



TUGAS AKHIR TERAPAN - VC 181819

**KONSEP PEMANFAATAN PASANG SURUT
AIR LAUT SEBAGAI PEMBANGKIT
LISTRIK DI TELUK BINTUNI PAPUA
BARAT.**

Rifky Basysyar Ramadhan
NRP 10111815000031

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Suharjoko, MT.
NIP. 19560119 198403 1 001

PROGRAM DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2020



TUGAS AKHIR TERAPAN - VC 181819

**KONSEP PEMANFAATAN PASANG SURUT
AIR LAUT SEBAGAI PEMBANGKIT
LISTRIK DI TELUK BINTUNI PAPUA
BARAT.**

Rifky Basysyar Ramadhan
NRP 10111815000031

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. Suharjoko, MT.
NIP. 19560119 198403 1 001

PROGRAM DIPLOMA IV TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2020



THE FINAL PROJECT - VC 181819

***CONCEPT FOR THE UTILIZATION OF
THE SEA TIDES AS A POWER PLANT IN
THE BINTUNI BAY OF WEST PAPUA .***

Rifky Basysyar Ramadhan
NRP 10111815000031

SUPERVISOR

Dr. Ir. Suharjoko, MT.
NIP. 19560119 198403 1 001

**DIPLOMA IV PROGRAM OF CIVIL ENGINEERING
INFRASTRUCTURE CIVIL ENGINEERING
DEPARTMENT
VOCATIONS FACULTY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2020**

**LEMBAR PENGESAHAN
KONSEP PEMANFAATAN PASANG SURUT AIR
LAUT SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK DI TELUK
BINTUNI, PAPUA BARAT.**

TUGAS AKHIR TERAPAN

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Mmperoleh
Gelar Sarjana Terapan pada
Program Studi Diploma Empat Lanjut Jenjang Teknik Sipil
Departemen Teknik Infrastruktur Sipil
Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Oleh :

Mahasiswa:



RIFKY BASYSYAR RAMADHAN

NRP. 10111815000031

04 FEB 2020

Dosen Pembimbing



Dr. Ir. SUHARJOKO, MT.
DEPARTEMEN
TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
NIP: 195601191984031001



BERITA ACARA
TUGAS AKHIR TERAPAN
PROGRAM SARJANA TERAPAN LANJUT JENJANG TEKNIK SIPIL
DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
FAKULTAS VOKASI ITS

No. Agenda :
-/B90/IT2.VI.8.1/PP.05.02/2020

Tanggal :
9 Januari 2020

Judul Tugas Akhir Terapan	Perencanaan Pemanfaatan Pasang Surut Air Laut sebagai Pembangkit Listrik di Teluk Bintuni Papua Barat		
Nama Mahasiswa	Rifky Basysyar Ramadhan	NRP	10111815000031
Dosen Pembimbing 1	Dr. Ir. Suharjoko, M.T. NIP 19560119 198403 1 001	Tanda tangan	
Dosen Pembimbing 2	-	Tanda tangan	-

URAIAN REVISI	Dosen Penguji
"Judul spy di ganti jangan Peren Cnaran tapi pemanfaatan kemp	 Dr. Ir. Hendra Wahyudi, M.S. NIP 19630426 198803 1 003
Gambar Dunder dan potg Untuk pampet turbin	 Ir. Edy Sumirman, M.T. NIP 19581212 198701 1 001
	NIP -
	NIP -

PERSETUJUAN HASIL REVISI			
Dosen Penguji 1	Dosen Penguji 2	Dosen Penguji 3	Dosen Penguji 4
		-	-
Dr. Ir. Hendra Wahyudi, M.S. NIP 19630426 198803 1 003	Ir. Edy Sumirman, M.T. NIP 19581212 198701 1 001	NIP -	NIP -

Persetujuan Dosen Pembimbing Untuk Penjilidan Buku Laporan Tugas Akhir Terapan	Dosen Pembimbing 1	Dosen Pembimbing 2
	 Dr. Ir. Suharjoko, M.T. NIP 19560119 198403 1 001	- NIP -



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

FAKULTAS VOKASI
 DEPARTEMEN TEKNIK INFRASTRUKTUR SIPIL
 Kampus ITS, Jl. Menur 127 Surabaya 60116
 Telp. 031-5947637 Fax. 031-5938025
<http://www.diplomasipil-its.ac.id>

ASISTENSI TUGAS AKHIR TERAPAN

Nama : 1 RIFKY B.P. 2
NRP : 1 10111815000031. 2
Judul Tugas Akhir : Perencanaan Pemancangan Pasang Searut sebagai Pembangkit Listrik di Teluk Bintuni
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Subarjoto MT.

No	Tanggal	Tugas / Materi yang dibahas	Tanda tangan	Keterangan		
1	1-10-2019	Membuat Peta Bathimetri				
				B	C	K
2	19-10-2019	Menghitung Kapasitas Kolam dan Grafik Hubungan Elv dan Volume & Kolam.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
3.	9-11-2019	Menghitung Analisa Pasang Searut.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
4.	11-11-2019	Menganalisa Saluran Keluar		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
5	6-12-2019	Disam Saluran Keluar Peragam dan Grafik Hubungan α & Elv muka air hulu & hilir		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
6	9-12-2019	Membuat Pola Grafik Sinusoidal		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K
7	19-12-2019	Membuat Tabel hub. Elv & Kolam α , V dan H.		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
				B	C	K

Ket. :
 B = Lebih cepat dari jadwal
 C = Sesuai dengan jadwal
 K = Terlambat dari jadwal

ABSTRAK

KONSEP PEMANFAATAN PASANG SURUT AIR LAUT SEBAGAI PEMBANGKIT LISTRIK DI TELUK BINTUNI PAPUA BARAT

Nama Mahasiswa : Rifky Basysyar Ramadhan
Nrp : 10111815000031
**Program Studi : Diploma Empat Departemen
Teknik Infrastruktur Sipil**
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Suharjoko, MT.

Sulitnya akses pelayanan dan pemasangan jaringan listrik di daerah sekitar pesisir pantai menjadi faktor penyebab tidak meratanya sebaran jaringan listrik, serta PT PLN belum mampu menyediakan energi listrik seiring pesatnya kebutuhan listrik di masyarakat dan industri, terutama di daerah-daerah seperti di Papua Barat. Belum lagi pembangkit listrik yang banyak digunakan di Indonesia sangat mengandalkan pemanfaatan Bahan Bakar Minyak (BBM) atau minyak bumi sebagai salah satu sumber energi untuk menghasilkan listrik.

Indonesia adalah sebuah negara kepulauan yang memiliki area perairan yang luas. Laut menyimpan energi yang dapat dimanfaatkan sebagai energi terbarukan. Besarnya potensi energi yang dapat dihasilkan dari laut sehingga dimungkinkan untuk peningkatan pemanfaatan sumber energi yang murah, ramah lingkungan dan terbarukan. Oleh karena itu dibutuhkan suatu sistem pembangkit yang efisien, dan ramah lingkungan dapat memenuhi seluruh kebutuhan energi. Energi laut yang dapat dimanfaatkan dibagi menjadi tiga, yaitu energi ombak, energi pasang surut, dan energi panas laut. Pada daerah Teluk Bintuni Papua Barat memiliki potensi energi pasang surut sebagai sumber pembangkit listrik. Dimana di Teluk Bintuni

memiliki beda ketinggian pada saat keadaan pasang dan surut dengan rata – rata 3.5 - 5 m.

Dalam perencanaan pembangkit listrik tenaga pasang surut di Teluk Bintuni analisa awal yang dilakukan adalah analisis Pasang Surut. Pada perencanaan ini menggunakan metode dam pasang surut yang menggunakan dua kolam. Selanjutnya menghitung kapasitas kedua kolam. Analisa selanjutnya memilih tinggi pasang dan tinggi surut untuk perencanaan. Dalam perencanaan ini menggunakan elevasi MHWL dan MLWL dimana tinggi MHWL 4,6m dan tinggi MLWL 1,2m. Selanjutnya menghitung pola pengisian kolam. Kemudian analisis daya listrik, energi yang dapat dihasilkan sebesar 10,5 MWh.

Kata Kunci : Teluk Bintuni, PLTA, Pasang Surut dan Energi pasang surut

ABSTRACT

CONCEPT FOR THE UTILIZATION OF THE SEA TIDES OF THE POWER PLANT IN THE BINTUNI BAY OF WEST PAPUA

Student Names : Rifky Basysyar Ramadhan
Nrp : 1011181500031
Study Program : Diploma Empat Departemen
Teknik Infrastruktur Sipil
Supervisor : Dr. Ir. Suharjoko, MT.

Difficult acces to services and installation of electicity networks in areas around the coast become a factor causing uneven distribution of electricity networks, and PT PLN has not been able to provide electricity along with the rapid demand for electicity in the community and industry, especially in areas such as West Papua. Not to mention the power plants that are widely used in Indonesia rely heavily on the use of fuel (BBM) or petroleum as one source of energy to produce electricity.

Indonesian is an island nation that has large area of water. The ocean strores energy that can be used as renewable energy. The great potential of energy that can be produced from the sea that it is possible to increase the utilization of cheap, environmentally friendly and renewable energy sources. Therefore we need an efficient, environmentally friendly generating system that can meet all energy needs. Ocean energy that can be utilized is divided into three, namely wave energy, tidal energy, and ocan thermal energy, In the Bintuni Bay area has tidal potential as a source of electricity generation where in the Bintuni Bay have different heights at high tide and low tide with an average 3,5-5m.

In the planning of tidal power plant in Bintuni Bay, the initial analysis carried out is the Tidal analysis. In this plan use the tidal dam method which uses two ponds. Next calculate the capacity of both ponds. The next analysis chooses high tides and low tides for planning. In this plan use the elevation of MHWL and MLWL, where the MHWL height is 4,6m and the height of MLWL is 1,2m. Next calculate the pond filling pattern. Then the analysis of electric power, the energy that can be produced is 10,5MWh

Key words : Bintuni Bay, PLTA, Tides, and Tidal power.

KATA PENGANTAR

Segala Puji Syukur saya panjatkan kehadiran Allah SWT atas Berkat dan Rahmat-Nya serta hidayahNya sehingga dapat menyelesaikan Tugas Akhir Terapan dengan judul “**Konsep Pasang Surut Air Laut Sebagai Pembangkit Listrik di Teluk Bintuni Papua Barat**”. Tugas Akhir Terapan ini merupakan salah satu syarat kelulusan bagi mahasiswa dalam menempuh pendidikan program studi D-IV Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi ITS.

Tugas Akhir Terapan ini memiliki tujuan membuat rencana pemanfaatan potensi PLTA yang akan direalisasikan, sehingga memenuhi kebutuhan listrik di Teluk Bintuni, Papua Barat.

Saya ucapkan terima kasih atas bimbingan, arahan, serta bantuan dari:

1. Bapak Dr. Machsus, ST., MT., selaku Kepala Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi ITS.
2. Bapak Dr. Ir. Suharjoko, MT., selaku dosen pembimbing Tugas Akhir Terapan.
3. Ibu Siti Kamillia Aziz ST., MT., selaku dosen wali.
4. Kedua orang tua saya, yang selalu memberi motivasi dan doa.
5. Teman Lanjut Jenjang D4 2018. khususnya kelas Bangunan air dan rekan-rekan dari Departemen Teknik Infrastruktur Fakultas Vokasi ITS. serta semua pihak yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu

Penyusunan Tugas Akhir Terapan ini memungkinkan masih memiliki banyak kekurangan, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat Penulis harapkan.

Surabaya, Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Manfaat	2
1.5. Batasan Masalah.....	3
1.6. Lokasi	3
BAB II PAPARAN DATA DAN DASAR TEORI.....	5
2.1. Teluk Bintuni	5
2.2. Data Penunjang	5
2.2.1. Data Batimetri	5
2.2.2. Data Pasang Surut.....	6
2.3. Dasar Teori	7
2.3.1. Pasang Surut.....	7
2.3.1.3. Metode Pemanfaatan Energi Pasang Surut ..	10
2.3.2. Kapasitas Volume Kolam	18
2.3.3. Kapasitas Saluran	18

2.3.4. Grafik/Gelombang Sinusoidal.....	21
2.3.5. Perhitungan Daya dan Energi Listrik.....	21
2.3.6. PLTA	22
BAB III METODOLOGI	29
3.1 Langkah Pertama Studi Literatur	29
3.2 Langkah Kedua Pengumpulan Data	29
3.3 Langkah Ketiga Analisis Pasang Surut.....	29
3.3.1 Analisis Tinggi Pasang Surut	29
3.3.2 Analisis Gelombang Sinusoidal.....	30
3.4 Langkah Keempat Analisis Kapasitas Kolam Tampungan.....	30
3.5 Langkah Kelima Analisis Energi	30
3.6 Langkah Keenam Rancang Pembangkit Listrik Pasang Surut.....	30
3.6 Kesimpulan dan Saran.....	30
3.7 Bagan Alur	31
BAB IV ANALISIS DATA	33
4.1 Analisis Pasang Surut	33
4.1.1 Analisis Tinggi Pasang Surut	33
4.1.2 Analisis Pasang Surut Sinusoidal.....	35
4.2 Analisa Kapasitas Kolam Tampungan.....	39
4.2.1 Perhitungan Kapasitas Kolam Tampungan	39
4.2.2 Perhitungan Saluran Output.....	42
4.3 Analisa Besaran Daya	48
4.3.1 Perhitungan Besaran Daya.....	48

4.4 Rancang Pembangkit Listrik Pasang Surut	69
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	71
5.1 Kesimpulan	71
5.2 Saran.....	71
DAFTAR PUSTAKA	73

DAFTAR TABEL

Tabel 4. 1 Data Pasang Surut Januari 2018.....	33
Tabel 4. 2 Tabel Konstanta	33
Tabel 4. 3 Syarat Type Pasang Surut	34
Tabel 4. 4 Perhitungan Kolam Tampungan 1.....	40
Tabel 4. 5 Perhitungan Kolam Tampungan 2.....	41
Tabel 4. 6 Data cross saluran	43
Tabel 4. 7 Perhitugan Saluran sebelum redisain	45
Tabel 4. 8 Perhitungan Saluran sesudah redisain	45
Tabel 4. 9 Perhitungan Energi Percobaan 1	51
Tabel 4. 10 Perhitungan Energi Percobaan 1	56

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Peta Lokasi	3
Gambar 2. 1 Peta Bathimetri	6
Gambar 2. 2 Grafik Pasang Surut Januari 2018	6
Gambar 2. 3 Kurva Pasang Surut	7
Gambar 2. 4 Sebaran Pasang Surut di Perairan Indonesia	9
Gambar 2. 5 Sistem Kolam Tunggal	11
Gambar 2. 6 Sistem daur air surut kolam tunggal	12
Gambar 2. 7 Sistem daur air pasang kolam tunggal	13
Gambar 2. 8 Sistem daur ganda	15
Gambar 2. 9 Sistem kolam ganda	16
Gambar 2. 10 Operasi system kolam ganda	17
Gambar 2. 11 Penampang Trapesium	19
Gambar 2. 12 Penampang Segi Empat	20
Gambar 2. 13 Klasifikasi jenis turbin	27
Gambar 3. 1 Flowchart	31
Gambar 4. 1 Grafik Pasang Surut Januari 2018	35
Gambar 4. 2 Grafik Sinusoidal Pasang Surut	38
Gambar 4. 3 Grafik Routing Kolam 1	40
Gambar 4. 4 Grafik Routing Kolam 2	41
Gambar 4. 5 Lokasi Saluran Output	42
Gambar 4. 6 pembagian Pias Saluran	42
Gambar 4. 7 Grafik saluran output sebelum redisain	47
Gambar 4. 8 Grafik Percobaan 1	67
Gambar 4. 9 Grafik Percobaan 2	67
Gambar 4. 10 Grafik Percobaan 3	68

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sulitnya akses pelayanan dan pemasangan jaringan listrik di daerah sekitar pesisir pantai menjadi faktor penyebab tidak meratanya sebaran jaringan listrik, sehingga perlu mendapat perhatian lebih dalam menghadapi permasalahan tersebut. PT. PLN (Persero) menjadi lembaga pemerintah dalam penyediaan kelistrikan nasional belum mampu menyediakan energi listrik seiring pesatnya kebutuhan listrik di masyarakat dan industri, terutama di daerah-daerah seperti di Papua Barat. Belum lagi pembangkit listrik yang banyak digunakan di Indonesia sangat mengandalkan pemanfaatan Bahan Bakar Minyak (BBM) atau minyak bumi sebagai salah satu sumber energi untuk menghasilkan listrik.

Indonesia adalah sebuah negara kepulauan yang memiliki area perairan yang luas. Laut menyimpan energi yang dapat dimanfaatkan sebagai energi terbarukan. Besarnya potensi energi yang dapat dihasilkan dari laut sehingga dimungkinkan untuk peningkatan pemanfaatan sumber energi yang murah, ramah lingkungan dan terbarukan. Oleh karena itu dibutuhkan suatu sistem pembangkit yang efisien, mudah pendistribusiannya dan ramah lingkungan dapat memenuhi seluruh kebutuhan energi. Energi laut yang dapat dimanfaatkan dibagi menjadi tiga, yaitu energi ombak, energi pasang surut, dan energi panas laut. Tiga energi laut tersebut dapat digunakan sebagai pembangkit listrik. Pada daerah Teluk Bintuni Papua Barat memiliki potensi energi pasang surut sebagai sumber pembangkit listrik. Dimana di Teluk Bintuni memiliki beda ketinggian pada saat keadaan pasang dan surut dengan rata – rata 3.5 - 5 m.

Untuk itu pada tugas akhir ini akan dilakukan perencanaan pembangkit listrik tenaga pasang surut di Teluk Bintuni Papua Barat untuk pemenuhan kelistrikan di daerah tersebut dengan

menggunakan parameter potensi pasang surut, kedalaman laut di Teluk Bintuni, perencanaan bendung, penentuan kapasitas dan jumlah generator dan turbin yang akan digunakan, serta analisa daya terbangkit pada tahun tersebut yang diperoleh dari perhitungan parameter – parameter yang diperoleh dari data yang ada.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dari latar belakang tersebut, maka permasalahan yang terjadi adalah kurangnya pasokan air dan listrik. Sehingga rumusan masalah :

1. Bagaimana analisa pasang surut air laut di Teluk Bintuni?
2. Berapa kapasitas kolam dan desain sekatnya?
3. Berapa daya yang dapat dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga pasang surut di Teluk Bintuni?
4. Bagaimana bentuk pembangkit listrik tenaga pasang surutnya?

1.3. Tujuan

Tujuan dari penulisan laporan Tugas Akhir Terapan ini adalah :

1. Analisa pasang surut air laut di Teluk Bintuni .
2. Analisa kapasitas kolam dan desain sekatnya.
3. Analisa besaran daya yang dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga pasang surut di Teluk Bintuni.
4. Rancang bentuk pembangkit listrik tenaga pasang surutnya.

1.4. Manfaat

Manfaat dari penulisan laporan Tugas Akhir Terapan ini adalah :

1. Dapat mengetahui cara memanfaatkan pasang surut air laut sebagai sumber energi.
2. Bagi Penulis untuk tambahan ilmu dengan wawasan bahwa pasang surut dapat digunakan sebagai sumber energi listrik.

1.5. Batasan Masalah

Mengingat luasnya bidang kajian dalam penyusunan laporan Tugas Akhir Terapan ini, serta keterbatasan waktu dan ilmu yang penulis kuasai, maka pembahasan diberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Tidak membahas aspek ekonomi dan sosial.
2. Tidak membahas dampak lingkungan akibat pembangunan (AMDAL)
3. Tidak membahas Jaringan PLTM.

1.6. Lokasi

Secara astronomis lokasi Kabupaten Teluk Bintuni Provinsi Papua Barat Bendo terletak pada posisi antara $1^{\circ} 57' 50''$ - $3^{\circ} 11' 26''$ LS dan $132^{\circ} 44' 59''$ - $134^{\circ} 14' 49''$ BT., seperti pada Gambar 1.1.



Gambar 1. 1 Peta Lokasi

BAB II

PAPARAN DATA DAN DASAR TEORI

2.1. Teluk Bintuni

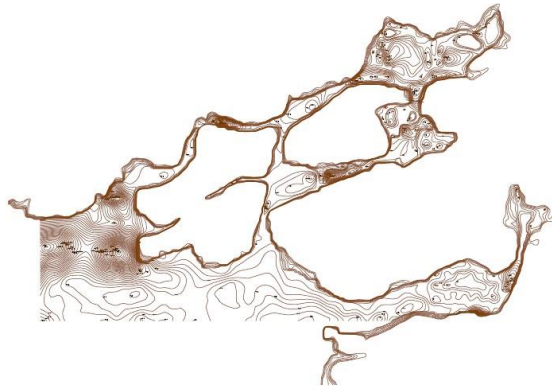
Kabupaten Teluk Bintuni merupakan salah satu kabupaten di Papua Barat. Perkembangannya penduduk dan industri yang semakin pesat menyebabkan kebutuhan akan listrik untuk konsumsi pada sektor publik dan industri juga meningkat, serta PLN belum mampu untuk memenuhi pasokan listrik yang dibutuhkan.

Pada daerah Teluk Bintuni sendiri memiliki potensi energi pasang surut sebagai sumber pembangkit listrik. Dimana di Teluk Bintuni memiliki beda ketinggian pada saat keadaan pasang dan surut dengan rata – rata 3.5 - 5 m. Seperti dilansir papuakita.com “ *Suplai Listrik Belum Stabil Pemadaman Bergilir Terjadi hingga 24 Jam di Teluk Bintuni*” Mungkin dengan adanya Pembangkit Listrik Tenaga Pasang Surut salah satu alternatif untuk mengatasi kekurangan listrik yang terjadi di Teluk Bintuni Papua Barat.

