TUGAS AKHIR – MO141326

STUDI POLA SEBARAN PANAS AIR PENDINGIN DI PT. PEMBANGKITAN JAWA-BALI UNIT PEMBANGKIT GRESIK (PT. PJB UP GRESIK)

CHAIRUL ANAM
NRP. 4310 100 701

Dosen Pembimbing:
Ir. Wahyudi, M. Sc., Ph. D.
Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D.

JURUSAN TEKNIK KELAUTAN
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2015

FINAL PROJECT – MO141336

STUDY OF PATTERNS HEAT DISTRIBUTION OF COOLING WATER IN PT.GENERATION OF JAVA-BALI POWER UNIT GRESIK (PT. PJB UP GRESIK)

CHAIRUL ANAM
REG. NUMBER 4310 100 701

Supervisors:
Ir. Wahyudi, M. Sc., Ph. D.
Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D.

DEPARTMENT OF OCEAN ENGINEERING
Faculty of Marine Technology
Institute Technology of Sepuluh Nopember
Surabaya
2015

STUDI POLA SEBARAN PANAS AIR PENDINGIN DI PT. PEMBANGKITAN JAWA-BALI UNIT PEMBANGKIT GRESIK (PT. PJB UP GRESIK)

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

pada

Program Studi S-1 Jurusan Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

CHAIRUL ANAM

NRP. 4310.100.701

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

1. Ir. Wahyudi, M.Sc., Ph.D.....(Pembimbing 1)

2. Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D.....(Pembimbing 2)

SURABAYA, JANUARI 2015

STUDI POLA SEBARAN PANAS AIR PENDINGIN
DI PT. PEMBANGKITAN JAWA-BALI UNIT PEMBANGKIT GRESIK
(PT. PJB UP GRESIK)

Nama Mahasiswa :Chairul Anam
NRP : 4310100701
Jurusan : Teknik Kelautan FTK-ITS
Dosen Pembinbing : Ir. Wahyudi, M. Sc., Ph. D.
Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D.

ABSTRAK

Pada pembangkit listrik tenaga uap (PLTU), air pendingin memiliki peranan yang sangat penting dalam proses pendinginan kondensor. Air pendingin yang telah digunakan akan dibuang ke laut melalui saluran *outlet* pada PLTU tersebut. Salah satu PLTU tersebut adalah PT. Pembangkitan Jawa-Bali Unit Pembangkitan Gresik (PT. PJB UP Gresik). Air pendingin yang dibuang ke laut tersebut mengalami penyebaran panas dan mempunyai kemungkinan untuk digunakan kembali untuk pendingin selanjutnya melalui saluran *intake.* Oleh karena itu, perlu dilakukan analisa penyebaran panas air pendingin untuk wilayah yang menjadi lokasi pembuangan air tersebut. Dalam hal ini pola penyebaran panas air pendingin ini akan domodelkan menggunakan *software* MIKE. Dari hasil pemodelan diperoleh temperatur pada kanal outlet bervariasi antara 35,2-36,8^{0}C, pada kanal intake temperatur bervariasi antara 27,57-27,76^{0}C sedangkan pada kolam tenang temperatur bervariasi antara 27,54-27,77^{0}C. Pola arus yang bergerak menuju mulut *outlet* menyebabkan air pendingin dari outlet menyebar hanya di sekitar mulut outfall sehingga sirkulasi air pendingin yang dikeluarkan tidak masuk kembali ke kanal intake.

Kata kunci: Air pendingin, MIKE, PT. PJB UP Gresik, sebaran panas.

STUDY OF PATTERNS HEAT DISTRIBUTION
IN PT. GENERATION OF JAVA-BALI POWER UNIT GRESIK
(PT. PJB UP GRESIK)

Student's Name : Chairul Anam
Reg. Number : 4310100701
Department : Ocean Engineering, Faculty of Marine Tech., ITS
Supervisors : Ir. Wahyudi, M. Sc., Ph. D.
Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D.

ABSTRACT

In the steam power plant (power plant), water cooling has a very important role in the process of cooling the condenser. Cooling water that has been used will be discharged into the sea through the outlet channel at the power plant. One such plant is PT. Generation of Java-Bali Power Unit Gresik (PT. PJB UP Gresik). Cooling water discharged into the sea to experience the spread of heat and have the possibility to reuse for subsequent cooling through the intake tract. Therefore, it is necessary to analyze the spread of water-cooled heat to the territory of the water disposal site. In this case the cooling water heat distribution patterns will domodelkan using software modeling MIKE. From the results obtained in the temperature varies between 35,2-36,80C outlet canal, the canal intake temperature varies between 27,57-27,760C while at the quiet pool temperature varies between 27,54-27,770C. Current patterns moving towards the mouth causing the cooling water outlet of outlets spread just around the mouth so that the circulation of cooling water outfall issued not get back into the intake canal.

Keywords: *Cooling water*, *heat distribution,* MIKE, PT. PJB UP Gresik.

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Alhamdulillah puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala limpahan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik dan lancar. Tugas akhir ini berjudul **"STUDI POLA SEBARAN PANAS AIR PENDINGIN DI PT. PEMBANGKITAN JAWA-BALI UNIT PEMBANGKIT GRESIK (PT. PJB UP GRESIK)"**.

Tugas Akhir ini disusun guna memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Studi Keserjanaan (S-1) di Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan (FTK), Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya. Tugas Akhir ini membahas mengenai penyebaran panas yang diakibatkan oleh air pendingin yang keluar melalui saluran *outlet* dan juga mengetahui berapa besar temperatur yang disebabkan oleh air pedingin tersebut serta bagaimana sirkulasi yang terjadi antara air masuk dengan air yang keluar.

