

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Umum

Pembangkit Listrik Tenaga Minihidro atau kebanyakan dikenal dengan singkatan PLTM, yaitu suatu bentuk perubahan tenaga air dengan ketinggian debit tertentu menjadi tenaga-tenaga listrik dengan menggunakan turbin air dan generator (QDC, *Telecommunication and Power Instructure Build and Invesment* : 2014).

Cara kerja PLTM dimulai dengan proses perubahan aliran air yang merupakan energi potensial menjadi energi mekanis dalam bentuk putaran turbin, untuk kemudian dikonversi menjadi energi listrik pada generator. Air yang mengalir pada kapasitas tertentu, disalurkan pada ketinggian tertentu menuju rumah turbin. Turbin akan menerima energi air tersebut, dan mengubahnya menjadi energi mekanik berupa berputarnya poros turbin. Poros yang berputar kemudian ditransmisikan ke generator dan akan dihasilkan energi listrik yang akan masuk ke sistem kontrol arus listrik sebelum dialirkan ke rumah-rumah (QDC, *Telecommunication and Power Instructure Build and Invesment* : 2014).

Secara umum *layout* sistem PLTM merupakan pembangkit jenis *run off river*, memanfaatkan aliran air permukaan (sungai). Komponen sistem PLTM tersebut terdiri dari bangunan *intake* (penyadap) – bendungan, saluran pembawa, bak pengendap dan penenang, saluran pelimpah, pipa pesat, rumah pembangkit dan saluran pembuangan. Pada perencanaan pengembangan PLTMH dimulai dari penentuan lokasi *intake*, bagaimana aliran air akan dibawa ke turbin dan penentuan tempat rumah pembangkit untuk mendapatkan tinggi jatuhan (*head*) optimum dan aman dari banjir (QDC, *Telecommunication and Power Instructure Build and Invesment* : 2014).

Dalam perencanaan PLTM *run off river*, penentuan potensi suatu sungai merupakan tahap yang penting. Penggunaan *flow duration curve* majemuk untuk penentuan potensi tenaga listrik suatu sungai merupakan salah satu cara melihat potensi suatu sungai secara sederhana. Dengan penggunaan FDC majemuk maka pemanfaatan potensi energi suatu sungai menjadi optimal, dan apabila FDC dikombinasikan dengan pemilihan variasi turbin yang tepat dapat memecahkan persoalan agar potensi optimum energi suatu sungai dapat diperoleh. Dengan metode ini dapat terhindarkan dari kekurangan atau kelebihan debit desain yang merupakan hal penting dalam penentuan desain turbin/generator (John P Pantouw, 2014:3).

2.2. Klimatologi

Klimatologi merupakan ilmu yang mempelajari tentang atmosfer yang serupa dengan Meteorologi namun berbeda dalam kajiannya. Meteorologi sendiri adalah ilmu yang cenderung mengkaji mengenai proses di atmosfer, sedangkan klimatologi pada hasil akhir dari proses-proses atmosfer itu sendiri. Pada studi ini analisis klimatologi bertujuan untuk menghitung besarnya evapotranspirasi potensial yang terjadi di daerah studi. Hal ini dikarenakan dalam perhitungan parameter curah hujan, juga terdapat parameter evaporasi dan transpirasi sebagai salah satu komponen analisis.

Evaporasi adalah perubahan air menjadi uap air. Evaporasi merupakan faktor penting dalam studi tentang pengembangan sumber daya air yang mempengaruhi debit sungai, besarnya kapasitas waduk, keperluan irigasi dan lain-lain. Sedangkan transpirasi adalah peristiwa perubahan air menjadi uap yang naik ke udara melalui jaringan hidup tumbuh-tumbuhan. Dalam kondisi lapangan (*field condition*), tidaklah mungkin untuk membedakan antara evaporasi dengan transpirasi jika tanahnya tertutup oleh tumbuh-tumbuhan. Kedua proses tersebut (evaporasi dan transpirasi) saling berkaitan, sehingga dinamakan evapotranspirasi (CD. Soemarto, 1987:44).

