BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Energi Terbarukan

Energi terbarukan adalah sumber energi yang berasal dari proses alam yang berkelanjutan. Oleh karena itu disebut terbarukan, karena berasala dari proses yang terus dapat diperbaharui dan berkelanjutan. Energi terbarukan juga merupakan energi yang sudah pasti berasal dari alam, karena hanya proses dari alam yang berkelanjutan dan memiliki ketersediaan dengan waktu yang relatif panjang dengan waktu siklus yang relatif singkat. Ada beberapa sumber energi terbarukan seperti energi panas bumi, energi surya, energi tenaga angin, energi tenaga air, dll. Sumber energi ini dikelola dan dikonversikan melalui media yang disebut pembangkit ("Energi terbarukan - Wikipedia bahasa Indonesia, ensiklopedia bebas," n.d.).

Energi terbarukan ini juga merupakan energi yang ramah lingkungan karena berasal dari alam dan tidak menghasilkan hasil akhir seperti polusi yang merusak lingkungan. Oleh karena tidak menghasilkan polusi, maka akan mengurangi pencemearan udara yang berdampak mengurangi pemanasan global. Oleh karena itu energi terbarukan dapat menjadi salah satu solusi untuk menjaga lingkungan yang baik. Dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar fosil yang menyebabkan polusi dan juga sumber dayanya yang tercipta dengan siklus yang sangat lama dan jumlahnya terbatas.

2.2 Hidrologi

Hidrologi merupakan ilmu yang mempelajari tentang air. Ilmu yang dipelajari dimulai dari bagaimana proses pergerakan, distribusi, dan kualitas air di seluruh bumi. Hidrologi pada intinya merupakan suatu ilmu yang berhubungan dengan air dengan kajiannya masing-masing. Kajian daripada hidrologi ini ada banyak seperti hidrometeorologi, potamologi, limnology, geohidrologi, dan kriologi.

Nelson Augustone. Potensi Perencanaan Aliran Air Bendungan Sei Gong sebagai Sumber Energi Terbarukan melalui PLTMH.
UIB Repository©2020

2.2.1 Siklus Hidrologi

Menurut KBBI, siklus adalah putaran waktu yang di dalamnya terdapat rangkaian kejadian yang berulang-ulang secara tetap dan teratur. Maka dapat disimpulkan bahwa siklus meruapakan sesuatu yang dapat terjadi berulang-ulang secara tetap. Jika digabungkan, siklus hidrologi merupakan suatu proses yang terjadi secara berulang-ulang yang berhubungan dengan air. Secara singkat siklus hidrologi adalah siklus pendaur ulangan air yang terjadi secara terus menerus. Dalam siklus hidrologi melalui beberapa tahapan antara lain :

1. Evaporasi

   Evaporasi merupakan proses perubahan molekul air menjadi gas atau biasa disebut penguapan. Proses yang pertama ini merupakan menguapnya air yang sudah ada dari sungai atau dari air yang ada dipermukaan menjadi awan. Ketika keadaan jenuh uap air pada awan, maka gas akan berubah menjadi bintik-bintik air yang turun dalam bentuk hujan, salju atau es.

2. Infiltrasi

   Infiltrasi merupakan proses masuknya air ke dalam tanah melalui celah dari tanah. Dari dalam tanah air mengalir menuju sumber air, sungai, dan danau. Infiltrasi termasuk dalam siklus hidrologi karena air mengalir melalui proses infiltrasi untuk mengulang siklus hidrologi ini.

3. Air Permukaan

   Air permukaan adalah air yang berasal dari air hujan yang jatuh ke permukaan tanah, sebagian menguap dan sebagian lainnya mengalir ke sungai, saluran air lalu disimpan di dalam danau, waduk dan rawa (Sugianto, 2005). Aliran permukaan juga merupakan bagian dari siklus hidrologi karena aliran air permukaan membawa air sehingga mengulang proses yang disebut siklus hidrologi tersebut.

2.2.2 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Daerah Aliran Sungai (DAS) adalah daerah yang di batasi punggung-punggung gunung dimana air hujan yang jatuh pada daerah tersebut akan ditampung oleh punggung gunung tersebut dan akan dialirkan melalui sungai-sungai kecil ke sungai utama (Asdak, 1995). Daerah aliran sungai ini adalah tempat dimana air hujan ditampung dan kemudian dialirkan ke sungai. Oleh karena itu

Nelson Augustone. Potensi Perencanaan Aliran Air Bendungan Sei Gong sebagai Sumber Energi Terbarukan melalui PLTMH.
UIB Repository©2020

disebut daerah aliran sungai. Daerah alira sungai ini juga berperan penting dalam hidrologi, karena melalui daerah aliran sungai ini, air dapat dibawa kepada sungai untuk mengulang siklus hidrologinya. Fungsi dari daerah aliran sungai adalah untuk menerima, menyimpan, dan mengalirkan air hujan yang jatuh dan yang terkumpul di kawasan tersebut.

(Sumber : Google)

Gambar 2.1 Daerah Aliran Sungai

2.2.3 Tinggi Muka Air

Tinggi muka air *(stage height, gauge height)* sungai adalah elevasi permukaan air *(water level)* pada suatu penampang melintang sungai terhadap suatu titik tetap yang elevasinya telah diketahui (Francisco, 2013). Tinggi muka air tanah ini biasanya dinyatakan dalam satuan panjang seperti meter (m) atau centimeter (cm). Secara sederhana tinggi muka air berarti ketinggian elevasi permukaan air suatu sungai. Pergerakan pada permukaan air sungai menunjukan adanya perubahan kecepatan aliran air dan debit airnya sendiri. Data tinggi muka air ini juga merupakan dasar dari data hidrologi karena data tinggi muka air ini mempengaruhi perhitungan kecepatan aliran dan debit alirannya.

2.2.4 Debit Aliran

Debit aliran adalah kecepatan lajur air dalam besaran satuan volume yang mengacu pada kecepatan air. Secara umum, satuan debit dinyatakan dalam bentuk

Nelson Augustone. Potensi Perencanaan Aliran Air Bendungan Sei Gong sebagai Sumber Energi Terbarukan melalui PLTMH.
UIB Repository©2020

volume per satuan waktu (m^3/s). Perhitungan debit aliran dapat dijabarkan pada persamaan berikut ini :

$$Q = A \times \tilde{\upsilon} \quad (2.1)$$

Dengan : Q = Debit Aliran

A = Luas Penampang Kanal

$\tilde{\upsilon}$ = Rata-rata kecepatan aliran air

2.3 Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi merupakan suatu ilmu yang mempelajari dan menganalisa distribusi penyebaran hidrolis atau air di muka bumi. Unsur penting dari suatu analisis hidrologi adalah data curah hujan, karena proses siklus hidrologi yang dapat direkam atau dicatat adalah data curah hujan. Oleh sebab itu, data curah hujan sangat penting dalam suatu analisis hidrologi yang dapat menentukan debit-debit yang diperlukan dalam suatu perencanaan.