Penulis menyadari dalam pengerjaan dan penyusunan laporan ini masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritik guna menyempurnakan laporan selanjutnya. Penulis berharap semoga laporan ini bermanfaat bagi perkembangan teknologi di bidang energi kelautan, baik bagi pembaca umumnya dan penulis pada khususnya.

Wassalamualaikum Wr. Wb

Surabaya, September 2014

Chairul Anam

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
COVER PAGE ii
HALAMAN PENGESAHAN iii
ABSTRAK iv
ABSTRACK v
KATA PENGANTAR vi
UCAPAN TERIMA KASIH vii
DAFTAR ISI ix
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR TABEL xiii
DAFTAR NOTASI xiv
DAFTAR LAMPIRAN xv
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang Masalah 1
1.2. Perumusan Masalah 3
1.3. Tujuan Penelitian 3
1.4. Manfaat Penelitian 3
1.5. Batasan Masalah 4
1.6. Sistematika Penulisan 4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI 7
2.1 Tinjauan Pustaka 7
2.2 Dasar Teori 9
2.2.1 PT. Pembangkitan Jawa-Bali Unit Pembangkit Gresik 9
2.2.2 Sistem Air Pendingin PLTU 10
2.2.3 Jenis Sistem Air Pendingin PLTU 12
2.2.3.1. Sistem Air Pendingin Siklus Terbuka 12
2.2.3.2. Sistem Air Pendingin Siklus Tertutup 14
2.2.4 Konsep Hidrodinamika Laut 16
2.2.4.1 Temperatur 16
2.2.4.2 Arus Laut 18

2.2.4.3 Pasang Surut 19
2.2.4.4 Debit Aliran 20
2.2.4.5 Kekasaran Laut dan Viskositas Olakan 21
2.2.4.6 Konsep Hidrodinamika Laut 22
2.2.4.7 Model Numerik Hidrodinamika Laut 23
2.2.4.8 Model Hidrodinamika Untuk Perairan Dangkal 25
2.2.5 MIKE 21 Hydrodynamic 26
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN 29
3.1 Metode Penelitian 29
3.2 Prosedur Penelitian 30
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN 33
4.1 Lokasi Studi 33
4.2 Analisis Data 33
4.2.1 Data Pasang Surut 33
4.2.2 Data Batimetri 35
4.2.3 Data Kecepatan Arus 35
4.2.4 Data Temperatur 37
4.2.5 Data Discharge 37
4.3 Pemodelan Pada MIKE 38
4.3.1 Meshing Lokasi Studi 38
4.3.2 Simulasi Aliran 39
4.3.3 Validasi Aliran 43
4.3.4 Simulasi Sebaran Temperatur 45
4.3.5 Validasi Sebaran Panas 48
4.4 Profil Vertikal Temperatur 50
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN 59
5.1 Kesimpulan 59
5.2 Saran 60
DAFTAR PUSTAKA 61
LAMPIRAN
BIODATA PENULIS

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Besarnya Viskositas Olakan Berdasarkan Jenis Aliran 22
Tabel 4.1 Elevasi Air Hasil Perhitungan Least Square 34
Tabel 4.2 Lokasi Pengukuran Arus 36
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Arus 36
Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Temperatur 37
Tabel 4.5 Koordinat Pengambilan Profil Vertikal 51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Grafik Hubungan Temperatur Inlet Dengan Kinerja Mesin 8
Gambar 2.2 PT. PJB UP Gresik 9
Gambar 2.3 Pembagian Saluran Outlet 10
Gambar 2.4 Sistem Air Pendingin Utama Siklus Terbuka 14
Gambar 2.5 Sistem Air Pendingin Utama Siklus Tertutup 15
Gambar 2.6 Pembuangan Panas di Menara Pendingin Siklus Tertutup.. 16
Gambar 2.7 Komponen Fluks Panas 17
Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir 30
Gambar 4.1 Lokasi Studi 33
Gambar 4.2 Grafik Pasang Surut PT. PJB UP Gresik 34
Gambar 4.3 Lokasi Pengukuran Arus 35
Gambar 4.4 Elemen *Meshing* 39
Gambar 4.5 Hasil Akhir *Meshing* 39
Gambar 4.6 Pola Arus Saat Akan Pasang 40
Gambar 4.7 Pola Arus Saat Setelah Pasang 41
Gambar 4.8 Pola Arus Saat Akan Surut 41
Gambar 4.9 Pola Arus Saat Setelah Surut 42
Gambar 4.10 Perbandingan Kecepatan Arus Pada Kolam Tenang..... 43
Gambar 4.11 Perbandingan Kecepatan Arus Pada Kanal Intake 44
Gambar 4.12 Perbandingan Kecepatan Arus Kolam Campur Outfall 44
Gambar 4.13 Sebaran Temperatur Menuju Pasang 45
Gambar 4.14 Sebaran Temperatur Setelah Pasang 46
Gambar 4.15 Sebaran Temperatur Menuju Surut 47
Gambar 4.16 Sebaran Temperatur Setelah Surut 47
Gambar 4.17 Perbandingan Temperatur Pada Kolam Tenang..... 48
Gambar 4.18 Perbandingan Temperatur Pada Kanal Intake 49
Gambar 4.19 Perbandingan Temperarur Pada Kanal Intake 50
Gambar 4.20 Lokasi Pengambilan Penampang Profil Vertikal 51
Gambar 4.21 Penampang Vertikal Arus Profil 1 51
Gambar 4.22 Penampang Vertikal Temperatur Profil 1 52