2.2.1. Evapotranspirasi Potensial

Evapotranspirasi adalah gabungan dari kedua proses penguapan air bebas (evaporasi) dan penguapan melalui tanaman (transpirasi) (Lily Montarcih, 2010:21). Evapotranspirasi menurut CD Soemarto adalah kedua proses transpirasi dan evaporasi yang saling berkaitan. Jika air yang tersedia dalam tanah cukup banyak, maka evapotranspirasi itu disebut evapotranspirasi potensial.

Dalam ilmu hidrologi, evapotranspirasi/evapotranspirasi potensial merupakan suatu hal yang sangat penting. Banyak metode telah dikembangkan untuk memperkirakan besarnya evapotranspirasi. Beberapa metode yang dapat digunakan untuk menentukan besarnya evapotranspirasi potensial adalah metode Penman dan Penman Modifikasi, metode Radiasi, metode Blaney dan Cridle, metode Thornwaite, metode Hargreaves, metode Janson-Haise dan lain-lain. Beberapa metode yang telah disebutkan di atas memiliki prinsip umum yang sama, yaitu (Lily Montarcih, 2010:21) :

$$E_{to} = c \times E_{to}^*$$

dengan :

E_{To} = evaporasi potensial (mm/hari)

c = faktor koreksi

E_{To}^* = evaporasi (mm/hari)

Studi ini menggunakan penghitungan evapotranspirasi dan evapotranspirasi potensial dengan metode Blaney Criddle, Radiasi, dan Penman.

2.3. Hidrologi

Hidrologi adalah ilmu yang menjelaskan tentang kehadiran dan gerakan air di alam, meliputi berbagai bentuk air yang menyangkut perubahan-perubahannya dalam bentuk cair, padat, dan gas dalam atmosfer, diatas dan dibawah permukaan tanah. Di dalamnya tercakup pula air laut yang merupakan sumber dan penyimpanan air guna mengaktifkan penghidupan di planet (CD Soemarto, 1987:15). Alam sangat bergantung pada siklus hidrologi karena berkaitan dengan peristiwa awal mula air jatuh ke bumi hingga menguap ke udara dan jatuh kembali ke bumi.

Dengan demikian dalam arti luas hidrologi dapat dikatakan sebagai suatu ilmu peramalan untuk kejadian-kejadian yang akan datang dengan mengolah data-data yang telah diobservasi dan diawasi. Melihat kebutuhan data hidrologi dengan standar yang memiliki pakem sendiri pada wilayah tertentu, maka pengujian data guna keabsahan data hidrologi sangat diperlukan agar tidak terdapat kesalahan data yang mengakibatkan kesalahan dalam perencanaan. Pengujian data bertujuan untuk meneliti keseragaman data dari data curah hujan.

2.3.1. Uji Homogenitas

Uji homogenitas (uji kesamaan jenis) adalah menguji sekelompok data dari suatu variabel hidrologi sebagai hasil pengamatan atau pengukuran dari suatu resim (*regime*) yang tidak berubah (Soewarno, 1995:95). Data hidrologi dikatakan tidak sama jenis karena adanya perubahan fenomena hidrologi yang disebabkan oleh perubahan alam. Untuk menguji kesamaan jenis dari data hidrologi dapat dilakukan dengan cara : analisis grafis, analisis kurva massa ganda dan analisis statistik. Langkah-langkah menghitung uji homogenitas adalah:

1. Mencari varians/standar deviasi variabel X dan Y

$$S_x^2 = \sqrt{\frac{n \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2}{n - (n - 1)}}$$

$$S_y^2 = \sqrt{\frac{n \cdot \sum Y^2 - (\sum Y)^2}{n - (n - 1)}}$$

2. Mencari F_{hitung} dengan dari varians X dan Y, dengan rumus :

$$F = \frac{S_{besar}}{S_{kecil}}$$

3. Membandingkan F_{hitung} dengan F_{tabel} , pada tabel distribusi F, dengan dk pembilang $n-1$ (untuk varians terbesar) dan dk penyebut $n-1$ (untuk varians terkecil).

Jika $F_{hitung} < F_{tabel}$, berarti **homogen**.

Jika $F_{hitung} > F_{tabel}$, berarti **tidak homogen**.

