi beberapa jenis sebagai berikut :

1. Berdasarkan Tinggi Terjun PLTA
 - a. PLTA jenis terusan air (*water way*) adalah pusat listrik yang mempunyai tempat ambil air (*intake*) di hulu sungai dan mengalirkan air ke hilir melalui terusan air dengan kemiringan (*gradient*) yang agak kecil. Tenaga listrik dibangkitkan dengan cara memanfaatkan tinggi terjun dan kemiringan sungai.
 - b. PLTA jenis DAM /bendungan adalah pembangkit listrik dengan bendungan yang melintang disungai, pembuatan bendungan ini dimaksudkan untuk menaikkan permukaan air dibagian hulu sungai guna membangkitkan energi potensial yang lebih besar sebagai pembangkit listrik.
 - c. PLTA jenis terusan dan DAM (campuran) adalah pusat listrik yang menggunakan gabungan dari dua jenis sebelumnya, jadi energi potensial yang diperoleh dari bendungan dan terusan.

2. PLTA Berdasarkan Aliran Sungai
 - a. PLTA jenis aliran sungai langsung (*run of river*) banyak dipakai dalam PLTA saluran air/terusan, jenis ini membangkitkan listrik dengan memanfaatkan aliran sungai itu sendiri secara alamiah.
 - b. PLTA dengan kolam pengatur (*regulating pond*) mengatur aliran sungai setiap hari atau setiap minggu dengan menggunakan kolam pengatur yang dibangun melintang sungai dan membangkitkan listrik sesuai dengan beban. Disamping itu juga dibangun kolam pengatur di hilir untuk dipakai pada waktu beban puncak (*peaking power plant*) dengan suatu waduk yang mempunyai kapasitas besar yang akan mengatur perubahan air pada waktu beban puncak sehingga energi yang dihasilkan lebih maksimal.
 - c. Pusat listrik jenis waduk (*reservoir*) dibuat dengan cara membangun suatu waduk yang melintang sungai, sehingga terbentuk seperti danau buatan, atau dapat dibuat dari danau asli sebagai penampung air hujan sebagai cadangan untuk musim kemarau.
 - d. PLTA Jenis Pompa (*pumped storage*) adalah jenis PLTA yang memanfaatkan tenaga listrik yang berlebihan ketika musim hujan atau pada saat pemakaian tenaga listrik berkurang saat tengah malam, pada waktu ini sebagian turbin berfungsi sebagai pompa untuk memompa air yang di hilir ke hulu, jadi pembangkit ini memanfaatkan kembali air yang dipakai saat beban puncak dan dipompa ke atas lagi saat beban puncak terlewati.

2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro

Pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) adalah suatu sistem pembangkit listrik yang dapat mengubah potensi air dengan ketinggian dan debit tertentu menjadi tenaga listrik, dengan menggunakan turbin air dan generator (Arismunandar dan Kuwahara 1974). Sebuah skema mikrohidro memerlukan dua hal yaitu, debit air dan ketinggian jatuh (*head*) untuk menghasilkan tenaga yang dapat dimanfaatkan (Rompas 2011). *Head* merupakan energi spesifik yang dinyatakan dalam satuan meter, dengan kata lain adalah energi per satuan berat jenis fluida. *Head* yang diukur disini adalah *head* statis yaitu berupa elevasi dari permukaan air sumber dan elevasi dari masing-masing komponen PLTMH yang akan dipasang (Waisnawa 2012). Dengan kemajuan teknis, tinggi 1 hingga 1.5 m dapat digunakan dan kapasitas turbin dapat dibuat 4 sampai 5 kW. Salah satu sebab bagi negara-negara maju membangun PLTA berkapasitas kecil ini adalah harga minyak OPEC yang terus meningkat sekarang ini, di samping bertambahnya kebutuhan listrik (Patty 1995).