2.2. Data Penunjang

2.2.1. Data Batimetri

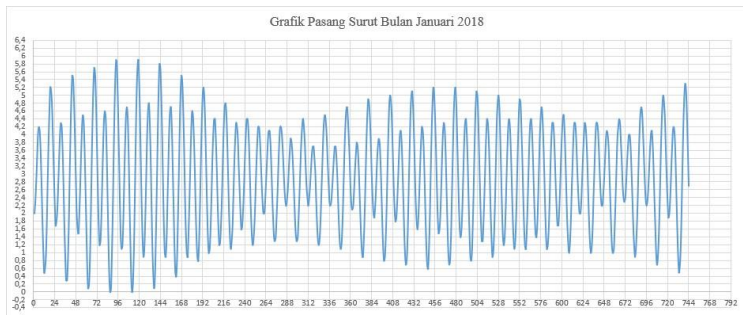
Sebelum proses pemodelan dimulai, perlu terlebih dahulu dilakukan persiapan data batimetri daerah kajian (Gambar 2 dan 3), meliputi scanning peta lingkungan pantai Indonesia (LPI) yang dikeluarkan oleh Bakosurtanal dan digitasi untuk menyiapkan daerah komputasi.



Gambar 2. 1 Peta Bathimetri

2.2.2. Data Pasang Surut

Data dan informasi tentang pasang surut dalam penelitian ini sangat dibutuhkan untuk memvalidasi nilai kedalaman yang sebenarnya. menunjukkan fluktuasi muka air (kurva pasang surut).



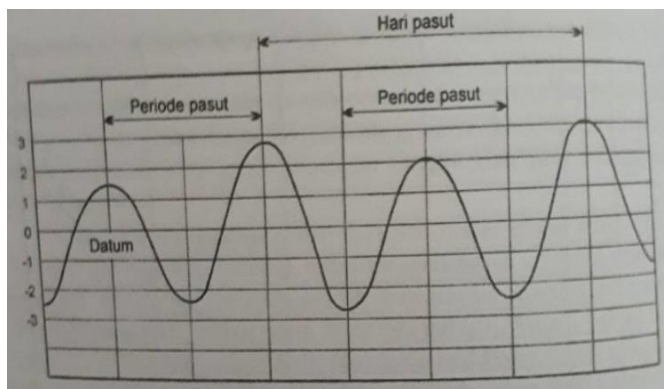
Gambar 2. 2 Grafik Pasang Surut Januari 2018

2.3. Dasar Teori

2.3.1. Pasang Surut

Pasang surut (*tidal*) adalah sumber energi lain dari energi laut. Energi ini dapat diperoleh dari air pantai dengan membangun dam dan menjebak air pada saat pasang naik dan membebaskannya pada saat air surut. Tenaga dapat diperoleh dengan memasang turbin dari aliran air masuk-keluar dam. Jumlah energi yang tersedia besar sekali, tetapi hanya di beberapa bagian bumi saja.

Energi pasang surut, walaupun dapat diperoleh tanpa biaya, tidak menyenangkan karena datangnya bervariasi dari hari ke hari ke hari ke hari, dengan rentang yang bervariasi. Untuk mendapatkan keluaran yang besar diperlukan biaya yang besar



Gambar 2. 3 Kurva Pasang Surut

Pasang surut bersifat ritmis (berirama) tetapi tidak konstan, tidak terjadi dengan jadwal harian yang teratur. Terjadi karena adanya keseimbangan gaya-gaya, terutama gaya gravitasi bulan, dan juga gaya dari matahari. Keduanya bekerja bersama pada bumi, mengimbangi gaya sentrifugal air karena rotasi bumi. Akibatnya terjadi ritme pasang dan surut air. Pasang surut dikarakteristikan oleh jadwal dan rentang (*schedule and range*).

Jadwal pasang surut bervariasi dari hari ke hari karena orbit bulan tidak terjadi beraturan 24 jam, tetapi bulan mengelilingi bumi selama 24 jam 50 menit. Selama waktu ini terjadi pasang surut dua kali menghasilkan siklus tidal yang berkahir 12 jam 25 menit.

2.3.1.1. Beberapa Jenis Pasang Surut

Bentuk pasang surut di berbagai daerah tidak sama. Di suatu daerah dalam satu hari dapat terjadi satu kali atau dua kali pasang surut. Secara umum pasang surut di berbagai daerah dapat dibedakan dalam empat tipe, yaitu pasang surut harian (*diurnal tide*), harian ganda (*semidiurnal tide*), dan dua jenis campuran.

1. Pasang Surut harian ganda (*semi diurnal tide*)

Dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut dengan tinggi yang hampir sama dan pasang surut terjadi secara berurutan secara teratur. Periode pasang surut rata-rata 12 jam 24 menit. Pasang surut jenis ini terdapat di selat Malaka sampai laut Andaman

2. Pasang Surut harian tunggal (*diurnal tide*)

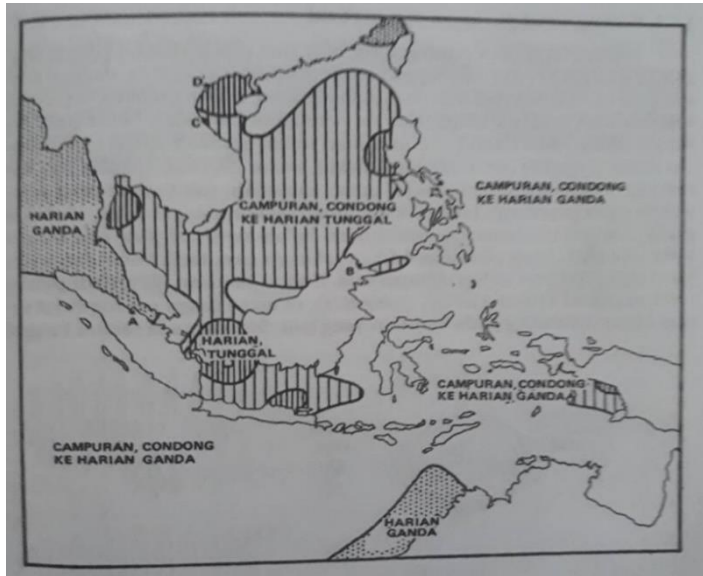
Dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut. Periode pasang surut 24 jam 50 menit. Pasang surut tipe ini terjadi di perairan selat Karimata.

3. Pasang surut campuran condong ke harian ganda (*mixed tide prevalling semidiurnal*)

Dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut, tetapi tinggi dan periodenya berbeda. Pasang surut jenis ini banyak terdapat di perairan Indonesia Timur

4. Pasang surut campuran condo ke harian tunggal (*mixed tide prevalling diurnal*)

Pada tipe ini dalam satu hari terjadi satu kali air pasang dan satu kali air surut, tetapi kadang-kadang untuk sementara waktu terjadi dua kali pasang dan dua kali surut dengan tinggi dan periode yang sangat berbeda. Pasang surut jenis ini terdapat di elat Kalimantan dan perairan utara Jawa Barat.



Gambar 2. 4 Sebaran Pasang Surut di Perairan Indonesia

2.3.1.2 Beberapa definisi elevasi muka air

Mengingat elevasi muka air laut selalu berubah setiap saat, maka diperlukan evaluasi yang ditetapkan berdasar data pasang surut, yang dapat digunakan sebagai pedoman di dalam perencanaan suatu pelabuhan. Beberapa elevasi tersebut adalah sebagai berikut :

1. Muka air tinggi (*high water level*), muka air tertinggi yang dicapai pada saat air pasang dalam satu siklus pasang surut.
2. Muka air rendah (*low wter level*), kedudukan air terendah yang dicapai pasa saat air surut dalam satu siklus pasang surut.

3. Muka air tinggi rerata (*mean high water level, MHWL*), adalah rerata muka air tinggi selama periode 19 tahun.
4. Muka air rendah rerata (*mean low water level, MLWL*), adalah rerata muka air rendah selama periode 19 tahun.
5. Muka laut rerata (*mean sea level, MSL*), adalah muka air rerata antara muka air tinggi rerata dan muka air rendah rerata. Elevasi ini digunakan sebagai referensi untuk elevasi di daratan.
6. Muka air tinggi tertinggi (*highest high water level, HHWL*), adalah air tertinggi pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.
7. Muka air rendah terendah (*lowest low water level, LLWL*), adalah air terendah pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.

2.3.1.3. Metode Pemanfaatan Energi Pasang Surut

Pada dasarnya, terdapat beberapa metode untuk memanfaatkan energi pasang surut, yaitu :

1. Metode dam pasang surut (*tidal barrages*),

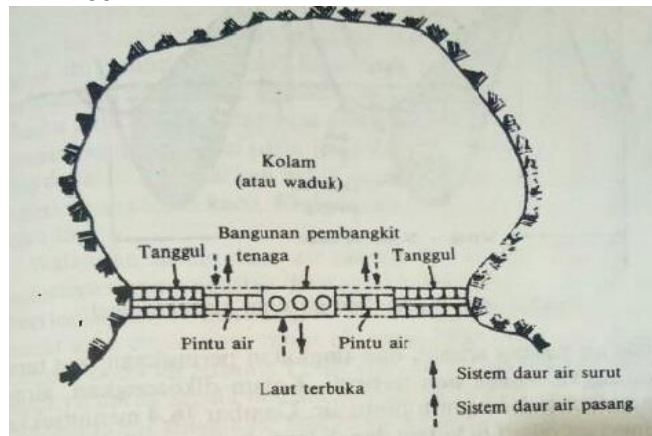
Metode ini serupa dengan pembangkitan listrik secara *hidro-elektrik* yang terdapat di dam atau waduk penampungan air sungai. Hanya saja dam yang dimanfaatkan untuk pasang surut jauh lebih besar dibandingkan dam sungai pada umumnya. Dam ini biasanya dibangun di muara sungai dimana terjadi pertemuan antara air sungai dengan air laut. Ketika ombak masuk atau keluar, (terjadi pasang atau surut), air mengalir melalui terowongan yang terdapat di dam. Aliran masuk atau keluarnya ombak dapat dimanfaatkan untuk memutar turbin.

Pembangkit listrik tenaga pasang surut terbesar di dunia terdapat di muara sungai Rance di sebelah utara Prancis. Pembangkit listrik ini dibangun pada tahun 1996 dan berkapasitas 240 MW. PLTPs La Rance didesain dengan teknologi canggih dan beroperasi secara otomatis, sehingga hanya membutuhkan dua orang saja untuk mengoperasikan pada akhir pekan dan malam hari. PLTPs terbesar kedua di dunia terletak di Annapolis, Nova Scotia Kanada dengan kapasitas hanya 16 MW.

Kekurangan terbesar dari pembangkit listrik tenaga pasang surut adalah pembangkit ini hanya dapat menghasilkan listrik selama ombak mengalir masuk (pasang) ataupun mengalir keluar (surut), yang terjadi hanya selama kurang lebih 10 jam perharinya. Namun, karena waktu operasinya dapat diperkirakan, maka ketika PLTPs tidak aktif, dapat menggunakan pembangkit listrik lainnya untuk waktu sementara waktu hingga terjadi pasang surut lagi. (Sutarno, 2013)

a. Sistem Kolam Tunggal

Dalam susunan kolam tunggal, hanya terdapat kolam yang saling berhubungan dengan laut. Keduanya dipisahkan oleh tanggul, sedangkan aliran antara keduanya disalurkan melalui pintu air yang terletak sepanjang tanggul seperti tampak Gambar 2.3. Di Rance (bagan kolam tunggal), pintu air diletakkan pada kedua ujung tanggul. Cara ini memudahkan pembuatan tanggul.



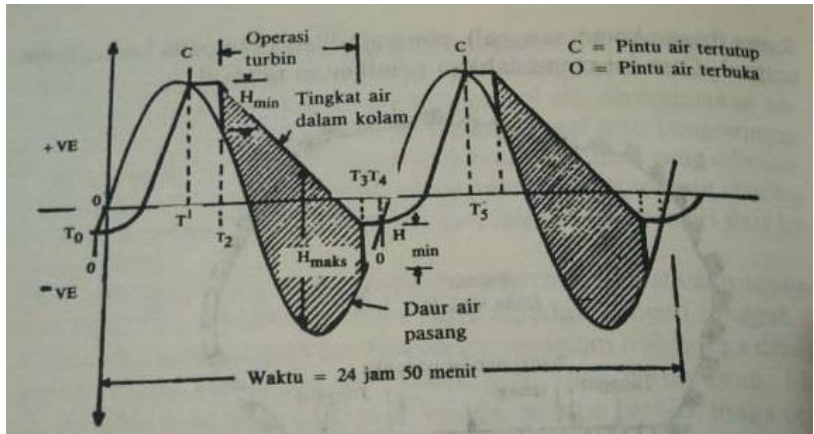
Gambar 2. 5 Sistem Kolam Tunggal

Pembangkit tenaga dapat ditimbulkan melalui susunan kolam tunggal dengan (a) sistem daur air surut tunggal, atau (b) sistem daur air pasang tunggal atau (c) sistem daur ganda.

a. Sistem Daur Air Surut Tunggal

Dalam sistem ini, pembangkit tenaga diperoleh karena air laut surut, dan air mengalir dari kolam melalui turbin-turbin

ke laut yang sedang rendah permukaannya. Operasi ini dimulai dari pengisian kolam ketika air laut pasang melalui pintu-pintu air, lalu menunggu perkembangan tingkat permukaan air minimum antara kolam dan laut yang sedang surut, lalu mulai membangkitkan tenaga sampai ketinggian air yang memadai tercapai. Gambar 2.4 menyajikan gambaran variasi tingkat ketinggian air kolam dan laut secara grafik, dan menunjukkan periode pengisian, penggunaan dan pembangkit tenaga secara bergantian. Jadi, turbin-turbin beroperasi dari waktu T_2 sampai T_3 . Pada waktu T_0 dan T_4 pintu-pintu air dibuka untuk memasukkan air pasang kedalam kolam, sedangkan pada T_1 dan T_5 ditutup.

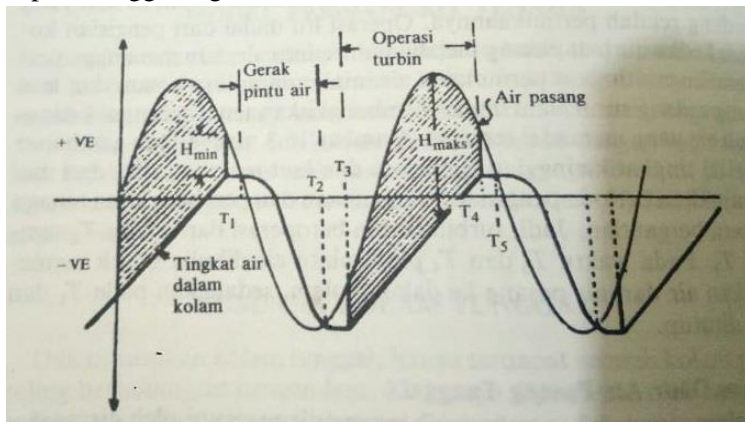


Gambar 2. 6 Sistem daur air surut kolam tunggal

Dalam sistem ini, pembangkit tenaga dipengaruhi oleh air pasang laut. Air dari laut dimasukkan ke dalam kolam melalui turbin. Setelah periode air pasang selesai, dan tingkatan permukaan laut turun lagi, pembangkit tenaga pun terhenti. Kolam dikosongkan, airnya dialirkan ke laut menuju pintu-pintu air. Gambar 2.5 menunjukkan tingkat tinggi air relatif dikolam dan dilaut, dan menunjukkan pengisian kolam, pembangkit tenaga dan periode penantian. Pada gambar itu jelas bahwa periode pembangkit tenaga yang sesungguhnya tergantung pada perbedaan tinggi air minimum antara kedua

kedua massa air. Turbin-turbin harus ditutup jika perbedaan tingkat makin kurang daripada batas ini.

Karena itu bolehlah diketahui bahwa tidak ada sesuatu ‘tingkat ketinggian air’ yang terjadi, jika air dilepaskan seketika itu juga ke turbin pada saat pasang mulai jatuh. Terutama bila pembukaan turbin begitu rupa sehingga laju kecepatan jatuhnya air ke dalam kola dan ke laut (daur air pasang) adalah sama. Hal itulah mengapa untuk menciptakan tinggi permukaan air bagi turbin, tingkat ketinggian air di kolam harus dijaga sedemikian rupa sehingga tingkat



Gambar 2. 7 Sistem daur air pasang kolam tunggal

Ketinggian air disitu menurunnya lebih lambat daripada surutnya air pasang. Jadi, kelambatan dimulainya operasi harus diperhitungkan dengan hati-hati. Begitu pula, kelambatan bisa terjadi pada aliran yang melalui turbin (kapasitas turbin) dan pada jenis turbin. Turunnya kapasitas air turbin dapat meningkatkan masa operasi, juga produksi tenaga dalam ukuran yang lebih kecil. Ketiga jenis ini menyajikan kondisi kerja secara luas.

Walaupun sistem daur air pasang dan sistem daur air surut kelihatannya sama, dapatlah dikatakan bahwa sistem daur air surut memberi lebih banyak keuntungan. Karena proyek air pasang berlokasi di kuala atau estuarium, masa air surut lebih lama jika dibandingkan dengan masa air pasang. Lebih lagi,

areal kolam alami tidaklah tetap luasnya untuk segala macam ketinggian tingkat air, tetapi dapat meningkat tajam tingginya. Hal ini berpengaruh pada pengoperasian sistem daur air surut tunggal atau daur air pasang atau daur ganda. Daur air pasang memerlukan waduk yang lebih dalam untuk mengendapkan lumpur dari pintu air, yang berarti memerlukan biaya pembangunan yang lebih besar. Dapat diperkirakan bahwa tenaga yang diproduksi oleh sistem daur air surut 1,5 kali lebih besar dibandingkan daur air pasang sebanyak-banyaknya 1,5 kali itu oleh sebuah sistem putaran air pasang.

- Sistem Putaran Ganda

Sistem dapat menjadi begitu melengkapi sebagai tenaga listrik dinamo, keduanya selama air pasang surut dan pembanjiran air pasang dengan bantuan hanya dari bak tunggal. Sistem ini diketahui sebagai putaran sistem ganda. Tujuan dari aliran melalui turbin selama air pasang-surut dan pergantian pembanjiran air pasang, tetapi tenaga listrik bertindak sebagai sebuah turbin untuk tujuan lain dari aliran.

Yang tidak menguntungkan baik pada sistem daur air surut maupun sistem daur air pasang ialah pengoperasiannya yang tidak ajeg, terhenti-henti. Tetapi, karena terhentinya terjadi pada jarak waktu yang teratur, ada kemungkinan mengadakan sistem penunjang yang lain sehingga dapat menyeimbangkan sifat yang tidak ajeg tersebut. Kemungkinan seperti itu dapat mengatur produksi tenaga seperti yang nanti dibicarakan.

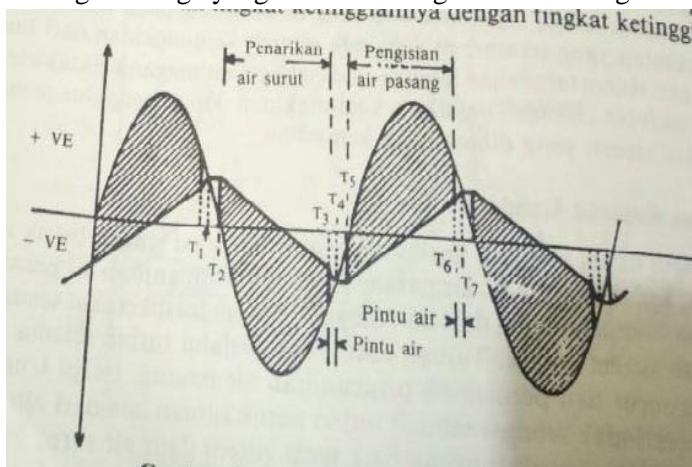
- Sistem Daur Ganda

Sistem ini mampu membangkitkan tenaga baik, pada waktu air surut maupun pasang dengan bantuan sebuah kolam saja. Sistem ini dikenal sebagai sistem daur ganda. Arah aliran melalui turbin pada waktu air pasang dan air surut bergantian, tetapi mesin berfungsi sebagai turbin untuk masing-masing arah aliran.

Dalam metode ini, pembangkit tenaga dilakukan baik pada waktu daur pengosongan maupun daur pengisian. Dengan merujuk pada Gambar 2.6 pada waktu T_1 , pintu-pintu air ditutup

bila tingkat ketinggian air diwaduk dan tingkat air pasang sama. Pada waktu T_2 , bila tingkat permukaan air laut turun sampai ketinggian minimum bagi turbin-turbin, pembangkit tenaga pun dimulai, dan dengan demikian operasi pengosongan kolam dimulai. Hanya sampai pada waktu T_3 , ketika tingkat ketinggian air tercapai, turbin-turbin dioperasikan. Pada saat itu, pintu-pintu air dibuka, sehingga persamaan tingkat ketinggian air tercapai lebih dulu. Bila tingkat ketinggian air di kolam dan di laut sama pada waktu T_4 , pintu-pintu ditutup lagi, sehingga pada waktu T_5 , ketika ketinggian air minimum tercapai, turbin-turbin dapat dioperasikan lagi sampai waktu T_6 , seraya mengisi kolam. Turbin-turbin ditutup pada waktu T_6 . Pada tahap ini pintu air dibuka sehingga tingkat ketinggian air di kolam meningkat cepat untuk menyamakan tingkat ketinggiannya dengan tingkat ketinggian air pasang pada T_7 . Daur yang sama berulang sesudah ini. Dalam hal ini, daerah pembukaan yang efektif dari pintu-pintu air hendaknya lebih besar daripada waktu daur air surut atau air pasang.

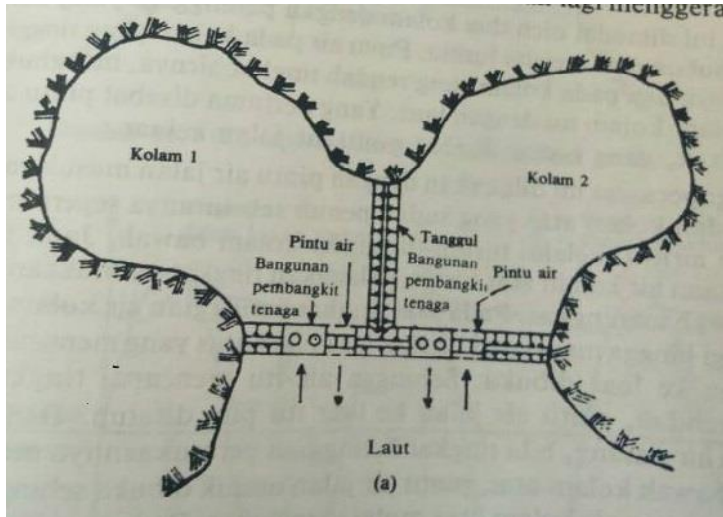
Walaupun sistem daur ganda hanya merupakan selingan tingkat dalam pengoperasian turbin, namun pembangkit tenaga yang berkesambungan belum mungkin.