2.3.1.1. Uji T

Uji T termasuk jenis uji untuk sampel kecil. Sampel kecil adalah dimana ukuran sampel $n < 30$. Untuk mengetahui apakah 2 sampel x_1 dan x_2 berasal dari populasi yang sama, maka dihitung t score dengan rumus (Soewarno, 1995:10) :

$$t = \frac{[\bar{x}_1 - \bar{x}_2]}{\sigma \cdot \sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{(N_1 - 1) \cdot s_1^2 + (N_2 - 1) \cdot s_2^2}{N_1 + N_2 - 2}}$$

dengan :

\bar{x}_1 = rerata dari sampel x_1

\bar{x}_2 = rerata dari sampel x_2

s_1 = simpangan baku dari sampel x_1

s_2 = simpangan baku dari sampel x_2

N_1 = ukuran dari sampel x_1

N_2 = ukuran dari sampel x_2

Hipotesa :

H_0 : sampel x_1 dan x_2 berasal dari populasi yang sama

H_1 : sampel x_1 dan x_2 tidak berasal dari populasi yang sama

Harga t tabel dicari pada tabel *distribusi student's* untuk derajat bebas

$\nu = N_1 + N_2 - 2$ dan α = (*Level of Significance*) misal 5%. Apabila t skor $<$ t tabel, maka

H_0 diterima, dan jika sebaliknya maka H_0 ditolak.

2.3.1.2. Uji F

Prinsip uji hipotesis ini adalah membandingkan variansi gabungan antara kelompok sampel (*variance between group*) dengan varian kombinasi seluruh kelompok (*variance within group*) (Soewarno, 1995:62).

$$F \text{ hitung} = \frac{S_1^2}{S_2^2}, \quad (S_1^2 > S_2^2)$$

$$F \text{ hitung} = \frac{S_2^2}{S_1^2}, \quad (S_1^2 < S_2^2)$$

dengan :

$$S_1^2 = \text{variansi sampel 1 (debit historis)} = \frac{n_1 S_{d_1}^2}{n_1 - 1}$$

$$S_2^2 = \text{variansi sampel 2 (debit sintetis)} = \frac{n_2 S_{d_2}^2}{n_2 - 1}$$

$$\text{Harga } F \text{ kritis} = (n_1 - 1, n_2 - 1)$$

dengan :

n_1 = jumlah sampel 1 (debit historis)

n_2 = jumlah sampel 2 (debit sintetis)

H_0 diterima jika harga F hitung $< F$ kritis

H_0 ditolak jika harga F hitung $> F$ kritis

Untuk pengaman selanjutnya akan digunakan uji F dengan analisa variansi yang bersifat dua arah, dengan hipotesa sebagai berikut :

Hipotesa 1 :

H_0 = hujan homogen dari bulan ke bulan

H_1 = hujan tidak homogen dari bulan ke bulan

Hipotesa 2 :

H_0 = hujan homogen dari tahun ke tahun

H_1 = hujan tidak homogen dari tahun ke tahun

Ada dua F skor dihitung dengan rumus-rumus berikut :

$$F_1 = \frac{(n-1) \sum_{i=1}^k n(\bar{x}_i - \bar{x})^2}{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_i - \bar{x}_j + \bar{x})^2}$$

$$F_2 = \frac{(k-1) \sum_{j=1}^n k(\bar{x}_j - \bar{x})^2}{\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_i - \bar{x}_j + \bar{x})^2}$$

dengan :

X_j : harga rata-rata untuk bulan j

X_j : harga rata-rata untuk tahun j

X : harga rata-rata untuk keseluruhan

X_{ij} : pengamatan untuk bulan j pada tahun j

n : banyak pengamatan perbulan (tahun)

k : banyak bulan

2.3.2. Analisa Frekuensi

Tujuan dari analisa frekuensi data hidrologi adalah mencari hubungan antara besarnya kejadian ekstrim terhadap frekuensi kejadian dengan menggunakan distribusi probabilitas. Metode perhitungan pendekatan yang lazim digunakan untuk mendapatkan hubungan antara intensitas hujan, frekuensi, dan waktu curah hujan adalah rumus empiris Normal, Log Normal, EJ.Gumbel, Pearson III dan atau Log Pearson III (Lily Montarcih, 2010:53).