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro pada prinsipnya memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air per detik yang ada pada aliran air saluran irigasi, sungai atau air terjun. Aliran air ini akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Energi ini selanjutnya menggerakkan generator dan menghasilkan listrik. Pembangunan PLTMH perlu diawali dengan pembangunan bendung untuk mengatur aliran air yang akan dimanfaatkan sebagai tenaga penggerak PLTMH. Bendung ini dapat berupa bendung beton atau bendung beronjong. Bendung perlu dilengkapi dengan pintu air dan saringan sampah untuk

mencegah masuknya kotoran atau endapan lumpur. Bendungan sebaiknya dibangun pada dasar sungai yang stabil dan aman terhadap banjir.

2.4 Komponen-komponen PLTMH

1. *Diversion Weir dan Intake* (Dam/Bendungan Pengalih dan Intake)

Bendungan untuk instalasi PLTMH berfungsi untuk menampung aliran air sungai dan/atau hanya sekedar untuk mengalihakn air supaya masuk ke dalam intake. Sebuah bendungan biasanya dilengkapi dengan pintu air untuk membuang kotoran dan endapan. Perlengkapan lainnya adalah: penjebak/saringan sampah. PLTMH, umumnya adalah pembangkit tipe run of river, sehingga bangunan intake dibangun berdekatan dengan bendungan dengan memilih dasar sungai yang stabil dan aman terhadap banjir.

2. *Settling Basin* (Bak Pengendap)

Bak pengendap digunakan untuk memindahkan partikel-partikel pasir dari air. Fungsi dari bak pengendap adalah sangat penting untuk melindungi komponen-komponen berikutnya dari dampak pasir. Bak pengendap dibuat dengan memperdalam dan memperlebar sebagian saluran pembawa dan menambahnya dengan beberapa komponen, seperti saluran pelimpah, saluran penguras dan sekaligus pintu pengurasnya.

3. *Head Race* (Saluran Pembawa)

Saluran pembawa mengikuti kontur dari sisi bukit untuk menjaga elevasi dari air yang disalurkan. Ada berbagai macam saluran pembawa, antara lain terowongan, saluran terbuka dan saluran tertutup. Konstruksi saluran pembawa dapat berupa pasangan batu kali atau hanya berupa tanah yang digali. Pada saluran

yang panjang perlu dilengkapi dengan saluran pelimpah pada jarak tertentu. Ini untuk menjaga jika terjadi banjir maka kelebihan air akan terbuang melalui saluran tersebut.

4. *Head Tank* (Bak Penenang)

Fungsi dari bak penenang adalah untuk menenangkan air yang akan masuk turbin melalui penstock sesuai dengan debit yang diinginkan, dan untuk pemisahan akhir kotoran dalam air seperti pasir dan kayu-kayuan. Untuk kasus-kasus tertentu, adalah memungkinkan untuk menggabungkan bak penenang sekaligus juga untuk bak pengendap.

Terkait dengan fungsi-fungsi tersebut maka bak penenang dilengkapi dengan pintu air untuk masuk ke penstock, pintu penguras, saluran pelimpah serta saluran penguras.

5. Pipa Pesat (*penstock*)

Pipa pesat berfungsi untuk mengubah energi potensial air di bak penenang menjadi energi kinetik air di dalam pipa pesat, dan kemudian mengarahkan energi kinetik tersebut untuk memutar roda gerak turbin air.

6. Pondasi dan Dudukan Pipa Pesat

Dudukan pipa pesat harus mampu menahan beban statis dan dinamis dari pipa pesat dan air yang mengalir di dalamnya. Oleh karena itu harus dihindari belokan-belokan karena akan mengakibatkan gaya yang cukup besar.