2.3.1 Perhitungan Parameter Statistik

Parameter statistik yang digunakan dalam menentukan jenis distribusi adalah sebagai berikut :

1. Harga Rata-Rata ($\bar{X}$)

Harga rata-rata merupakan suatu nilai rata-rata dari sebuah data curah hujan yang dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\bar{X} = \frac{\sum_i^n Xi}{n} \quad (2.2)$$

Dimana :

$\bar{X}$ = Curah hujan rata-rata (mm)

Xi = Curah hujan di stasiun hujan ke-i (mm)

n = Jumlah data

2. Standar Deviasi

Standar deviasi merupakan suatu nilai penyebaran data dimana semakin besar nilai standar deviasinya terhadap nilai rata-rata, maka semakin beragam data tersebut. Standar deviasi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

Nelson Augustone. Potensi Perencanaan Aliran Air Bendungan Sei Gong sebagai Sumber Energi Terbarukan melalui PLTMH.
UIB Repository©2020

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (2.3)$$

Dimana :

S_d = Standar deviasi

$\bar{X}$ = Curah hujan rata-rata (mm)

X_i = Curah hujan di stasiun ke i (mm)

n = Jumlah data

3. Koefisien *Skewness (Cs)*

Koefisien kemencengan atau *skewness* merupakan bagian dari suatu distribusi yang menunjukan derajat ketidak simetrisan atau lebih sederhana dapat dikatakan sebagai koefisien ketidak simetrisan (Soemarto, 1987). Koefisien kemencengan dapat dihitung melalui persamaan berikut :

$$C_s = \frac{n\sum_{i=1}^{n}(Xi - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2){S_d}^3} \quad (2.4)$$

Dimana :

C_s = Koefisien kemencengan

S_d = Standar deviasi

$\bar{X}$ = Curah hujan rata-rata (mm)

X_i = Curah hujan di stasiun ke i (mm)

n = Jumlah data

4. Koefisien *Kurtosis (Ck)*

Koefisien *kurtosis* adalah jenis koefisien yang ditujukan untuk mengukur keruncingan jenis bentuk kurva distribusi.

$$C_k = \frac{n^2\sum_{i=1}^{n}(X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3){S_d}^4} \quad (2.5)$$

Dimana :

C_k = Koefisien *kurtosis*

S_d = Standar deviasi

$\bar{X}$ = Curah hujan rata-rata (mm)

X_i = Curah hujan di stasiun hujan ke i (mm)

n = Jumlah data

5. Koefisien Variasi (Cv)

Nelson Augustone. Potensi Perencanaan Aliran Air Bendungan Sei Gong sebagai Sumber Energi Terbarukan melalui PLTMH.
UIB Repository©2020

Koefisien Variasi merupakan nilai variasi yang didapat dari perbandingan antara standar deviasi dengan nilai rata-rata dari sebuah distribusi (Soemarto, 1987).

$$C_v = \frac{S_d}{X} \quad (2.6)$$

2.3.2 Penentuan Jenis Distribusi

Penentuan jenis distribusi ini penting untuk menentukan jenis distribusi apa yang akan digunakan untuk perencanaan kita. Ada beberapa pendekatan dalam penentuan jenis distribusi, seperti :

1. Hasil Perhitungan Parameter Statistik

Ada syarat-syarat dalam pemilihan jenis distribusi berdasarkan parameter statistik. Adapun syarat-syarat parameter statistik adalah sebagai berikut :

Tabel 2.1 Syarat Penggunaan Jenis Distribusi

Sumber : (Soemarto, 1987)

No	Jenis Distribusi	Syarat
1	Normal	Cs =0 dan Ck =3
2	Log Normal	$Cs = 3Cv + Cv^3$ dan $Ck = Cv^8 + 6Cv^6 + 15Cv^4 + 16Cv^2 + 3$
3	Gumbel	$Cs \leq 1{,}1396$ dan $Ck \leq 5{,}4002$
4	Log Pearson Tipe III	Selain dari nilai di atas

2. Berdasarkan Hasil Uji Keselarasan Sebaran *Chi* Kuadrat

Dalam pengujian chi kuadrat memiliki tujuan untuk menentukan persamaan distribusi yang telah dipilih dapat mewakilih sampel data yang dianalisis atau tidak. Dalam uji chi kuadrat akan dibandingkan nilai chi kuadrat dengan nilai kritisnya. Rumus dalam menghitung nilai chi kuadrat hitung adalah sebagai berikut :

$$X^2 = \sum_{i=1}^{n} \left[\frac{Ef_i - Of_i}{Efi}\right]^2 \quad (2.7)$$

Dimana :

X^2 = Nilai *Chi* kuadrat

Ef_i = Frekuensi harapan pada data ke-i

Nelson Augustone. Potensi Perencanaan Aliran Air Bendungan Sei Gong sebagai Sumber Energi Terbarukan melalui PLTMH.
UIB Repository©2020

Of_i = Frekuensi yang terbaca pada data ke-i

n = Jumlah data

Jika nilai *Chi* kuadrat hitung lebih kecil dari nilai *Chi* kuadrat kritis, maka analisis dapat dilanjutkan karena sudah tepat.

Tabel 2.2 Nilai kritis *Chi* kuadrat

Sumber : (Soemarto, 1987)

[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]

2.3.3 Curah Hujan Rencana

Curah hujan rencana merupakan perhitungan perkiraan atau prediksi daripada data curah hujan yang sudah ada dengan periode ulang tertentu. Dari curah hujan rencana ini, kemudian dapat dicari intensitas hujan guna mencari debit banjir rencana untuk perencanaan. Dalam memprediksi curah hujan rencana, digunakan analisa secara statistik dengan beberapa metode seperti berikut :

Nelson Augustone. Potensi Perencanaan Aliran Air Bendungan Sei Gong sebagai Sumber Energi Terbarukan melalui PLTMH.
UIB Repository©2020

1. Metode Normal

Rumus yang digunakan dalam menghitung dengan metode normal adalah sebagai berikut :

$$X_t = \bar{X} + (K \times S_d) \quad (2.8)$$

(Soewarno, 1995)

Dimana :

X_t = Curah hujan periode ulang T tahun (mm)

$\bar{X}$ = Rata-rata curah hujan (mm)

S_d = Standar Deviasi

k = Nilai Reduksi *Gauss* periode ulang T tahun

Tabel 2.3 Nilai Reduksi *Gauss*

Sumber : (Soewarno, 1995)

Periode Ulang T (tahun)	Peluang	k	Periode Ulang T (tahun)	Peluang	k
1,001	0,999	-3,05	2,500	0,400	0,25
1,005	0,995	-2,58	3,330	0,300	0,52
1,010	0,990	-2,33	4,000	0,250	0,67
1,050	0,950	-1,64	5,000	0,200	0,84
1,110	0,900	-1,28	10,000	0,100	1,28
1,250	0,800	-0,84	20,000	0,050	1,64
1,330	0,750	-0,67	50,000	0,020	2,05
1,430	0,700	-0,52	100,000	0,010	2,33
1,670	0,600	-0,25	200,000	0,005	2,58
2,000	0,500	0,00	500,000	0,002	2,88
			1000,000	0,001	3,09

2. Metode Gumbel Tipe I

Persamaan yang digunakan dalam perhitungan metode gumbel tipe I adalah sebagai berikut :

$$X_T = \bar{X} + \frac{S_n}{S_d}(Y_T - Y_n) \quad (2.9)$$

Nelson Augustone. Potensi Perencanaan Aliran Air Bendungan Sei Gong sebagai Sumber Energi Terbarukan melalui PLTMH.
UIB Repository©2020

(Soewarno, 1995)

Dimana :

X_T = Curah hujan rencana periode ulang (mm)

$\bar{X}$ = Rata-rata curah hujan (mm)

S_d = Standar deviasi

Y_T = Nilai reduksi variasi dengan hubungan antara periode ulang T dengan Y yang dapat dilihat dari Tabel 2.4

Y_n = Nilai rata-rata reduksi variasi dengan nilainya tergantung dari jumlah data (n), dapat dilihat pada Tabel 2.5

S_n = Reduksi variasi dari standar deviasi dan nilainya tergantung jumlah data (n), dapat dilihat pada Tabel 2.6