Analisa frekuensi dapat diterapkan untuk data debit sungai atau data hujan. Data yang digunakan adalah data debit atau data hujan maksimum tahunan, yaitu data terbesar yang terjadi selama satu tahun yang terukur selama beberapa tahun. Dalam analisa frekuensi digunakan beberapa notasi dan teori statistik. Dalam studi ini dipakai metode Log Pearson III dengan pertimbangan bahwa cara ini lebih fleksibel dan dapat dipakai untuk semua data serta umum digunakan dalam perhitungan maupun analisis curah hujan rancangan di Indonesia.

Parameter-parameter statistik yang diperlukan oleh distribusi Log Pearson III adalah (Lily Montarcih, 2010:59) :

- Harga rata-rata
- Standard deviasi
- Koefisien kepencengan

Prosedur untuk menentukan kurva distribusi Log Pearson Tipe III adalah:

1. Mengubah data debit banjir tahunan sebanyak n buah $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ menjadi $\text{Log } X_1, \text{Log } X_2, \text{Log } X_3, \dots, \text{Log } X_n$.
2. Menghitung nilai rata-rata menggunakan persamaan :

$$\overline{\text{Log } x} = \frac{\sum \text{Log } x}{n}$$

dengan:

n = jumlah data

3. Menghitung nilai standar deviasi dari $\text{Log } X$ menggunakan persamaan :

$$S. \text{Log } x = \sqrt{\frac{\sum (\text{Log } x - \overline{\text{Log } x})^2}{(n-1)}}$$

4. Menghitung nilai koefisien kepercengan menggunakan persamaan :

$$C_s = \frac{n \sum (\text{Log } x - \overline{\text{Log } x})^3}{(n-1)(n-2)(S)^3}$$

5. Menghitung logaritma debit dengan waktu balik yang dikehendaki menggunakan persamaan :

$$\text{Log } x = \overline{\text{Log } x} + K \cdot S$$

dengan:

$\text{Log } x$ = Logaritma curah hujan rancangan

$\overline{\text{Log } x}$ = Logaritma rerata curah hujan

K = Variabel standar untuk X yang besarnya tergantung koefisien kepercengan

s = Simpangan baku

Harga rata-rata K dapat dilihat dengan tingkat peluang atau periode tertentu sesuai dengan nilai C_s nya.

6. Mencari anti $\text{Log } X$ untuk mendapatkan debit banjir dengan waktu balik yang dikehendak.

2.3.3. Uji Kesesuaian Distribusi

Data hidrologi yang digunakan untuk mengestimasi banjir rancangan ataupun debit andalan menggunakan analisa frekuensi belum tentu sesuai dengan distribusi-distribusi yang dipilih. Untuk itu perlu dilakukan uji kesesuaian distribusi (Lily Montarcih, 2010:64).

Pemeriksaan uji kesesuaian distribusi ini dimaksudkan untuk mengetahui suatu kebenaran hipotesa suatu analisa frekuensi. Dengan pemeriksaan uji ini akan diketahui kebenaran antara hasil pengamatan dengan model distribusi yang diharapkan atau yang diperoleh secara otomatis.

2.3.3.1. Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji Smirnov-Kolmogorov adalah uji distribusi terhadap penyimpangan data ke arah horisontal untuk mengetahui suatu data sesuai dengan jenis sebaran teoritis yang digunakan atau tidak. Uji Smirnov-Kolmogorov sering juga disebut uji kecocokan *non-parametric*, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu (Lily Montarcih, 2010:64).

Pengujian data dari uji Smirnov-Kolmogorov ini dilakukan dengan membandingkan probabilitas tiap data antara sebaran teoritis dan sebaran empiris yang dinyatakan dalam Δ . Sebelum melakukan uji kesesuaian, terlebih dahulu dilakukan *plotting* data dengan tahapan sebagai berikut :

1. Data hujan harian maksimum tahunan disusun dari besar kecil.
2. Hitung probabilitasnya dengan menggunakan rumus Weibull (Sri Harto, 1993:252).

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100\%$$

3. *Plotting* data debit (X) dengan probabilitas P.
4. Menghitung selisih nilai D yang dinyatakan dengan persamaan:

$$D_{\max} = \max \frac{|P_t - P_w|}{100}$$

Apabila besarnya nilai D yang diperoleh lebih kecil dari D_0 (dari tabel) maka hipotesa yang dilakukan diterima (memenuhi syarat distribusi yang diuji), jika nilai D yang diperoleh lebih besar dari D_0 maka hipotesa yang dilakukan tidak diterima (tidak memenuhi syarat distribusi yang diuji).