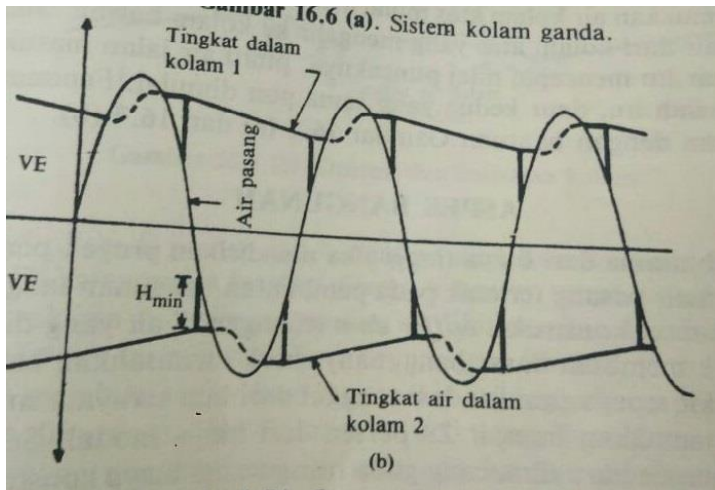
Gambar 2. 8 Sistem daur ganda

b. Sistem Kolam Ganda

Dalam sistem ini, kedua kolam dipisahkan itu beroperasi bergantian; jika yang sebuah sedah membangkitkan tenaga kerika laut pasang (yaitu selama pengisian), dan kolam yang sebuah lagi menggerakkan tenaga ketika laur sedang surut (yaitu selama pengosongan).



Gambar 2. 9 Sistem kolam ganda



Gambar 2. 10 Operasi system kolam ganda

Kedua kolam boleh memiliki sebuah bangunan pembangkit tenaga, atau sebuah untuk masing-masing kolam. Dalam kedua hal, pembangkit yang seragam dan memadai dapat diperoleh dengan pengukuran parameternya secara tepat.

Kerja Sistem Kolam Ganda

Bagan ini ditandai oleh dua kolam dengan peninggian yang berbeda dan dihubungkan melalui turbin. Pintu air pada kolam yang tinggi tingkat airnya dan pada kolam yang rendah tingkat airnya, menghubungkan kolam-kolam itu dengan laut. Yang pertama disebut pintu air jalan masuk, yang kedua disebut pintu air jalan keluar.

Pengoperasiannya ini dilakukan dengan pintu air jalan masuk yang ditutup, dan kolam atas yang sudah penuh sebelumnya segera memindahkan airnya melalui turbin-turbin ke kolam bawah. Jadi, tingkat permukaan air kolam atas turun, sedangkan tingkat ketinggian kolam bawah meningkat. Pada saat tingkat ketinggian air kolam bawah meninggi hingga menyamai tingkat air kolam atas yang menurun, pintu air jalan

ke luar dibuka. Sehingga air itu mencapai tingkat yang paling rendah, pintu air jalan keluar itu pun ditutup. Dengan datangnya air pasang, bila tingkat ketinggian permukaannya menyamai tingkat kolam bawah kolam atas, pintu air masuk dibuka sehingga tingkat permukaan air kolam atas meningkat. Pada saat itu, turbin-turbin air kolam atas yang mengalir ke kolam bawah. Jika limpahan air itu mencapai nilai puncaknya, pintu air jalan masuk ditutup. Setelah itu, daur keduanya sama pun dimulai

2. Metode turbin lepas pantai (*offshores turbine*),

Turbin lepas pantai ini lebih menyerupai pembangkit listrik tenaga angin versi bawah laut. Bentuk dari *tidal turbine* sangat beragam seperti seperti halnya *wind turbine*.

Keunggulan dibandingkan metode pertama yaitu: lebih murah biaya instalasinya, dampak lingkungan yang relative lebih kecil daepada pembangunan dam, dan persyaratan lokasinya pun lebih mudah sehingga dapat dipasang di lebih banyak tempat. Sistem ini tidak memerlukan bendungan, namun langsung terpasang di lautan lepas, gaya dorong dihasilkan dari pegerakan energi kinetik arus laut, dikarenakan densitas air lebih tinggi daripada aingin, *offshore turbine* dapat menghasilkan energi yang lebih besar dengan ukuran yang sama untuk *wind turbine*.

2.3.2. Kapasitas Volume Kolam

Perhitungan dilakukan dengan menghitung luas area per elevasi :

$$\text{Volume: Luas } 1 \times \Delta h + (1/3 \times (\text{Luas}2 - \text{Luas}1) \times \Delta h$$

2.3.3. Kapasitas Saluran

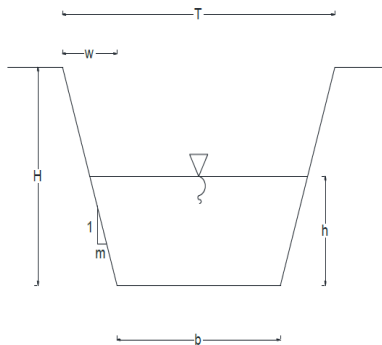
Analisis hidrolika dilakukan untuk mengetahui apakah secara teknis sistem drainase yang direncanakan sesuai dengan persyaratan teknis. Analisis ini berisi perhitungan kapasitas saluran dan analisis perencanaan saluran

2.3.3.1. Perhitungan Kapasitas Saluran

- a. Penampang Trapesium

Kapasitas pengaliran sungai dihitung berdasarkan Rumus Manning yang mana perhitungannya dibuatkan atas hasil pengukuran profil yaitu long section dan cross section sungai. Dalam proyek ini dihitung persegmen sungai dan hasil perhitungan dimasukkan ke dalam tabel.

Cara ini memungkinkan untuk mengevaluasi pengaruh masing-masing variable terhadap besarnya kecepatan. Bila dilakukan evaluasi semacam ini, kecepatan pada kondisi tertentu pada variable-variable sama dengan tingkat pengaruh setiap variable tersebut terhadap kecepatannya.



Gambar 2. 11 Penampang Trapesium

b : lebar dasar saluran

y : tinggi aliran

m : miring dinding saluran (talud),

dinyatakan dalam 1:m ($m = 0,$

$\frac{1}{2}, 1, 1 \frac{1}{2}, 2$)

A : luas basah $\rightarrow A = (b +$

$m \cdot y)y$

: keliling basah $\rightarrow P = b +$

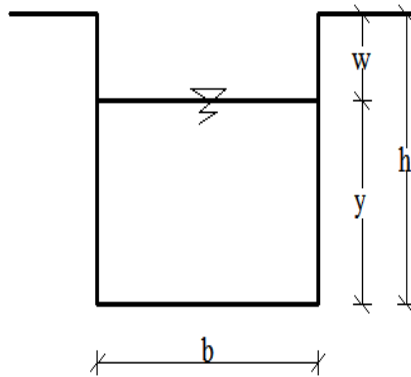
P
 $2 \cdot y \cdot \sqrt{m^2 + 1}$

T : lebar puncak

b. Penampang Segi Empat

Kapasitas pengaliran sungai dihitung berdasarkan Rumus Manning yang mana perhitungannya dibuatkan atas hasil pengukuran profil yaitu long section dan cross section sungai. Dalam proyek ini dihitung persegmen sungai dan hasil perhitungan dimasukkan ke dalam tabel.

Cara ini memungkinkan untuk mengevaluasi pengaruh masing-masing variable terhadap besarnya kecepatan. Bila dilakukan evaluasi semacam ini, kecepatan pada kondisi tertentu pada variable-variable sama dengan tingkat pengaruh setiap variable tersebut terhadap kecepatannya.



Gambar 2. 12 Penampang Segi Empat

b : lebar dasar saluran

Y : tinggi aliran

M : 0

A : luas basah $\rightarrow A = (b + m \cdot y)y = b \cdot y$

P : keliling basah $\rightarrow P = b + 2 \cdot y \cdot \sqrt{m^2 + 1} = b + 2y$

2.3.3.2. Debit Aliran

Untuk menghitung kapasitas saluran digunakan persamaan kontinuitas dan rumus manning

$$Q = V \times A$$

Dimana :

Q = Debit pengaliran (m^3/det)

V = Kecepatan rata-rata dalam saluran (m/det)

A = Luas Penampang basah saluran (m)

2.3.4. Grafik/Gelombang Sinusoidal

Gelombang sinus atau sinusoidal adalah fungsi matematika yang berbentuk osilasi halus berulang. Fungsi ini sering muncul dalam ilmu matematika, fisika, pengolahan sinyal, dan teknik listrik, dan berbagai bidang lain. Bentuk paling sederhana dari fungsi ini terhadap waktu (t) adalah :

$$y(t) = A \cdot \sin(\omega t + \phi)$$

Dimana :

A : amplitudo

ω : frekuensi sudut

ϕ : fase

2.3.5. Perhitungan Daya dan Energi Listrik

Daya dan energi listrik dalam hubungannya dengan debit dapat dirumuskan sebagai berikut:

Perhitungan Daya listrik :

$P : Q \rho g H$ (Watt)

$P : 9,8 QH$ (KW)

Perhitungan Energi listrik :

$E : P t \eta$ atau

$E : 9,8 Q H t \eta$ (KWh)

Dimana :

P : daya listrik teoritis (KW)

t : waktu (jam)

Q : debit (m^3/det)

H : tinggi jatuh air efektif (m)

E : Energi listrik (KWh)

η : efisiensi (80% - 95%)

Didalam efisiensi (η) di atas merupakan gabungan dari beberapa banyak efisiensi, yaitu efisiensi turbin (η_T), efisiensi generator (η_G) dan efisiensi transformator (η_{Tra}).

2.3.6. PLTA

PLTA adalah suatu pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerak seperti saluran irigasi, sungai atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan tinggi terjunan (*head*) dan jumlah debit air. Tenaga air berasal dari aliran air yang dibendung dengan ketinggian tertentu dan memiliki debit sehingga dapat memutar turbin yang dihubungkan dengan generator listrik.

Pada dasarnya, PLTA memanfaatkan energi potensial jatuhan air (*head*). Semakin tinggi jatuhan air maka semakin besar energi potensial air yang dapat diubah menjadi energi listrik. Disamping faktor *geografis* (tata letak sungai), tinggi jatuhan air dapat pula diperoleh dengan membendung aliran air sehingga permukaan air menjadi tinggi. Perbedaan tinggi yang semakin besar membuat energi potensialnya semakin besar juga. Perbedaan tinggi dalam PLTA disebut dengan tinggi jatuh air (*head*), tinggi jatuh air tersebut nantinya akan dikalikan dengan hambatan-hambatan lain agar didapatkan tinggi jatuh efektif.

Air dialirkan melalui sebuah pipa pesat ke dalam rumah pembangkit yang pada umumnya dibangun di bagian tepi sungai untuk menggerakkan turbin atau kincir air mikrohidro. Energi mekanik yang berasal dari putaran poros turbin akan diubah menjadi listrik oleh sebuah generator.

Perubahan memang tidak langsung, tetapi berturut-turut melalui perubahan sebagai berikut :

- Tenaga potensial menjadi tenaga kinetik.
- Tenaga kinetik menjadi tenaga mekanik.
- Tenaga mekanik menjadi tenaga listrik.

Tenaga potensial adalah tenaga air karena berada pada ketinggian. Energi kinetik adalah tenaga air karena mempunyai kecepatan. Tenaga mekanik adalah tenaga kecepatan air yang memutar kincir/turbin. Tenaga listrik adalah hasil dari generator yang berputar akibat berputarnya kincir/turbin.

2.3.6.1. Klasifikasi PLTA

1. Berdasarkan *head*

- *head* tinggi : $H > 100$ m biasanya digunakan turbin pelton
- *head* menengah : $30 \text{ m} < H < 100$ m biasanya digunakan turbin *cross-flow*
- *head* rendah : $2 \text{ m} < H < 30$ m biasanya digunakan turbin *propeller*

2. Berdasarkan Kapasitas

- PLTA piko : < 500 W
- PLTA mikro : $0,5 - 100$ kW
- PLTA mini : $100 - 1000$ kW
- PLTA kecil : $1 - 10$ mW
- PLTA skala penuh : > 10 mW

3. Berdasarkan Jenis Desain

- *Run-Of-the-River*

Bentuk yang paling sederhana dalam konteks PLTA mikro dan mini. Desain ini tidak memanfaatkan bendungan untuk mengarahkan air ke bangunan penadap, melainkan mengubah lajur aliran air menuju turbin melalui pipa atau *penstock*.

- Sistem penyimpanan

Dalam penggunaan sistem ini, Air ini akan disimpan terlebih dahulu dalam jangka waktu tertentu (beberapa jam atau dalam beberapa bulan) dan akan digunakan untuk menghasilkan energi ketika dibutuhkan. Dalam pengertiannya air dimasukkan ke dalam wadah sehingga dalam kurun waktu tertentu, volume air yang mula-mula sedikit akan mengikat. Dengan bertambah besarnya volume air yang tersimpan akan menambah besarnya energi air

- Sistem pompa penyimpanan

Ketika terjadi kebutuhan listrik yang rendah atau kelebihan kebutuhan listrik secara tiba-tiba, maka pompa secara otomatis akan mengisi penuh tangki penyimpanan. Namun, apabila terjadi lonjakan kebutuhan listrik yang tinggi, maka tangki akan segera dikosongkan menuju turbin untuk memenuhi kebutuhan produksi yang mencukupi.

2.3.6.2. Cara Pengambilan Air

1. Memakai saluran dengan muka air bebas.

Pembangkit listrik tenaga air dengan pengambilan air menggunakan saluran muka air bebas umumnya terdiri dari bagian seperti berikut :

- Bendungan.
- Tempat pemasukan.
- Bak penarik.
- Saluran pengarah.
- Reservoir harian.
- Pipa pesat.
- Gedung sentral (rumah pembangkit).
- Saluran pembuangan.

2. Memakai terowongan tekanan.

Pembangkit listrik tenaga air dengan metode pengambilan air, menggunakan terowongan tekanan pada umumnya terdiri dari bagian seperti berikut :

- Bendungan.
- Tempat pemasukan.
- Terowongan tekan.
- Surge tank.
- Pipa pesat.
- Gedung sentral (rumah pembangkit).
- Saluran pembuangan.

3. Langsung mengambil air dari waduk (bendungan tinggi)

Cara pengambilan seperti ini umumnya banyak digunakan pada PLTA modern. Umumnya terdiri dari bagian seperti berikut :

- Bendungan.
- Tempat pemasukan.
- Pipa pesat.
- Gedung sentral (rumah pembangkit).
- Saluran pembuangan.

Cara pengambilan air menentukan skema PLTA yang akan dibangun. Namun untuk PLTA dengan skala yang lebih kecil

(PLTA), skemanya dapat disederhanakan mengikuti kondisi di lapangan.

2.3.6.3. Pemilihan Lokasi PLTA

Faktor yang menentukan dalam pemilihan lokasi PLTA adalah :

1. Debit air

Debit di suatu lokasi di sungai dapat diperkirakan dengan cara berikut :

- Pengukuran di lapangan (di lokasi yang ditetapkan)
 - Berdasarkan data debit dari stasiun didekatnya
 - Berdasarkan data hujan
 - Berdasarkan pembangkitan data debit
- Sering di suatu lokasi yang akan dibangun bangunan air tidak terdapat pencatatan debit dalam waktu panjang. Dalam keadaan tersebut terpaksa debit diperkirakan berdasarkan :
- Debit di lokasi lain pada sungai yang sama
 - Debit di lokasi lain pada sungai disekitarnya
 - Debit pada sungai lain yang berjauhan tetapi mempunyai karakteristik yang sama

2. Kondisi geologis dan keadaan air

Dalam menentukan lokasi kedua faktor ini, didapat dari hasil penelitian, kita dapat menentukan hal-hal sebagai berikut :

- Kemungkinan untuk membangun di lokasi tersebut.
- Perencanaan.
- Konstruksi bangunan.
- Perhitungan anggaran biaya.
- Kondisi sedimentasi.
- Akses jalan yang mudah.
- Minim bencana alam.
- Kondisi air, agar dapat menentukan jenis material untuk komponen turbin yang akan dipasang.

2.3.6.4. Konstruksi PLTA

1. Bendungan

Bendungan adalah tembok yang dibangun melintasi sungai. bendungan dapat dibuat dari tanah, batu, atau beton. Struktur ini

menghambat aliran sungai sehingga menciptakan danau buatan yang dinamakan waduk.

2. Pipa Pesat (*penstock*)

Pipa tekan yang dipakai untuk mengalirkan air dari tangki (*head tank*) atau langsung dari bangunan pengambilan air ke turbin air disebut pipa pesat (*penstock*). Saluran pipa tekan adalah nama umum bagi dasar atau terowongan yang dipakai untuk menempatkan pipa pesat, blok angker (*anchor block*) dan pelana (*saddle*), yang akan menahan pipa pesat tersebut. Untuk menentukan luas penampang pipa pesat dapat digunakan persamaan :

$$Q = A \times \sqrt{2 g \Delta h}$$

Q : Debit Aliran (m³/s)

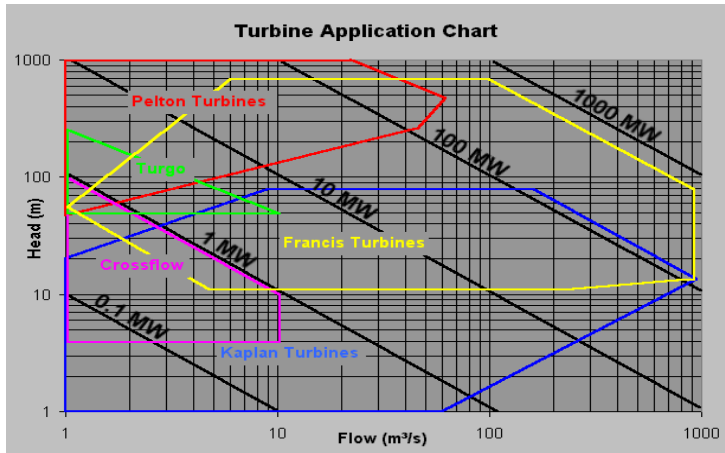
A : Luas

g : 9,8 m/s²

Δh : beda tinggi

3. Turbin

Turbin hidraulik, berhubungan erat dengan generator, fungsi utamanya adalah mengubah energi air menjadi tenaga listrik. Air mengalir melalui turbin, memberi tenaga pada penggerak (*runner*) dari turbin dan membuatnya berputar. Corong dari penggerak berhubungan langsung dengan generator, asalkan tenaga mekanik yang penting tersalur pada generator. Jadi, turbin menempati posisi kunci dalam bidang Teknik *Hydroelectric* (hidroelektrik) dari seluruh pembangkitan. Seperti pada Gambar 2.10 Klasifikasi Tipe Turbin.



Gambar 2. 13 Klasifikasi jenis turbin

BAB III METODOLOGI

3.1 Langkah Pertama Studi Literatur

Studi literatur bertujuan untuk mengetahui dasar teori yang akan digunakan dalam pengerjaan Tugas Akhir Terapan. Dengan mengetahui studi literatur dapat memberikan gambaran tentang hasil yang akan di capai.

3.2 Langkah Kedua Pengumpulan Data

Data sekunder yang dipakai pada daerah studi, antara lain peta topografi, dan data pasang surut. yang berikutnya akan di lakukan analisa perhitungan data untuk menjawab tujuan tugas akhir.

- a. Peta Batimetri
Dari peta bathimetri dapat diketahui kedalaman dasar laut di lokasi. Pada perencanaan ini peta dibuat sendiri dengan menggunakan aplikasi Global Mapper
- b. Data Pasang Surut
Data pasang surut dibutuhkan untuk menentukan HHWL, MHWL, LWL, dan MSL yang digunakan dalam perencanaan pembangkit listrik tenaga pasang surut.
- c. Data Turbin
Data turbin dibutuhkan untuk menentukan jenis turbin yang akan digunakan dalam perencanaan

3.3 Langkah Ketiga Analisis Pasang Surut

Setelah Setelah dilakukan pengumpulan data, langkah Ketiga adalah melakukan analisa Pasng Surut yang dimana dibagi menjadi dua analisa yaitu:

3.3.1 Analisis Tinggi Pasang Surut

Analisa ini bertujuan untuk mengetahui tinggi pasang surut da periode pasang surut yang terjadi di Teluk Bintuni

3.3.2 Analisis Gelombang Sinusoidal

Analisis bertujuan untuk bantuan grafik sinusoidal sebagai pengganti grafik pasang surut.

3.4 Langkah Keempat Analisis Kapasitas Kolam Tampungan

Langkah keempat adalah menghitung kapasaitas kolam tampungan yang akan digunakan.

3.5 Langkah Kelima Analisis Energi

Langkah Kelima adalah menghitung jumlah energi yang akan dihasilkan dari Pembangkit Listrik Tenaga Pasang Surut

3.6 Langkah Keenam Rancang Pembangkit Listrik Pasang Surut

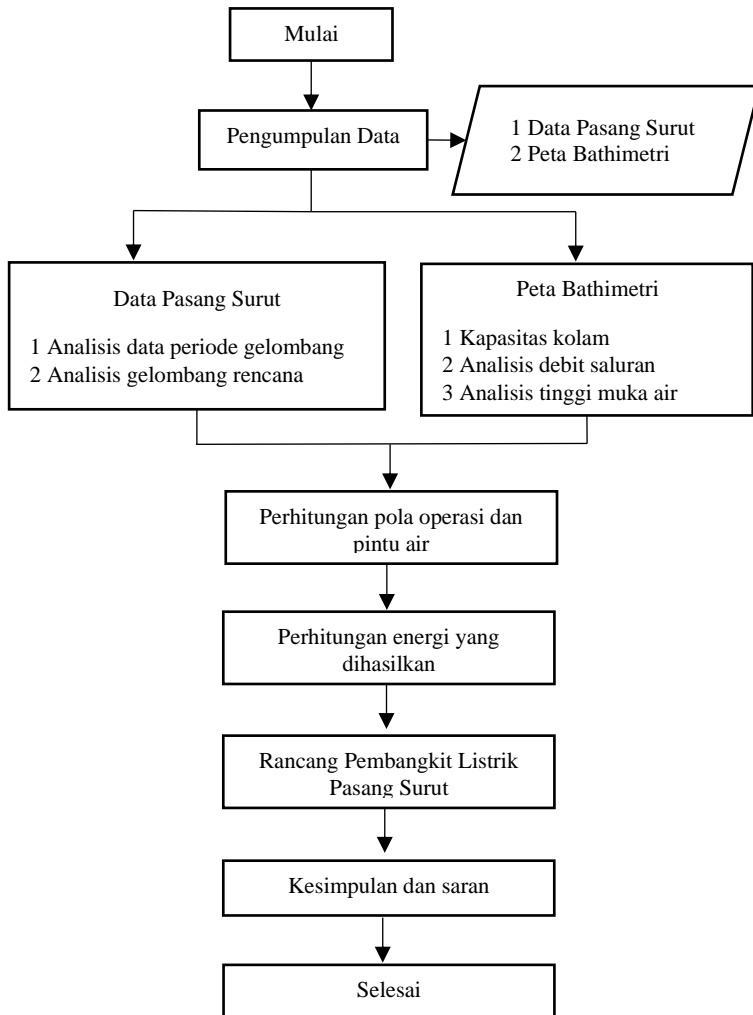
Langkah Keenam adalah menentukan jenis turbin dan jumlah turbin yang akan digunakan dalam perencanaan

3.6 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan Saran merupakan hasil dari analisa dan jawaban akan permasalahan yang ada.