Tabel 2.4 Nilai Reduksi Variasi

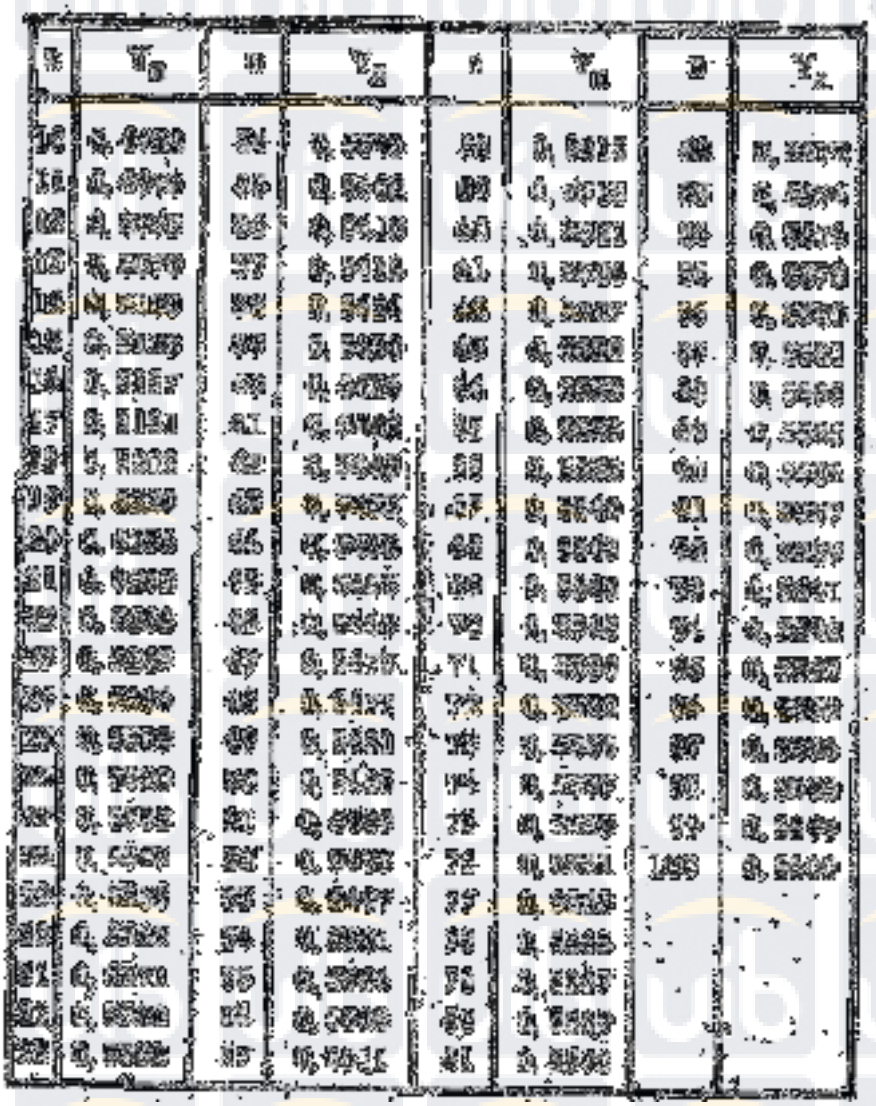
Sumber : (Soewarno, 1995)

Periode Ulang (Tahun)	*Reduced variated*
2	0,3665
5	1,4999
10	2,2502
20	2,9606
25	3,1985
50	3,9019
100	4,6001
1000	6,919

Nelson Augustone. Potensi Perencanaan Aliran Air Bendungan Sei Gong sebagai Sumber Energi Terbarukan melalui PLTMH.
UIB Repository©2020

Tabel 2.5 Tabel Nilai rata-rata Reduksi Variasi

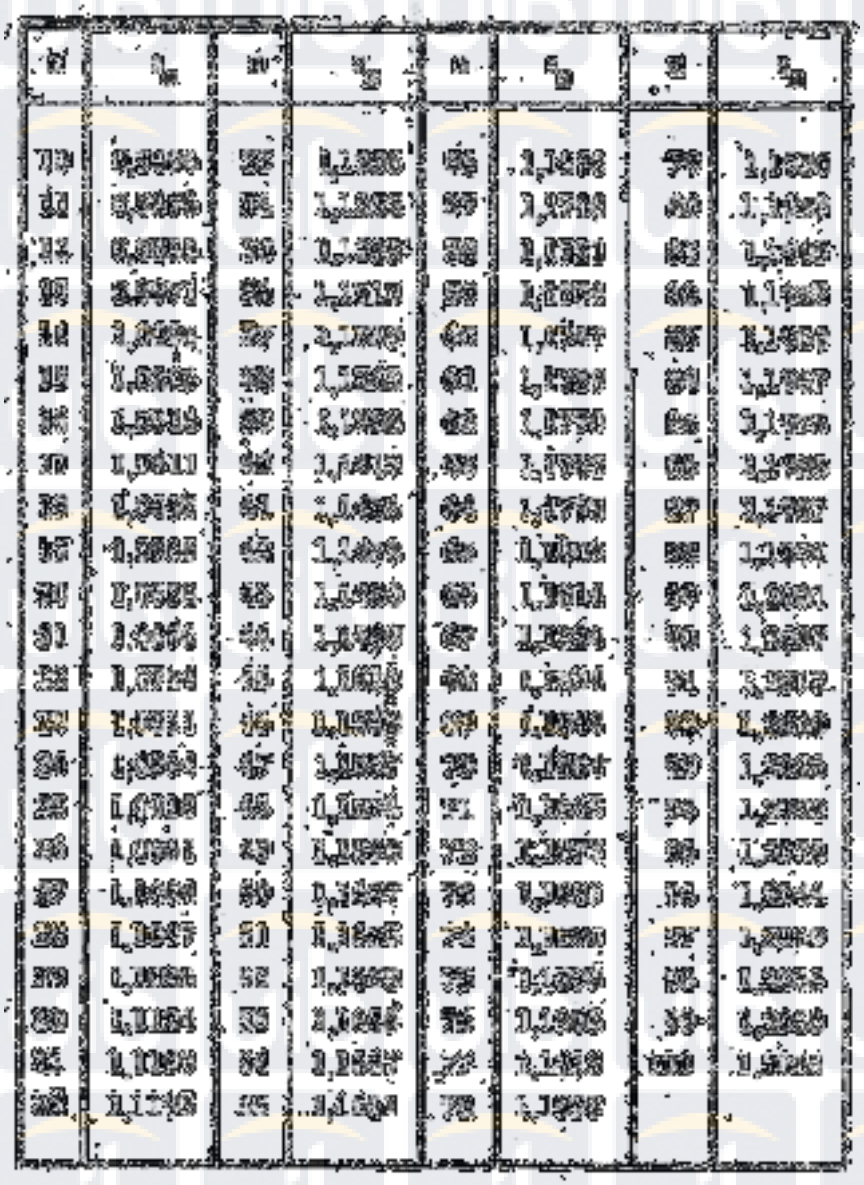
Sumber : (Soemarto, 1987)



Nelson Augustone. Potensi Perencanaan Aliran Air Bendungan Sei Gong sebagai Sumber Energi Terbarukan melalui PLTMH.
UIB Repository©2020

Tabel 2.6 Standar Deviasi dari Reduksi Variasi

Sumber : (Soemarto, 1987)



Nelson Augustone. Potensi Perencanaan Aliran Air Bendungan Sei Gong sebagai Sumber Energi Terbarukan melalui PLTMH.
UIB Repository©2020

3. Metode Log Pearson Tipe III

Metode ini menggunakan parameter-parameter statistic seperti nilai rata-rata, standar deviasi, dan koefisien kepencengan. Persamaan yang digunakan dalam perhitungan metode Log Pearson III adalah sebagai berikut :

$$LogX_T = Log\ \bar{X} + G \times S_d \qquad (2.10)$$

(Soewarno, 1995)

Dimana :

Log X_T = Nilai logaritma curah hujan rencana dengan periode ulang tertentu

Log $\bar{X}$ = Nilai logartima rata-rata curah hujan

Sd = Standar deviasi

G = Nilai karakteristik peluang Log Pearson III (Tabel 2.7)

Nelson Augustone. Potensi Perencanaan Aliran Air Bendungan Sei Gong sebagai Sumber Energi Terbarukan melalui PLTMH.
UIB Repository©2020

Tabel 2.7 Nilai Karakteristik Peluang Log Pearson III

Sumber : (Soemarto, 1987)