Gambar 4.23 Penampang Vertikal Arus Profil 2 53
Gambar 4.24 Penampang Vertikal Temperatur Profil 2 53
Gambar 4.25 Penampang Vertikal Arus Profil 3 54
Gambar 4.26 Penampang Vertikal Temperatur Profil 3 54
Gambar 4.27 Penampang Vertikal Arus Profil 4 55
Gambar 4.28 Penampang Vertikal Temperatur Profil 4 55
Gambar 4.29 Penampang Vertikal Arus Profil 5 56
Gambar 4.30 Penampang Vertikal Temperatur Profil 5 57

DAFTAR NOTASI

η	: elevasi permukaan (m)
D	: elvasi permukaan+kedalaman (m)
t	: waktu (s)
x,y dan z	: sumbu koordinat
u,v dan w	: komponen kecepatan pada sumbu x, y dan z
$\bar{U}$ dan $\bar{V}$	: kecepatan rata-rata arus pada sumbu xdan sumbu y (m/s)
$\tilde{F}$x	: difusi arah sumbu y
$\tilde{F}$y	: difusi arah sumbu y
f	: parameter coriolis
g	: percepatan gravitasi (m/s^2)
H	: kedalaman (m)
$\bar{A}_M$	: koefisien difusi horizontal
C_Z	: koefisien gesekan dasar
S	: debit atau laju aliran (m^3/s)
$\boldsymbol{\rho}_o$	: massa jenis air laut (kg/m^3)
F_T	: difusi arah horizontal
Dv	: koefisien difusi arah vertikal
Dh	: koefisien difusi arah horizontal
$\hat{H}$	: suhu akibat panas dari atmosfer

DAFTAR PUSTAKA

Abbott *et al*. 1978. On the Numerical Modelling of Short Waves in Shallow Water. *Journal of Hydraulic Research,* 16(3).

Dill, N. L. 2007. Theses from start to finish : *Hydrodinamic Modeling of a Hypothetical River Diversion Near Empire, Louisiana.* Louisiana: Louisiana State University.

Fudlailah, Pratiwi, Mukhtasor &Muhammad Zikra. 2013. Pemodelan Penyebaran Limbah Panas di Wilayah Pesisir (Studi Kasus *Outfall* PLTU Piaton). *Jurnal Teknik Kelautan*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Glamore, W. C., et al. 2007. Improving Regional Capacity for Assessment, Planning and Response to Aquatic Enviromental Emergencies: Jakarta Bay, Indonesia, Water Research Labolatory, School of Civil and Enviromental Engineering, The University of New South Wales. Australia.

Handoyo, Ekadewi. 1999. *Pengaruh Temperatur Air Pendingin Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Motor Diesel Stasioner di Sebuah Huller*. Universitas Eka Petra. Surabaya.

Keister, Timothy. 2008. *Cooling Water Management Basic Principles and Technology. New York*: ProChemTech International.

Kennish, M. J. 2001. *Practical Handbook of Marine Science. Thidr Edition.* New Jersey : Institute of Marine and Coastal Sciences, Rutgers University.

Khayyun, T. S. 2008. The Effects of Changes in Manning's Roughness Coefficients and Eddy Viscosity on a Constrained Flume. *Journal of Engineering and Development. V. 12, No. 2.*

Kisnarti, Engki A. 2012. Simulasi Sebaran Panas di Muara Tawar Teluk Jakarta. *Jurna Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik dan Rekayasal,* Vol. 9, No. 2, ISSN 1693-8917.

Lestari, Erlina. 2010. *Pengaruh Bioksida Pengoksidasi Terhadap Pertumbuhan Mikroorganisme Pada Air Pendingin Sekunder RSG-GAS*. Banten: ISSN 1978-8738.

Malikusworo Hutomo & O. H. Arinardi. *Dampak Pembangkit Tenaga Listrik (Terutama Limbah Termal) Terhadap Ekosistem Akuatik*. Oseana, Volume XVII, Nomor 4: 135-158.

Nurjaya, I Wayan & Heron Surbakti. 2010. Thermal Dispersion Model of Water Cooling PLTGU Cilegon CCPP Discharge Into Margasari Coastal Waters at The Western Coast of Banten Bay. *E-Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, Vol. 2, No. 1, Hal. 39-49.

Purba, M. 2004. *Distribution of Temperature and Salinity in the Ocean.* Proceeding of the Seminar on the Development of Marine Radioecology in Indonesia. Jakarta.

Ramming, H-G. dan Z. Kowalik. 1980. Numerical Modelling of Marine Hydrodynamics; Applications to Dynamic Physical Processes. Elsevier Scientific Publishing Company. Amsterdam.

Roepandi, Opan.2008. *Pengoperasian Sistem Air Pendingin*. PT. Indonesia Power. Surabaya.

Stewart, R. H. 2002. *Introduction to Physical Oceanography, Departement of Oceanography*. Texas: Texas A&M University.

Supangat, A., Susanna. 2008. *Pengantar Oseanografi.* Jakarta: Pusat Riset Wilayah Laut dan Sumberdaya Non-Hayati, Badan Riset Kelautan dan Perikanan. Departemen Kelautan dan Perikanan.

http://rakhman.net/2013/07/jenis-sistem-air-pendingin.html (diakses pada 10 Oktober 2014)

http://www.ptpjb.com/ (diakses pada 12 Oktober 2014)

BIODATA PENULIS

Chairul Anam lahir di Paninjauan, 05 Agustus 1992 dan merupakan anak pertama dari lima bersaudara. Pendidikan SD dan MTs ditempuh di Paninjauan Kecamatan X Koto Kabupaten Tanah Datar Provinsi Sumatera Barat, sedangkan SMA ditempuh di Padangpanjang, Sumatera Barat dan lulus. Setelah lulus SMA, penulis langsung melanjutkan pendidikannya di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya melalui jalur Program Beasiswa Santri Berprestasi (PBSB) yang diberikan oleh Kementrian Agama. Jalur masuk yang spesial menjadikan motivasi tersendiri bagi penulis untuk bersungguh-sungguh kuliah di ITS baik dari segi akademik maupun non-akademik.