7. Rumah Pembangkit

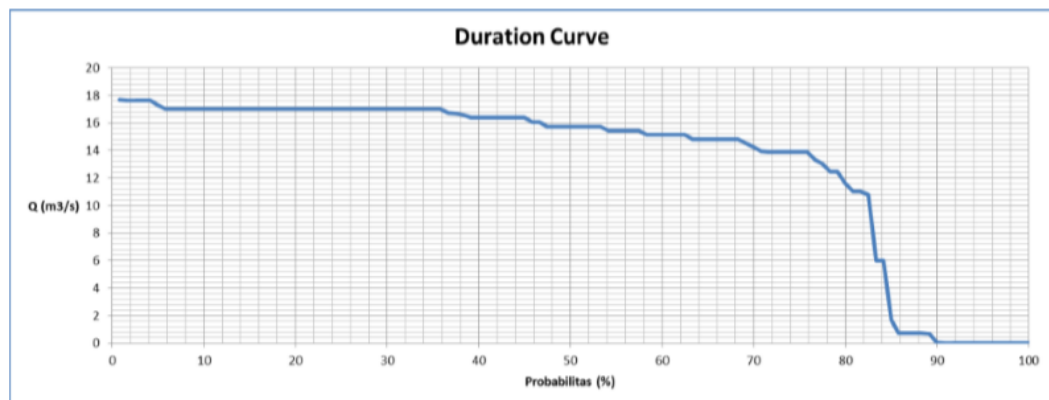
Di dalam rumah pembangkit, dipasang turbin dan generator yang selalu mendapat beban dinamis dan bergetar. Didalam mendisain rumah pembangkit, pondasi turbin- generator harus dipisahkan dari pondasi bangunan rumah turbin. Selain itu perlu diperhitungkan keleluasaan untuk membongkar pasang turbin dan generator, serta masih ditambah perlunya saluran pembuang di dalam rumah turbin.

8. *Turbine dan Generator* (Turbin dan Generator)

Turbin berfungsi untuk mengubah energi air (potensial, tekanan dan kinetik) menjadi energi mekanik dalam bentuk putaran poros. Putaran gagang dari roda ini dapat digunakan untuk memutar berbagai macam alat mekanik (penggilingan biji, pemeras minyak, mesin bubut, dll), atau untuk mengoperasikan generator listrik. Mesin-mesin atau alat-alat, yang diberi tenaga oleh skema hidro, disebut dengan 'Beban' (*load*).