Kemencengan (Cs)	Periode Ulang Tahun						
	2	5	10	25	50	100	200
	Peluang (%)						
	50	20	10	4	2	1	0,5
3,0	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,051	4,970
2,5	-0,360	0,518	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652
2,2	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,97	3,705	4,444
2,0	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298
1,8	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147
1,6	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,78	3,388	3,990
1,4	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828
1,2	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661
1,0	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489
0,9	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,957	3,401
0,8	-0,132	0,780	1,336	2,300	2,453	2,891	3,312
0,7	-0,116	0,790	1,333	2,967	2,407	2,824	3,223
0,6	-99,000	0,800	1,328	2,939	2,359	2,755	3,132
0,5	-0,083	0,808	1,323	2,910	2,311	2,686	3,041
0,4	-0,066	0,816	1,317	2,880	2,261	2,615	2,949
0,3	-0,050	0,824	1,309	2,849	2,211	2,544	2,856
0,2	-0,033	0,830	1,301	2,818	2,159	2,472	2,763
0,1	-0,017	0,836	1,292	2,785	2,107	2,400	2,670
0,0	0,000	0,842	1,282	2,751	2,054	2,326	2,576

2.3.4 Perhitungan Intensitas Hujan

Perhitungan intensitas hujan merupakan analisa intensitas curah hujan per satuan waktu. Hasil dari perhitungan intensitas hujan ini diperlukan untuk menghitung debit banjir rencana hingga debit andalan yan akan digunakan dalam

Nelson Augustone. Potensi Perencanaan Aliran Air Bendungan Sei Gong sebagai Sumber Energi Terbarukan melalui PLTMH.
UIB Repository©2020

perencanaan. Perhitungan intensitas hujan dapat menggunakan metode Dr. Mononobe dengan rumus sebagai berikut :

$$r = \frac{R_{24}}{24} \times \left(\frac{24}{t}\right)^3 \quad (2.11)$$

(Badan Standardisasi Nasional, 2016)

Dimana :

R_{24} = Curah hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

T = Lamanya curah hujan (jam)

2.3.5 Analisis Debit Banjir Rencana

Analisis debit banjir rencana merupakan suatu analisa yang dilakukan dalam menentukan debit banjir rencana suatu lokasi ataupun dapat berupa dalam tahap perencanaan sautu bangunan air untuk memprediksi debit banjir dari intensitas hujan dalam periode ulang tertentu. Ada beberapa metode dalam menghitung analisi debit banjir rencana antara lain :

1. Metode Haspers

   Metode haspers digunakan pada penelitian dengan luas DAS yang sama dengan atau kurang dari 300 km^2. Persamaan yang digunakan dalam perhitungan metode haspers adalah sebagai berikut :

   $$Q_{maks} = \alpha \times \beta \times I \times A \quad (2.12)$$

   (Badan Standardisasi Nasional, 2016)

   Dimana :

   Q_{maks} = Debit maksimum (m^3/dtk)

   α = Koefisien pengaliran

   β = Koefisien Reduksi

   I = Hujan maksimum (m^3/dtk/km^2)

   A = Luas daerah pengaliran (km^2)

2. Metode Weduwen

   Persamaan yang digunakan dalam perhitungan metode weduwen adalah sebagai berikut :

   $$Q = \alpha \times \beta \times q_n \times A \quad (2.13)$$

   (Badan Standardisasi Nasional, 2016)

   Dimana :

Nelson Augustone. Potensi Perencanaan Aliran Air Bendungan Sei Gong sebagai Sumber Energi Terbarukan melalui PLTMH.
UIB Repository©2020

Q = Debit rencana

α = Koefisien *Run Off*

β = Koefisien reduksi

q_n = Intensitas hujan

A = Luas DAS

Dalam menghitung persamaan 2.13, diperlukan beberapa persamaan untuk mendapatkan hasil debit banjir rencana seperti beberapa persamaan berikut:

$$\beta = \frac{120+\frac{t+1}{t+9}\times A}{120+A} \quad (2.14)$$

$$q = \frac{Rn}{240} \times \frac{67,65}{t+1,45} \quad (2.15)$$

$$\alpha = 1 - \frac{4,1}{\beta \times q + 7} \quad (2.16)$$

$$t = 0,25 \times L \times Q^{-0,125} \times I^{-0,25} \quad (2.17)$$

2.3.6 Debit Andalan

Debit andalan merupakan debit yang menjadi andalan untuk ketersediaan debit perencanaan yang diharapkan agar selalu tersedia di sungai (Soemarto, 1987). Jadi perhitungan debit andalan ini dalam analisis hidrologi berguna agar kita dapat mengetahui debit air yang selalu ada pada daerah aliran tersebut. Dalam debit andalan ini, mengandalkan nilai probabilitas. Rumus untuk probabilitas dalam perhitungan debit andalan adalah sebagai berikut :

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100\% \quad (2.18)$$

(SNI 6738:2015, 2015)

Dimana :

P = Peluang (%)

m = Nomor urut data

n = Jumlah data

Dalam menghitung debit andalan, digunakan metode Mock atau yang dikenal sebagai metode F.J Mock. Dalam metode Mock salah satu unsur penting untuk perhitungan dan data-data dalam menghitung debit andalan adalah evapotranspirasi. Berikut merupakan langkah-langkah perhitungan dalam debit andalan metode Mock :

Nelson Augustone. Potensi Perencanaan Aliran Air Bendungan Sei Gong sebagai Sumber Energi Terbarukan melalui PLTMH.
UIB Repository©2020

1. Menghitung Evapotranspirasi (Eto)

   Evapotranspirasi merupakan pengertian dari gabungan pergerakan air keluar udara melalui beberapa sumber dan pergerakan air di dalam tumbuhan yang diuapkan keluar oleh daun. Pentingnya evapotranspirasi adalah untuk menggambarkan jumlah air yang hilang dengan adanya vegetasi. Metode yang digunakan dalam perhitungan evapotranspirasi adalah metode Penman Modifikasi. Data-data yang diperlukan dalam perhitungan evapotranspirasi merupakan data-data umum klimatologi seperti data suhu udara, data kecepatan angin, data kelembaban relatif, dan data penyinaran matahari. Dalam perhitungan dengan metode Mock, terdapat dua jenis evapotranspirasi yaitu Evapotranspirasi Potensial dan Evapotranspirasi Aktual.

   - Persamaan yang digunakan dalam menghitung evapotranspirasi Potensial metode Penman Modifikasi adalah sebagai berikut :

     $$Eto = C \times \{W \times Rn + (1 - W) \times f(u) \times (es - ea)\} \quad (2.19)$$

     Dimana : Eto = Evapotranspirasi
     C = Faktor penyesuaian kondisi akibat cuaca siang dan malam
     W = Faktor penyinaran matahari
     F(u) = Fungsi kecepatan angin
     Rn = Radiasi penyinaran matahari
     Es = Tekanan uap jenuh
     Ea = Tekanan uap nyata

   - Perhitungan evapotranspirasi aktual dipengaruhi oleh *Exposed Surface* yang disajikan pada tabel 2.8. Persamaan yang digunakan dalam perhitungan evapotranspirasi aktual adalah sebagai berikut :

     $$\frac{E}{Ep} = \left[\frac{m}{20}\right](18 - n) \quad (2.20)$$

     Dengan : E = Evapotranspirasi Aktual
     Ep = Evapotranspirasi Potensial
     M = Exposed Surface
     N = Jumlah hari hujan dalam satu bulan

2. Menghitung *Water Surplus*

Nelson Augustone. Potensi Perencanaan Aliran Air Bendungan Sei Gong sebagai Sumber Energi Terbarukan melalui PLTMH.
UIB Repository©2020

