

# Konseptual Desain dan Perancangan Turbin untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Curug Kebo di Desa Sumberwaras Kecamatan Malingping Kabupaten Lebak

IMRON ROSYADI<sup>1,\*</sup>, HARYADI<sup>2</sup>, SYARIF ABDULLAH<sup>3</sup>, WILDAN FIRDAUS<sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup>Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

\*Email: imron\_jtm@untirta.ac.id

## ABSTRAK

*Elektrifitas di provinsi Banten saat ini sudah melebihi listrik 95%, namun begitu di beberapa daerah terutama di Banten bagian selatan, kebutuhan listrik belum merata di semua wilayah. Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) merupakan jenis pembangkit listrik bertenaga fluida air dengan skala dibawah 100 kW, yang memanfaatkan ketinggian air yang tidak terlalu besar. Salah satu lokasi yang dapat dikembangkan menjadi PLTMH yaitu pada Curug Kebo dengan memanfaatkan aliran Sungai Cibuangeun. Hasil listrik ini sesuai hasil survey yang telah dilakukan dapat digunakan untuk penerangan jalan dan kebutuhan listrik yang berada di dekat lokasi PLTMH. Sungai Cibuangeun yang mempunyai debit desain sebesar 0,205 m<sup>3</sup>/s dan Head efektif sebesar 5,469 m mampu membangkitkan energy listrik sebesar 4,56 kW. Dari studi potensi yang telah dilakukan, turbin yang sesuai dengan PLTMH Curug Kebo adalah turbin Crossflow dengan diameter runner 0,344 m, diameter dalam 0,229 m, sudut kelengkungan sudu 73,174° dengan jumlah sudu berjumlah 27 buah.*

**Kata kunci:** *Cross flow, elektrifitas, PLTMH, turbin.*

## ABSTRACT

*Electricity in Banten province currently exceeds 95% electricity, but in some areas especially in southern Banten, electricity needs have not been evenly distributed in all regions. The Microhydro Power Plant (MHP) is a type of water-powered power plant with a scale below 100 kW, which utilizes a water level that is not too large. One location that can be developed into MHP is in Kebo Curug by utilizing the Cibuungeun River. This electricity output according to the results of the survey that has been carried out can be used for street lighting and electricity needs near the location of the MHP. Sungai Cibuungeun which has a design debit of 0.205 m<sup>3</sup> / s and an effective Head of 5, m is capable of generating electrical energy of 4.56 kW. From the potential studies that have been done, the turbines that are in accordance with the MPH Curug Kebo are Crossflow turbines with runner diameters of 0.344 m, inner diameter of 0.229 m, angle of curvature of the blade 73,174o with a number of blades totaling 27 pieces.*

**Keywords:** MPH, turbin, Cross flow, electricity.

## 1. PENDAHULUAN

Di era perkembangan ilmu dan teknologi (IPTEK) listrik menjadi kebutuhan yang mendasar bagi masyarakat Indonesia. Listrik merupakan salah satu instrumen untuk meningkatkan kesejahteraan rakyat. Hampir semua kegiatan menggunakan listrik seperti kegiatan di malam hari yang menggunakan penerangan, perindustrian bahkan berkomunikasi sudah menggunakan listrik. Namun, Konsumsi energi yang tinggi ini menimbulkan terjadinya pengurasan sumber daya fosil yang lebih cepat jika dibandingkan dengan penemuan cadangan baru. Jika energi terbarukan tidak segera dikembangkan dengan optimal, maka peningkatan konsumsi tersebut akan dapat memperpendek umur ketersediaan energi di Indonesia. Melihat hal tersebut, Pemerintah Provinsi Banten melalui Dinas Pertambangan dan Energi (Distamben) Banten berupaya mengoptimalkan potensi sumber energi terbarukan yang ada, dimana tujuannya adalah untuk memenuhi kebutuhan energi di masa depan dari sumber Energi Baru Terbarukan (EBT) yang dimiliki Provinsi Banten [1].

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Mikrohidro

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, kemudian generator menghasilkan listrik.