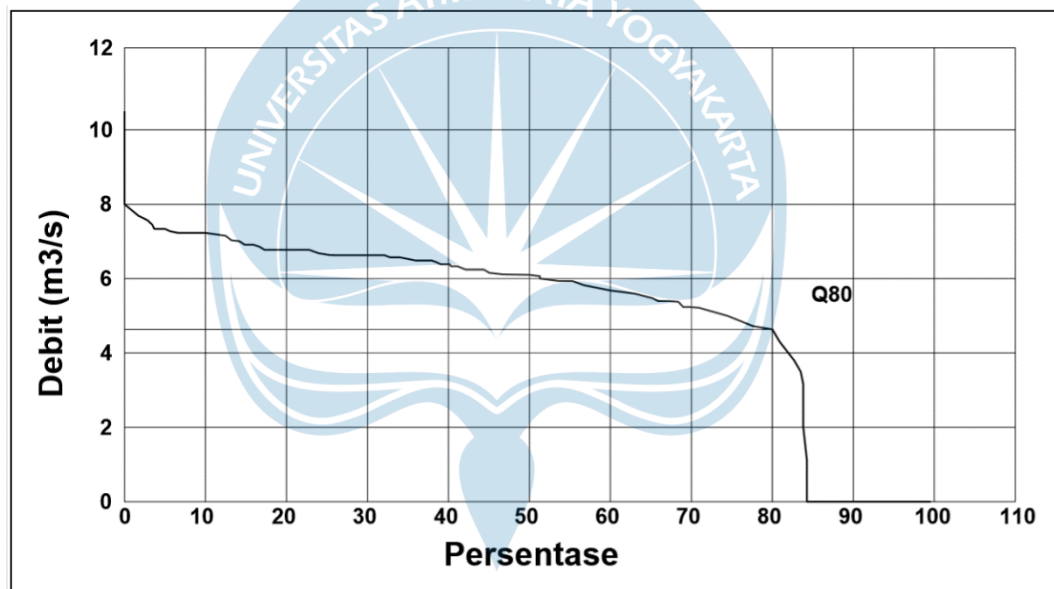
2.5 **Kurva Durasi Debit**

Kurva durasi debit merupakan lengkung yang menunjukkan hubungan kumulatif frekuensi atau persen waktu dan debit. Standar ini menetapkan cara perhitungan debit andalan sungai dengan kurva durasi debit yang meliputi ketentuan dan persyaratan, penggunaan rumus serta tahapan perhitungan berdasarkan data debit observasi maupun debit simulasi. Berikut dapat dilihat pada gambar 2.1 dan gambar 2.2 yang merupakan kurva durasi debit dari penelitian sebelumnya :



(Sumber : Haryani dkk, 2015)

Gambar 2.1 Kurva Durasi Debit PLTMH Mataram II



(Sumber : Dyah dan Sulaiman, 2014)

Gambar 2.2 Kurva Durasi Debit PLTMH Kedungrong

2.6 Pemanfaatan Debit Air

Debit rencana adalah debit air yang akan digunakan pembangkit secara kontinyu, debit rencana dihitung dari beberapa meter yaitu luas *cathmen area*, curah hujan, debit terukur dan informasi lain sebagai bahan pendukung. Debit andalan adalah debit minimum yang kemungkinan tersedia panjang tahun dengan

probabilitas (dalam bentuk presentase) terpenuhi. Terdapat berbagai cara untuk mencari debit andalan yang telah dilakukan pada penelitian-penelitian sebelumnya.

Debit andalan dapat dianalisa melalui beberapa cara tergantung dengan kondisi daerah masing-masing. Dalam perancangan pembangunan PLTMH di Sungai Cikaniki, pada perhitungan debit andalan secara langsung dilakukan pendekatan pada tinggi muka air terhadap debit yang dihasilkan. Pada perhitungan debit andalan ini dibutuhkan tinggi muka air maksimum dan minimum yang diukur langsung di lapangan. Pengukuran tinggi muka air maksimum dan minimum ini diperkuat dengan didapatkannya informasi dari warga sekitar sungai yang akan dibangun PLTMH tersebut. Pengukuran debit langsung di lapangan dilakukan dengan menggunakan *current meter* dan *stopwatch* untuk menentukan kecepatan air. Pengukuran debit pada penelitian ini dilakukan pada titik yang sama sebanyak enam kali di waktu yang berbeda. Hal ini dilakukan agar dapat dibuat kurva berdasarkan hubungan antara tinggi muka air maksimum dan minimum serta debit maksimum dan minimumnya sehingga didapatkan persamaan garisnya. Setelah didapatkan persamaan garisnya, head maksimum dan minimum yang diukur langsung tersebut dimasukkan pada persamaan terhadap fungsi debit. Hal ini dilakukan agar didapatkan nilai debit andalan dan debit maksimum berdasarkan persamaan pada kurva yang telah dibuat sebelumnya. Pada penelitian di Sungai Cikaniki, debit andalan yang digunakan untuk PLTMH sebesar $1,24 \text{ m}^3/\text{detik}$ (Fatma Nurkhaerani, 2016).

Pada pembangunan PLTMH di Desa Girikerto, Kecamatan Turi, Kabupaten Sleman data debit didapatkan melalui survey lapangan yang dilakukan di Sungai

Duren pada bending Kretek, dusun Daleman, desa Girikerto. Data debit yang didapatkan dinyatakan dalam grafik hubungan debit rerata dengan waktu pantauan 100%. Setelah dilakukan analisa debit air terukur pada saluran pembawa sebesar $0,28 \text{ m}^3/\text{detik}$ (Wismo, 2006).