3.7 Bagan Alur

Alur pengerjaan atau *flowchart*



Gambar 3. 1 Flowchart

BAB IV ANALISIS DATA

4.1 Analisis Pasang Surut

4.1.1 Analisis Tinggi Pasang Surut

Tabel 4. 1 Data Pasang Surut Januari 2018

Jam/Hari	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
01/01/2018	2	2,3	2,8	3,4	4	4,2	4,1	3,6	2,8	1,9	1,1	0,5	0,6	0,9	1,7	2,8	3,8	4,6	5,2	5,1	4,7	3,9	3,1	2,3
02/01/2018	1,7	1,8	2,1	2,7	3,4	4	4,3	4,2	3,6	2,7	1,7	0,9	0,3	0,3	0,8	1,7	2,9	4,1	5	5,5	5,4	4,8	3,9	2,9
03/01/2018	2	1,6	1,5	2	2,7	3,5	4,2	4,5	4,3	3,6	2,6	1,6	0,6	0,1	0,2	0,8	1,9	3,2	4,4	5,3	5,7	5,5	4,8	3,7
04/01/2018	2,6	1,7	1,2	1,3	1,9	2,8	3,7	4,4	4,6	4,4	3,6	2,5	1,3	0,4	0	0,1	1	2,1	3,5	4,7	5,6	5,9	5,5	4,6
05/01/2018	3,5	2,3	1,4	1,1	1,2	1,9	2,9	3,8	4,5	4,7	4,4	3,5	2,3	1,2	0,3	0	0,5	1,1	2,4	3,8	5	5,7	5,9	5,3
06/01/2018	4,3	3,1	2	1,2	0,9	1,2	2	3	4	4,6	4,8	4,3	3,4	2,2	1,1	0,4	0,1	0,5	1,5	2,7	4	5,1	5,8	5,7
07/01/2018	5	4	2,8	1,7	1	0,9	1,3	2,2	3,2	4,1	4,6	4,7	4,2	3,2	2,2	1,2	0,5	0,4	0,9	1,9	3	4,2	5,1	5,5
08/01/2018	5,3	4,6	3,6	2,4	1,5	1	0,9	1,5	2,3	3,2	4,1	4,6	4,5	4	3,2	2,2	1,4	0,9	0,8	1,3	2,2	3,3	4,3	5
09/01/2018	5,2	4,9	4,2	3,2	2,2	1,4	1	1,1	1,6	2,4	3,3	4	4,4	4,4	3,9	3,2	2,3	1,6	1,2	1,3	1,8	2,5	3,4	4,2
10/01/2018	4,7	4,8	4,5	3,8	2,9	2	1,4	1,1	1,3	1,7	2,5	3,3	3,9	4,3	4,2	3,9	3,2	2,6	2	1,6	1,7	2,1	2,7	3,4
11/01/2018	4	4,4	4,4	4,1	3,5	2,7	1,9	1,4	1,2	1,4	1,8	2,5	3,2	3,8	4,2	4,2	3,9	3,4	2,8	2,3	2	2	2,3	2,8
12/01/2018	3,3	3,8	4,1	4,1	3,8	3,2	2,5	1,9	1,4	1,3	1,4	1,9	2,5	3,2	3,8	4,2	4,2	4	3,6	3,1	2,6	2,3	2,2	2,4
13/01/2018	2,7	3,2	3,6	3,9	3,8	3,5	3	2,4	1,8	1,4	1,3	1,4	1,9	2,5	3,2	3,8	4,2	4,4	4,2	3,8	3,2	2,7	2,4	2,2
14/01/2018	2,4	2,7	3,1	3,5	3,7	3,7	3,4	3	2,3	1,7	1,3	1,2	1,4	1,9	2,6	3,3	4	4,4	4,5	4,3	3,9	3,3	2,8	2,3
15/01/2018	2,2	2,3	2,6	3	3,4	3,7	3,7	3,4	2,9	2,2	1,6	1,2	1,1	1,3	1,9	2,7	3,5	4,2	4,6	4,7	4,4	3,9	3,3	2,6
16/01/2018	2,2	2,1	2,2	2,6	3,1	3,5	3,8	3,7	3,3	2,7	2	1,4	1	0,9	1,5	2	2,9	3,8	4,5	4,9	4,8	4,4	3,8	3
17/01/2018	2,4	2	1,9	2,2	2,7	3,3	3,7	3,9	3,8	3,3	2,6	1,8	1,1	0,8	0,9	1,4	2,2	3,2	4,1	4,8	5	4,8	4,3	3,5
18/01/2018	2,7	2,1	1,8	1,9	2,3	2,9	3,5	4	4,1	3,8	3,1	2,3	1,5	0,9	0,7	0,9	1,6	2,6	3,6	4,5	5	5,1	4,7	4
19/01/2018	3,1	2,3	1,8	1,6	1,9	2,5	3,2	3,8	4,2	4,1	3,7	2,9	2	1,2	0,7	0,6	1,1	1,9	3	4	4,8	5,2	5	4,4
20/01/2018	3,6	2,7	1,9	1,5	1,6	2	2,7	3,5	4,1	4,3	4,1	3,5	2,6	1,7	1	0,7	0,8	1,4	2,4	3,4	4,4	5	5,2	4,8
21/01/2018	4	3,1	2,2	1,6	1,4	1,6	2,2	3	3,8	4,3	4,4	4	3,3	2,4	1,5	0,9	0,8	1,1	1,9	2,9	3,9	4,7	5,1	5
22/01/2018	4,4	3,5	2,6	1,8	1,3	1,3	1,8	2,5	3,3	4	4,4	4,3	3,8	3	2,1	1,4	0,9	1	1,5	2,3	3,3	4,3	4,8	5
23/01/2018	4,7	3,9	3	2,1	1,4	1,2	1,4	2	2,8	3,6	4,2	4,4	4,2	3,6	2,8	2	1,4	1,1	1,3	1,9	2,8	3,7	4,5	4,9
24/01/2018	4,8	4,2	3,4	2,5	1,7	1,2	1,1	1,5	2,2	3	3,8	4,3	4,4	4,1	3,5	2,7	2	1,5	1,4	1,7	2,4	3,2	4	4,5
25/01/2018	4,7	4,4	3,8	3	2,1	1,4	1,1	1,2	1,6	2,3	3,2	3,9	4,3	4,3	4	3,4	2,7	2,1	1,7	1,7	2,1	2,7	3,4	4
26/01/2018	4,4	4,5	4,1	3,4	2,6	1,8	1,5	1	1,2	1,7	2,5	3,2	3,9	4,3	4,3	4	3,4	2,8	2,3	2	2	2,3	2,9	3,5
27/01/2018	4	4,3	4,2	3,8	3,2	2,4	1,7	1,2	1	1,2	1,7	2,5	3,2	3,9	4,3	4,3	4,1	3,6	3	2,5	2,2	2,2	2,5	2,9
28/01/2018	3,4	3,9	4,1	4	3,7	3	2,3	1,6	1,1	1	1,1	1,7	2,4	3,2	3,9	4,2	4,4	4,3	3,8	3,3	2,7	2,4	2,3	2,4
29/01/2018	2,8	3,3	3,7	4	4	3,7	3,1	2,4	1,7	1,2	0,9	1,1	1,6	2,3	3,2	4	4,5	4,7	4,6	4,1	3,5	2,9	2,4	2,2
30/01/2018	2,3	2,6	3,1	3,6	4	4,1	3,8	3,2	2,4	1,7	1	0,7	0,9	1,4	2,2	3,2	4,1	4,7	5	4,8	4,4	3,6	2,9	2,3
31/01/2018	1,9	2	2,4	3	3,6	4,1	4,2	4	3,4	2,5	1,6	0,9	0,5	0,7	1,2	2,2	3,3	4,3	5	5,3	5,1	4,5	3,6	2,7

Dari data pasang surut di atas, diolah menggunakan aplikasi pasutUGM yang dimana menghasilkan bilangan konstanta dan prediksi elevasi muka air.

Tabel 4. 2 Tabel Konstanta

S0	M2	S2	N2	K2	K1	O1	P1	M4	MS4
2,946	1,677	0,584	0,317	0,284	0,463	0,314	0,163	0,004	0,007

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari data Tabel 4. 2 dapat digunakan untuk mengetahui tipe pasang surut yang terjadi di Teluk Bintuni. Untuk mengetahui tipe pasang surut dilakukan perhitungan menggunakan formula Formzahl :

$$F = \frac{(K1+O1)}{(M2+S2)}$$

Maka :

$$F = \frac{(K1+O1)}{(M2+S2)}$$

$$F = \frac{(0.463+0.314)}{(1.677+0.584)}$$

$$F = 0.343$$

Diketahui bahwa nilai F yang didapat sebesar 0.343 maka tipe pasang surut yang terjadi diperairan Teluk Bintuni dalam tipediurnal ($0.25 > F < 1.5$). Pasang Surut tipe ini merupakan pasang surut campuran condong ke harian ganda, dimana dalam satu hari terjadi dua kali air pasang dan dua kali air surut.

Tabel 4. 3 Syarat Type Pasang Surut

F	Tidal type
$0 > F < 0,25$	<i>Semidiurnal</i>
$0,25 > F < 1,5$	<i>mixed tide prevailing semidiurnal</i>
$1,5 > F < 3$	<i>mixed tide prevailing diurnal</i>
$F > 3$	<i>Diurnal</i>

Hasil prediksi elevasi muka air

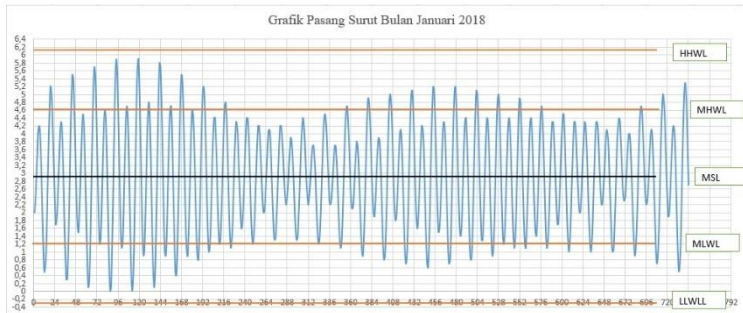
HHWL : +6.18m

MHWL : +4.61m

MSL : +2.94m

MLWL : +1.23m

LLWL : -0.36m



Gambar 4. 1 Grafik Pasang Surut Januari 2018

Dari grafik tersebut sehingga dalam perencanaan pasang surut sebagai pembangkit listrik saya menggunakan nilai dari MHWL dan MLWL.

4.1.2 Analisis Pasang Surut Sinusoidal

Pada perencanaan ini menggunakan bantuan grafik sinusoidal sebagai pengganti grafik pasang surut. Dikarenakan pada perencanaan menggunakan elevasi muka air rata-rata pasang tertinggi (MHWL) dan rata-rata surut terendah (MLWL).

Diketahui:

MSL : 2,9m

MHWL: 4.6m

MLWL : 1.2m

T : 12 jam x 60 menit = 720 menit

t : 0 menit

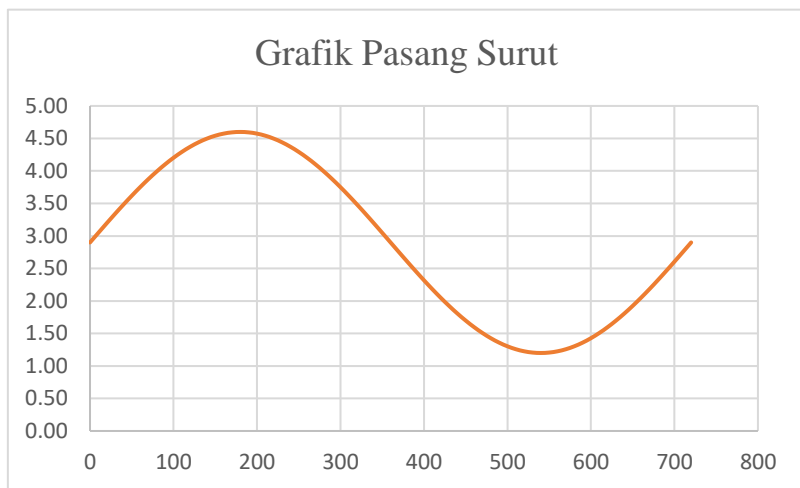
H : 4,6 – 1,2 = 3,4m

Grafik : $MSL + H/2 \times \sin(t/T) \times 2\pi$
 : $2,9 + 3,4/2 \times \sin(0/720) \times 2\pi$
 : 2,9m

t	Elv
0	2,90
10	3,05
20	3,20
30	3,34
40	3,48
50	3,62
60	3,75
70	3,88
80	3,99
90	4,10
100	4,20
110	4,29
120	4,37
130	4,44
140	4,50
150	4,54
160	4,57
170	4,59
180	4,60
190	4,59
200	4,57
210	4,54
220	4,50
230	4,44
240	4,37
250	4,29
260	4,20
270	4,10
280	3,99
290	3,88

300	3,75
310	3,62
320	3,48
330	3,34
340	3,20
350	3,05
360	2,90
370	2,75
380	2,60
390	2,46
400	2,32
410	2,18
420	2,05
430	1,92
440	1,81
450	1,70
460	1,60
470	1,51
480	1,43
490	1,36
500	1,30
510	1,26
520	1,23
530	1,21
540	1,20
550	1,21
560	1,23
570	1,26
580	1,30
590	1,36
600	1,43
610	1,51
620	1,60

630	1,70
640	1,81
650	1,92
660	2,05
670	2,18
680	2,32
690	2,46
700	2,60
710	2,75
720	2,90



Gambar 4. 2 Grafik Sinusoidal Pasang Surut

4.2 Analisa Kapasitas Kolam Tampungan

4.2.1 Perhitungan Kapasitas Kolam Tampungan

Perhitungan Kapasitas Kolam Tampungan digunakan untuk mengetahui jumlah volume tampungan pada kolam tersebut.

Diketahui:

Elevasi -12 memiliki luas : $97600,22 \text{ m}^2$

Elevasi -11 memiliki luas : $174788,80 \text{ m}^2$

Δh : 1m

Volume: $\text{Luas 1} \times \Delta h + (1/3 \times (\text{Luas2} - \text{Luas1}) \times \Delta h$

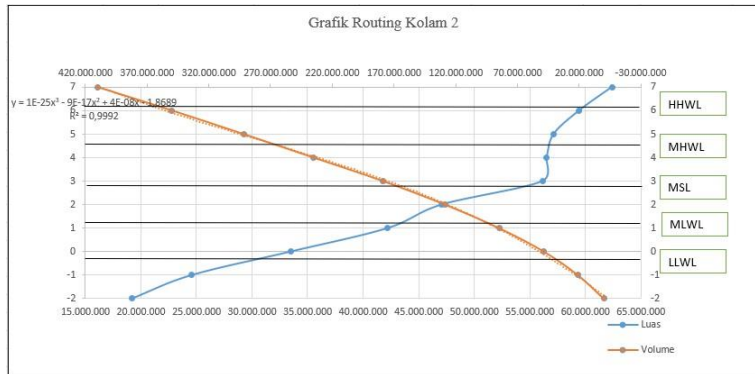
: $97600,22 \times 1 + (1/3 \times (174788,8 - 97600,22) \times 1$

: $123329,75 \text{ m}^3$

Tabel 4. 4 Perhitungan Kolan Tampungang 1

Elevasi m	Luas m ²	delta h m	Volume m ³	Volume Kumulatif m ³
-12	97600,22	0		
-11	174788,80	1	123329,7467	123329,75
-10	264091,32	1	204556,3067	327886,05
-9	362647,80	1	296943,48	624829,53
-8	473113,20	1	399469,6	1024299,13
-7	762689,25	1	569638,55	1593937,68
-6	1318117,96	1	947832,1533	2541769,84
-5	3019330,61	1	1885188,843	4426958,68
-4	5512673,23	1	3850444,817	8277403,50
-3	8916289,60	1	6647212,02	14924615,52
-2	11629637,62	1	9820738,94	0,00
-1	14590055,55	1	12616443,6	12616443,60
0	20679408,50	1	16619839,87	29236283,46
1	24357856,10	1	21905557,7	51141841,16
2	28622793,98	1	25779502,06	76921343,22
3	36982829,65	1	31409472,54	108330815,76
4	37766223,49	1	37243960,93	145574776,69
5	38987165,54	1	38173204,17	183747980,86
6	41126694,3	1	39700341,79	223448322,66
7	42530085,83	1	41594491,48	265042814,13

Sumber : Hasil Perhitungan



Gambar 4. 3 Grafik Routing Kolan 1

Tabel 4. 5 Perhitungan Kolam Tampungan 2

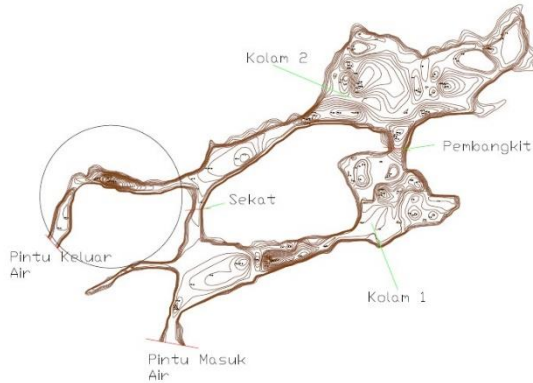
Elevasi	Luas	delta h	Volume	Volume Kumulatif
m	m ²	m	m ³	m ³
-15	4771,39	0	0,00	0
-14	44763,54	1	18102,11	18102,11
-13	88711,49	1	59412,86	77514,96
-12	152370,42	1	109931,13	187446,10
-11	244077,53	1	182939,46	370385,55
-10	336684,85	1	274946,64	645332,19
-9	454386,25	1	375918,65	1021250,84
-8	1010814,60	1	639862,37	1661113,21
-7	2046801,66	1	1356143,62	3017256,83
-6	3853351,18	1	2648984,83	5666241,66
-5	6159382,37	1	4622028,24	10288269,90
-4	10092349,14	1	7470371,29	17758641,20
-3	14636320,88	1	11607006,39	29365647,58
-2	19175984,69	1	16149542,15	0,00
-1	24555215,92	1	20969061,77	20969061,77
0	33461701,43	1	27524044,42	48493106,19
1	42207000,72	1	36376801,19	84869907,38
2	47078118,64	1	43830706,69	128700614,08
3	56135300,26	1	50097179,18	178797793,26
4	56533348,64	1	56267983,05	235065776,31
5	57158832,25	1	56741843,18	291807619,49
6	59448839,80	1	57922168,10	349729787,59
7	62402679,01	1	60433452,87	410163240,46

Sumber : Hasil Perhitungan



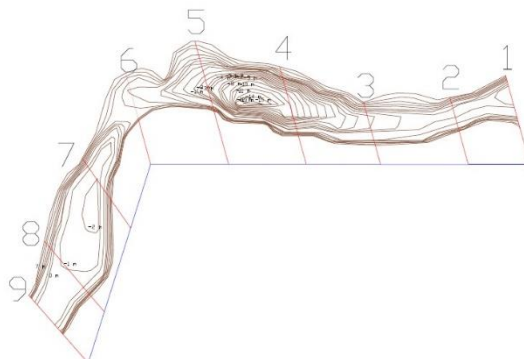
Gambar 4. 4 Grafik Routing Kolam 2

4.2.2 Perhitungan Saluran Output



Gambar 4. 5 Lokasi Saluran Output

Pada gambar menunjukkan bahwa pada kolan 2 terdapat saluran sepanjang 8825m yang menuju ke pintu keluar air. Sehingga diperlukan analisa pada saluran tersebut agar dapat mengetahui besaran debit yang dapat dialirkan dan mengetahui perbedaan tinggi muka air.