2.3.3.2. Uji Chi Square

Uji Chi Square menguji penyimpangan distribusi data pengamatan dengan mengukur secara sistematis kedekatan antara data pengamatan dengan mengukur secara matematis kedekatan antara data pengamatan dan seluruh bagian garis persamaan distribusi teoritisnya.

Penentuan parameter ini menggunakan X^2_{Cr} yang dihitung dengan rumus berikut (Lily Montarcih, 2010:67):

$$X^2_{Cr} = \sum_{i=1}^n \left[\frac{E_{fi} - O_{fi}}{E_{fi}} \right]^2$$

dengan :

X^2_{Cr} = harga *Chi Kuadrat*

E_{fi} = banyaknya frekuensi yang diharapkan

Ofi = frekuensi yang terbaca pada kelas i

n = jumlah data

Perhitungan uji Chi Square adalah :

1. Pengurutan data pengamatan dari besar ke kecil
2. Perhitungan jumlah kelas yang ada (K) = $1 + 3,322 \log n$. Dalam pembagian kelas disarankan agar setiap kelas terdapat minimal lima buah pengamatan.
3. Perhitungan nilai $E_f = \left[\frac{n}{k} \right]$
4. Perhitungan banyaknya Of untuk masing-masing kelas.
5. Perhitungan nilai X^2_{Cr} untuk setiap kelas kemudian hitung nilai total X^2_{Cr} dari tabel untuk derajat nyata tertentu yang sering diambil sebesar 5% dengan parameter derajat kebebasan.

Rumus derajat kebebasan adalah (Lily Montarcih, 2010:68) :

$$DK = K - (R + 1)$$

dengan :

DK = derajat kebebasan

K = kelas

R = banyaknya keterikatan (biasanya diambil R = 2 untuk distribusi normal dan binomial dan R = 1 untuk distribusi *Poisson* dan *Gumbel*)

Nilai X_h^2 yang dihitung ini harus lebih kecil dari harga X_h^2 tabel, yang didapat.

Tahapan dalam uji ini adalah sebagai berikut:

- a. Urutkan data pengamatan dari besar ke kecil atau sebaliknya.
- b. Kelompokkan data menjadi G sub grup, tiap-tiap sub grup minimal 4 data pengamatan.
- c. Menjumlahkan data pengamatan sebesar O_i tiap-tiap sub grup.
- d. Menjumlahkan data dari persamaan distribusi yang digunakan sebesar E_i .
- e. Untuk tiap-tiap sub grup hitung nilai : $(O_i - E_i)^2$ dan $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$
- f. Menjumlah nilai $\frac{(O_i - E_i)^2}{E_i}$ pada seluruh G sub grup untuk menentukan nilai Chi-Kuadrat hitung (X_h^2).
- g. Harga X_h^2 dibandingkan dengan harga X^2 dari table Chi Square dengan dk dan jumlah data (n) tertentu. Apabila $X_h^2 < X^2$ maka hipotesa distribusi dapat diterima.

Parameter X_h^2 merupakan variabel acak. Peluang untuk mencapai nilai X_h^2 sama atau lebih besar dari nilai Chi Square sebenarnya (X^2) dapat dilihat pada tabel.

Interpretasi hasil uji adalah sebagai berikut :

1. Apabila peluang lebih dari 5%, maka persamaan distribusi yang digunakan dapat diterima.
2. Apabila peluang kurang dari 1%, maka persamaan distribusi yang digunakan tidak dapat diterima.
3. Apabila peluang berada di antara 1%-5%, maka tidak mungkin mengambil keputusan, misal perlu data tambahan.

2.4. Debit Andalan

Debit andalan adalah besarnya debit yang tersedia sepanjang tahun dengan resiko kegagalan yang telah diperhitungkan (Lily Montarcih, 2010:87). Sedangkan besarnya debit andalan ini dapat ditentukan dengan cara membuat suatu lengkung durasi alirannya. Untuk menentukan lengkung durasi aliran dapat digunakan data debit andalan atau debit rata-rata bulanan dengan periode pengamatan minimum 5 tahun.