Water Surplus merupakan jumlah air hasil presipitasi atau air hujan dikurang dengan air hasil evapotranspirasi dan dijumlahkan dengan air tampungan dalam tanah. Persamaan yang digunakan dalam menghitung *Water Surplus* adalah sebagai berikut :

$$WS = (P - Ea) + SS \quad (2.21)$$

Dimana : WS = *Water Surplus*

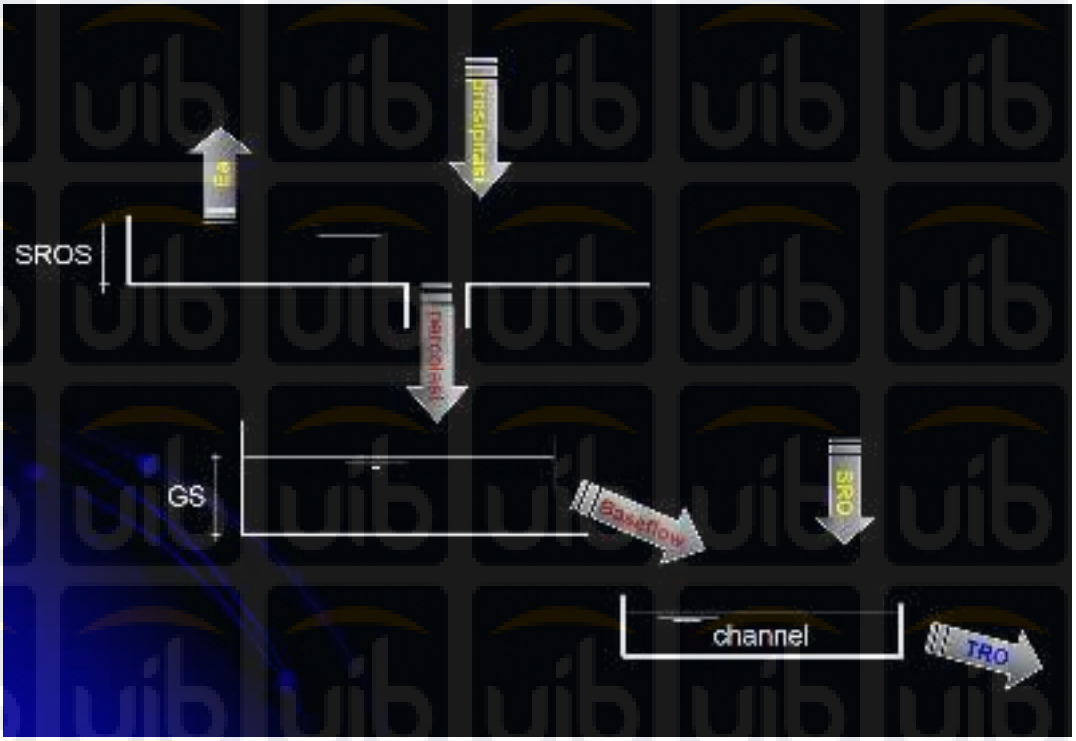
P = Presipitasi

Ea = Evapotranspirasi Aktual

SS = *Soil Storage*

3. Menghitung jumlah Limpasan Total

Limpasan total merupakan jumlah air yang melimpas pada daerah pengaliran. Terdapat beberapa unsur di dalam menghitung limpasan total. Limpasan total hingga membentuk debit aliran digambarkan pada gambar 2.1.



Gambar 2.2 Alur Limpasan Total Hingga Membentuk Debit

Beberapa unsur yang terdapat di dalamnya adalah sebagai berikut :

- Infiltrasi

Nelson Augustone. Potensi Perencanaan Aliran Air Bendungan Sei Gong sebagai Sumber Energi Terbarukan melalui PLTMH.
UIB Repository©2020

Rumus yang digunakan dalam menghitung infiltrasi adalah sebagai berikut :

$$i = WS \times if \quad (2.22)$$

Dimana : I = Infiltrasi

Ws = *Water Surplus*

if = Koefisien Infiltrasi

- *Groundwater Storage*

  Persamaan yang digunakan dalam menghitung *groundwater storage* adalah sebagai berikut :

  $$GS = \{0{,}5 \times (1 + K) \times i\} + \{K \times Gsom\} \quad (2.23)$$

  Dengan : GS = *Groundwater Storage*

  K = Konstanta Resesi Aliran

  i = Infiltrasi

  Gsom = *Groundwater Storage* bulan sebelumnya

- *Base Flow*

  Base flow merupakan aliran dasar sungai akibat perubahan *groundwater storage*. Persamaan yang digunakan dalam menghitung *base flow* adalah sebagai berikut :

  $$BF = i - \Delta GS \quad (2.24)$$

  Dengan : BF = *Base flow*

  i = Infiltrasi

  ΔGS = Perubahan *groundwater storage*

- *Direct Run Off*

  Merupakan hasil daripada *water surplus* yang sudah infiltrasi. Persamaan yang digunakan dalam menghitung *direct run off* adalah sebagai berikut :

  $$DRO = WS - i \quad (2.25)$$

  Dimana : DRO = *Direct Run Off*

  WS = *Water Surplus*

  i = Infiltrasi

- Storm *Run Off*

Nelson Augustone. Potensi Perencanaan Aliran Air Bendungan Sei Gong sebagai Sumber Energi Terbarukan melalui PLTMH.
UIB Repository©2020

Storm Run Off merupakan limpasan ke sungai saat hujan deras. SRO ini dipengaruhi oleh faktor persentase yaitu persentase hujan yang menjadi limpasan. Nilai PF berada pada kisaran 5%-10%. Terdapat 2 ketentuan dalam SRO yaitu sebagai berikut :

a. P > maksimum *soil moisture capacity*, maka SRO = 0
b. P < maksimum *soil moisture capacity*, maka SRO = jumlah curah hujan dalam satu bulan dikali faktor persentase.

Persamaan yang digunakan dalam menghitung SRO adalah sebagai berikut :

$$SRO = P \times PF \quad (2.26)$$

Dimana : SRO = *Storm Run Off*
P = Presipitasi
PF = *Percentage Factor*

- *Total Run Off*

Total Run Off meupakan limpasan total. Yaitu gabungan daripada *base flow, direct run off dan storm run off*. Persamaan yang digunakan dalam perhitungan *total run off* adalah sebagai berikut :

$$TRO = BF + DRO + SRO \quad (2.27)$$

Dengan : BF = *Base Flow*
DRO = *Direct Run Off*
SRO = *Storm Run Off*

Hasil daripada TRO dikalikan dengan luas area tangkapan air, maka akan didapati debit dalam besaran m^3/det.

2.4 Pengertian Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro merupakan sebuah pembangkit listrik yang menggunakan air sebagai sumber energi penggeraknya. Pembangkit listrik ini sesuai dengan namanya merupakan pembangkit dengan skala kecil yang berasal dari kata mikro yang berarti kecil dan hidro yang berarti air. Pembangkit listrik jenis ini mengandalkan tinggi jatuh air untuk menggerakan turbin air yang dikonversikan dengan generator untuk menjadi energi listrik yang dapat dialirkan.

Nelson Augustone. Potensi Perencanaan Aliran Air Bendungan Sei Gong sebagai Sumber Energi Terbarukan melalui PLTMH.
UIB Repository©2020

Secara sederhana, mikrohidro memanfaatkan prinsip energi potensial jatuh air. Dimana semakin tinggi jatuh airnya, maka semakin besar pula energi potensialnya yang berarti semakin besar energi listrik yang dapat dihasilkan pula. Banyak media untuk mendapatkan air untuk kebutuhan mikrohidro. Salah satunya adalah mengandalkan aliran air sungai yang memiliki tinggi jatuh. Ataupun dapat membuat bendungan yang kemudian membendung air hingga ketinggian tertentu dan mengalirkannya melalui pipa pesat.

2.5 Prinsip Kerja Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro

Prinsip mikrohidro secara sederhana membutuhkan aliran debit air dan memiliki tinggi jatuh air. Ini merupakan sistem konversi energi dengan menggunakan tinggi jatuh air dengan debitnya untuk menggerakan turbin air. Turbin air ini sudah tersambung dengan *generator* yang akan mengkonversi energi mekanik menjadi energi listrik. Tidak ada konversi energi yang memiliki tingkat effisiensi 100% atau *input* dari sumber energi kepada *output* memiliki tingkat effisiensi yang sempurna atau berbanding lurus. Rumus dari konversi energi ini secara sederhana dapat dijabarkan sebagai berikut :

$$Power\ input = power\ output + loss \tag{2.28}$$

$$Power\ output = power\ input \times conversion\ efficiency \tag{2.29}$$

Power input atau daya masuk (P_{gross}) merupakan penjumlahan dari *power output* atau daya yang dihasilkan (P_{nett}) ditambah dengan *loss* atau faktor hilang energi (E_o). Hasil yang didapatkan dalam satuan *Kilowatt* (Kw). Rumus yang didapat adalah sebagai berikut :

$$Pnett = Pgross \times Eo \tag{2.30}$$

Daya kotor adalah perhitungan dari tinggi jatuh kotor (h_{gross}) yang dikalikan dengan debit air (Q) yang dikalikan juga dengan faktor gravitasi (g = 9.8) sehingga membentuk persamaan baru yaitu :

$$Pnet = hgross \times Q \times g \times Eo \tag{2.31}$$

Persamaan di atas merupakan persamaan sederhana. Bila dijabarkan lebih lagi, efisiensi terbagi dari beberapa efisiensi lagi seperti efisiensi pekerjaan sipil, efisiensi turbin, efisiensi *generator*,dll. Tergantung dari bagaimana skema PLTMH yang direncanakan.