Gambar 4. 6 pembagian Pias Saluran

Gambar diatas merupakan potongan per pias. Berikut data saluran per cross :

Tabel 4. 6 Data cross saluran

Xcross	Jarak	B	z
0 ke 1	1230	808	1,5
1 ke 2	919	516	1,5
2 ke 3	1308	666	1,5
3 ke 4	1107	1066	1,5
4 ke 5	1156	1077	1,5
5 ke 6	1161	732	1,5
6 ke 7	993	769	1,5
7 ke 8	1303	1074	1,5
8 ke 9	797	774	1,5

Berikut merupakan perhitungan saluran sebelum redisain dan sesudah redisain dengan Q rencana $3000 \text{ m}^3/\text{s}$ dan elevasi muka dihilir(laut) 1,2 m. Perhitungan ini dilakukan dengan cara mencoba-coba

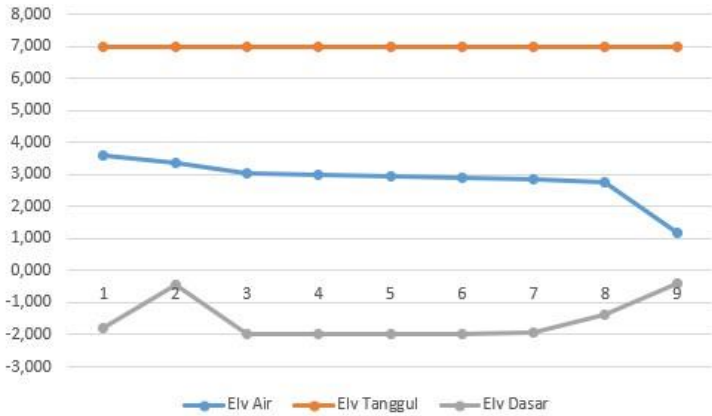
Tabel 4. 7 Perhitungan Saluran sebelum redisain

Xcross	Jarak	Q rencana	El. Dasar	El. Tanggul	El. Mukaair	h	Sw	B	z	A	P	R	V	Q Hitungan	absolut	cek
0 ke 1	1230	3000	-1,81	7	3,590	5,40	0,00003	808	1,5	4406,53	827,47	5,33	0,71	0	3000,000	not oke
1 ke 2	919	3000	-0,43	7	3,362	3,79	0,00025	516	1,5	1977,98	529,67	3,73	1,52	2999,632	0,368	oke
2 ke 3	1308	3000	-2	7	3,037	5,04	0,00025	666	1,5	3392,67	684,16	4,96	1,52	2999,774	0,226	oke
3 ke 4	1107	3000	-2	7	2,973	4,97	0,00006	1066	1,5	5338,34	1083,93	4,92	0,88	2999,186	0,814	oke
4 ke 5	1156	3000	-2	7	2,946	4,95	0,00002	1077	1,5	5363,32	1094,83	4,90	0,56	2999,397	0,603	oke
5 ke 6	1161	3000	-2	7	2,884	4,88	0,00005	732	1,5	3611,05	749,61	4,82	0,83	2999,791	0,209	oke
6 ke 7	993	3000	-1,92	7	2,830	4,75	0,00005	769	1,5	3686,36	786,13	4,69	0,83	2999,306	0,694	oke
7 ke 8	1303	3000	-1,36	7	2,761	4,12	0,00005	1074	1,5	4451,43	1088,86	4,09	0,81	2999,63	0,370	oke
8 ke 9	797	3000	-0,4	7	1,200	1,60	0,00196	774	1,5	1242,24	779,77	1,59	2,41	2999,606	0,394	oke

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4. 8 Perhitungan Saluran sesudah redisain

Xcross	Jarak	Q rencana	El. Dasar	El. Tanggul	El. Mukaair	h	Sw	B	z	A	P	R	V	Q Hitungan	absolut	cek
0 ke 1	1230	3000	-2	7	1,57	3,57	0,00030	1675	2,0	6000,24	1690,95	3,55	1,608	0,000	3000,000	not oke
1 ke 2	8858	3000	-2	7	1,20	3,20	0,00004	1675	2,0	5380,48	1689,31	3,19	0,557	2999,007	0,993	oke



Gambar 4. 7 Grafik saluran output sebelum redisain

Dari hasil Tabel 4. 7 saluran dapat mengalirkan debit rencana, akan tetapi beda tinggi antara hilir dan hulu terlalu tinggi sebesar 2,390 m. Sehingga perlu adanya redisain ulang agar mendapatkan beda tinggi yang tidak terlalu tinggi. Maka direncanakan lebar saluran 1675m dan kedalaman -2serta nilai z 2 sepanjang 8858m.

Dari hasil Tabel 4. 8saluran dapat mengalirkan debit rencana, akan tetapi beda tinggi antara hilir dan hulu terlalu tinggi sebesar 0,3 m.

4.3 Analisa Besaran Daya

4.3.1 Perhitungan Besaran Daya

Diketahui :

t 0

Elvasi Laut	: 2,9 m
Elevasi Kolam 1	: 2,686 m
Volume Kolam 1	: 98000000,00 m ³
Luas Pintu Kolam 1	: 1285 m ²
Elevasi Kolam 2	: 1,297 m
Volume Kolam 2	: 98550000,00 m ³
Luas Pintu Kolam 1-2	: 250 m ²
B	: 1675 m
n	: 0,025
z	: 2
l	: 8858 m

1. Contoh perhitungan Tabel pada t 0 – 10 menit

a. Mencari Δh kolam 1

Maka Δh kolam 1 = Elv laut – Elv kolam 1

$$\Delta h = 2,9 \text{ m} - 2,686 \text{ m} = 0,21 \text{ m}$$

b. Mencari Q_{in} pada kolam 1

$$Q = \eta \times \text{Luas Pintu 1} \times \sqrt{2 g \Delta h}$$

$$Q = 0,9 \times 1285 \times \sqrt{2 \times 9,8 \times 0,21} = 2370,34 \text{ m}^3/\text{s}$$

c. Mencari Δh kolam 2

Δh kolam 2 = Elv kolam 1 – Elv kolam 2

$$\Delta h = 2,686 \text{ m} - 1,297 \text{ m} = 1,39 \text{ m}$$

d. Mencari Q_{in} pada kolam 2

$$Q = \eta \times \text{Luas Pintu 1} \times \sqrt{2 g \Delta h}$$

$$Q = 0,8 \times 250 \times \sqrt{2 \times 9,8 \times 1,39} = 1043,56 \text{ m}^3/\text{s}$$

e. Mencari Q_{out}

$$Q_{out} = 1/n \times A \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

Karena elv laut lebih tinggi dari kolam 2 maka tidak ada debit yang keluar.

f. Mencari ΔQ kolam 2

$$\Delta Q = Q_{in} \text{ kolam 2} - Q_{out}$$

$$\Delta Q = 1043,56 \text{ m}^3/\text{s} - 0 \text{ m}^3/\text{s} = 1043,56 \text{ m}^3/\text{s}$$

- g. Mencari Volume kolam 2

$$\text{Vol} = \text{Volume kolam 2 } t_0 + (\text{Qin} - \text{Qout}) \times 600 \text{ s}$$

$$\text{Vol} = 98550000,00 \text{ m}^3 + (1043,56 \text{ m}^3/\text{s} - 0 \text{ m}^3/\text{s}) \times 600 \text{ s}$$

$$= 100428406,04 \text{ m}^3$$
- h. Mencari Elv kolam 2 t 10
 Menggunakan rumus trendline dari grafik routing kolam 2

$$y = 1\text{E}-25x^3 - 9\text{E}-17x^2 + 4\text{E}-08x - 1,8689$$
 dengan mengganti nilai x nilai dengan volume pada elevasi -2 pada tabel 4.4
- i. Mencari Volume kolam 2

$$\text{Vol} = \text{Volume kolam 1 } t_0 + (\text{Qin kolam 1} - \text{Qin kolam 2}) \times 600 \text{ s}$$

$$\text{Vol} = 98000000,00 \text{ m}^3 + (2370,34 \text{ m}^3/\text{s} - 1043,56 \text{ m}^3/\text{s}) \times 600 \text{ s} = 100388214,90 \text{ m}^3$$
- j. Mencari Elv kolam 1 t 10
 Menggunakan rumus trendline dari grafik routing kolam 2

$$y = -3\text{E}-33x^4 + 2\text{E}-24x^3 - 5\text{E}-16x^2 + 8\text{E}-08x - 1,958$$
 dengan mengganti nilai x dengan nilai volume pada elevasi -2 pada tabel 4.5
- k. Mencari Energi

$$E = 9,8 \times Q \times \Delta h \text{ kolam 1-2} \times \eta$$

$$E = 9,8 \times 1043,56 \text{ m}^3/\text{s} \times 1,39 \text{ m} \times 0,7$$

$$E = 9943,95 \text{ KW}$$
- l. Mencari Energi total

$$E = \text{total energi} \times 0,167 : 24$$

$$E = 1509908,67 \times 0,167 : 24$$

$$E = 10506,4463 \text{ KWh} = 10,5 \text{ MWh}$$

Tabel 4. 9 Perhitungan Energi Percobaan 1

Laut		Kolam 1					Kolam 2								
t	Elv	Elv	dh	Qin	Vol	delta V	Elv	dh	Q	Vol	delta Q	Kolam2-Laut	Qout	energi	
0	2,90	2,686	0,21	2360,20	98000000,00		1,297	1,39	1043,56	98550000,00				9943,95	
10	3,05	2,752	0,30	2772,82	100369953,10	2369953	1,344	1,41	1050,90	100428406,04	1043,56	0,000	0,00	10155,15	
20	3,20	2,838	0,36	3046,05	103469426,07	3099473	1,391	1,45	1065,30	102320017,24	1050,90	0,000	0,00	10578,54	
30	3,34	2,935	0,40	3243,25	107034780,50	3565354	1,438	1,50	1083,50	104237560,21	1065,30	0,000	0,00	11130,03	
40	3,48	3,039	0,44	3389,98	110922334,48	3887554	1,485	1,55	1103,73	106187862,29	1083,50	0,000	0,00	11765,20	
50	3,62	3,148	0,47	3498,53	115037579,89	4115245	1,533	1,61	1124,93	108174580,43	1103,73	0,000	0,00	12456,20	
60	3,75	3,258	0,49	3575,26	119310055,48	4272476	1,582	1,68	1146,41	110199455,96	1124,93	0,000	0,00	13183,38	
70	3,88	3,370	0,51	3623,51	123681986,40	4371931	1,631	1,74	1167,70	112262992,03	1146,41	0,000	0,00	13931,46	
80	3,99	3,482	0,51	3644,95	128102451,54	4420465	1,680	1,80	1188,45	114364843,71	1167,70	0,000	0,00	14687,46	
90	4,10	3,592	0,51	3640,31	132524162,90	4421711	1,730	1,86	1208,39	116504046,89	1188,45	0,000	0,00	15439,39	
100	4,20	3,701	0,50	3609,72	136901611,24	4377448	1,780	1,92	1227,30	118679149,97	1208,39	0,000	0,00	16175,48	
110	4,29	3,807	0,49	3552,99	141189970,64	4288359	1,830	1,98	1244,95	120888284,96	1227,30	0,000	0,00	16883,66	
120	4,37	3,909	0,46	3469,67	145344432,28	4154462	1,880	2,03	1261,15	123129199,59	1244,95	0,000	0,00	17551,14	
130	4,44	4,007	0,43	3359,13	149319769,12	3975337	1,931	2,08	1275,67	125399264,44	1261,15	0,000	0,00	18164,33	
140	4,50	4,098	0,40	3220,53	153069997,59	3750228	1,981	2,12	1288,28	127695463,85	1275,67	0,000	0,00	18708,69	
150	4,54	4,184	0,36	3052,76	156548031,37	3478034	2,032	2,15	1298,76	130014375,85	1288,28	0,000	0,00	19168,79	
160	4,57	4,261	0,31	2854,31	159705226,91	3157196	2,082	2,18	1306,83	132352143,61	1298,76	0,000	0,00	19528,35	
170	4,59	4,329	0,26	2623,05	162490698,27	2785471	2,133	2,20	1312,21	134704438,13	1306,83	0,000	0,00	19770,35	
180	4,60	4,386	0,21	2355,72	164850211,53	2359513	2,182	2,20	1314,56	137066409,21	1312,21	0,000	0,00	19876,94	
190	4,59	4,432	0,16	2047,10	166724296,46	1874085	2,232	2,20	1313,51	139432617,49	1314,56	0,000	0,00	19829,31	
200	4,57	4,465	0,11	1687,76	168044753,14	1320457	2,280	2,18	1308,58	141796934,38	1313,51	0,000	0,00	19607,02	
210	4,54	4,481	0,06	1257,23	168727278,94	682525,8	2,328	2,15	1299,15	144152383,25	1308,58	0,000	0,00	19186,26	
220	4,50	4,479	0,02	685,18	168651814,36	-75464,6	2,376	2,10	1284,28	146490860,99	1299,15	0,000	0,00	18534,56	
230	4,44	4,453	0,00	0,00	167573438,87	-1078375	2,422	2,03	1261,95	148802556,10	1284,28	0,000	0,00	17584,63	
240	4,37	4,398	0,00	0,00	165301931,14	-2271508	2,467	1,93	1230,37	151074063,83	1261,95	0,000	0,00	16297,12	
250	4,29	4,343	0,00	0,00	163087272,50	-2214659	2,510	1,83	1198,92	153288722,48	1230,37	0,000	0,00	15079,13	
260	4,20	4,291	0,00	0,00	160929220,67	-2158052	2,552	1,74	1167,60	155446774,31	1198,92	0,000	0,00	13927,95	

270	4,10	4,239	0,00	0,00	158827545,48	-2101675	2,592	1,65	1136,40	157548449,49	1167,60	0,000	0,00	12841,01
280	3,99	4,189	0,00	0,00	156782029,48	-2045516	2,631	1,56	1105,31	159593965,50	1136,40	0,000	0,00	11815,78
290	3,88	4,141	0,00	0,00	154792468,40	-1989561	2,668	1,47	1074,33	161583526,58	1105,31	0,000	0,00	10849,83
300	3,75	4,093	0,00	0,00	152858671,56	-1933797	2,704	1,39	1043,45	163517323,42	1074,33	0,000	0,00	9940,83
310	3,62	4,047	0,00	0,00	150980462,11	-1878209	2,739	1,31	1012,66	165395532,86	1043,45	0,000	0,00	9086,50
320	3,48	4,003	0,00	0,00	149157677,27	-1822785	2,773	1,23	981,95	167218317,71	1012,66	0,000	0,00	8284,67
330	3,34	3,959	0,00	0,00	147390168,35	-1767509	2,805	1,15	951,32	168985826,63	981,95	0,000	0,00	7533,23
340	3,20	3,917	0,00	0,00	145677800,85	-1712368	2,836	1,08	920,75	170698194,13	951,32	0,000	0,00	6830,15
350	3,05	3,877	0,00	0,00	144020454,39	-1657346	2,866	1,01	890,24	172355540,58	920,75	0,000	0,00	6173,47
360	2,90	3,837	0,00	0,00	142418022,69	-1602432	2,894	0,94	859,78	173957972,29	890,24	0,000	0,00	5561,28
370	2,75	3,799	0,00	0,00	140870413,37	-1547609	2,922	0,88	829,37	175505581,60	859,78	0,000	0,00	4991,75
380	2,60	3,762	0,00	0,00	139377547,89	-1492865	2,821	0,94	858,77	169899781,76	-3114,33	0,170	3943,70	5541,63
390	2,46	3,724	0,00	0,00	137831763,24	-1545785	2,710	1,01	891,42	163835623,12	-3368,98	0,217	4227,75	6198,04
400	2,32	3,684	0,00	0,00	136227207,82	-1604555	2,595	1,09	924,25	157684195,73	-3417,46	0,250	4308,88	6908,36
410	2,18	3,643	0,00	0,00	134563559,97	-1663648	2,478	1,17	955,86	151629858,30	-3363,52	0,276	4287,77	7641,68
420	2,05	3,600	0,00	0,00	132843014,97	-1720545	2,361	1,24	985,54	145776955,57	-3251,61	0,296	4207,47	8375,77
430	1,92	3,556	0,00	0,00	131069051,51	-1773963	2,247	1,31	1012,90	140187807,57	-3105,08	0,311	4090,62	9092,96
440	1,81	3,510	0,00	0,00	129245835,09	-1823216	2,137	1,37	1037,74	134899945,44	-2937,70	0,322	3950,60	9778,57
450	1,70	3,463	0,00	0,00	127377900,88	-1867934	2,030	1,43	1059,96	129935230,59	-2758,17	0,329	3795,92	10420,18
460	1,60	3,415	0,00	0,00	125469974,66	-1907926	1,929	1,49	1079,50	125305300,13	-2572,18	0,332	3632,14	11007,27
470	1,51	3,366	0,00	0,00	123526869,31	-1943105	1,833	1,53	1096,36	121015196,32	-2383,39	0,331	3462,89	11530,91
480	1,43	3,316	0,00	0,00	121553427,49	-1973442	1,743	1,57	1110,52	117066060,97	-2193,96	0,325	3290,32	11983,51
490	1,36	3,264	0,00	0,00	119554496,45	-1998931	1,659	1,61	1121,98	113457360,82	-2004,83	0,315	3115,35	12358,49
500	1,30	3,212	0,00	0,00	117534929,36	-2019567	1,582	1,63	1130,73	110188923,58	-1815,80	0,300	2937,78	12649,90
510	1,26	3,160	0,00	0,00	115499611,79	-2035318	1,511	1,65	1136,72	107262983,82	-1625,52	0,279	2756,25	12851,94
520	1,23	3,106	0,00	0,00	113453515,81	-2046096	1,449	1,66	1139,85	104686421,14	-1431,42	0,254	2568,14	12958,38
530	1,21	3,052	0,00	0,00	111401786,74	-2051729	1,394	1,66	1139,95	102473413,77	-1229,45	0,223	2369,30	12961,89
540	1,20	2,997	0,00	0,00	109349872,03	-2051915	1,349	1,65	1136,76	100648866,48	-1013,64	0,188	2153,59	12853,22
550	1,21	2,943	0,00	0,00	107303708,16	-2046164	1,314	1,63	1129,84	99253334,18	-775,30	0,149	1912,05	12620,01
560	1,23	2,887	0,00	0,00	105269995,04	-2033713	1,292	1,60	1118,54	98351242,20	-501,16	0,108	1631,00	12245,15

570	1,26	2,832	0,00	0,00	103256620,50	-2013375	1,284	1,55	1101,79	98048308,22	-168,30	0,066	1286,84	11703,10
580	1,30	2,778	0,00	0,00	101273404,00	-1983217	1,297	1,48	1077,51	98549663,90	278,53	0,026	823,26	10946,52
590	1,36	2,723	0,00	0,00	99333879,89	-1939524	1,345	1,38	1039,44	100489188,02	1077,51	0,000	0,00	9826,57
600	1,43	2,670	0,00	0,00	97462893,98	-1870986	1,392	1,28	1001,27	102360173,92	1039,44	0,000	0,00	8783,48
610	1,51	2,619	0,00	0,00	95660601,36	-1802293	1,436	1,18	963,01	104162466,54	1001,27	0,000	0,00	7814,50
620	1,60	2,569	0,00	0,00	93927182,28	-1733419	1,478	1,09	924,63	105895885,63	963,01	0,000	0,00	6917,00
630	1,70	2,520	0,00	0,00	92262840,59	-1664342	1,519	1,00	886,13	107560227,31	924,63	0,000	0,00	6088,41
640	1,81	2,473	0,00	0,00	90667802,27	-1595038	1,557	0,92	847,49	109155265,63	886,13	0,000	0,00	5326,20
650	1,92	2,427	0,00	0,00	89142314,01	-1525488	1,593	0,83	808,71	110680753,90	847,49	0,000	0,00	4627,87
660	2,05	2,384	0,00	0,00	87686641,97	-1455672	1,628	0,76	769,76	112136425,93	808,71	0,000	0,00	3990,96
670	2,18	2,341	0,00	0,00	86301070,79	-1385571	1,660	0,68	730,65	113521997,11	769,76	0,000	0,00	3412,98
680	2,32	2,301	0,02	681,21	84985902,73	-1315168	1,691	0,61	691,36	114837165,17	730,65	0,000	0,00	2891,47
690	2,46	2,300	0,16	2038,37	84967642,11	-18260,6	1,720	0,58	674,45	116081610,56	691,36	0,000	0,00	2684,45
700	2,60	2,376	0,23	2441,17	87422704,06	2455062	1,748	0,63	701,43	117295619,32	674,45	0,000	0,00	3019,67
710	2,75	2,470	0,28	2708,03	90554236,54	3131532	1,777	0,69	736,97	118558191,48	701,43	0,000	0,00	3502,27
720	2,90	2,574	0,33	2911,25	94102144,64	3547908	1,807	0,77	775,32	119884729,79	736,97	0,000	0,00	4077,98
730	3,05	2,684	0,36	3075,81	97946829,69	3844685	1,839	0,85	814,11	121280299,49	775,32	0,000	0,00	4721,17
740	3,20	2,798	0,40	3212,31	102017906,58	4071077	1,872	0,93	852,23	122745689,28	814,11	0,000	0,00	5416,06
750	3,34	2,915	0,43	3325,50	106266037,18	4248131	1,906	1,01	889,17	124279709,23	852,23	0,000	0,00	6151,22
760	3,48	3,032	0,45	3417,43	110651428,15	4385391	1,942	1,09	924,65	125880213,91	889,17	0,000	0,00	6917,43
770	3,62	3,150	0,47	3488,74	115138424,77	4486997	1,978	1,17	958,56	127544589,68	924,65	0,000	0,00	7706,57
780	3,75	3,268	0,48	3539,32	119692757,21	4554332	2,016	1,25	990,81	129269991,36	958,56	0,000	0,00	8511,01
790	3,88	3,385	0,49	3568,66	124280079,44	4587322	2,054	1,33	1021,37	131053451,96	990,81	0,000	0,00	9323,13
800	3,99	3,501	0,49	3576,01	128865192,29	4585113	2,094	1,41	1050,20	132891924,13	1021,37	0,000	0,00	10134,98
810	4,10	3,614	0,49	3560,53	133411650,02	4546458	2,134	1,48	1077,23	134782282,44	1050,20	0,000	0,00	10937,99
820	4,20	3,725	0,48	3521,33	137881586,63	4469937	2,175	1,55	1102,40	136721302,72	1077,23	0,000	0,00	11722,73
830	4,29	3,833	0,46	3457,50	142235662,20	4354076	2,217	1,62	1125,61	138705627,55	1102,40	0,000	0,00	12478,74
840	4,37	3,936	0,44	3368,07	146433059,64	4197397	2,259	1,68	1146,73	140731723,88	1125,61	0,000	0,00	13194,43
850	4,44	4,034	0,41	3252,04	150431475,34	3998416	2,301	1,73	1165,61	142795836,41	1146,73	0,000	0,00	13857,05
860	4,50	4,126	0,37	3108,26	154187050,18	3755575	2,343	1,78	1182,08	144893939,05	1165,61	0,000	0,00	14452,72