Selama berkuliah, penulis aktif di Unit Kegiatan Mahasiswa Olah Raga Air ITS (OR Air ITS) divisi dayung dan pernah mengikuti lomba dayung tingkat Kota Surabaya, selain itu penulis juga pernah menjadi wakil ketua di organisasi CSS MoRA (Community of Santri Scholars of Ministry of Religious Affairs). Organisasi ini merupakan organisasi dari perkumpulan mahasiswa PBSB.

Pada tahun 2014, penulis melakukan kerja praktik di STASIUN METEOROLOGI KELAS IV MARITIM TELUK BAYUR BALAI BESAR WILAYAH I MEDAN selama 2 bulan. Pada Bulan September 2014, penulis mulai menulis Tugas Akhir sebagai syarat kelulusan pendidikan sarjana (S1) dengan mengambil Bidang Keahlian Rekayasa Pantai. **Studi Pola Sebaran Panas Air Pendingin di PT. Pembangkitan Jawa-Bali Unit Pembangkit Gresik (PT. PJB UP Gresik)** merupakan judul dari tugas akhir penulis dan berhasil diselesaikan dalam waktu satu semester.

Kontak dengan penulis: king.lautan@gmail.com

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Tingkat kebutuhan pemakaian listrik di Indonesia setiap tahunnya terus mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan pertumbuhan ekonomi Indonesia. Pembangkit listrik merupakan salah satu teknologi untuk pemenuhan kebutuhan energi bagi manusia (Pratiwi dkk, 2013). Energi listrik yang dihasilkan berasal dari berbagai sumber energi. Salah satunya adalah pembangkit listrik tenaga uap.

Salah satu contohnya adalah Unit Pembangkitan Gresik sebagai salah satu perusahaan pembangkit listrik yang dibawahi oleh PT. Pembangkitan Jawa-Bali (PT. PJB) yang bertanggung jawab terhadap tiga jenis pembangkit listrik yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU), Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG), Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU). Total kapasitas daya yang dibangkitkan oleh PT. PJB UP Gresik mencapai ± 2240 MW. Kapasitas ini diperoleh dari 21 generator termal yang dimilikinya atau mampu memproduksi energi listrik sebesar 12.814 GWh per tahun (PT. PJB). PT. PJB UP Gresik memiliki komponen-komponen utama yang terdiri dari boiler/HRSG, turbin uap/gas, kondensor dan pompa. Adapun sebagai komponen pendukung pusat listrik tenaga uap maupun gas digunakan beberapa alat bantu (*auxiliary equipments*). Peralatan tersebut antara lain sistem pelumas (*lube oil system*), sistem bahan bakar (*fuel system*), sistem pendingin (*cooler system*), sistem udara kontrol (*air control system*), sistem udara servis (*air service system*), sistem hidrolik (*hydraulic system*), sistem udara tekan (*air pressure system*) dan sistem udara pengkabutan (*atomizing air system).*

Pembangkit listrik tenaga uap adalah pembangkit listrik yang menggunakan tenaga uap yang menggerakkan turbin untuk menghasilkan tenaga listrik dan

bekerja dengan menggunakan air sebagai cairan kerja (Malikusworo dan Arinardi, 1992). Air diubah menjadi uap di ketel. Saat keluar dari turbin, uap dimasukkan ke mesin pengembun (kondensor) dengan pendingin yang berasal dari air sehingga mencair kembali dan terakhir dipompakan lagi ke ketel uap untuk diuapkan kembali. Tugas utama air pendingin adalah mengambil kalor dari kondensor sehingga air pendingin mengalami kenaikan suhu.

Lestari (2006) menjelaskan bahwa air pendingin merupakan salah satu jenis air yang diperlukan dalam proses industri. Kualitas air pendingin akan mempengaruhi integritas komponen atau struktur reaktor, karena pada dasarnya air sebagai pendingin akan berhubungan langsung dengan komponen atau struktur reaktor. Air yang digunakan sebagai pendingin harus memenuhi persyaratan yang sesuai dengan komponen atau struktur yang dirumuskan dalam spesifikasi kualitas air pendingin. (Nurjayanti dan Subakti, 2010) menyebutkan bahwa permasalahan utama yang selalu muncul dari kegiatan buangan air hasil proses cooling water system adalah suhu air buangan dari sistem tersebut jauh lebih tinggi dari suhu lingkungan di sekitarnya, umunya suhu air buangan tersebut dapat mencapai 40°C. Namun, karena ada aturan bahwa nilai maksimum perbedaan suhu air buangan dengan suhu alami adalah 5°C.

Suhu air pendingin yang akan di buang ke laut ini cukuplah besar sehingga dapat menyebabkan kerusakan lingkungan laut di sekitar area pembuangan air pendingin. Selain itu jarak antara saluran masuk dengan saluran keluar air pendingin yang tidak terlalu jauh dapat menyebabkan terjadinya resirkulasi air pendingin. Hal ini akan menyebabkan besarnya suhu air pendingin yang masuk. Jika suhu air pendingin yang masuk terlalu tinggi, maka dapat menyebabkan berkurangnya efisiensi mesin pendingin PLTU. Mengingat akan dampak yang akan ditimbulkan ini, maka pada tugas akhir ini penulis ingin mempelajari bagaimana pola penyebaran dan sirkulasi panas air pendingin tersebut.