2.4.1. Metode F.J. Mock.

Metode *Mock* dikembangkan oleh Dr. F.J. Mock. Metode Mock untuk memperkirakan besarnya debit suatu daerah aliran sungai berdasarkan konsep *water balance*. Air hujan yang jatuh (presipitasi) akan mengalami evapotranspirasi sesuai dengan vegetasi yang menutupi daerah tangkapan hujan.

Secara umum analisis debit berdasarkan data curah hujan yang sering dilakukan di Indonesia adalah menggunakan metode empiris dari Dr. F.J. Mock (1973). Prinsip metode Mock menyatakan bahwa hujan yang jatuh pada daerah tangkapan air, sebagian akan hilang akibat evapotranspirasi, sebagian akan langsung menjadi *direct runoff*, dan sebagian lagi akan masuk ke dalam tanah atau terjadi infiltrasi. Evapotranspirasi pada metode Mock adalah evapotranspirasi yang dipengaruhi oleh jenis vegetasi, permukaan tanah dan jumlah hari hujan. Infiltrasi ini mula-mula akan menjenuhkan permukaan tanah, kemudian terjadi perkolasi ke air tanah dan akan keluar sebagai *base flow*. Persamaan untuk menghitung aliran permukaan terdiri dari (Lily Montarcih, 2010:206) :

- Evapotranspirasi Terbatas (E_t)

$$E_t = E_{t0} - E$$

$$E = E_{t0} \cdot (m/20) \cdot (18-h)$$

- Aliran dan Simpanan Air Tanah

$$V_n = [0,5 (1+k) x I] + [k x V_{(n-1)}]$$

$$\Delta V_n = V_n - V_{(n-1)}$$

- Debit Aliran Sungai

$$Q = \frac{A \cdot T_{Ro}}{10 \text{ hari (detik)}}$$

dengan:

E_t = evapotranspirasi terbatas (mm)

E_{t0} = evapotranspirasi potensial (mm)

E = perbedaan antara evapotranspirasi potensial dan evapotranspirasi terbatas (mm)

d = jumlah hari kering/tidak hujan (hari)

h = jumlah hari hujan (hari)

Δs = keseimbangan air di permukaan tanah (mm)

P = hujan (mm)

SS = kandungan air tanah (mm)

SMC = kelembaban tanah, diambil antara 50-250 mm (mm)

I = infiltrasi (mm)

i = koefisien infiltrasi (diambil 0,2-0,5)

k = faktor resesi aliran air tanah

V_n = perubahan volume air tanah bulan ke-n

$V_{(n-1)}$ = volume air tanah bulan ke (n-1)

ΔV_n = perubahan volume (mm)

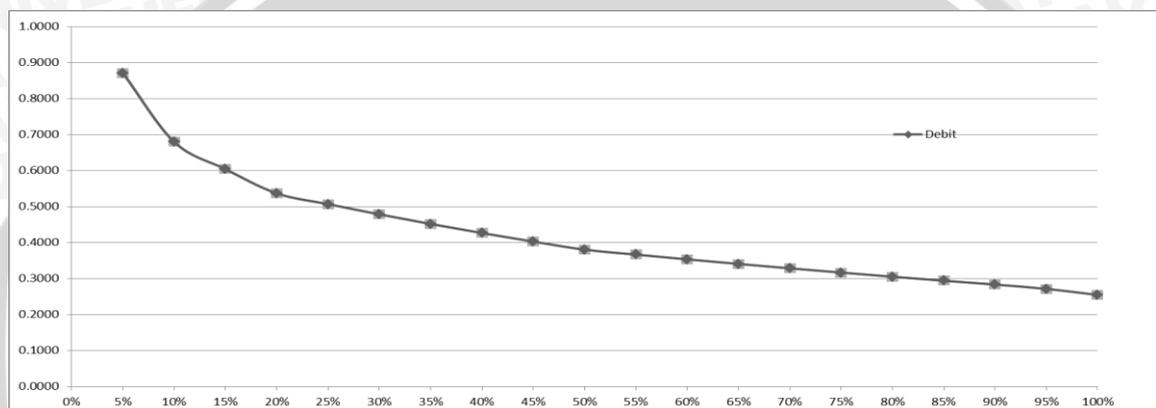
Q = debit aliran permukaan (m^3/dt)