870	4,54	4,211	0,33	2935,35	157654180,89	3467131	2,386	1,82	1195,93	147021684,80	1182,08	0,000	0,00	14966,56
880	4,57	4,287	0,29	2731,47	160785133,45	3130953	2,429	1,86	1206,91	149174353,36	1195,93	0,000	0,00	15382,74
890	4,59	4,354	0,24	2494,09	163529336,84	2744203	2,472	1,88	1214,75	151346793,16	1206,91	0,000	0,00	15684,62
900	4,60	4,410	0,19	2219,36	165832136,97	2302800	2,515	1,90	1219,13	153533352,03	1214,75	0,000	0,00	15854,71
910	4,59	4,454	0,14	1900,94	167632550,64	1800414	2,557	1,90	1219,63	155727786,18	1219,13	0,000	0,00	15874,41
920	4,57	4,484	0,09	1526,86	168858893,52	1226343	2,599	1,89	1215,75	157923128,93	1219,63	0,000	0,00	15723,26
930	4,54	4,498	0,04	1068,28	169418886,27	559992,8	2,641	1,86	1206,75	160111481,59	1215,75	0,000	0,00	15376,65
940	4,50	4,492	0,01	374,80	169169642,16	-249244	2,681	1,81	1191,42	162283634,44	1206,75	0,000	0,00	14798,14
950	4,44	4,456	0,00	0,00	167699723,04	-1469919	2,721	1,73	1166,21	164428197,64	1191,42	0,000	0,00	13878,36
960	4,37	4,405	0,00	0,00	165600545,26	-2099178	2,760	1,64	1135,56	166527375,42	1166,21	0,000	0,00	12812,48
970	4,29	4,355	0,00	0,00	163556545,34	-2044000	2,797	1,56	1105,01	168571375,34	1135,56	0,000	0,00	11806,11
980	4,20	4,306	0,00	0,00	161567527,00	-1989018	2,833	1,47	1074,57	170560393,68	1105,01	0,000	0,00	10857,00
990	4,10	4,259	0,00	0,00	159633304,53	-1934222	2,868	1,39	1044,22	172494616,15	1074,57	0,000	0,00	9962,95
1000	3,99	4,213	0,00	0,00	157753703,20	-1879601	2,902	1,31	1013,97	174374217,48	1044,22	0,000	0,00	9121,82
1010	3,88	4,168	0,00	0,00	155928559,73	-1825143	2,934	1,23	983,80	176199360,95	1013,97	0,000	0,00	8331,56
1020	3,75	4,125	0,00	0,00	154157722,53	-1770837	2,965	1,16	953,71	177970198,15	983,80	0,000	0,00	7590,17
1030	3,62	4,083	0,00	0,00	152441051,94	-1716671	2,995	1,09	923,68	179686868,74	953,71	0,000	0,00	6895,70
1040	3,48	4,042	0,00	0,00	150778420,37	-1662632	3,024	1,02	893,73	181349500,31	923,68	0,000	0,00	6246,29
1050	3,34	4,003	0,00	0,00	149169712,42	-1608708	3,051	0,95	863,83	182958208,26	893,73	0,000	0,00	5640,11
1060	3,20	3,965	0,00	0,00	147614824,91	-1554888	3,078	0,89	833,98	184513095,77	863,83	0,000	0,00	5075,39
1070	3,05	3,928	0,00	0,00	146113666,86	-1501158	3,103	0,82	804,17	186014253,82	833,98	0,000	0,00	4550,43
1080	2,90	3,892	0,00	0,00	144666159,53	-1447507	3,052	0,84	811,82	182995807,14	-1676,91	0,055	2481,09	4681,54
1090	2,75	3,856	0,00	0,00	143204882,03	-1461277	2,955	0,90	840,78	177393027,21	-3112,66	0,152	3924,48	5200,59
1100	2,60	3,819	0,00	0,00	141691480,88	-1513401	2,844	0,98	874,42	171145065,25	-3471,09	0,203	4311,87	5850,24
1110	2,46	3,780	0,00	0,00	140117518,03	-1573963	2,727	1,05	908,83	164724560,10	-3566,95	0,239	4441,37	6568,45
1120	2,32	3,740	0,00	0,00	138481615,64	-1635902	2,607	1,13	942,33	158353487,75	-3539,48	0,267	4448,32	7321,72
1130	2,18	3,698	0,00	0,00	136785426,69	-1696189	2,488	1,21	974,06	152155510,93	-3443,32	0,289	4385,65	8086,67
1140	2,05	3,655	0,00	0,00	135032112,49	-1753314	2,370	1,28	1003,60	146204838,09	-3305,93	0,306	4279,99	8844,77
1150	1,92	3,610	0,00	0,00	133225637,44	-1806475	2,255	1,35	1030,69	140547099,51	-3143,19	0,320	4146,79	9580,46
1160	1,81	3,563	0,00	0,00	131370403,89	-1855234	2,143	1,42	1055,20	135209907,41	-2965,11	0,330	3995,79	10280,39

1170	1,70	3,516	0,00	0,00	129471048,23	-1899356	2,036	1,48	1077,07	130208920,77	-2778,33	0,336	3833,52	10933,03
1180	1,60	3,467	0,00	0,00	127532321,16	-1938727	1,934	1,53	1096,28	125551738,73	-2587,32	0,338	3664,39	11528,50
1190	1,51	3,417	0,00	0,00	125559016,75	-1973304	1,838	1,58	1112,82	121240680,94	-2395,03	0,337	3491,31	12058,34
1200	1,43	3,367	0,00	0,00	123555933,30	-2003083	1,747	1,62	1126,71	117274990,29	-2203,16	0,330	3315,99	12515,33
1210	1,36	3,315	0,00	0,00	121527858,51	-2028075	1,663	1,65	1137,93	113652760,26	-2012,35	0,320	3139,06	12893,18
1220	1,30	3,263	0,00	0,00	119479576,33	-2048282	1,586	1,68	1146,49	110372781,92	-1822,21	0,304	2960,14	13186,14
1230	1,26	3,209	0,00	0,00	117415896,23	-2063680	1,516	1,69	1152,33	107436463,90	-1631,29	0,283	2777,78	13388,60
1240	1,23	3,155	0,00	0,00	115341707,92	-2074188	1,453	1,70	1155,36	104849979,18	-1436,94	0,258	2589,26	13494,46
1250	1,21	3,101	0,00	0,00	113262067,24	-2079641	1,398	1,70	1155,41	102626842,47	-1235,08	0,227	2390,43	13496,48
1260	1,20	3,046	0,00	0,00	111182322,56	-2079745	1,353	1,69	1152,24	100791255,90	-1019,77	0,192	2175,18	13385,44
1270	1,21	2,991	0,00	0,00	109108297,15	-2074025	1,318	1,67	1145,41	99382908,79	-782,42	0,153	1934,65	13149,02
1280	1,23	2,936	0,00	0,00	107046555,52	-2061742	1,294	1,64	1134,30	98464931,65	-509,99	0,111	1655,40	12770,08
1290	1,26	2,880	0,00	0,00	105004812,88	-2041743	1,286	1,59	1117,87	98140485,36	-180,25	0,069	1314,55	12223,18
1300	1,30	2,825	0,00	0,00	102992643,59	-2012169	1,298	1,53	1094,17	98606066,96	258,66	0,028	859,22	11462,20
1310	1,36	2,771	0,00	0,00	101023129,26	-1969514	1,347	1,42	1056,31	100575581,29	1094,17	0,000	0,00	10312,85
1320	1,43	2,717	0,00	0,00	99121776,28	-1901353	1,395	1,32	1018,37	102476934,27	1056,31	0,000	0,00	9241,00
1330	1,51	2,665	0,00	0,00	97288718,70	-1833058	1,440	1,23	980,33	104309991,85	1018,37	0,000	0,00	8243,87
1340	1,60	2,615	0,00	0,00	95524116,38	-1764602	1,483	1,13	942,20	106074594,17	980,33	0,000	0,00	7318,80
1350	1,70	2,566	0,00	0,00	93828153,45	-1695963	1,524	1,04	903,95	107770557,10	942,20	0,000	0,00	6463,19
1360	1,81	2,518	0,00	0,00	92201036,79	-1627117	1,563	0,96	865,58	109397673,76	903,95	0,000	0,00	5674,51
1370	1,92	2,472	0,00	0,00	90642994,61	-1558042	1,600	0,87	827,07	110955715,94	865,58	0,000	0,00	4950,27
1380	2,05	2,428	0,00	0,00	89154275,14	-1488719	1,635	0,79	788,41	112444435,41	827,07	0,000	0,00	4288,02
1390	2,18	2,385	0,00	0,00	87735145,54	-1419130	1,668	0,72	749,59	113863565,01	788,41	0,000	0,00	3685,30
1400	2,32	2,344	0,00	0,00	86385890,93	-1349255	1,700	0,64	710,60	115212819,62	749,59	0,000	0,00	3139,65
1410	2,46	2,304	0,16	2010,70	85106813,83	-1279077	1,729	0,58	671,43	116491896,72	710,60	0,000	0,00	2648,60
1420	2,60	2,378	0,23	2425,78	87517501,99	2410688	1,757	0,62	697,83	117700476,63	671,43	0,000	0,00	2973,40
1430	2,75	2,472	0,28	2697,51	90627808,83	3110307	1,786	0,69	733,28	118956567,78	697,83	0,000	0,00	3449,94
1440	2,90	2,576	0,32	2903,30	94163427,46	3535619	1,816	0,76	771,71	120276466,28	733,28	0,000	0,00	4021,32
				150109,99					150109,82					1509908,45

Tabel 4. 10 Perhitungan Energi Percobaan 1

Laut		Kolam 1					Kolam 2							
t	Elv	Elv	dh	Qin	Vol	delta V	Elv	dh	Q	Vol	delta Q	Kolam2-Laut	Qout	energi
0	2,90	2,585	0,31	2171,91	94500000,00		1,810	0,78	779,81	120000000,00				4149,31
10	3,05	2,657	0,39	2420,68	97005771,04	2505771,04	1,842	0,82	799,76	121403659,59	779,8109	0,000	0,00	4475,98
20	3,20	2,740	0,46	2613,14	99923424,94	2917653,90	1,874	0,87	823,93	122843228,30	799,7604	0,000	0,00	4894,15
30	3,34	2,829	0,51	2767,49	103144009,54	3220584,60	1,907	0,92	850,29	124326300,45	823,929	0,000	0,00	5379,01
40	3,48	2,923	0,56	2892,82	106594979,94	3450970,41	1,941	0,98	877,60	125856814,21	850,2854	0,000	0,00	5914,18
50	3,62	3,021	0,60	2994,03	110222376,66	3627396,71	1,976	1,04	905,09	127436489,75	877,5975	0,000	0,00	6487,53
60	3,75	3,120	0,63	3073,85	113982476,87	3760100,21	2,011	1,11	932,25	129065647,20	905,0875	0,000	0,00	7089,33
70	3,88	3,220	0,65	3133,74	117837358,52	3854881,65	2,048	1,17	958,75	130743696,94	932,2499	0,000	0,00	7711,14
80	3,99	3,321	0,67	3174,43	121752353,30	3914994,78	2,085	1,24	984,34	132469439,71	958,746	0,000	0,00	8345,31
90	4,10	3,421	0,68	3196,14	125694508,42	3942155,12	2,123	1,30	1008,85	134241250,08	984,3391	0,000	0,00	8984,46
100	4,20	3,520	0,68	3198,82	129631624,77	3937116,36	2,161	1,36	1032,15	136057185,82	1008,853	0,000	0,00	9621,25
110	4,29	3,617	0,68	3182,19	133531638,17	3900013,40	2,200	1,42	1054,09	137915048,90	1032,146	0,000	0,00	10248,10
120	4,37	3,712	0,66	3145,80	137362206,74	3830568,57	2,240	1,47	1074,57	139812414,13	1054,092	0,000	0,00	10856,99
130	4,44	3,804	0,64	3089,07	141090416,93	3728210,19	2,279	1,53	1093,45	141746636,02	1074,568	0,000	0,00	11439,35
140	4,50	3,893	0,60	3011,30	144682545,53	3592128,60	2,320	1,57	1110,59	143714840,51	1093,447	0,000	0,00	11985,93
150	4,54	3,977	0,57	2911,60	148103826,46	3421280,93	2,360	1,62	1125,85	145713906,11	1110,592	0,000	0,00	12486,77
160	4,57	4,056	0,52	2788,84	151318172,38	3214345,92	2,401	1,65	1139,05	147740436,95	1125,85	0,000	0,00	12931,16
170	4,59	4,128	0,47	2641,57	154287791,95	2969619,57	2,441	1,69	1150,00	149790728,68	1139,051	0,000	0,00	13307,62
180	4,60	4,194	0,41	2467,80	156972619,14	2684827,20	2,482	1,71	1158,47	151860726,58	1149,999	0,000	0,00	13603,88
190	4,59	4,252	0,34	2264,69	159329416,63	2356797,49	2,523	1,73	1164,20	153945972,96	1158,47	0,000	0,00	13806,84
200	4,57	4,300	0,27	2027,88	161310293,98	1980877,35	2,563	1,74	1166,88	156041538,52	1164,203	0,000	0,00	13902,38
210	4,54	4,338	0,20	1750,08	162860087,22	1549793,24	2,603	1,73	1166,11	158141926,66	1166,882	0,000	0,00	13874,91
220	4,50	4,364	0,13	1417,27	163911225,08	1051137,86	2,643	1,72	1161,37	160240930,61	1166,113	0,000	0,00	13706,34
230	4,44	4,375	0,07	994,34	164371849,20	460624,12	2,682	1,69	1151,89	162331399,13	1161,371	0,000	0,00	13373,28
240	4,37	4,368	0,00	256,35	164088258,55	-283590,65	2,721	1,65	1136,30	164404796,24	1151,887	0,000	0,00	12837,63
250	4,29	4,329	0,00	0,00	162504356,35	-1583902,20	2,759	1,57	1109,62	166450132,82	1136,298	0,000	0,00	11954,54
260	4,20	4,280	0,00	0,00	160507037,57	-1997318,78	2,795	1,49	1079,06	168447451,60	1109,622	0,000	0,00	10993,71

270	4,10	4,233	0,00	0,00	158564730,65	-1942306,92	2,830	1,40	1048,60	170389758,52	1079,059	0,000	0,00	10088,64
280	3,99	4,187	0,00	0,00	156677257,97	-1887472,68	2,864	1,32	1018,22	172277231,20	1048,596	0,000	0,00	9237,17
290	3,88	4,142	0,00	0,00	154844453,83	-1832804,14	2,897	1,24	987,94	174110035,34	1018,225	0,000	0,00	8437,19
300	3,75	4,098	0,00	0,00	153066164,71	-1778289,12	2,928	1,17	957,73	175888324,46	987,9384	0,000	0,00	7686,67
310	3,62	4,056	0,00	0,00	151342249,44	-1723915,27	2,959	1,10	927,59	177612239,72	957,7307	0,000	0,00	6983,65
320	3,48	4,015	0,00	0,00	149672579,37	-1669670,07	2,988	1,03	897,52	179281909,80	927,5945	0,000	0,00	6326,22
330	3,34	3,976	0,00	0,00	148057038,38	-1615540,99	3,016	0,96	867,51	180897450,78	897,5228	0,000	0,00	5712,54
340	3,20	3,937	0,00	0,00	146495522,97	-1561515,42	3,043	0,89	837,54	182458966,20	867,5086	0,000	0,00	5140,82
350	3,05	3,900	0,00	0,00	144987942,16	-1507580,80	3,068	0,83	807,62	183966547,00	837,5449	0,000	0,00	4609,32
360	2,90	3,865	0,00	0,00	143534217,55	-1453724,62	3,047	0,82	800,64	182713471,46	-696,153	0,020	1503,78	4490,78
370	2,75	3,829	0,00	0,00	142093063,29	-1441154,26	2,951	0,88	829,49	177203948,56	-3060,85	0,147	3861,49	4993,91
380	2,60	3,792	0,00	0,00	140599982,45	-1493080,84	2,841	0,95	863,47	170999252,53	-3447,05	0,200	4276,54	5633,18
390	2,46	3,754	0,00	0,00	139045732,27	-1554250,18	2,725	1,03	898,33	164602993,55	-3553,48	0,237	4416,95	6343,38
400	2,32	3,714	0,00	0,00	137428732,51	-1616999,76	2,605	1,11	932,29	158246819,39	-3531,21	0,265	4429,54	7090,17
410	2,18	3,672	0,00	0,00	135750615,96	-1678116,55	2,486	1,19	964,46	152058549,56	-3437,93	0,287	4370,21	7849,82
420	2,05	3,629	0,00	0,00	134014589,44	-1736026,52	2,368	1,26	994,39	146114478,01	-3302,26	0,304	4266,72	8603,58
430	1,92	3,585	0,00	0,00	132224685,95	-1789903,49	2,253	1,33	1021,84	140461387,72	-3140,61	0,318	4135,00	9335,79
440	1,81	3,539	0,00	0,00	130385382,19	-1839303,75	2,141	1,40	1046,66	135127575,73	-2963,23	0,328	3985,06	10032,97
450	1,70	3,492	0,00	0,00	128501387,52	-1883994,68	2,034	1,46	1068,81	130129134,20	-2776,91	0,334	3823,58	10683,54
460	1,60	3,443	0,00	0,00	126577521,48	-1923866,04	1,933	1,51	1088,27	125473954,06	-2586,21	0,337	3655,03	11277,52
470	1,51	3,394	0,00	0,00	124618642,15	-1958879,33	1,836	1,56	1105,02	121164565,36	-2394,1	0,335	3482,37	11806,41
480	1,43	3,343	0,00	0,00	122629607,20	-1989034,95	1,746	1,60	1119,08	117200375,05	-2202,33	0,329	3307,35	12262,92
490	1,36	3,292	0,00	0,00	120615259,65	-2014347,55	1,662	1,63	1130,46	113579615,91	-2011,53	0,318	3130,61	12640,70
500	1,30	3,239	0,00	0,00	118580435,65	-2034824,00	1,584	1,66	1139,13	110301208,47	-1821,34	0,302	2951,80	12933,98
510	1,26	3,186	0,00	0,00	116529994,75	-2050440,90	1,514	1,67	1145,07	107366692,66	-1630,29	0,282	2769,42	13137,11
520	1,23	3,133	0,00	0,00	114468875,83	-2061118,92	1,451	1,68	1148,16	104782386,20	-1435,73	0,256	2580,79	13243,95
530	1,21	3,078	0,00	0,00	112402184,46	-2066691,37	1,397	1,68	1148,26	102561976,67	-1233,56	0,225	2381,72	13247,25
540	1,20	3,024	0,00	0,00	110335321,15	-2066863,31	1,351	1,67	1145,09	100729890,90	-1017,83	0,190	2166,08	13137,79
550	1,21	2,969	0,00	0,00	108274166,27	-2061154,88	1,316	1,65	1138,23	99326141,43	-779,861	0,151	1924,95	12903,26
560	1,23	2,913	0,00	0,00	106225350,44	-2048815,83	1,293	1,62	1127,04	98414393,78	-506,526	0,110	1644,76	12526,53

570	1,26	2,858	0,00	0,00	104196671,04	-2028679,40	1,285	1,57	1110,47	98098922,97	-175,262	0,067	1302,31	11982,13
580	1,30	2,803	0,00	0,00	102197816,64	-1998854,39	1,297	1,51	1086,52	98580029,52	267,2814	0,027	843,19	11223,42
590	1,36	2,749	0,00	0,00	100242074,93	-1955741,71	1,346	1,40	1048,56	100535771,23	1086,523	0,000	0,00	10087,61
600	1,43	2,696	0,00	0,00	98354666,36	-1887408,57	1,393	1,30	1010,52	102423179,80	1048,56	0,000	0,00	9029,00
610	1,51	2,644	0,00	0,00	96535734,70	-1818931,67	1,438	1,21	972,38	104242111,47	1010,518	0,000	0,00	8044,84
620	1,60	2,594	0,00	0,00	94785449,22	-1750285,48	1,481	1,11	934,14	105992396,95	972,3808	0,000	0,00	7132,46
630	1,70	2,545	0,00	0,00	93104003,18	-1681446,04	1,521	1,02	895,77	107673842,99	934,1367	0,000	0,00	6289,29
640	1,81	2,497	0,00	0,00	91491612,27	-1612390,91	1,560	0,94	857,28	109286233,90	895,7727	0,000	0,00	5512,80
650	1,92	2,452	0,00	0,00	89948513,26	-1543099,01	1,597	0,85	818,64	110829332,91	857,2772	0,000	0,00	4800,49
660	2,05	2,407	0,00	0,00	88474962,67	-1473550,59	1,632	0,78	779,85	112302883,49	818,6392	0,000	0,00	4149,91
670	2,18	2,365	0,00	0,00	87071235,73	-1403726,95	1,665	0,70	740,89	113706610,44	779,8483	0,000	0,00	3558,58
680	2,32	2,324	0,00	0,00	85737625,46	-1333610,27	1,696	0,63	701,77	115040220,71	740,8946	0,000	0,00	3024,05
690	2,46	2,285	0,18	1620,79	84474442,22	-1263183,23	1,725	0,56	662,46	116303403,94	701,7685	0,000	0,00	2543,83
700	2,60	2,338	0,27	1999,73	86199443,97	1725001,74	1,753	0,59	677,56	117495832,57	662,4604	0,000	0,00	2721,77
710	2,75	2,411	0,34	2262,32	88579357,96	2379914,00	1,781	0,63	702,81	118715441,09	677,5603	0,000	0,00	3037,48
720	2,90	2,494	0,41	2466,40	91386485,95	2807127,99	1,809	0,69	732,83	119980490,44	702,8052	0,000	0,00	3443,65
730	3,05	2,586	0,46	2633,65	94506908,43	3120422,48	1,839	0,75	764,97	121299586,32	732,831	0,000	0,00	3916,94
740	3,20	2,682	0,51	2774,18	97870521,93	3363613,50	1,870	0,81	797,77	122676538,45	764,9734	0,000	0,00	4442,61
750	3,34	2,782	0,56	2893,17	101428062,21	3557540,28	1,902	0,88	830,38	124112521,07	797,7681	0,000	0,00	5009,93
760	3,48	2,884	0,60	2993,35	105141097,05	3713034,84	1,936	0,95	862,30	125607197,44	830,3758	0,000	0,00	5610,33
770	3,62	2,987	0,63	3076,10	108976986,52	3835889,47	1,970	1,02	893,26	127159343,56	862,3034	0,000	0,00	6236,44
780	3,75	3,092	0,66	3142,03	112906111,53	3929125,00	2,005	1,09	923,06	128767205,33	893,2565	0,000	0,00	6881,63
790	3,88	3,196	0,68	3191,25	116900260,28	3994148,75	2,041	1,15	951,59	130428705,08	923,0554	0,000	0,00	7539,66
800	3,99	3,300	0,69	3223,60	120931654,06	4031393,78	2,078	1,22	978,77	132141559,29	951,5857	0,000	0,00	8204,41
810	4,10	3,403	0,70	3238,71	124972346,36	4040692,31	2,116	1,29	1004,54	133903341,54	978,7679	0,000	0,00	8869,67
820	4,20	3,504	0,70	3236,08	128993848,17	4021501,80	2,154	1,35	1028,84	135711510,50	1004,538	0,000	0,00	9528,98
830	4,29	3,603	0,69	3215,14	132966891,38	3973043,21	2,193	1,41	1051,59	137563415,04	1028,836	0,000	0,00	10175,41
840	4,37	3,700	0,67	3175,21	136861273,06	3894381,68	2,232	1,47	1072,73	139456283,87	1051,594	0,000	0,00	10801,50
850	4,44	3,793	0,65	3115,57	140645738,53	3784465,46	2,272	1,52	1092,16	141387204,69	1072,734	0,000	0,00	11399,06
860	4,50	3,883	0,61	3035,36	144287868,46	3642129,93	2,312	1,57	1109,77	143353096,16	1092,162	0,000	0,00	11959,20