1.2 Perumusan Masalah

Perumusan Masalah dari tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana sirkulasi dan pola penyebaran panas air pendingin di PT. PJB UP Gresik?
2. Berapa nilai penyebaran panas air pendingin dari saluran pembuangan PT. PJB UP Gresik?
3. Bagaimana profil vertikal penyebaran panas air pendingin yang terjadi di PT. PJB UP Gresik?

1.3 Tujuan Penelitian

Dari perumusan masalah di atas, tujuan yang ingin dicapai dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui sirkulasi dan pola penyebaran panas air pendingin di PT. PJB UP Gresik.
2. Mengetahui nilai penyebaran panas dari air pendingin yang dikeluarkan dari saluran outlet pada PT. PJB UP Gresik.
3. Mengetahui profil vertikal penyebaran panas air pendingin yang terjadi di PT. PJB UP Gresik.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penulisan tugas akhir ini adalah diperolehnya informasi prediksi penyebaran panas air pendingin PT. Pembangkitan Jawa-Bali Unit Pembangkit Gresik (PT. PJB UP) Gresik sehingga dapat diketahui pola penyebaran dan besarnya panas dari air pendingin yang dikeluarkan dari saluran *outlet* .

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dari tugas akhir ini adalah:

1. Penelitian ini dikhususkan pada PT. PJB UP Gresik.
2. Pemodelan sebaran panas air pendingin menggunakan *software* MIKE
3. Data batimetri, pasang surut, arus dan data angin merupakan data sekunder yang diperoleh dari instansi atau sumber-sumber lain yang ada.
4. Mekanisme kerja sistem pendingin tidak dibahas secara detail.
5. Debit air pendingin yang dikeluarkan menggunakan debit rata-rata air pendingin.
6. Kandungan zat pada air pendingin baik kandungan kimia maupun kandungan biologi diabaikan.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika Penulisan Tugas Akhir meliputi :

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini, menjelaskan tentang hal apa saja yang melatarbelakangi sehingga studi ini dilakukan, permasalahan apa yang akan dibahas, tujuan yang ingin dicapai, manfaat yang diperoleh dari studi ini, batasan-batasan masalah yang diterapkan, dan sistematika penulisan yang digunakan dalam tugas akhir ini.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Selama proses pengerjaan dan penyelesaian tugas akhir ini, penulis menggunakan dasar-dasar teori, berbagai macam persamaan dan rumus serta *software*, sehingga dalam bab ini akan dicantumkan hal-hal tersebut sebagai rujukan dalam melakukan analisis. Selain itu, juga berisi tentang penelitian-penelitian yang sudah pernah dilakukan terkait topik dalam tugas akhir ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Berisi tentang alur pengerjaan tugas akhir ini dengan tujuan untuk memecahkan masalah yang diangkat dalam bentuk diagram alir atau *flow chart* yang disusun secara sistematik yang dilengkapi pula dengan data data penelitian serta penjelasan detail untuk setiap langkah pengerjaannya.

BAB IV ANALISA HASIL DAN BAB PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan tentang penjelasan pokok mengenai pemecahan masalah. Dalam hal ini adalah mengenai studi pola penyebaran panas air pendingin yang dikeluarkan melalui saluran outlet dengan membuat pemodelan menggunakan *software* MIKE. Selain itu, dijelaskan pula langkah analitis terhadap rumusan permasalahan yang dihadapi dan disampaikan hasil akhir analisis terhadap data yang dilakukan hingga dapat menjawab permasalah pada tugas akhir ini.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Merupakan bab terakhir yang berisi kesimpulan dari tugas akhir dengan mengacu pada hasil dari analisis pada bab sebelumnya. Di samping itu, juga mencakup saran-saran bagi peneliti lain yang hendak mengembangkan penelitian dengan topik yang sama.

(*Halaman ini sengaja dikosongkan*)