2.4.2. Kurva Durasi Aliran (*Flow Duration Curve*)

Ditinjau dari statistika, *duration curve* (kurva durasi) merupakan lengkung frekuensi kumulatif dari satu seri waktu menerus yang menunjukkan lama waktu relatif dari berbagai besaran. Pada suatu *duration curve* diperoleh jumlah waktu yang menunjukkan volume aliran yang menyamai atau kurang dari yang ditunjukkan oleh absis. *Duration curve* yang lebih sesuai adalah yang melebihi suatu volume aliran tertentu. Untuk skala waktu bisa menggunakan presentasi waktu/probabilitas/waktu (hari/bulan/waktu). Untuk volume aliran bisa dinyatakan sebagai debit aliran (m^3/dt). Dengan demikian, untuk setiap presentasi waktu/probabilitas/waktu bisa diketahui besarnya volume aliran/debit. *Flow duration curve* (FDC) juga bisa diartikan sebagai

garis grafik yang menunjukkan pengelompokan data debit sesuai probabilitasnya (John P Pantouw, 2014:11).

Besarnya volume aliran/debit sering kali dinyatakan sebagai presentasi terhadap volume aliran/debit rata-rata. Selain *duration curve* untuk aliran (*flow duration curve*) dapat juga dibuat *duration curve* untuk curah hujan (*rainfall duration curve*) dan untuk tinggi air di sungai (*stage duration curve*). Dengan demikian bisa diketahui debit harian (atau mingguan atau bulanan) dan pembagiannya sepanjang tahun. Data tersebut diperlukan untuk menentukan besarnya kapasitas instalasi dan perkiraan tentang keluaran (output) setiap waktu (John P Pantouw, 2014:3).



Gambar 2.1. *Flow Duration Curve* Tunggal

2.5. Komponen Bangunan Air

Dalam suatu lokasi potensi pembangkit energi mikro hidro dapat dipetakan sebagai suatu sistem yang terdiri dari beberapa komponen bangunan sipil seperti bendung (*weir*), bangunan pengambilan (*intake*), saluran pembawa (*headrace*), bak pengendap (*settling basin*), bak penenang (*forebay*), pipa pesat (*penstock channel*), dan saluran pembuang (*tail race*).

2.5.1. Bangunan Pengambilan (*Intake*)

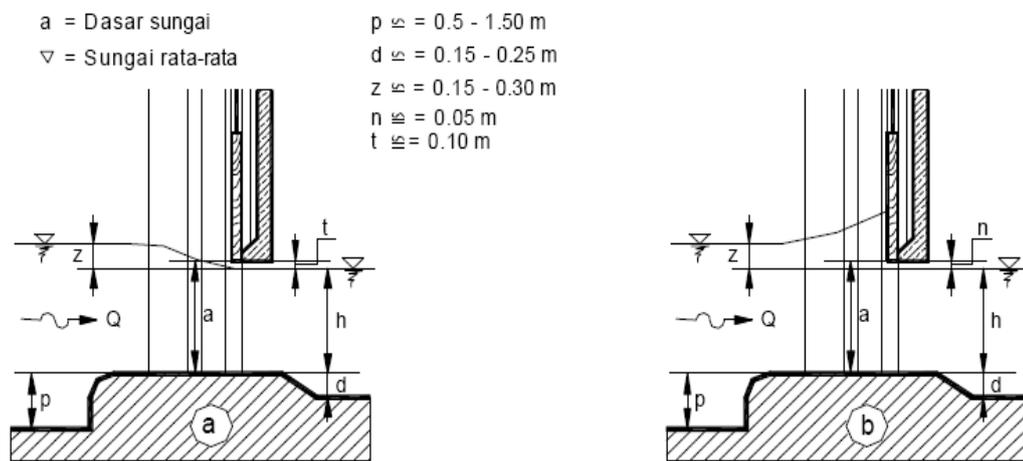
Untuk membatasi masuknya pasir, kerikil dan batu, ambang pintupengambilan perlu dibuat dengan ketinggianketinggianminimum berikut di atasinggi dasar rata-rata sungai (KP – 02 Bagian Bangunan Utama 1986:158) :

- 0,50 m untuk sungai yang hanya mengangkut lumpur.
- 1,00 m untuk sungai yang juga mengangkut pasir dan kerikil.
- 1,50 m untuk sungai yang juga mengangkut batu-batu bongkah.