Debit yang digunakan pada perancangan PLTMH di desa Jembul, kecamatan, Jatirejo, Kabupaten Mojokerto dianalisa dengan rumus untuk mencari daya. Jadi debit yang digunakan disesuaikan dengan capaian daya yang akan dihasilkan oleh PLTMH tersebut. Jadi dengan ketinggian *head* 3 m, efisiensi yang sudah ditentukan sebelumnya dan target daya yang dihasilkan adalah 1 kW, maka didapatkan debit sebesar $0,0607 \text{ m}^3/\text{detik}$ (Romario dan Hanny, 2018).

Dalam studi kasus PLTMH Mangelum, kabupaten Boven Digoel, provinsi Papua, debit andalan ditentukan dengan data debit harian sungai atau dengan metoda Neraca air (*water balance*) yang dikembangkan oleh Dr. Fj Mock. Perhitungan dengan metoda ini memerlukan parameter baik parameter yang terukur maupun parameter yang diestimasi. Parameter meliputi data curah hujan bulanan rata-rata, data hari hujan bulanan rata-rata, data klimatologi dan luas *catchment area*. Sedangkan parameter yang diestimasi meliputi kecepatan infiltrasi, kapasitas kelembaban udara, presentase lahan yang tak tertutup vegetasi dan kandungan air tanah awal. Probabilitas yang digunakan untuk menghitung debit sebesar 80%, sehingga didapatkan debit andalan $0,04 \text{ m}^3/\text{detik}$ (Bambang dan Riyadi, 2013).

Kajian lain yang dilakukan di PLTMH Kanzy I, kabupaten Pasuruan dihitung melalui analisa tahun basah Q_{32} , tahun normal Q_{56} dan tahun kering Q_{80} . Debit

dianalisa guna mendapatkan kapasitas PLTMH, tidak terlepas dari perhitungan berapa banyak air yang dapat diandalkan untuk membangkitkan PLTMH. Debit rencana pada tahun basah dapat dipilih dengan cara mengurutkan debit pada tahun basah dari mulai debit terbesar sampai dengan debit terkecil, sehingga didapatkan peluang terjadi 32% sebesar $22,75 \text{ m}^3/\text{detik}$. Debit rencana pada tahun normal dan kering dilakukan dengan cara yang sama lalu diambil peluang terjadinya debit 56% dan 80% sebesar $4,63 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan $0,02 \text{ m}^3/\text{detik}$ (Ellanda dkk, 2018) .

Debit dapat dianalisa melalui cara yang lebih sederhana lagi. Dapat dilihat pada penelitian PLTMH desa Rirangjati, kecamatan Nanga Taman, kabupaten Sekadau. Debit didapatkan melalui survey langsung ke lapangan. Pengukuran debit air pada Sungai Nuak dengan membagi lebar sungai 7,8 meter menjadi 3 segmen dengan lebar setiap segmen adalah 2,6 meter dan panjang lintasan pelampung adalah 10 meter. Pelampung yang digunakan menggunakan botol air bekas yang diisi air. Bagian pelampung yang tenggelam pada saat dihanyutkan adalah 0,06 m. Data yang diambil setiap segmen adalah melakukan 3 kali percobaan untuk mendapatkan hasil yang baik. Hasil yang didapatkan lalu dirata-rata dan didapatkan debit sebesar $2,04 \text{ m}^3/\text{detik}$ (Nugroho dkk, 2016).

Debit andalan dalam studi perencanaan PLTMH di Sungai Juju, desa Muwun, kabupaten Murung Jaya, Kalimantan Tengah dianalisa dengan cara debit perkiraan dan probabilitas digambarkan dalam *flow duration curve* yang menggambarkan probabilitas atau persentase ketersediaan air pada sumbu ordinat dan besar debit andalan pada suatu sumbu aksis. Untuk mengetahui besarnya aliran yang mengalir pada sungai dalam satu tahun, maka kurva durasi aliran (FDC) dibuat

dengan mengurutkan data debit rerata 10 harian dari terbesar hingga terkecil dan setiap data debit diberikan probabilitas yang dihitung menggunakan persamaan Weibull. Pada penelitian di Sungai Juju digunakan debit andalan (Q_{90}) sebesar $0,636 \text{ m}^3/\text{detik}$ (Amalia dkk, 2016).