Turbin pada proses pembangkitan listrik ini berputar karena adanya pengaruh energi potensial air yang mengalir dari pipa pesat dan mengenai sudu-sudu turbin. Berputarnya turbin kemudian akan mengakibatkan generator juga berputar sehingga generator dapat menghasilkan listrik sebagai keluarannya. Persamaan yang digunakan untuk menentukan

besarnya daya listrik sebelum masuk ke turbin secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$P_{in\ turbin} = \rho \times Q \times h \times g. \quad (2.1)$$

Sedangkan besar daya output turbin adalah sebagai berikut:

$$P_{out\ turbin} = \rho \times Q \times h \times g \times \eta_{turbin}. \quad (2.2)$$

Sehingga secara matematis daya sebenarnya yang dihasilkan dari pembangkit adalah sebagai berikut:

$$P_{real} = \rho \times Q \times h \times g \times \eta_{turbin} \times \eta_{generator} \times \eta_{tm}, \quad (2.3)$$

di mana:

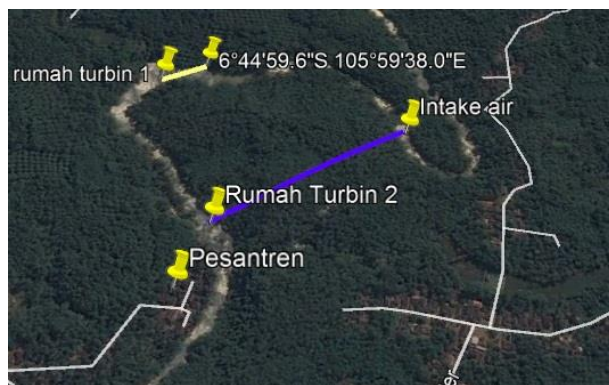
$P_{in\ turbin}$	= daya masukan ke turbin (kW)
$P_{out\ turbin}$	= daya keluaran dari turbin (kW)
$P_{real}$	= daya sebenarnya yang dihasilkan (kW)
$\rho$	= massa jenis fluida (Kg/m <sup>3</sup> )
$Q$	= debit air (m <sup>3</sup> /s)
$h$	= ketinggian efektif (m)
$g$	= gaya gravitasi (m/s <sup>2</sup> )
$\eta$	= efisiensi

## 2.2 Pemilihan Lokasi PLTMH

Studi potensi digunakan untuk menentukan lokasi yang sesuai dengan kebutuhan dan harapan pada perancangan PLTMH. Studi potensi lokasi dilakukan di Sungai Cibuungeun pada Desa Sumberwaras Kecamatan Malingping Kabupaten Lebak Provinsi Banten. Pemilihan lokasi dalam Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) sangat menentukan energi potensial air (jatuhan air). Penentuan *head* perlu mempertimbangkan lokasi rumah turbin. Semakin tinggi jatuhan air (*head*) menuju rumah turbin maka semakin besar energi potensial air yang dapat diubah menjadi energi listrik. Sehingga, penentuan lokasi rumah turbin haruslah diutamakan agar mendapat lokasi yang sesuai kebutuhan dan harapan PLTMH Curug Kebo.

Dalam menentukan lokasi rumah turbin PLTMH. Lokasi rumah turbin dilakukan dengan menggunakan peta topografi dan pengukuran dilapangan [2]. Dengan menggunakan peta topografi maka didapat 2 tempat yang dapat dijadikan lokasi rumah turbin. Adapun tempat tersebut dapat diamati pada Gambar 1 sebagai berikut:

# Konseptual Desain dan Perancangan Turbin untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) Curug Kebo di Desa Sumberwaras Kecamatan Malingping Kabupaten Lebak



(Sumber : Google Earth)

**Gambar 1. Pemilihan lokasi PLTMH Curug Kebo**

Pengambilan gambar lokasi Sungai Cibinuangeun dilakukan dengan menggunakan aplikasi Google Earth. Dengan menggunakan aplikasi tersebut maka didapatkan kontur tanah dan jarak dari *intake* air menuju rumah turbin. Adapun hasilnya sebagai berikut:



(a) Kontur tanah dan jarak rumah turbin 1



(b) Kontur tanah dan jarak rumah turbin 2

**Gambar 2. Kontur tanah di lokasi**

Dari hasil tersebut dapat dipilih lokasi terbaik dalam merancang PLTMH.