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

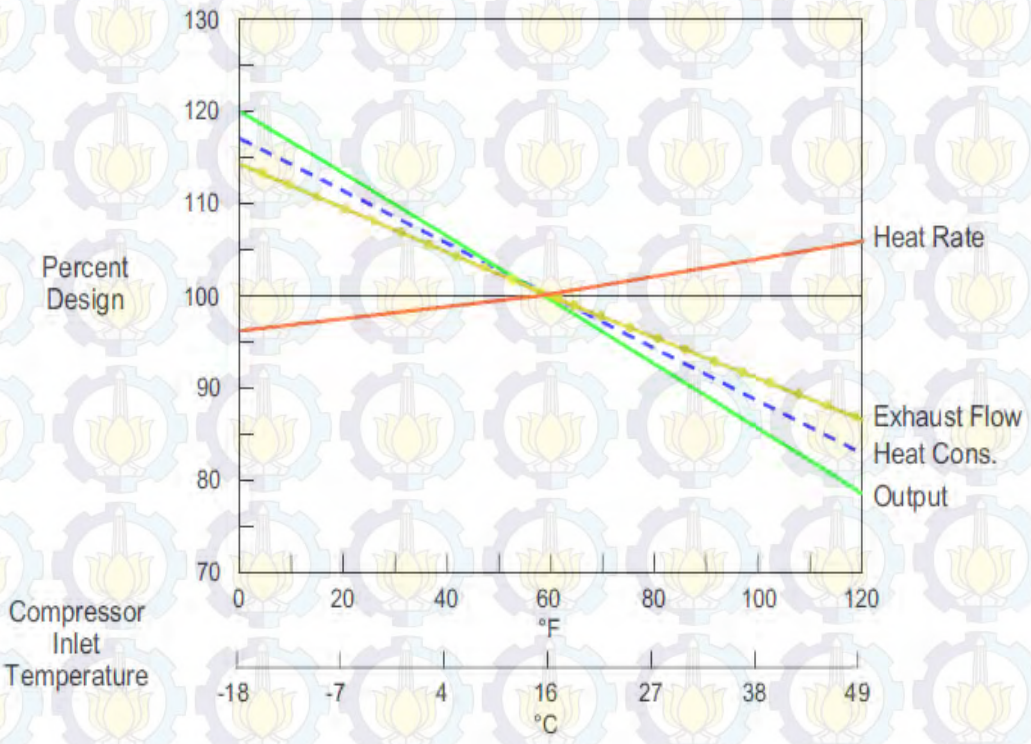
2.1 Tinjauan Pustaka

Energi merupakan salah satu kebutuhan manusia yang paling penting untuk menjalani aktifitas sehari-hari. Untuk pemenuhan kebutuhan akan energi manusia bisa memperolehnya dari berbagai hal sumber. Salah satu diantaranya dapat diperoleh dari pembangkit listrik tenaga uap.

Menurut Malikusworo dan Arinardi (1992), bahwa pembangkit listrik tenaga uap adalah pembangkit listrik yang menggunakan tenaga uap yang menggerakkan turbin untuk menghasilkan tenaga listrik ini bekerja dengan menggunakan air sebagai cairan kerja. Fakta bahwa air membutuhkan biaya yang rendah, mudah didapatkan dan merupakan media yang efektif yang digunakan sebagai penukar panas (Keister, 2008). Air diubah menjadi uap di ketel. Saat keluar dari turbin, uap dimasukkan ke mesin pengembun (kondensor) dengan pendingin yang berasal dari air sehingga mencair kembali dan terakhir dipompakan lagi ke ketel uap untuk diuapkan kembali. Tugas utama air pendingin adalah mengambil kalor dari kondensor sehingga air pendingin mengalami kenaikan suhu.

Menurut Nurjayanti dan Subakti (2010) permasalahan utama yang selalu muncul dari kegiatan buangan air hasil proses cooling water system adalah suhu air buangan dari sistem tersebut jauh lebih tinggi dari suhu lingkungan di sekitarnya, umunya suhu air buangan tersebut dapat mencapai 40°C. Namun, karena ada aturan bahwa nilai maksimum perbedaan suhu air buangan dengan suhu alami adalah 5 °C maka umumnya air buangan tadi dikelola dulu dengan cara menurunkan suhunya dari 40 °C menjadi 34 °C. Air pendingin mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap efisiensi total mesin serta umur mesin. Apabila temperatur air pendingin masuk mesin terlalu tinggi, maka efisiensi mekanis mesin akan menurun dan dikhawatirkan dapat terjadi *over – heating* pada mesin. Sedang bila temperatur air terlalu rendah, maka efisiensi termal akan menurun (Handoyo, 1999).

Menurut Brook (2000) temperatur air pendingin yang masuk melalui saluran inlet mempengaruhi output yang dihasilkan. Hal ini disebabkan oleh proses perpindahan panas dari mesin ke air pendingin dan jumlah panas yang diserap oleh air pendingin dari mesin. Hal ini dapat dilihat dari gambar 2.1 berikut ini.

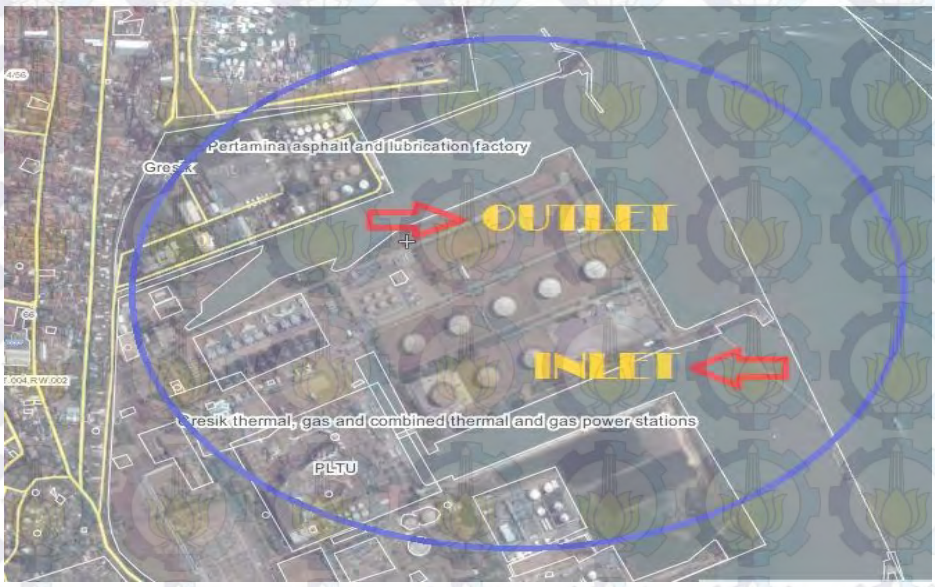


Gambar 2.1. Grafik hubungan temperatur inlet dengan kinerja mesin (Brook,2000)

Gambar di atas menjelaskan grafik hubungan antara temperatur inlet dengan effisiensi mesin. Pada dapat dilihat bahwa saat temperatur dari inlet meningkat maka panas yang diserap dari mesin menurun sehingga proses pendinginan mesin menjadi lebih lama. Hal ini memberikan dampak terhadap berkurangnya energi yang akan dihasilkan sehingga efisiensinya menurun.Meninjau dari tinjauan pustaka yang telah ada, studi tentang penyebaran panas air pendingin di PT. Pembangkitan Jawa-Bali Unit Pembangkitan Gresik (PT. PJB UP Gresik) perlu dilakukan.