Biasanya dianjurkan untuk memakai pembilas bawah (*undersluice*) dalam denah pembilas. Pembilas bawah tidak akan dipakai bila :

- Sungai mengangkut batu-batu besar.

- Debit sungai pada umumnya terlalu kecil untuk menggunakan pembilas bawah. Lantai pembilas bawah diambil sama dengan tinggi rata-rata dasar sungai. Tinggi minimum bendung ditentukan bersama-sama dengan bukaan pintu pengambilan seperti pada gambar 2.2. di bawah.



Gambar 2.2. Konfigurasi Pintu Pengambilan

Konstruksi *intake* bertujuan mengambil air dari sungai atau kolam untuk dialirkan ke saluran, bak penampungan dan pipa pesat.

Fungsi utama dan prinsip rancangan dari *intake*:

- *Intake* harus mampu mengalihkan air sungai ke dalam saluran pembawa pada debit tertentu setiap saat.
- Lokasi *intake* sebaiknya di sisi luar belokan sungai untuk meminimalisasi pengendapan di saluran pembawa.
- Usaha pencegahan perlu dilakukan untuk memisahkan sampah terapung (dengan saringan kasar atau lubang *intake* bawah muka air) dan kerikil (ambang di dasar), dari air yang masuk ke saluran pembawa.
- Pintu air harus diletakkan sedekat mungkin dengan lubang *intake* agar memudahkan penggelontoran endapan yang ada di depan lubang *intake*.

2.6. Mekanikal Elektrikal

Secara teknis, Minihidro memiliki 3 komponen utama, air sebagai sumber energi, turbin, dan generator. Air yang mengalir dengan kapasitas tertentu disalurkan dan ketinggian tertentu menuju *power house* yang akan menumbuk turbin dan mengubah energi air tersebut menjadi energi mekanik, berupa berputarnya poros turbin. Poros yang berputar tersebut kemudian ditransmisikan ke generator dan akan menghasilkan energi listrik yang akan masuk ke sistem kontrol arus listrik sebelum dialirkan ke rumah atau keperluan lainnya.

2.7. Perhitungan Daya dan Energi

Keuntungan suatu proyek Pembangkit Tenaga Listrik Tenaga Mikro Hidro 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/dt), efisiensi dari turbin dan generator masing-masing adalah η_t dan η_g maka daya atau tenaga yang dibangkitkan oleh suatu Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro dapat dihitung dengan persamaan (Arismunandar, 2004:19) :

$$\text{Daya Teoritis} = 9,81 \times Q \times H_{eff} (\text{kW})$$

$$\text{Daya Turbin} = 9,81 \times \eta_t \times Q \times H_{eff} (\text{kW})$$

$$\text{Daya Generator} = 9,81 \times \eta_g \times \eta_t \times Q \times H_{eff} (\text{kW})$$

dengans:

P = daya yang dihasilkan (kW)

η_t = efisiensi turbin

η_g = efisiensi generator

ρ = massa jenis air = 1000 (kg/m^3)

Q = debit pembangkit (m^3/dt)

H_{eff} = tinggi jatuh efektif (m)

Rumus energi :

$$\sum Pt (\text{kWh}) \text{ atau } E = \eta \rho g H \sum Qt (\text{kWh})$$

dimana : t = waktu yang dipengaruhi oleh kemungkinan kejadiannya.

Aplikasi penggunaan turbin berdasarkan tinggi jatuh yang ada ditabelkan ada tabel 2.1. di bawah (USU, *Turbin Air* : 2014) :

Tabel 2.1. Penentuan Jenis Turbin berdasarkan Tinggi Jatuh

NO	Jenis Turbin	Interval Tinggi Jatuh
1	Turbin Kaplan	$2 < H < 100$ m
2	Turbin Francis	$2 < H < 500$ m
3	Turbin Pelton	$H < 30$ m

Pada studi ini dapat ditentukan jenis turbin yang diambil adalah jenis turbin francis dengan nilai interval efisiensi turbin dan efisiensi generator sebesar (PT Basuh Power Electric, *Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro* : 2014) :

eff_T : (0,7 s/d 0,85) dengan estimasi efisiensi yang diambil sebesar 0,77

eff_G : (0,8 s/d 0,95) dengan estimasi efisiensi yang diambil sebesar 0,85