Nelson Augustone. Potensi Perencanaan Aliran Air Bendungan Sei Gong sebagai Sumber Energi Terbarukan melalui PLTMH.
UIB Repository©2020

2.6 Langkah Pembuatan PLTMH

Sebelum membuat sebuah pembangkit listrik jenis apapun itu, dibutuhkan tahapan-tahapan dimulai dari perencanaan hingga tahap penyelesaian. Tentunya hal ini didukung dengan studi-studi yang diperlukan untuk membuat suatu pembangkit listrik. Tahapan atau langkah dalam membuat PLTMH dapat diurutkan sebagai berikut :

2.6.1 Studi Potensi

Studi potensi ini merupakan langkah dalam melakukan studi mengenai lokasi yang akan dibuat ini memiliki potensi untuk dibuat PLTMH atau tidak. Tentunya ada unsur yang perlu diperhatikan agar suatu daerah berpotensi dibuat PLTMH. Unsur yang paling utama adalah ketersediaan air di daerah tersebut.

Dalam studi potensi ini, diperlukan *site suvey* atau survei lapangan dan survey kondisi hidrologinya. Studi hidrologi paling sederhana adalah dengan pendekatan dimana ada aliran terkecil. Hampir setiap *project* yang berhubungan dengan hidrologi akan menggunakan pendekatan ini. Karena dengan menggunakan pendekatan aliran terkecil, maka dari proses perencanaan hingga penggunaan kita memiliki data aliran terkecil dan aliran terkecil itu tidak akan menjadi lebih kecil lagi. Maka apabila dengan aliran terkecil saja sudah bisa, untuk kedepannya akan aman.

Dalam studi potensi ini ada beberapa hal yang diperlukan seperti debit aliran tahunan ataupun debit prediksi. Kemudian dilanjutkan dengan pengukuran tinggi jatuh aliran ke turbin air. Tinggi jatuh aliran ini merupakan salah satu unsur penting juga, terkait tinggi air penting untuk mengerakkan turbin air. Oleh karena itu dibutuhkan ketepatan ± 3%. Pengukuran tidak dapat dilakukan hanya sekali karena dapat menimbulkan error dan kesalahan-kesalahan yang berdampak kedepannya. Sekurang-kurangnya diperlukan tiga kali pengukuran terpisah yang perlu dilakukan.

2.6.2 Perencanaan Sipil

Setelah melakukan studi pada bidang hidrologi dan lapangan, maka saatnya untuk melakukan perencanaan dan juga pekerjaan dibidang sipil atau membuat unsur pendukungnya. Pekerjaan sipil ini dikerjakan bergantung pada skema apa yang digunakan dan akan lebih berfokus pada perencanaan *Penstock* atau pipa pesat

Nelson Augustone. Potensi Perencanaan Aliran Air Bendungan Sei Gong sebagai Sumber Energi Terbarukan melalui PLTMH.
UIB Repository©2020

dan hal yang berhubungan dengan skema perpipaan. Tentunya ada beberapa komponen penting juga yang direncanakan dan dibangun untuk supplai air. Komponen-komponen untuk supplai air PLTMH adalah (Watt, Rumah, & Akademi, 2018) :

a) Bendungan

Bendungan berfungsi untuk mengontrol air yang akan di supplai. Bendungan yang digunakan bisa juga bendungan yang bersifat alami seperti batuan besar. Hal ini dapat digunakan untuk menghindari mahalnya biaya pembuatan bendungan.

Gambar 2.3 Bendung alami

b) *Intake* air

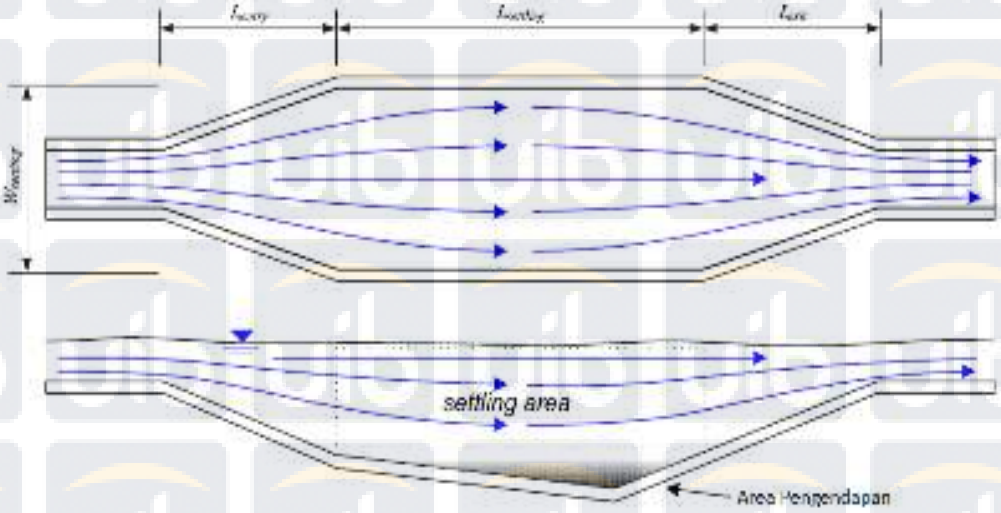
Intake merupakan suatu konstruksi untuk mengambil air. *Intake* merupakan tempat dimana air akan diambil dan diarahkan alirannya. Saluran *intake* dapat melalui pipa, saluran ataupun langsung kepada turbin air. Saluran *intake* memerlukan pintu air untuk mengkontrol debit aliran banjirnya (Ardüser, 2009).

Nelson Augustone. Potensi Perencanaan Aliran Air Bendungan Sei Gong sebagai Sumber Energi Terbarukan melalui PLTMH.
UIB Repository©2020

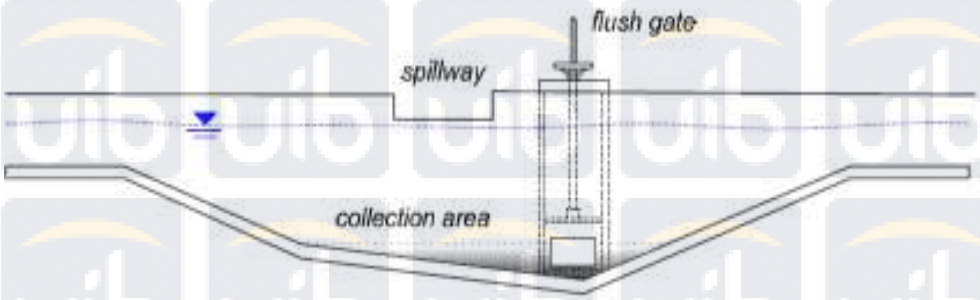
Gambar 2.4 Saluran Intake

c) Bak Pengendap (*Silt Basin*)

Bak pengendap merupakan bak tempat mengendapkan butir-butir pasir dan lumpur dari air. Dalam mendesain bak pengendap, harus direncanakan mengenai partikel yang dapat diendapkan dan yang diijinkan untuk lewat sehingga tidak merusak turbin. Untuk mencapai hal tersebut, diperlukan perencanaan untuk mengurangi kecepatan aliran air. Untuk kedalaman bak diperlukan perhitungan untuk mendapatkan kedalaman untuk area pengendapan. Pada area pengendapan diberi pintu untuk pembuangan endapan seperti pada gambar 2.4.