2.2 Dasar Teori

2.2.1 PT. Pembangkitan Jawa-Bali Unit Pembangkit Gresik



Gambar 2.2. PT. PJB UP Gresik

(wikimapia.org)

Salah satu PLTU yang ada adalah PT. PJB UP Gresik yang berada di wilayah kota Gresik, Jawa Timur. Peralatan utama PLTU Gresik adalah Boiler, Turbin dan Generator. Peralatan lainnya adalah desalination plant, water treatment, deaerator, dll. Dalam proses produksi energi listrik, air tawar yang digunakan sebagai fluida kerja diperoleh dari air laut yang diolah melalui peralatan desalination plant, diolah lagi melalui peralatan water treatment hingga air tersebut memenuhi syarat untuk masuk ke boiler. Air tawar yang memenuhi syarat, disalurkan dan dipanaskan ke dalam boiler dengan menggunakan bahan bakar gas dan atau bahan bakar residu/MFO. Uap kering hasil produksi Boiler dengan tekanan dan temperatur tinggi (*superheated*) disalurkan ke turbin akan menghasilkan tenaga mekanis untuk memutar generator dan menghasilkan tenaga listrik untuk disalurkan ke sistem Jawa-Bali (Atmaja, 2008).

Sistem pendingin PT. PJB UP Gresik adalah sistem pendingin siklus terbuka. Pada sistem pendinginnya terdapat satu salutan *inlet* dan dua

saluran *outlet*. Saluran *outlet* ini masing-masing mewakili jenis dari pembangkit. Secara jelasnya dapat dilihat dari gambar 2.2 berikut ini.

Gambar 2.3. Pembagian Saluran *Outlet*

Pada PT. PJB UP Gresik, bahan bakar HSD (High Speed Diesel)/ MFO (Marine Fuel Oil) dipasok dengan kapal tanker sedangkan bahan bakar gas (gas alam) dipasok melalui pipa bawah laut yang berasal dari sumur gas Pagerungan (ARCO) dan dari Madura Utara (KODECO).

PT. PJB UP Gresik setiap tahun membangkitkan energi listrik rata-rata 12.814 GWh yang disalurkan melalui Saluran Udara Tegangan Tinggi 150kV dan Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi 500kV ke sistem interkoneksi Jawa dan Bali.

2.2.2 Sistem Air Pendingin PLTU

Sistem pendinginan adalah suatu rangkaian untuk mengatasi terjadinya *over heating* (panas yang berlebihan) pada mesin agar mesin bisa bekerja secara stabil. Air pendingin adalah air limbah yang berasal dari aliran air yang digunakan untuk penghilangan panas dan tidak berkontak langsung dengan bahan baku, produk antara dan produk akhir (KEP-

49/MENLH/11/2010). Fungsi utama dari sistem air pendingin utama adalah menyediakan dan memasok air pendingin yang diperlukan untuk mengkondensasikan uap bekas dan drain uap didalam kondensor. Fungsi lainnya adalah memasok air untuk mendinginkan "Heat Exchanger" pada sistem air pendingin bantu (auxiliary cooling water) yang merupakan siklus pendingin tertutup.

Air pendingin utama merupakan media pendingin untuk menyerap panas laten uap bekas dari turbin yang mengalir kedalam kondensor. Tanpa pasokan air pendingin turbin kondensasi tidak dapat dioperasikan. Sedangkan aliran air pendingin utama yang kurang dapat menyebabkan vakum kondensor menjadi rendah dan dapat mengakibatkan unit trip.
Sistem air pendingin harus dirancang mampu memenuhi kebutuhan operasi unit pembangkit secara konitinyu, ekonomis dan handal. Rancangan sistem air pendingin harus meliputi :

a. Menjamin tersedianya air untuk keperluan operasi PLTU pada setiap waktu
b. Jumlah aliran airnya cukup untuk menghasilkan efisiensi PLTU yang optimal pada semua kondisi beban temperatur.
c. Penyediaan air yang stabil pada semua kondisi tanpa perlu pengaturan
d. Pemeliharaannya murah dan mudah dilakukan
e. Biaya investasi dan operasinya rendah

Jumlah dan temperatur air pendingin yang tersedia akan menentukan vakum kondensor maksimum yang dapat dicapai. Oleh karena itu banyak PLTU atau PLTGU yang dibangun di tepi pantai (laut) berhubungan dengan tersedianya sumber air yang tak terbatas.

Aliran uap bekas (exhasut steam) turbin yang masuk kondensor harus terdistribusikan sedemikian rupa sehingga perpindahan panas laten uap ke air pendingin berlangsung dengan optimal. Kondensor hanya perlu

untuk mengkondensasikan uap saja, pendinginan lebih lanjut justru akan merugikan.

Jumlah panas yang dibuang ke laut atau udara sangatlah besar, tetapi kerugian panas ini menjadi berkurang apabila kapasitas unitnya makin besar. Sebagai gambaran untuk mengkondensasikan 0,45 kg uap di kondensor diperlukan air pendingin sekitar 29 kg. PLTU kapasitas 20 MW atau lebih kecil memerlukan sekitar 0,22 m^3 air pendingin untuk setiap tenaga listrik yang dibangkitkan (0,22 m^3 /kwh).