## 2.3 Pengukuran Debit

Suatu sungai akan sangat bervariasi alirannya di sepanjang tahun, pengukuran dilakukan pada saat aliran terendah (musim kemarau) [3]. Rata-rata aliran terendah digunakan sebagai dasar dalam perencanaan PLTMH. Pengukuran debit aliran secara langsung ke tempat penelitian (pengukuran primer). Rumus dasar menghitung debit [4]:

$$Q = A \times V, \tag{2.4}$$

di mana:

$Q$  = debit ( $m^3/s$ )

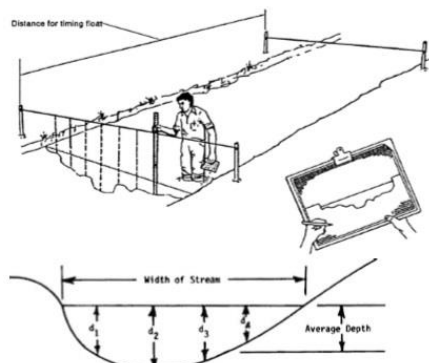
$A$  = luas bagian penampang basah ( $m^2$ )

$V$  = kecepatan aliran rata-rata pada luas bagian penampang basah ( $m/s$ ).

Adapun langkah-langkah menghitung debit air adalah sebagai berikut:

1. Memilih bagian sungai yang akan direncanakan sebagai bendungan dan *intake* air.

2. Mengukur luas penampang bagian sungai tersebut dengan membagi dalam beberapa segmen, minimal 3 segmen. Kemudian mengitung luas dari masing-masing segmen tersebut, dan menghitung luas penampang secara keseluruhan.



**Gambar 3. Skema pengukuran luas area sungai [3]**

3. Menjatuhkan benda apung tersebut beberapa meter sebelum garis start yang telah ditentukan.
4. Mengukur waktu yang perlukan benda apung tersebut untuk melewati jarak yang telah ditentukan.
5. Menghitung kecepatannya dengan rumus:

$$V = \frac{\text{jarak}}{\text{waktu}}$$

6. Kecepatan benda apung tersebut merupakan kecepatan dari aliran permukaan, nilai perkiraan untuk kecepatan rata-rata aliran sungai tersebut dapat dihitung dengan mengalikan kecepatan aliran permukaan yang mendekati bagian tengah aliran dengan faktor koreksi. Adapun faktor koreksi sungai dapat dilihat pada Tabel 1 [5].

**Tabel 1. Penentuan Faktor Koreksi Berdasarkan Jenis Saluran**

Jenis Saluran	Faktor Koreksi ( <i>c</i> )
Saluran beton, persegi panjang, mulus	0,85
Sungai luas, tenang, aliran bebas ( $A < 10 \text{ m}^2$ )	0,75
Sungai dangkal, aliran bebas ( $A > 10 \text{ m}^2$ )	0,65
Dangkal (0,5 m), aliran turbulen	0,45
Sangat dangkal (<0,2 m)	0,25

Menghitung kecepatan dari rata-rata kecepatan aliran sungai ( $V_c$ ) tersebut dengan menggunakan rumus:

$$V_c = V \times c. \quad (2.5)$$

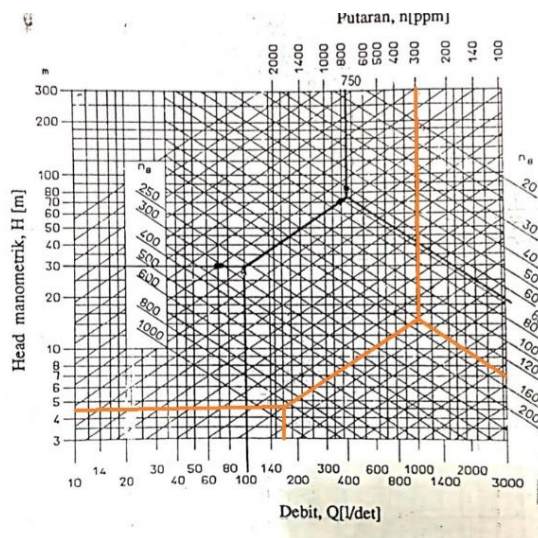
7. Menghitung debit air sungai ( $Q$ ) tersebut dengan rumus:

$$Q = A \times V_c. \quad (2.6)$$

## 2.4 Pemilihan Jenis Turbin

Ada banyak tipe turbin air yang dapat digunakan pada PLTMH sesuai dengan karakteristik potensi energy hidrolik yang tersedia. Penentuan jenis turbin yang tepat ditentukan dari kriteria debit dan ketinggian potensi air. Turbin yang direncanakan dipilih berdasarkan

kecepatan spesifik dengan menggunakan data besarnya head, debit dan rpm. Gambar 4 menunjukkan chart untuk menghitung rencana pemilihan turbin.



**Gambar 4. Grafik pemilihan jenis turbin sesuai dengan head, debit dan rpm [6]**

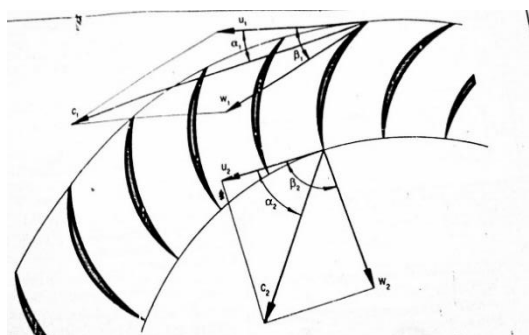
Dari grafik tersebut dapat ditentukan nilai kecepatan spesifik yang dapat menentukan jenis turbin yang digunakan. Adapun nilai kecepatan spesifik sebagai berikut:

**Tabel 2. Kecepatan Spesifik Turbin [2]**

1	Turbin Pelton	$12 < N_s < 25$
2	Turbin Francis	$60 < N_s < 300$
3	Turbin <i>Crossflow</i>	$40 < N_s < 200$
4	Turbin Propeller	$250 < N_s < 1000$

### 2.5 Perancangan Turbin *Crossflow*

Lintasan pancaran air melalui turbin dengan asumsi bahwa pusat pancaran air masuk roda turbin, pada titik seperti pada Gambar 5 dengan sudut absolut  $\alpha_1$ , maka kecepatan air keluar *nose* ( $U_1$ ) dihitung dengan rumus:



**Gambar 5. Diagram kecepatan [6]**

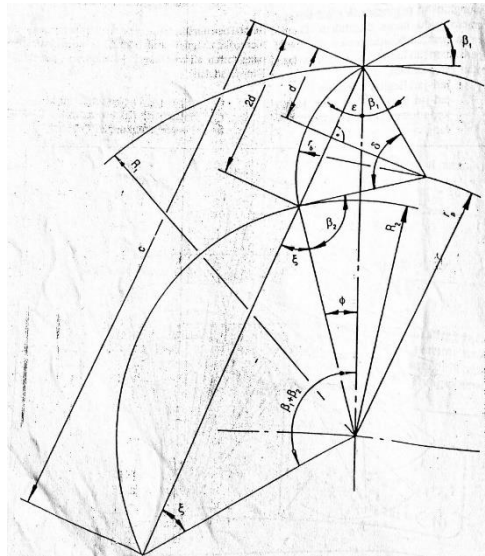
$$U_1 = \frac{v \cos(\alpha_1)}{2} \quad (2.7)$$

Dengan mengetahui kecepatan relatif pada sudu, maka dapat mencari diameter *runner* dengan persamaan sebagai berikut [6]:

$$D_1 = \frac{U_1 60}{n\pi}, \quad (2.8)$$

$$D_2 = \frac{2}{3}D_1. \quad (2.9)$$

Konstruksi geometri sudu (Gambar 6) secara grafis bisa dipakai untuk mengoreksi kebenaran angka hasil perhitungan. Berikut terdapat rumus-rumus yang diperlukan untuk menghitung parameter-parameter  $\delta$ ,  $r_b$  dan  $r_p$  berdasarkan parameter-parameter yang telah diketahui sebelumnya, yaitu  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $\beta_1$  dan  $\beta_2$  [6]:



**Gambar 6. Konstruksi geometri sudu [6]**

$$c = \sqrt{R_1^2 R_2^2 - 2R_1 R_2 \cos(\beta_1 \beta_2)}, \quad (2.10)$$

$$\epsilon = \sin^{-1} \left( \frac{R_2 \sin(120)}{c} \right), \quad (2.11)$$

$$\xi = 180 - (\beta_1 + \beta_2 + \epsilon), \quad (2.12)$$

$$\phi = \beta_1 + \beta_2 - (180 - 2\xi), \quad (2.13)$$

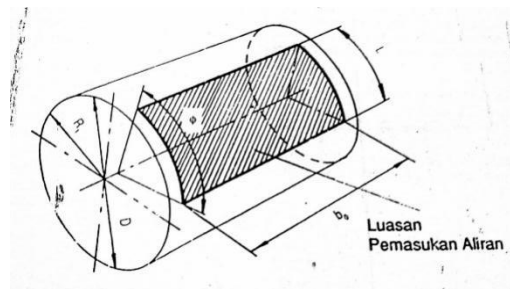
$$d = \frac{R_1 \sin(\phi)}{2 \sin(180 - \xi)}, \quad (2.14)$$

$$\delta = 180 - 2(\beta_1 + \epsilon), \quad (2.15)$$

$$r_b = \frac{d}{\cos(\beta_1 + \epsilon)}, \text{ dan} \quad (2.16)$$

$$r_p = \sqrt{r_b^2 r_b'^2 + r_1^2 - 2 r_b R_1 \cos(\beta_1)}. \quad (2.17)$$

*Flow admission area* adalah hasil perkalian antara *inlet width bo* dan panjang  $L$  dari sudut admission seperti terlihat pada Gambar 7.



**Gambar 7. Luasan pemasukan aliran turbin cross flow [6]**

Luas admisi aliran dirumuskan sebagai berikut:

$$A = b_0 \times L, \quad (2.18)$$

di mana panjang busur admisi  $L$  ditentukan oleh sudut busur admisi  $\varphi$  dan diameter roda turbin  $D_1$  yang dirumuskan sebagai berikut:

$$L = \frac{D_1 \pi \varphi^0}{360^0}, \quad (2.19)$$

Luas admisi aliran yang diperlukan bergantung pada laju aliran yang diinginkan melalui turbin dengan kondisi head spesifik, berdasarkan persamaan:

$$Q = A \times v, \quad (2.20)$$

di mana:

$Q$  = laju aliran melalui turbin ( $m^3/s$ )

$A$  = luas admisi aliran ( $m^2$ )

$v$  = kecepatan aliran tegak lurus luas admisi area ( $m/s$ )

### 3. METODOLOGI

Konseptual desain PLTMH ini dilakukan di Desa Sumberwaras Kecamatan Malingping Kabupaten Lebak Provinsi Banten. Berdasarkan konseptual desain dan perancangan bentuk turbin yang ada dilakukan perencanaan PLTMH dengan perhitungan yang meliputi:

1. Perhitungan Debit Desain
2. *Head* Efektif
3. Daya Terbangkitkan
4. Segi Tiga Kecepatan
5. Perencanaan Diameter *Runner*
6. Torsi, dan
7. Perencanaan Sudu



#### 4. HASIL PERENCANAAN DAN PERHITUNGAN

Adapun hasil perencanaan dan perhitungan PLTMH Curug Kebo disajikan sebagai berikut:

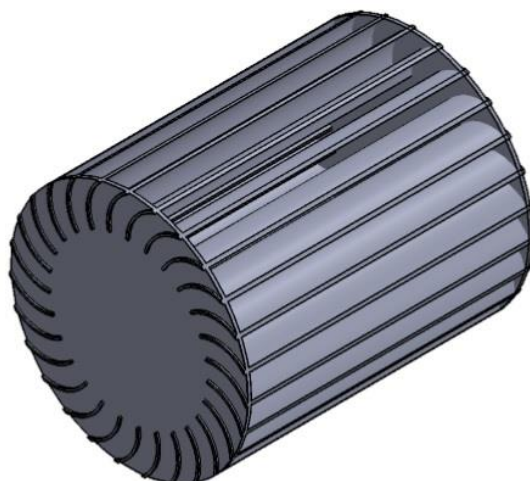
**Tabel 3. Data Perencanaan**

Besaran	Simbol	Satuan	Nilai
Debit	$Q$	$m^3/s$	0,205
Head efektif	$H$	m	5,469
Sudut masuk	$\alpha_1$	( $^\circ$ )	16
Sudut sudu	$\beta_1$	( $^\circ$ )	30
Sudut sudu	$\beta_2$	( $^\circ$ )	90
Koefisien empiris	$\phi$	-	0,75
Efisiensi turbin	$\eta$	-	0,78
Massa jenis air	$\rho_a$	$Kg/m^3$	1000
Gravitasi bumi	$G$	$m/s^2$	9,81

**Tabel 4. Hasil Perhitungan PLTMH dan Blade Turbin**

Besaran	Simbol	Satuan	Nilai
Pipa pesat	-	Inchi	6
Pipa saluran pembawa	-	Inchi	10
Volume Bak Penampung	$V$	$m^3$	2,6
Daya turbin	$P_t$	kW	0,4704
Putaran turbin	$N$	rpm	300
Kecepatan spesifik	$N_s$	rpm	140
Diameter <i>runner</i> luar	$D_1$	m	0,344
Diameter <i>runner</i> dalam	$D_2$	m	0,229
Gaya dorong air	$F$	N	1107,41
Torsi	$T$	Nm	190,474
Daya terbangkitkan	$P_{real}$	kW	4,56
Luasan pemasukan	$b_0$	m	0,31
Kecepatan absolut air masuk turbin	$V_1$	m/s	11,244
Kecepatan tangensial ujung sudu	$U_1$	m/s	5,042
Sudut kelengkungan sudu	$\delta$	( $^\circ$ )	73,174
Jari-jari kelengkungan sudu	$r_b$	m	0,055
Jari-jari lingkaran tusuk	$r_p$	m	0,128
Jumlah sudu	$Z$	-	27

Dari hasil perencanaan dan perhitungan PLTMH Curug Kebo, didapatkan daya yang terbangkitkan sebesar 4,56 kW dengan menggunakan jenis turbin *Crossflow*. Adapun hasil desain turbin dapat dilihat pada Gambar 8 berikut:



**Gambar 8. Runner dan Blade Turbin Crossflow**

## 5. KESIMPULAN

Dari hasil perencanaan dan perhitungan PLTMH Curug Kebo, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Curug Kebo mempunyai *Head net* sebesar 5,469 m dan *debit design* sebesar 0,205 m<sup>3</sup>/s. Dari *head* dan *debit* tersebut didapatkan nilai daya yang terbangkitkan sebesar 4,56 kW.
2. Turbin yang cocok untuk Curug Kebo ini adalah turbin *crossflow* dengan kecepatan spesifik sebesar 130. Runner yang didesain untuk berputar sebesar 300 rpm ini memiliki diameter luar sebesar 0,344 m dan diameter dalam sebesar 0,229 m. Dengan diameter tersebut, didapat jumlah sudu sebesar 27 dengan sudut kelengkungan sudu sebesar 73,174°.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] <http://desdm.bantenprov.go.id/read/berita/201/Banten-Dalam-Mengembangkan-EBT.html>
- [2] Rahadian, Faisal. Gunawan, Ifnu Setiadi. Yuswan, Meiwardi. Taufik, Akhmad. Abrachman, Ade. 2006. "Manual Pengelolaan Pengembangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) untuk Program Listrin Pedesaan". Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia.
- [3] <http://bmkgo.id>
- [4] Penche, C. 1998. Layman's Guidebook, on how to develop a small hydro site. European small Hydropower Association.
- [5] Dasar Teori Pembangkit Listrik Tenaga Air Skala Piko. Universitas Sumatera Utara
- [6] Sunarto, M. Edi dkk. 1991. "Pedoman Rekayasa Tenaga Air". Vol. 2. Swiss.