Gambar 2.5 Bak Pengendap

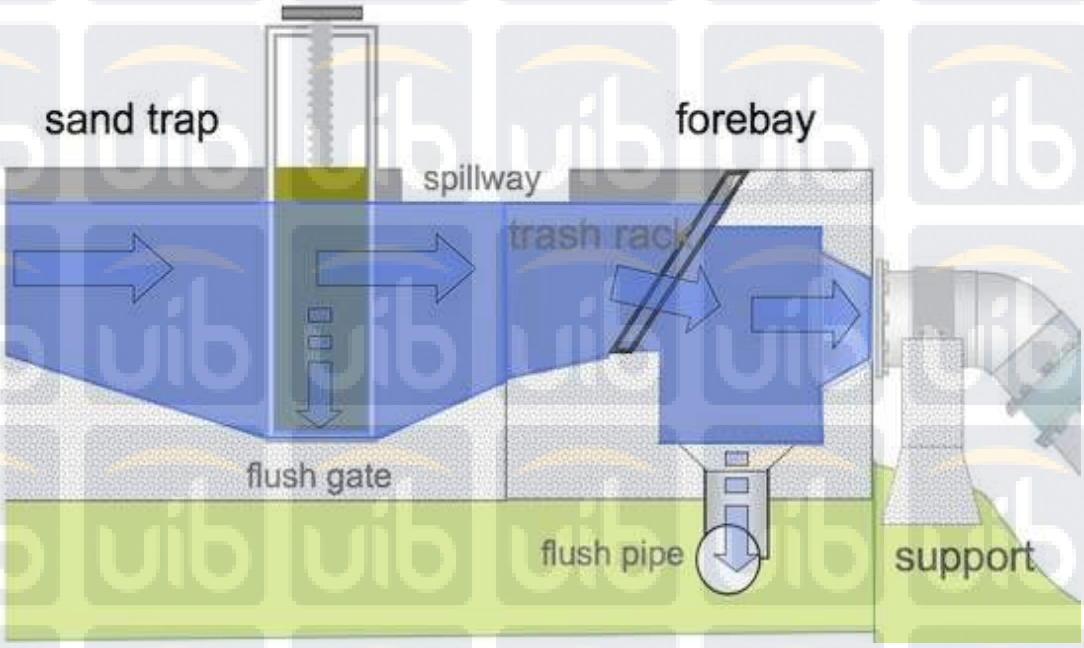


Gambar 2.6 Bak Pengendap dengan Pintu Pembuangan

Nelson Augustone. Potensi Perencanaan Aliran Air Bendungan Sei Gong sebagai Sumber Energi Terbarukan melalui PLTMH.
UIB Repository©2020

d) Bak Penenang (*Forebay tank*)

Bak penenang merupakan suatu bak tempat terkumpulnya air dimana kecepatan air akan berkurang dan akan dialirakan ke *penstock* dan juga butir pasir ataupun lumpur akan diendapkan ke bak pengendap. Pada bak penenang diberi rak sampah untuk menghindari sampah besar masuk ke dalam pipa pesat yang dapat menyebabkan penyumbatan dan kerusakan pada turbin.



Gambar 2.7 Bak Penenang (Forebay Tank)

Sumber : Energypedia

e) Saluran (*Channel*)

Saluran merupakan tempat dimana air mengalir didalam suatu saluran yang arahnya menuju ke bak penenang. Jadi air dari aliran sungai atau dari bendungan akan dialirkan melalui saluran yang menuju ke bak penenang.

f) Pipa Pesat (*Penstock*)

Pipa pesat merupakan pipa yang mengalirkan air ke turbin. Pipa pesat ini merupakan bagian yang cukup penting karena perannya yang mengantarkan air ke turbin. Biaya yang diperlukan untuk membuat pipa pesat juga merupakan salah satu hal yang sangat diperhatikan dalam membuat *budget* atau anggaran biara PLTMH.

Nelson Augustone. Potensi Perencanaan Aliran Air Bendungan Sei Gong sebagai Sumber Energi Terbarukan melalui PLTMH.
UIB Repository©2020

Dalam mendesain pipa pesat, hal pertama yang harus dijadikan pertimbangan adalah bahan pipa pesat yang akan digunakan hingga menghitung jarak antara saluran menuju turbin dan beda tinggi dari saluran ke turbin.

g) Rumah Pembangkit

Rumah pembangkit merupakan sarana sebagai tempat dimana komponen – komponen pembangkit diletakkan. Komponen yang diletakkan di dalam rumah pembangkit adalah turbin, mesin pembangkit (*generator*) dan alat – alat kontrol lainnya.

2.7 Pemilihan Turbin

Turbin merupakan alat yang digunakan untuk mengkonversi energi jatuh air atau energi potensial menjadi energi mekanik dengan memutar putaran poros pada pembangkit. Pemilihan turbin sangat penting dalam suatu PLTMH karena energi yang dihasilkan tergantung pada turbin yang digunakan dengan jenis dan tingkat efisiensi yang berbeda.

Dalam mendesain kecepatan putar turbin, jenis turbin apapun yang digunakan harus memiliki daya putar lebih daripada daya putar mesin pembangkit itu sendiri. Hal ini diperlukan karena perlunya putaran lebih dengan daya tambahannya untuk memutar persneling, katrol dan juga *belt* yang menyambung kepada mesin pembangkit itu sendiri. Biasanya rasio putaran yang digunakan adalah 2.5 : 1.

Dalam hal pemilihan turbin, pada hakekatnya adalah mencari turbin yang efisien tergantung pada kebutuhan PLTMH untuk apa. Dalam memilih turbin ada pertimbangan seperti pertimbangan tinggi jatuh air dan berapa daya energi yang direncanakan.

2.8 Klasifikasi Turbin

Menurut cara kerja dalam hal mengubah tinggi jatuh, klasifikasi turbin dibagi menjadi 2 yaitu :

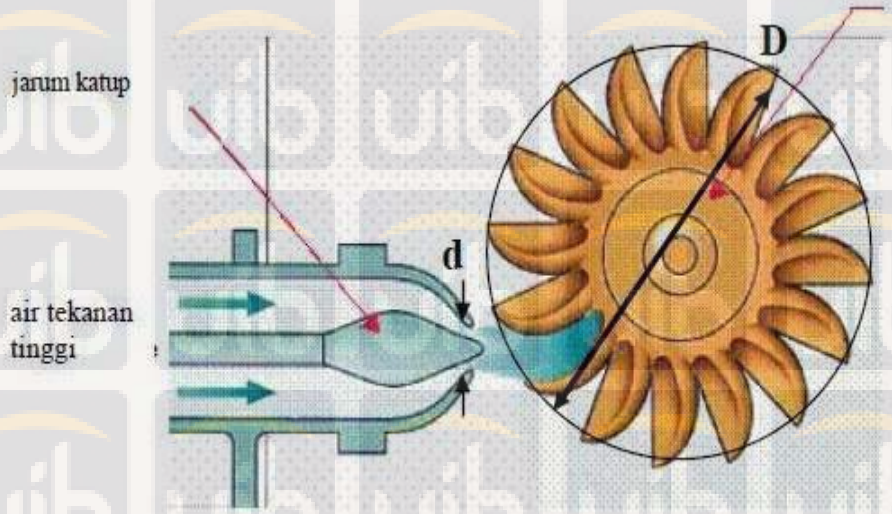
a) Turbin Impuls

Turbin impuls merupakan turbin yang mengandalkan energi potensial air atau tinggi jatuh air dengan *nozzle.* Contoh daripada turbin impuls adalah

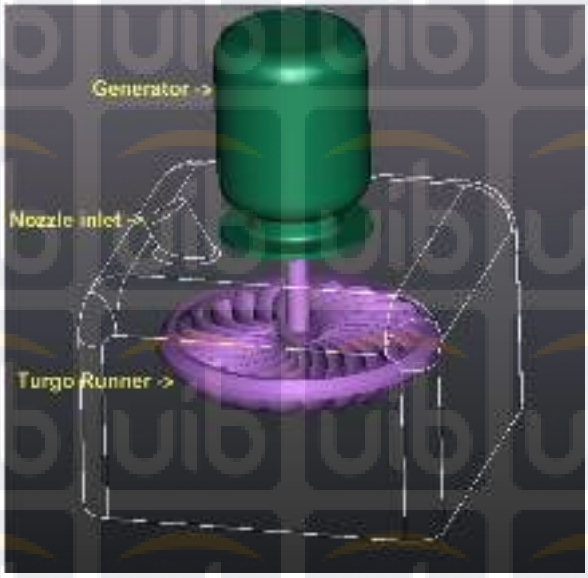
Nelson Augustone. Potensi Perencanaan Aliran Air Bendungan Sei Gong sebagai Sumber Energi Terbarukan melalui PLTMH.
UIB Repository©2020

turbin *Crossflow*, turbin Turgo, dan turbin Pelton. Kelebihan turbin impuls antara lain :

- Lebih toleran terhadap pasir dan partikel-partikel lain dalam air.
- Memungkinkan akses yang mudah kepada bagian-bagian lain yang bekerja.
- Lebih mudah diproduksi dan pemeliharaannya.