870	4,54	3,968	0,57	2933,61	147753936,13	3466067,67	2,353	1,62	1125,41	145350674,62	1109,766	0,000	0,00	12472,20
880	4,57	4,048	0,53	2809,14	151008695,90	3254759,77	2,393	1,65	1138,94	147376416,60	1125,412	0,000	0,00	12927,54
890	4,59	4,122	0,47	2660,44	154015051,66	3006355,76	2,434	1,69	1150,18	149426517,05	1138,945	0,000	0,00	13313,92
900	4,60	4,188	0,41	2485,50	156733527,37	2718475,71	2,475	1,71	1158,90	151496841,72	1150,18	0,000	0,00	13619,20
910	4,59	4,246	0,35	2281,47	159121406,96	2387879,60	2,516	1,73	1164,86	153582870,55	1158,905	0,000	0,00	13830,38
920	4,57	4,296	0,28	2043,99	161131291,26	2009884,30	2,556	1,74	1167,75	155679626,16	1164,864	0,000	0,00	13933,43
930	4,54	4,334	0,21	1765,88	162708531,45	1577240,19	2,597	1,74	1167,18	157781576,62	1167,75	0,000	0,00	13912,86
940	4,50	4,360	0,14	1433,35	163786200,82	1077669,37	2,636	1,72	1162,62	159882492,24	1167,175	0,000	0,00	13750,69
950	4,44	4,372	0,07	1012,30	164273512,38	487311,56	2,676	1,70	1153,34	161975213,14	1162,623	0,000	0,00	13423,77
960	4,37	4,366	0,01	301,44	164019651,70	-253860,68	2,714	1,65	1137,98	164051216,32	1153,335	0,000	0,00	12894,67
970	4,29	4,329	0,00	0,00	162513883,35	-1505768,35	2,752	1,58	1111,98	166099577,75	1137,979	0,000	0,00	12030,78
980	4,20	4,280	0,00	0,00	160512327,19	-2001556,16	2,789	1,49	1081,39	168101133,91	1111,976	0,000	0,00	11065,23
990	4,10	4,233	0,00	0,00	158565817,47	-1946509,72	2,824	1,41	1050,91	170047643,63	1081,394	0,000	0,00	10155,64
1000	3,99	4,187	0,00	0,00	156674175,56	-1891641,91	2,858	1,33	1020,52	171939285,54	1050,912	0,000	0,00	9299,85
1010	3,88	4,142	0,00	0,00	154837234,78	-1836940,78	2,891	1,25	990,22	173776226,32	1020,523	0,000	0,00	8495,75
1020	3,75	4,098	0,00	0,00	153054840,65	-1782394,12	2,923	1,18	959,99	175558620,45	990,219	0,000	0,00	7741,30
1030	3,62	4,056	0,00	0,00	151326851,12	-1727989,53	2,953	1,10	929,84	177286609,98	959,9942	0,000	0,00	7034,52
1040	3,48	4,015	0,00	0,00	149653136,65	-1673714,47	2,982	1,03	899,75	178960324,45	929,8414	0,000	0,00	6373,51
1050	3,34	3,975	0,00	0,00	148033580,32	-1619556,34	3,010	0,96	869,72	180579880,79	899,7535	0,000	0,00	5756,41
1060	3,20	3,937	0,00	0,00	146468077,81	-1565502,51	3,037	0,90	839,74	182145383,30	869,7236	0,000	0,00	5181,43
1070	3,05	3,900	0,00	0,00	144956537,42	-1511540,39	3,063	0,84	809,81	183656923,68	839,7447	0,000	0,00	4646,83
1080	2,90	3,864	0,00	0,00	143498880,01	-1457657,41	3,048	0,82	799,58	182788707,85	-482,342	0,015	1292,15	4473,02
1090	2,75	3,828	0,00	0,00	142059628,34	-1439251,67	2,952	0,88	828,74	177246876,10	-3078,8	0,148	3878,38	4980,47
1100	2,60	3,792	0,00	0,00	140567888,25	-1491740,10	2,842	0,95	862,89	171026352,55	-3455,85	0,200	4284,59	5621,82
1110	2,46	3,753	0,00	0,00	139014683,51	-1553204,74	2,725	1,03	897,85	164620857,70	-3558,61	0,237	4421,50	6333,23
1120	2,32	3,713	0,00	0,00	137398545,86	-1616137,65	2,606	1,11	931,88	158258844,30	-3534,45	0,265	4432,31	7080,82
1130	2,18	3,672	0,00	0,00	135721167,98	-1677377,88	2,486	1,19	964,10	152066698,62	-3440,08	0,287	4371,96	7840,99
1140	2,05	3,629	0,00	0,00	133985792,52	-1735375,46	2,368	1,26	994,07	146119965,01	-3303,74	0,305	4267,84	8595,13
1150	1,92	3,584	0,00	0,00	132196475,43	-1789317,08	2,253	1,33	1021,54	140464997,78	-3141,65	0,318	4135,71	9327,61
1160	1,81	3,538	0,00	0,00	130357708,94	-1838766,49	2,142	1,40	1046,39	135129834,02	-2963,98	0,328	3985,52	10025,00

1170	1,70	3,491	0,00	0,00	128474213,27	-1883495,67	2,035	1,46	1068,55	130130401,63	-2777,46	0,334	3823,85	10675,73
1180	1,60	3,443	0,00	0,00	126550815,91	-1923397,36	1,933	1,51	1088,02	125474484,54	-2586,62	0,337	3655,17	11269,85
1190	1,51	3,393	0,00	0,00	124592380,90	-1958435,00	1,836	1,56	1104,78	121164541,60	-2394,41	0,335	3482,43	11798,85
1200	1,43	3,342	0,00	0,00	122603770,53	-1988610,37	1,746	1,60	1118,86	117199931,57	-2202,56	0,329	3307,34	12255,46
1210	1,36	3,291	0,00	0,00	120589831,51	-2013939,03	1,662	1,63	1130,24	113578854,37	-2011,71	0,318	3130,56	12633,33
1220	1,30	3,239	0,00	0,00	118555403,00	-2034428,51	1,584	1,65	1138,92	110300208,18	-1821,47	0,302	2951,71	12926,70
1230	1,26	3,186	0,00	0,00	116505347,13	-2050055,87	1,514	1,67	1144,86	107365517,91	-1630,38	0,282	2769,30	13129,90
1240	1,23	3,132	0,00	0,00	114444605,02	-2060742,10	1,451	1,68	1147,96	104781091,83	-1435,79	0,256	2580,65	13236,82
1250	1,21	3,078	0,00	0,00	112378284,33	-2066320,69	1,397	1,68	1148,05	102560612,44	-1233,6	0,225	2381,56	13240,21
1260	1,20	3,023	0,00	0,00	110311787,53	-2066496,80	1,351	1,67	1144,88	100728505,49	-1017,84	0,190	2165,89	13130,83
1270	1,21	2,968	0,00	0,00	108250997,02	-2060790,52	1,316	1,65	1138,03	99324787,10	-779,844	0,151	1924,73	12896,37
1280	1,23	2,913	0,00	0,00	106202545,59	-2048451,43	1,293	1,62	1126,84	98413133,62	-506,474	0,110	1644,50	12519,73
1290	1,26	2,858	0,00	0,00	104174233,20	-2028312,39	1,285	1,57	1110,27	98097848,05	-175,159	0,067	1302,00	11975,42
1300	1,30	2,803	0,00	0,00	102175751,85	-1998481,35	1,297	1,51	1086,31	98579334,79	267,4926	0,027	842,77	11216,79
1310	1,36	2,748	0,00	0,00	100220395,18	-1955356,67	1,346	1,40	1048,34	100534691,46	1086,309	0,000	0,00	10081,36
1320	1,43	2,695	0,00	0,00	98333376,48	-1887018,70	1,393	1,30	1010,30	102421710,16	1048,344	0,000	0,00	9023,12
1330	1,51	2,643	0,00	0,00	96514839,78	-1818536,70	1,438	1,21	972,16	104240246,86	1010,298	0,000	0,00	8039,32
1340	1,60	2,593	0,00	0,00	94764954,62	-1749885,16	1,481	1,11	933,91	105990132,02	972,1584	0,000	0,00	7127,30
1350	1,70	2,544	0,00	0,00	93083914,51	-1681040,12	1,521	1,02	895,54	107671172,13	933,9112	0,000	0,00	6284,47
1360	1,81	2,497	0,00	0,00	91471935,38	-1611979,12	1,560	0,94	857,05	109283151,25	895,544	0,000	0,00	5508,32
1370	1,92	2,451	0,00	0,00	89929254,25	-1542681,14	1,597	0,85	818,40	110825832,39	857,0451	0,000	0,00	4796,35
1380	2,05	2,407	0,00	0,00	88456127,86	-1473126,39	1,632	0,78	779,61	112298958,78	818,4036	0,000	0,00	4146,09
1390	2,18	2,364	0,00	0,00	87052831,65	-1403296,21	1,665	0,70	740,65	113702254,99	779,609	0,000	0,00	3555,08
1400	2,32	2,323	0,00	0,00	85719658,89	-1333172,76	1,696	0,63	701,52	115035427,75	740,6515	0,000	0,00	3020,86
1410	2,46	2,284	0,18	1623,31	84456920,14	-1262738,74	1,725	0,56	662,21	116298166,50	701,5215	0,000	0,00	2540,94
1420	2,60	2,338	0,27	2001,18	86186909,25	1729989,11	1,752	0,59	677,41	117490143,44	662,2094	0,000	0,00	2720,00
1430	2,75	2,410	0,34	2263,29	88569683,90	2382774,64	1,780	0,63	702,72	118709487,42	677,4133	0,000	0,00	3036,35
1440	2,90	2,494	0,41	2467,10	91378708,42	2809024,52	1,809	0,68	732,78	119974380,48	702,7184	0,000	0,00	3442,97
				142960,49					142960,23					1292281,38

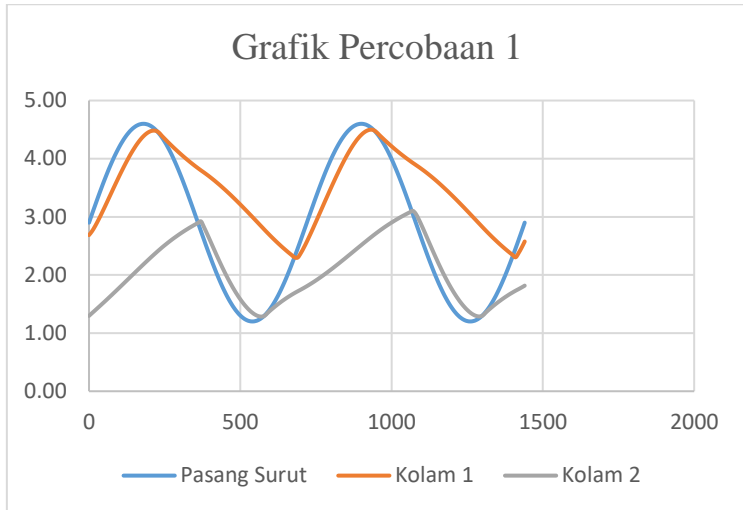
Laut		Kolam 1					Kolam 2							
t	Elv	Elv	dt	Qin	Vol	delta V	Elv	dh	Q	Vol	delta Q	Kolam2-Laut	Qout	Energi
0	2,90	2,438	0,46	1779,53	89485132,24		1,057	1,38	1040,34	89252978,05				
10	3,05	2,477	0,57	1977,36	90815663,45	1330531	1,106	1,37	1036,80	91125595,18	1040,34	0,00	0,00	9751,87
20	3,20	2,527	0,67	2138,94	92508682,65	1693019	1,155	1,37	1037,36	92991828,03	1036,80	0,00	0,00	9767,76
30	3,34	2,585	0,75	2274,00	94491521,11	1982838	1,203	1,38	1041,03	94859073,79	1037,36	0,00	0,00	9871,78
40	3,48	2,649	0,83	2388,08	96710871,25	2219350	1,251	1,40	1047,04	96732924,59	1041,03	0,00	0,00	10043,78
50	3,62	2,717	0,90	2484,53	99124743,19	2413872	1,298	1,42	1054,79	98617595,45	1047,04	0,00	0,00	10268,44
60	3,75	2,789	0,96	2565,46	101698271,45	2573528	1,346	1,44	1063,79	100516215,04	1054,79	0,00	0,00	10533,63
70	3,88	2,864	1,01	2632,22	104401268,28	2702997	1,393	1,47	1073,66	102431040,56	1063,79	0,00	0,00	10829,40
80	3,99	2,940	1,05	2685,67	107206682,66	2805414	1,441	1,50	1084,06	104363622,66	1073,66	0,00	0,00	11147,32
90	4,10	3,017	1,08	2726,32	110089575,89	2882893	1,489	1,53	1094,74	106314934,12	1084,06	0,00	0,00	11480,05
100	4,20	3,095	1,11	2754,45	113026413,44	2936838	1,536	1,56	1105,48	108285470,31	1094,74	0,00	0,00	11821,05
110	4,29	3,172	1,12	2770,16	115994560,70	2968147	1,584	1,59	1116,07	110275327,05	1105,48	0,00	0,00	12164,29
120	4,37	3,249	1,12	2773,43	118971914,80	2977354	1,631	1,62	1126,37	112284259,94	1116,07	0,00	0,00	12504,11
130	4,44	3,325	1,12	2764,15	121936629,00	2964714	1,679	1,65	1136,22	114311728,27	1126,37	0,00	0,00	12835,02
140	4,50	3,400	1,10	2742,09	124866899,43	2930270	1,726	1,67	1145,49	116356926,39	1136,22	0,00	0,00	13151,62
150	4,54	3,472	1,07	2706,99	127740791,92	2873892	1,774	1,70	1154,04	118418804,26	1145,49	0,00	0,00	13448,46
160	4,57	3,543	1,03	2658,46	130536090,73	2795299	1,821	1,72	1161,76	120496079,23	1154,04	0,00	0,00	13719,96
170	4,59	3,610	0,98	2596,06	133230152,65	2694062	1,868	1,74	1168,50	122587240,18	1161,76	0,00	0,00	13960,38
180	4,60	3,674	0,93	2519,22	135799749,41	2569597	1,915	1,76	1174,15	124690545,01	1168,50	0,00	0,00	14163,71
190	4,59	3,734	0,86	2427,24	138220878,28	2421129	1,962	1,77	1178,55	126804012,10	1174,15	0,00	0,00	14323,67
200	4,57	3,789	0,79	2319,20	140468514,09	2247636	2,008	1,78	1181,56	128925405,76	1178,55	0,00	0,00	14433,65
210	4,54	3,840	0,70	2193,89	142516262,84	2047749	2,054	1,79	1183,01	131052215,22	1181,56	0,00	0,00	14486,67
220	4,50	3,884	0,61	2049,64	144335852,55	1819590	2,100	1,78	1182,70	133181625,67	1183,01	0,00	0,00	14475,30
230	4,44	3,923	0,52	1884,03	145896347,32	1560495	2,145	1,78	1180,41	135310478,81	1182,70	0,00	0,00	14391,55
240	4,37	3,954	0,42	1693,36	147162864,15	1266517	2,190	1,76	1175,88	137435218,02	1180,41	0,00	0,00	14226,62
250	4,29	3,977	0,32	1471,40	148094319,16	931455	2,234	1,74	1168,78	139551809,39	1175,88	0,00	0,00	13970,48
260	4,20	3,990	0,21	1206,24	148639033,75	544714,6	2,278	1,71	1158,67	141655621,23	1168,78	0,00	0,00	13610,87
270	4,10	3,992	0,11	868,45	148724654,37	85620,62	2,320	1,67	1144,89	143741225,00	1158,67	0,00	0,00	13130,92

280	3,99	3,980	0,01	297,78	148227060,99	-497593	2,362	1,62	1126,28	145802020,27	1144,89	0,00	0,00	12501,23
290	3,88	3,943	0,00	0,00	146735746,44	-1491315	2,402	1,54	1099,08	147829332,73	1126,28	0,00	0,00	11617,19
300	3,75	3,895	0,00	0,00	144757394,63	-1978352	2,442	1,45	1067,29	149807684,53	1099,08	0,00	0,00	10637,82
310	3,62	3,847	0,00	0,00	142836276,77	-1921118	2,480	1,37	1035,58	151728802,40	1067,29	0,00	0,00	9717,61
320	3,48	3,801	0,00	0,00	140972232,32	-1864044	2,516	1,29	1003,95	153592846,85	1035,58	0,00	0,00	8854,16
330	3,34	3,757	0,00	0,00	139165118,10	-1807114	2,551	1,21	972,39	155399961,06	1003,95	0,00	0,00	8045,17
340	3,20	3,714	0,00	0,00	137414808,11	-1750310	2,584	1,13	940,90	157150271,06	972,39	0,00	0,00	7288,44
350	3,05	3,672	0,00	0,00	135721193,20	-1693615	2,617	1,05	909,45	158843885,96	940,90	0,00	0,00	6581,83
360	2,90	3,631	0,00	0,00	134084180,89	-1637012	2,648	0,98	878,05	160480898,28	909,45	0,00	0,00	5923,28
370	2,75	3,592	0,00	0,00	132503694,93	-1580486	2,677	0,91	846,68	162061384,23	878,05	0,00	0,00	5310,83
380	2,60	3,554	0,00	0,00	130979675,05	-1524020	2,706	0,85	815,33	163585404,11	846,68	0,00	0,00	4742,55
390	2,46	3,517	0,00	0,00	129512076,55	-1467599	2,636	0,88	831,09	159858619,33	-2070,44	0,10	2885,77	5022,96
400	2,32	3,479	0,00	0,00	128016105,86	-1495971	2,540	0,94	858,05	154853548,12	-2780,60	0,18	3611,69	5527,71
410	2,18	3,441	0,00	0,00	126471616,34	-1544490	2,435	1,01	887,77	149481203,00	-2984,64	0,22	3842,69	6122,19
420	2,05	3,400	0,00	0,00	124873633,74	-1597983	2,327	1,07	917,35	144068090,32	-3007,28	0,25	3895,05	6754,88
430	1,92	3,358	0,00	0,00	123222398,28	-1651235	2,218	1,14	945,47	138776780,02	-2939,62	0,28	3856,97	7395,26
440	1,81	3,315	0,00	0,00	121520549,76	-1701849	2,111	1,20	971,45	133697841,67	-2821,63	0,29	3767,10	8021,72
450	1,70	3,270	0,00	0,00	119771942,26	-1748607	2,007	1,26	994,93	128883904,77	-2674,41	0,30	3645,86	8617,64
460	1,60	3,224	0,00	0,00	117981064,57	-1790878	1,908	1,32	1015,74	124365612,21	-2510,16	0,31	3505,09	9169,68
470	1,51	3,177	0,00	0,00	116152735,02	-1828330	1,813	1,36	1033,78	120160329,42	-2336,27	0,31	3352,01	9666,92
480	1,43	3,128	0,00	0,00	114291937,45	-1860798	1,724	1,40	1049,00	116277532,95	-2157,11	0,31	3190,89	10100,29
490	1,36	3,078	0,00	0,00	112403738,18	-1888199	1,642	1,44	1061,38	112722566,56	-1974,98	0,30	3023,98	10462,11
500	1,30	3,028	0,00	0,00	110493256,50	-1910482	1,565	1,46	1070,88	109499598,94	-1790,54	0,28	2851,92	10745,54
510	1,26	2,976	0,00	0,00	108565676,03	-1927580	1,496	1,48	1077,43	106614259,31	-1602,97	0,26	2673,84	10944,12
520	1,23	2,924	0,00	0,00	106626293,87	-1939382	1,434	1,49	1080,94	104076286,16	-1409,99	0,24	2487,42	11051,15
530	1,21	2,871	0,00	0,00	104680609,97	-1945684	1,380	1,49	1081,19	101902513,20	-1207,65	0,21	2288,59	11058,99
540	1,20	2,818	0,00	0,00	102734465,88	-1946144	1,336	1,48	1077,90	100120646,23	-989,93	0,17	2071,12	10958,23
550	1,21	2,764	0,00	0,00	100794250,62	-1940215	1,302	1,46	1070,58	98774713,10	-747,74	0,14	1825,64	10736,52
560	1,23	2,710	0,00	0,00	98867209,15	-1927041	1,281	1,43	1058,49	97934444,37	-466,82	0,10	1537,39	10376,82
570	1,26	2,656	0,00	0,00	96961933,30	-1905276	1,276	1,38	1040,37	97716534,06	-121,06	0,06	1179,55	9853,07