2.7 **Perancangan Penstock**

Pipa pesat adalah suatu pipa tekan yang berfungsi untuk mengalirkan air dari surge tank atau langsung dari *head race tunnel*. Saluran pipa tekan adalah nama umum untuk dasar terowongan yang digunakan menempatkan pipa - pipa pesat dan blok angker yang akan menahan pipa pesat tersebut. Dalam perencanaan pipa pesat ini hal – hal yang perlu diperhatikan adalah diameter pipa pesat, tebal pipa pesat dan tegangan - tegangan yang terjadi pada pipa pesat.

Pipa pesat (*penstock*) dirancang dengan ukuran yang berbeda – beda menyesuaikan karakteristik atau kondisi geografi tiap daerah. Hal ini dapat ditinjau dari penelitian sebelumnya yang menunjukkan perbedaan desain di tiap tempat. Pada penelitian PLTMH di Sungai Cikaniki, desa Malasari, kecamatan Nanggung, kabupaten Bogor digunakan pipa besi dengan diameter 16 inch dengan penempatan pipa di luar (tidak di dalam tanah) sehingga dibutuhkan 3 angker blok sebagai penahan pipa tersebut. Panjang pipa pesat yang digunakan 14 meter (Fatma Nurkhaerani 2016).

PLTMH di desa Jembul, kecamatan Jatirejo, kabupaten Mojokerto terbuat dari pipa PCC dilengkapi dengan penyangga yang berguna untuk mengurangi tekanan yang ditimbulkan oleh air (Romario dan Hanny, 2018).

Pipa pesat yang digunakan di PLTMH Mangelum, kabupaten Boven Digoel, Papua digunakan material steel pipe dengan diameter 0,16 m dan ketebalan 2 mm (Bambang dan Riyadi, 2013).

Pada kajian optimasi energy di PLTMH Kanzy I, Pasuruan pipa pesat direncanakan dengan menggunakan pipa *Galvanized Iron* (GI) dengan tebal dan diameter yang beragam menyesuaikan debit rencana dan andalan yang dianalisa (Ellanda dkk, 2018).

Ditinjau dari data – data teknis yang terpasang, Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) desa Rirang Jati, kecamatan Nanga Taman, kabupaten Sekadau memiliki bak penenang yang belum sesuai dengan Peraturan Menteri ESDM 08 tahun 2011, pipa pesat memiliki ukuran panjang yang berbeda antara pengukuran dilapangan yaitu 92,90 m dan data yang ada di laporan studi kelayakan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Desa Rirang Jati Kecamatan Nanga Taman Kabupaten Sekadau yaitu 200 m. Pipa pesat juga tidak memiliki pipa nafas diujung atas pipa pesat, ini tidak sesuai dengan peraturan menteri ESDM nomor 08 tahun 2011 sebagaimana pipa pesat harus dilengkapi dengan pipa nafas di ujung atas pipa pesat yang berukuran berkisar 1% sampai 2% pipa pesat, pipa nafas berfungsi mencegah tekanan rendah apabila bagian ujung pipa pesat tersumbat dan membantu mengeluarkan udara dari pipa pesat dari start awal pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) di operasikan. Dalam studi kasus di Sungai Juju, pipa pesat dibuat dengan bahan PVC, diameter 0,5 m, panjang, 64,77 m dan tebal 0.1 m (Nugroho dkk, 2016).

Dari beberapa penelitian yang telah dijabarkan dapat ditarik garis besar bahwa desain pipa pesat (*penstock*) dipengaruhi oleh banyak faktor. Selain karakteristik dan kondisi geografi di tiap daerah, faktor lain yang mempengaruhi yaitu kondisi sosial masyarakat setempat.