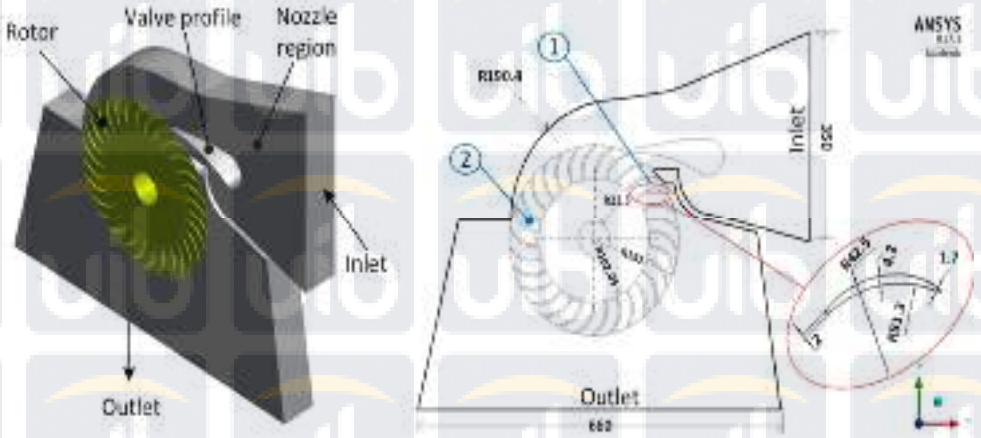


Gambar 2.8 Turbin Pelton



Gambar 2.9 Turbin Turgo

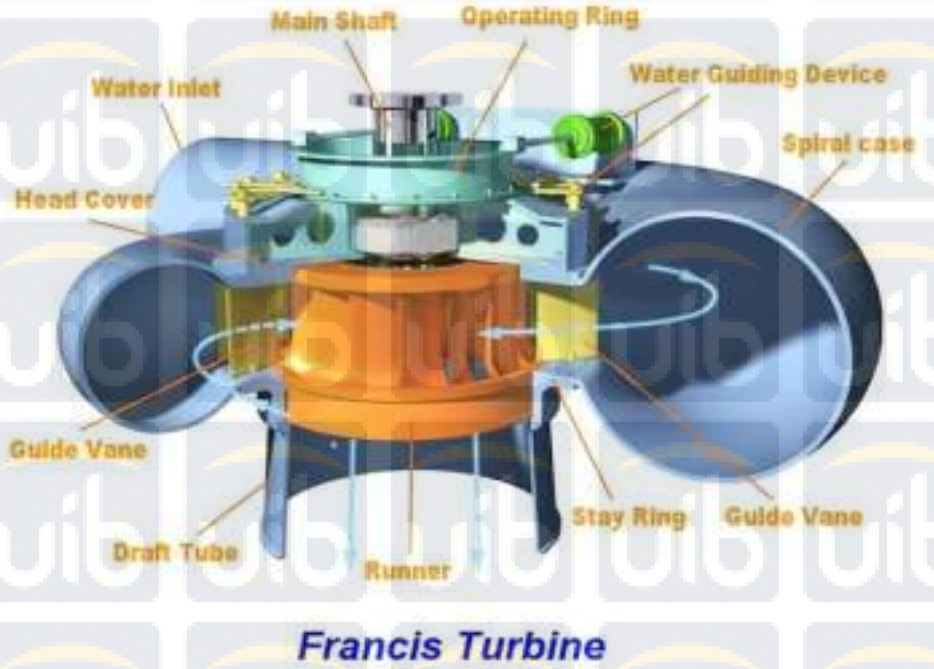
Nelson Augustone. Potensi Perencanaan Aliran Air Bendungan Sei Gong sebagai Sumber Energi Terbarukan melalui PLTMH.
UIB Repository©2020



Gambar 2.10 Turbin Crossflow

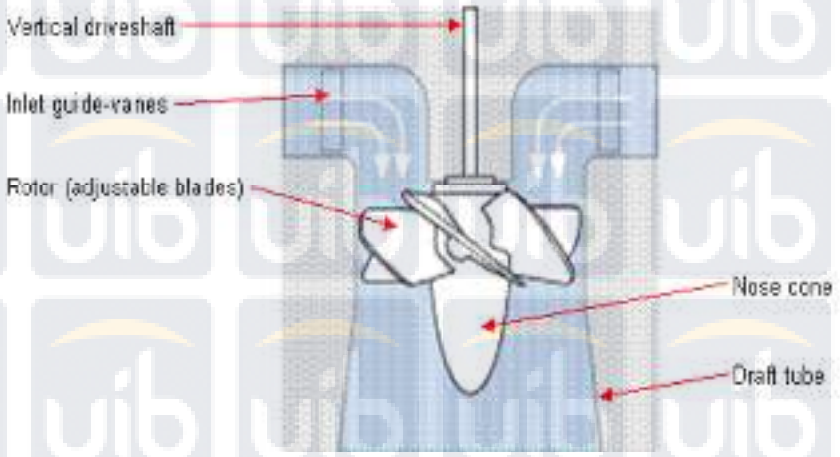
b) Turbin Reaksi

Turbin reaksi merupakan jenis turbin yang langsung bereaksi dengan air atau tanpa perantara seperti penggunaan *nozzle* pada jenis turbin impuls. Pada turbin reaksi ini, turbin diletakkan langsung dengan air, maka dengan mengubah energi kinetik air dan diubah menjadi tekanan secara bersamaan sehingga menjadi energi mekanik. Contoh daripada turbin reaksi adalah turbin Francis, turbin *Propeller*, dan turbin Kaplan.

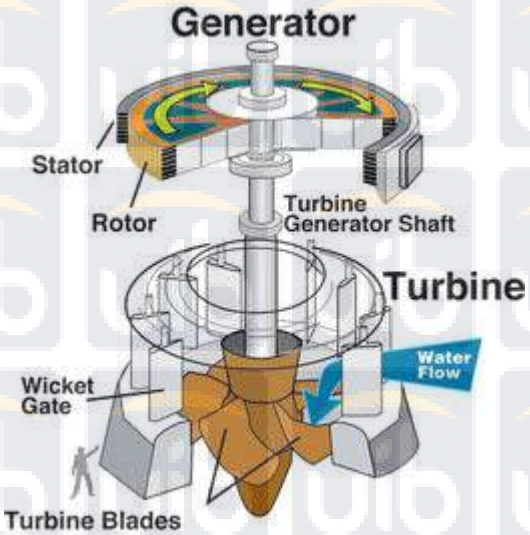


Gambar 2.11 Turbin Francis

Nelson Augustone. Potensi Perencanaan Aliran Air Bendungan Sei Gong sebagai Sumber Energi Terbarukan melalui PLTMH.
UIB Repository©2020



Gambar 2.12 Turbin Propeller



Gambar 2.13 Turbin Kaplan

Nelson Augustone. Potensi Perencanaan Aliran Air Bendungan Sei Gong sebagai Sumber Energi Terbarukan melalui PLTMH.
UIB Repository©2020