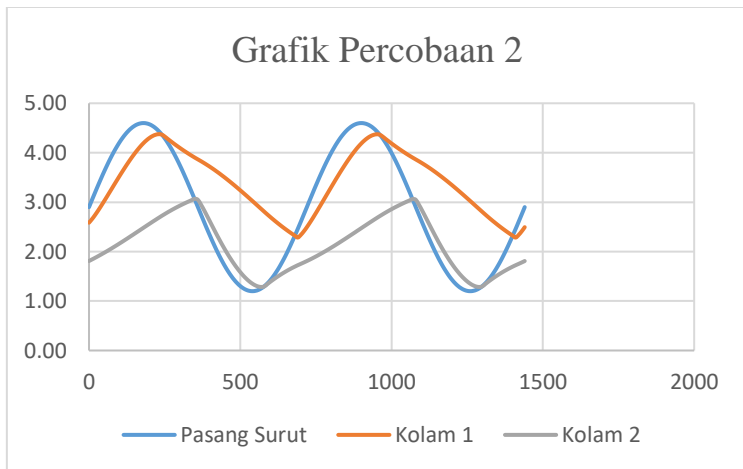
580	1,30	2,602	0,00	0,00	95089267,23	-1872666	1,292	1,31	1013,59	98368688,40	362,31	0,02	678,06	9111,63
590	1,36	2,550	0,00	0,00	93264803,47	-1824464	1,338	1,21	974,67	100193152,16	1013,59	0,00	0,00	8101,76
600	1,43	2,498	0,00	0,00	91510399,59	-1754404	1,381	1,12	935,62	101947556,04	974,67	0,00	0,00	7166,45
610	1,51	2,448	0,00	0,00	89826286,64	-1684113	1,423	1,02	896,43	103631668,98	935,62	0,00	0,00	6303,08
620	1,60	2,399	0,00	0,00	88212718,27	-1613568	1,462	0,94	857,08	105245237,35	896,43	0,00	0,00	5509,05
630	1,70	2,353	0,00	0,00	86669969,25	-1542749	1,500	0,85	817,58	106787986,38	857,08	0,00	0,00	4781,80
640	1,81	2,307	0,00	0,00	85198334,11	-1471635	1,535	0,77	777,89	108259621,52	817,58	0,00	0,00	4118,78
650	1,92	2,264	0,00	0,00	83798126,05	-1400208	1,569	0,69	738,03	109659829,58	777,89	0,00	0,00	3517,44
660	2,05	2,222	0,00	0,00	82469676,11	-1328450	1,601	0,62	697,97	110988279,51	738,03	0,00	0,00	2975,20
670	2,18	2,182	0,00	0,00	81213332,72	-1256343	1,630	0,55	657,71	112244622,90	697,97	0,00	0,00	2489,45
680	2,32	2,144	0,17	1093,37	80029461,76	-1183871	1,658	0,49	617,23	113428493,87	657,71	0,00	0,00	2057,55
690	2,46	2,172	0,29	1405,63	80886519,88	857058,1	1,684	0,49	618,22	114539508,31	617,23	0,00	0,00	2067,49
700	2,60	2,217	0,39	1630,54	82303860,35	1417340	1,710	0,51	630,30	115652308,83	618,22	0,00	0,00	2191,07
710	2,75	2,273	0,48	1810,64	84104286,28	1800426	1,736	0,54	648,89	116786853,96	630,30	0,00	0,00	2390,69
720	2,90	2,338	0,56	1962,18	86195439,93	2091154	1,763	0,57	671,36	117954856,91	648,89	0,00	0,00	2647,75
730	3,05	2,409	0,64	2093,04	88518917,26	2323477	1,791	0,62	696,05	119163307,59	671,36	0,00	0,00	2950,75
740	3,20	2,484	0,71	2207,50	91033495,13	2514578	1,819	0,66	721,87	120416200,44	696,05	0,00	0,00	3291,43
750	3,34	2,562	0,78	2308,03	93707626,55	2674131	1,849	0,71	748,09	121715565,98	721,87	0,00	0,00	3663,26
760	3,48	2,643	0,84	2396,07	96515513,13	2807887	1,879	0,76	774,22	123062126,07	748,09	0,00	0,00	4060,69
770	3,62	2,726	0,89	2472,48	99434847,79	2919335	1,910	0,82	799,93	124455720,90	774,22	0,00	0,00	4478,79
780	3,75	2,810	0,94	2537,69	102445434,70	3010587	1,942	0,87	824,99	125895591,03	799,93	0,00	0,00	4913,01
790	3,88	2,894	0,98	2591,92	105528308,18	3082873	1,975	0,92	849,23	127380565,23	824,99	0,00	0,00	5359,07
800	3,99	2,979	1,01	2635,20	108665151,91	3136844	2,008	0,97	872,56	128909185,60	849,23	0,00	0,00	5812,88
810	4,10	3,064	1,04	2667,43	111837906,69	3172755	2,042	1,02	894,88	130479790,48	872,56	0,00	0,00	6270,43
820	4,20	3,147	1,05	2688,43	115028500,61	3190594	2,077	1,07	916,12	132090568,01	894,88	0,00	0,00	6727,74
830	4,29	3,230	1,06	2697,97	118218659,73	3190159	2,112	1,12	936,24	133739588,93	916,12	0,00	0,00	7180,79
840	4,37	3,312	1,06	2695,75	121389772,11	3171112	2,148	1,16	955,18	135424824,45	936,24	0,00	0,00	7625,48
850	4,44	3,391	1,05	2681,41	124522785,69	3133014	2,184	1,21	972,89	137144152,95	955,18	0,00	0,00	8057,53
860	4,50	3,469	1,03	2654,59	127598125,42	3075340	2,220	1,25	989,31	138895358,37	972,89	0,00	0,00	8472,46
870	4,54	3,544	1,00	2614,82	130595617,05	2997492	2,257	1,29	1004,38	140676122,07	989,31	0,00	0,00	8865,53

880	4,57	3,616	0,96	2561,61	133494405,64	2898789	2,294	1,32	1018,02	142484009,54	1004,38	0,00	0,00	9231,71
890	4,59	3,685	0,91	2494,35	136272855,81	2778450	2,332	1,35	1030,15	144316452,69	1018,02	0,00	0,00	9565,62
900	4,60	3,751	0,85	2412,35	138908417,54	2635562	2,369	1,38	1040,67	146170728,20	1030,15	0,00	0,00	9861,56
910	4,59	3,811	0,78	2314,70	141377435,76	2469018	2,407	1,40	1049,45	148043931,78	1040,67	0,00	0,00	10113,40
920	4,57	3,868	0,71	2200,26	143654870,91	2277435	2,444	1,42	1056,37	149932947,65	1049,45	0,00	0,00	10314,66
930	4,54	3,918	0,62	2067,52	145713877,68	2059007	2,482	1,44	1061,25	151834411,86	1056,37	0,00	0,00	10458,38
940	4,50	3,963	0,53	1914,30	147525150,22	1811273	2,519	1,44	1063,91	153744666,65	1061,25	0,00	0,00	10537,09
950	4,44	4,000	0,44	1737,41	149055860,95	1530711	2,556	1,44	1064,10	155659701,52	1063,91	0,00	0,00	10542,64
960	4,37	4,030	0,34	1531,66	150267834,35	1211973	2,593	1,44	1061,51	157575072,73	1064,10	0,00	0,00	10465,92
970	4,29	4,051	0,24	1287,66	151114114,94	846280,6	2,629	1,42	1055,74	159485786,25	1061,51	0,00	0,00	10296,16
980	4,20	4,061	0,14	984,63	151531573,83	417458,9	2,665	1,40	1046,19	161386113,13	1055,74	0,00	0,00	10019,46
990	4,10	4,058	0,04	549,24	151420765,44	-110808	2,700	1,36	1031,89	163269261,86	1046,19	0,00	0,00	9614,21
1000	3,99	4,037	0,00	0,00	150551987,48	-868778	2,734	1,30	1010,51	165126671,77	1031,89	0,00	0,00	9028,89
1010	3,88	3,992	0,00	0,00	148733063,39	-1818924	2,768	1,22	979,78	166945595,86	1010,51	0,00	0,00	8230,00
1020	3,75	3,949	0,00	0,00	146969451,23	-1763612	2,800	1,15	949,13	168709208,02	979,78	0,00	0,00	7481,43
1030	3,62	3,907	0,00	0,00	145261017,89	-1708433	2,831	1,08	918,54	170417641,36	949,13	0,00	0,00	6781,15
1040	3,48	3,866	0,00	0,00	143607644,48	-1653373	2,861	1,01	888,01	172071014,77	918,54	0,00	0,00	6127,20
1050	3,34	3,827	0,00	0,00	142009226,23	-1598418	2,889	0,94	857,53	173669433,02	888,01	0,00	0,00	5517,67
1060	3,20	3,789	0,00	0,00	140465672,41	-1543554	2,916	0,87	827,09	175212986,84	857,53	0,00	0,00	4950,74
1070	3,05	3,752	0,00	0,00	138976906,13	-1488766	2,943	0,81	796,69	176701753,12	827,09	0,00	0,00	4424,62
1080	2,90	3,717	0,00	0,00	137542864,19	-1434042	2,968	0,75	766,32	178135795,06	796,69	0,00	0,00	3937,59
1090	2,75	3,683	0,00	0,00	136163496,95	-1379367	2,909	0,77	778,79	174794137,62	-1856,48	0,07	2622,79	4133,03
1100	2,60	3,648	0,00	0,00	134761675,55	-1401821	2,812	0,84	809,61	169365243,49	-3016,05	0,16	3794,84	4643,48
1110	2,46	3,612	0,00	0,00	133304369,02	-1457307	2,702	0,91	844,48	163384424,69	-3322,68	0,21	4132,29	5269,61
1120	2,32	3,574	0,00	0,00	131784302,40	-1520067	2,587	0,99	879,59	157279453,50	-3391,65	0,24	4236,13	5954,63
1130	2,18	3,534	0,00	0,00	130201033,10	-1583269	2,470	1,06	913,34	151253521,41	-3347,74	0,27	4227,33	6666,60
1140	2,05	3,493	0,00	0,00	128557022,84	-1644010	2,354	1,14	944,94	145419137,71	-3241,32	0,29	4154,66	7382,79
1150	1,92	3,450	0,00	0,00	126856130,86	-1700892	2,240	1,21	974,01	139842699,14	-3098,02	0,30	4042,96	8085,24
1160	1,81	3,406	0,00	0,00	125102919,86	-1753211	2,130	1,28	1000,34	134563983,37	-2932,62	0,32	3906,63	8759,00
1170	1,70	3,360	0,00	0,00	123302303,23	-1800617	2,023	1,34	1023,86	129606200,77	-2754,32	0,32	3754,67	9391,39

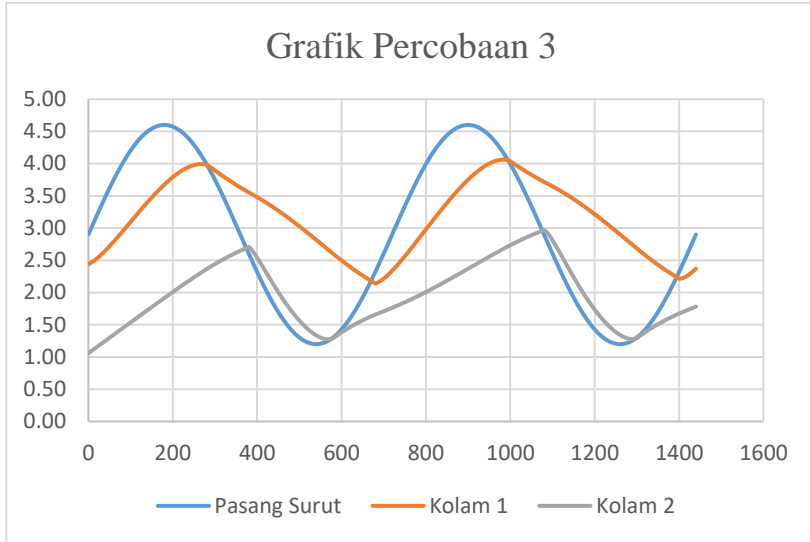
1180	1,60	3,313	0,00	0,00	121459354,90	-1842948	1,922	1,39	1044,53	124981873,30	-2569,07	0,33	3592,93	9971,68
1190	1,51	3,265	0,00	0,00	119579204,65	-1880150	1,826	1,44	1062,34	120696683,72	-2380,66	0,32	3425,19	10490,71
1200	1,43	3,216	0,00	0,00	117666983,72	-1912221	1,735	1,48	1077,32	116752290,33	-2191,33	0,32	3253,67	10940,69
1210	1,36	3,166	0,00	0,00	115727804,26	-1939179	1,652	1,51	1089,47	113148624,24	-2002,04	0,31	3079,36	11314,85
1220	1,30	3,114	0,00	0,00	113766765,91	-1961038	1,574	1,54	1098,77	109885974,26	-1812,58	0,29	2902,05	11607,08
1230	1,26	3,062	0,00	0,00	111788988,06	-1977778	1,504	1,56	1105,18	106967073,44	-1621,61	0,27	2720,38	11811,45
1240	1,23	3,009	0,00	0,00	109799670,12	-1989318	1,442	1,57	1108,60	104399381,02	-1426,50	0,25	2531,67	11921,63
1250	1,21	2,956	0,00	0,00	107804185,54	-1995485	1,388	1,57	1108,87	102197797,11	-1223,10	0,22	2331,70	11930,26
1260	1,20	2,902	0,00	0,00	105808219,72	-1995966	1,343	1,56	1105,69	100388195,56	-1005,33	0,18	2114,20	11828,07
1270	1,21	2,848	0,00	0,00	103817969,22	-1990251	1,308	1,54	1098,63	99012563,25	-764,24	0,14	1869,93	11602,79
1280	1,23	2,793	0,00	0,00	101840435,19	-1977534	1,286	1,51	1086,97	98137760,93	-486,00	0,10	1584,63	11237,39
1290	1,26	2,739	0,00	0,00	99883882,23	-1956553	1,280	1,46	1069,57	97874772,93	-146,10	0,06	1233,08	10706,12
1300	1,30	2,685	0,00	0,00	97958661,43	-1925221	1,294	1,39	1044,08	98448461,46	318,72	0,02	750,85	9958,83
1310	1,36	2,631	0,00	0,00	96079318,78	-1879343	1,341	1,29	1005,57	100327804,12	1044,08	0,00	0,00	8896,97
1320	1,43	2,579	0,00	0,00	94269296,53	-1810022	1,386	1,19	966,95	102137826,36	1005,57	0,00	0,00	7910,74
1330	1,51	2,528	0,00	0,00	92528790,48	-1740506	1,429	1,10	928,21	103878332,41	966,95	0,00	0,00	6997,47
1340	1,60	2,479	0,00	0,00	90858020,23	-1670770	1,470	1,01	889,33	105549102,66	928,21	0,00	0,00	6154,54
1350	1,70	2,431	0,00	0,00	89257227,68	-1600793	1,509	0,92	850,31	107149895,22	889,33	0,00	0,00	5379,41
1360	1,81	2,385	0,00	0,00	87726675,57	-1530552	1,546	0,84	811,13	108680447,33	850,31	0,00	0,00	4669,55
1370	1,92	2,340	0,00	0,00	86266646,22	-1460029	1,580	0,76	771,78	110140476,68	811,13	0,00	0,00	4022,45
1380	2,05	2,297	0,00	0,00	84877440,46	-1389206	1,613	0,68	732,26	111529682,44	771,78	0,00	0,00	3435,58
1390	2,18	2,256	0,00	0,00	83559376,82	-1318064	1,645	0,61	692,55	112847746,08	732,26	0,00	0,00	2906,41
1400	2,32	2,217	0,10	834,12	82312791,17	-1246586	1,674	0,54	652,64	114094331,73	692,55	0,00	0,00	2432,38
1410	2,46	2,227	0,23	1262,55	82639446,01	326654,8	1,701	0,53	642,32	115269086,13	652,64	0,00	0,00	2318,78
1420	2,60	2,262	0,34	1531,55	83755865,52	1116420	1,728	0,53	647,36	116425258,84	642,32	0,00	0,00	2373,77
1430	2,75	2,312	0,44	1736,09	85347415,97	1591550	1,755	0,56	660,92	117590501,22	647,36	0,00	0,00	2526,08
1440	2,90	2,371	0,53	1903,27	87282730,21	1935314	1,782	0,59	679,69	118780149,97	660,92	0,00	0,00	2747,46
				139516,28					139516,26					1201356,24



Gambar 4. 8 Grafik Percobaan 1



Gambar 4. 9 Grafik Percobaan 2



Gambar 4. 10 Grafik Percobaan 3

Mencari Energi dari 3 percobaan

1. Percobaan 1

$$E = 9,8 \times Q \times \Delta h \text{ kolam1-2} \times \eta$$

$$E = 9,8 \times 1043,56 \text{ m}^3/\text{s} \times 1,39 \text{ m} \times 0,7$$

$$E = 9943,95 \text{ KW}$$

Energi total

$$E = \text{total energi} \times 0,167 : 24$$

$$E = 1509908,67 \times 0,167 : 24$$

$$E = 10506,4463 \text{ KWh} = 10,5 \text{ MWh}$$

2. Percobaan 2

$$E = 9,8 \times Q \times \Delta h \text{ kolam1-2} \times \eta$$

$$E = 9,8 \times 779,81 \text{ m}^3/\text{s} \times 0,78 \text{ m} \times 0,7$$

$$E = 4149,31 \text{ KW}$$

Energi total

$$E = \text{total energi} \times 0,167 : 24$$

$$E = 1292281,38 \times 0,167 : 24$$

$$E = 8992,12 \text{ KWh} = 8,99 \text{ MWh}$$

Percobaan 3

$$E = 9,8 \times Q \times \Delta h \text{ kolam1-2} \times \eta$$

$$E = 9,8 \times 1040,34 \text{ m}^3/\text{s} \times 1,38 \text{ m} \times 0,7$$

$$E = 9751,87 \text{ KW}$$

Energi total

$$E = \text{total energi} \times 0,167 : 24$$

$$E = 1201356,24 \times 0,167 : 24$$

$$E = 8359,43 \text{ KWh} = 8,35 \text{ MWh}$$

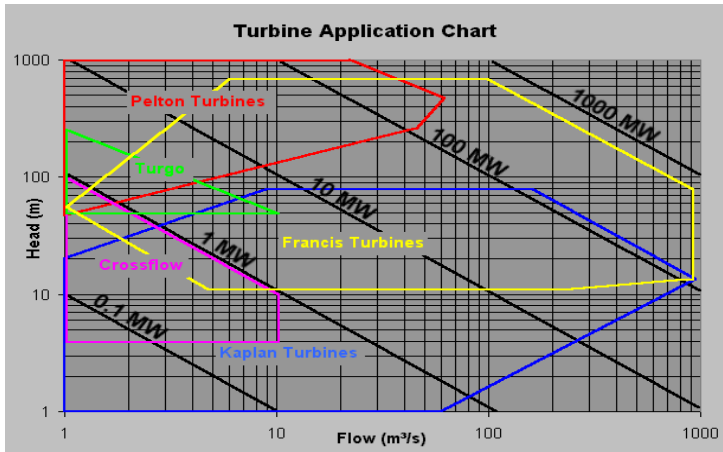
4.4 Rancang Pembangkit Listrik Pasang Surut

Dari hasil percobaan diatas dapat dihitung jumlah turbin yang akan digunakan :

1. Percobaan 1:
 - Q max : 1314,56 m³/s
 - Q min : 671 m³/s
 - H max : 2,2 m
 - H min : 0,58 m
2. Percobaan 2:
 - Q max : 1167,8 m³/s
 - Q min : 662,21 m³/s
 - H max : 1,74 m
 - H min : 0,56 m
3. Percobaan 3:
 - Q max : 1183,01 m³/s
 - Q min : 617,23 m³/s
 - H max : 1,79 m
 - H min : 0,49 m

Dari hasil 3 percobaan diatas, maka percobaan 1 menghasilkan daya sebesar 10.5 MWh.

Berikut Jenis Klasifikasi Turbin yang ada dipasaran



Melihat tabel diatas Head terendah adalah 1m sedangkan dalam hasil ketiga percobaan memiliki Head kurang dari 1m, sehingga turbin yang dipakai dalam perencanaan ini harus dipesan secara khusus. Agar bisa dipakai pada perencanaan ini.

Klasifikasi turbin yang dibutuhkan: Head 0,6m. dan jumlah turbin yang diperlukan 18 buah

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari penelitian potensi pasang surut untuk pembangkit listrik di dapat kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil analisis pasang surut air laut di Teluk Bintuni memiliki HHWL 6,1m, MHWL 4,6m, MSL 2,9m, MLWL 1,2m dan LLWL -0.3m
2. Besar kapasitas kolam yang digunakan sebagai Pembangkit Listrik adalah kolam 1 265042814,13 m³ dan kolam 2 410163240,46 m³
3. Energi yang dihasilkan sebesar 10,5 MWh,
4. Jumlah turbin yang diperlukan sebanyak 17 buah, dan head 0,5m

5.2 Saran

1. Di Indonesia perlu adanya pengumpulan data pasang surut air laut dalam jangka waktu 19 tahun untuk mengetahui MHWL dan MLWL yang tepat.
2. Penggunaan metode susunan kolam ganda hanya merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk memperhitungkan besarnya potensi energi listrik yang dapat dibangkitkan oleh pembangkit listrik tenaga pasang surut, untuk itu perlu adanya penerapan metode lain agar dapat diperoleh perbandingan besarnya energi yang dihasilkan.
3. Disarankan kepada pemerintah Indonesia untuk memberikan fokus penelitian tentang energi terbarukan yang salah satunya ada energi dari pasang surut ini. Hasil ini nantinya akan dapat menghemat pemakaian bahan bakar migas.

DAFTAR PUSTAKA

Triatmodjo, Bambang. (1999). Teknik Pantai. Beta Offset. Yogyakarta.

M.M, Dandekar. (1991). Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Air. Universitas Indonesia. Jakarta

Nugroho, Aris. (2014). “Studi Kelayakan Pembangkit Listrik tenaga Pasang Surut di Balikpapan”. Tugas Akhir. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

BIODATA PENULIS



Rifky Basysyar Ramadhan dilahirkan di Kediri, 14 Februari 1996, merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di TK DHARMA WANITA sidoarjo, SD Negeri Wadungasri 1 Sidoarjo, SMP Negeri 35 Surabaya, dan SMA Negeri 17 Surabaya. Setelah lulus tahun 2014, penulis mengikuti ujian smits ITS D3 dan diterima di Departemen Teknik Infrastruktur Sipil dan lulus tahun 2017, penulis mengikuti ujian masuk lintas Jalur diploma IV ITS dan diterima di

Departemen Teknik Infrastruktur Sipil pada tahun 2018 dan terdaftar dengan NRP 10111815000031.

LAMPIRAN