2.8 Daya Yang Dihasilkan

Kapasitas daya ditentukan oleh debit yang mengalir dalam saluran dan tinggi jatuh yang ada. Penelitian yang dilakukan di sungai Cikaniki memiliki tinggi jatuh 8,5 m. Berdasarkan (Dirjen ESDM 2009) dapat dilihat bahwa dengan H sebesar 8,5 m, jenis turbin yang dapat digunakan pada perencanaan ini adalah tipe turbo propeller berdiameter 430 mm. Selain itu, pemilihan turbo juga didasarkan pada harga yang lebih ekonomis. Nilai faktor kehilangan air ditentukan berdasarkan panjang jarak lintasan yang dihitung dari titik awal air disadap (intake) sampai ke rumah pembangkit (Septiani 2013). Sehingga tinggi jatuh air efektif adalah sebesar 6,37 m. Nilai ini akan dimasukkan kedalam persamaan daya listrik bersama dengan debit yang telah dihitung sebelumnya yaitu $1,24 \text{ m}^3/\text{detik}$ dan konstanta gravitasi sebesar $9,8 \text{ m/detik}^2$. Dengan menggunakan rumus perhitungan daya, hasil akhir daya yang akan didapatkan dari perencanaan ini adalah 62.8 kW (Fatma Nurkhaerani, 2016).

Sedangkan daya yang direncanakan oleh PLTMH di desa Girikerto sebesar kurang lebih 10,575 kW dengan debit 280 lt/dt dan tinggi terjunan 5,5 m. Namun dalam realisasinya dari data operasional PLTMH ini didapat energi yang diluar perhitungan sebelumnya. Daya listrik direncanakan dapat menghasilkan 10 KW

ternyata setelah beroperasi hanya menghasilkan daya sebesar 5 KW. Hal ini disebabkan adanya penurunan debit air dari sumber air. Keadaan ini disebabkan oleh factor penebangan hutan di hulu sungai, dan curah hujan berkurang. Masalah lain yang menyebabkan adalah banyaknya pemakaian air yang sangat boros oleh penduduk untuk irigasi kolam ikan (Wismo, 2006).

Perencanaan pembangunan PLTMH di desa Jembul bisa direalisasikan oleh karena kondisi alam yang memenuhi kriteria. Dengan perencanaan head 3 m, debit 0,0607 m³/s, daya listrik yang dihasilkan generator sebesar 1 kW, PLTMH hanya menggunakan 10% dari debit air sungai maksimum sebesar 0,612 m³/s (Romario dan Hanny, 2018).

Pada penelitian di PLTMH Mangelum terdapat *head* yang sangat tinggi yaitu 55 m. Turbin yang sesuai di terapkan adalah turbin yang bekerja pada head 55 m digunakan turbin jenis Pelton. Dengan *head* 55 m dan debit 0,040 m³/detik dihasilkan daya sebesar 15 kW (Bambang dan Riyadi, 2013).

Dalam studi optimasi PLTMH Kanzy I ini bertujuan untuk melihat bagaimana debit aliran di tahun kering, normal dan basah sehingga potensi daya disetiap kondisi dapat terlihat. Pada PLTMH Kanzy I memakai aliran Sungai Welang dengan menggunakan debit andalan Q32 pada tahun basah (tahun 2010) sebesar 22,75 m³/dt dan energi tahunan yang dihasilkan sebesar 21.681.469,97 kWh. Pada debit andalan Q56 pada tahun normal (tahun 1987) sebesar 4,63 m³/dt dan energi tahunan yang dihasilkan sebesar 8.167.878,92 kWh. Dan pada debit

andalan Q80 pada tahun kering (tahun 2007) sebesar $0,022 \text{ m}^3/\text{dt}$ dan energi tahunan yang dihasilkan sebesar 59.211,41 kWh (Ellanda dkk, 2018).

Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Desa Rirang jati Kecamatan Nanga Taman Kabupaten Sekadau terletak di daerah Dusun Nuak di Desa Rirang Jati Kecamatan Nanga Taman Kabupaten Sekadau. PLTMH langsung dikelola oleh masyarakat setempat dan PLTMH ini beroperasi memanfaatkan aliran sungai nuak yang merupakan sungai kecil di daerah tersebut.. Hasil perhitungan potensi daya yang dapat dibangkitkan adalah 54,48 kW dengan debit air $2,04 \text{ m}^3/\text{s}$ dan tinggi efektif 4,126 m. Sedangkan daya maksimal yang dimanfaatkan masyarakat hanya 8,244 kW dan daya yang tertera pada generator 35 kW. Perbandingannya adalah 15%, itu dikarenakan mayoritas masyarakat disana mempunyai tingkat ekonomi rendah dan tidak adanya industri - industri kecil yang memerlukan listrik. Namun, dilihat dari kondisi masyarakat yang menggunakan listrik dari PLTMH yang menggunakan generator ini sudah tepat, namun masih banyak daya yang tidak digunakan karena beban maksimal yang digunakan masyarakat 8,1524 kW (Nugroho dkk, 2016).

Hasil perhitungan debit Q90 = $0,636 \text{ m}^3/\text{dt}$. Bendung direncanakan dengan lebar 17,5 m dan tinggi 2 m. Dengan tinggi jatuh sebesar 25,41 m, maka PLTMH Muwun menggunakan Turbin *crossflow*. Daya yang dihasilkan dari PLTMH Muwun sebesar 102,15 kW (Amalia dkk, 2016).

Berdasarkan analisis data curah hujan dan klimatologi diketahui besarnya debit yang tersedia untuk perencanaan PLTMH di Sungai Lematang dengan

probabilitas 90%, karena pertimbangan bahwa perencanaan PLTMH merupakan *on-grid system*, yaitu sebesar 3,076 m³/s. Dari skema layout perencanaan PLTMH yang telah direncanakan diketahui tinggi jatuh air atau *head* efektif yang tersedia untuk pengoperasian PLTMH adalah sebesar 11,442 m. Dengan pertimbangan batas bawah dari efisiensi total PLTMH yaitu sebesar 47,9%, maka besarnya daya yang dapat dibangkitkan minimal dari PLTMH yang direncanakan adalah 165 kW. (Wibowo dkk, 2015)

Dibangunnya pembangkit listrik tenaga mikrohidro pada bendung gerak Mlirip ini merupakan salah satu alternatif dalam pembuatan PLTMH yang berfungsi untuk mengatasi krisis energi. Dengan perencanaan data debit irigasi 10 harian selama 10 tahun terakhir didapat debit andalan yang bisa digunakan sebagai PLTMH adalah sebesar 16,970 m³/detik. Dengan perkiraan tinggi jatuh efektif awal sebesar 2,79 meter dan menghasilkan daya 463,994 kW, tetapi setelah dihitung menghasilkan daya 335,003 kW. (Hidayat dan Bambang, 2014)

2.9 Rekapitulasi Debit, Head dan Daya Yang Dihasilkan

Dari penjelesan yang telah diuraikan di atas dapat dilihat rekapitulasi data yang disajikan pada Tabel 2.1

Tabel 2.1 Rekapitulasi Data Debit, head dan Daya

No	Lokasi	Jenis Turbin	Debit (m ³ /detik)	Head (m)	Daya (kW)
1	PLTMH Cikaniki	<i>Turbo Propeller</i>	1,24	8,50	62,80
2	PLTMH Girikerto	<i>Open flume</i>	0,28	5,5	5,00
3	PLTMH Jembul	-	0,06	3,0	1,00
4	PLTMH Mangelum	<i>Pelton</i>	0,04	54,30	15,00
5	PLTMH Pasuruan	-	0,22	50,80	59,00
6	PLTMH Rirang Jati	<i>Crossflow</i>	2,04	4,10	35,00
7	PLTMH Juju	<i>Crossflow</i>	0,64	25,41	102,15
8	PLTMH Lematang	<i>Kaplan</i>	3,07	11,44	165