2.2.3 Jenis Sistem Air Pendingin PLTU

2.2.3.1. Sistem Air Pendingin Siklus Terbuka

Pada umumnya sistem air pendingin utama terdiri dari komponen :

- Intake (untuk sistem air pendingin siklus terbuka)
- Saringan (screen)
- Pompa (cooling water pump – CWP)
- Katup dan Pemipaan (piping)
- Menara pendingin (cooling tower)

Untuk sistem air pendingin siklus terbuka tidak dilengkapi dengan menara pendingin (cooling tower), sebaliknya pada sistem siklus tertutup (resirkulsi) tidak dibutuhkan intake yang dipasangi saringan-saringan, cukup dengan satu saringan sederhana.

Dalam sistem siklus terbuka, air pendingin dipasok secara kontinyu dari sumber tak terbatas seperti sungai, danau atau laut yang dipompakan ke kondensor untuk akhirnya dibuang kembali keasalnya. Dengan menggunakan pompa, air dari sumber dipompa dan dialirkan ke kondensor dan heat exchanger kemudian dibuang ke saluran pembuangan.

Letak saluran masuk dan saluran pembuangan air pendingin harus dibuat terpisah sejauh mungkin. Pemisahan ini bertujuan untuk mencegah terjadinya resirkulasi air dari sisi pembuangan mengalir ke sisi masuk. Resirkulasi akan menyebabkan penurunan efisiensi kondensor karena temperatur air menjadi tinggi.

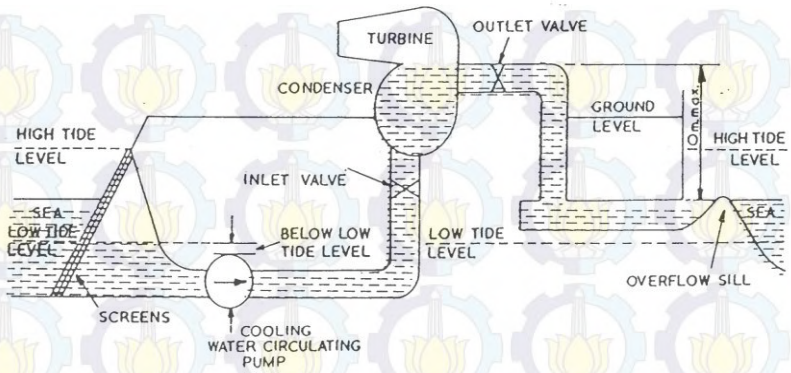
Keuntungan sistem air pendingin siklus terbuka dibanding siklus tertutup antara lain adalah :

- Biaya modal dan biaya operasinya lebih rendah.
- Peralatan yang digunakan lebih sedikit
- Kinerja kondensor lebih baik karena temperatur air pendingin masuk lebih rendah

Sedangkan kerugiannya adalah :

- Kualitas air tidak dapat dikontrol
- Memerlukan ijin dari instansi lingkungan, karena menimbulkan pencemaran lingkungan
- Sumber air harus tersedia dalam jumlah yang besar dan kontinyu.

Sistem siklus terbuka digunakan pada unit-unit pembangkit yang sumber airnya tak terbatas, seperti air laut atau danau. Temperatur air ke sisi pembuangan harus dijaga pada batas yang memenuhi syarat, karena air yang panas cenderung menimbulkan bau dan dapat mematikan ikan. Gambar 2.4. menunjukkan diagram sistem air pendingin siklus terbuka untuk lokasi unit pembangkit ditepi laut.



Gambar 2.4. Sistem Air Pendingin Utama Siklus Terbuka (Rakhman,2013)

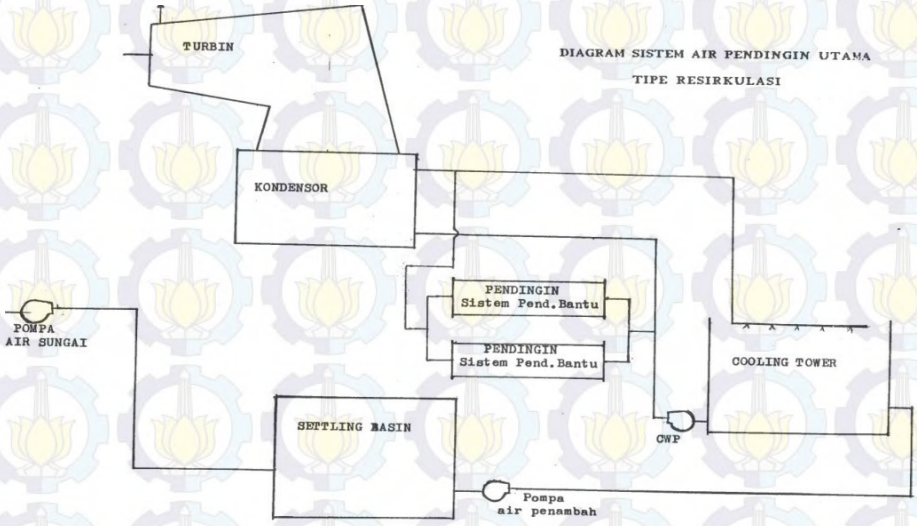
Pada sistem ini dibuat pembatas level minimum berupa gundukan atau bak pada sisi air keluar kondensor. Hal ini dimaksudkan agar diperoleh efek syphonic walaupun level air bervariasi. Efek syphonic memberikan keuntungan, karena dengan bantuan efek syphonic tenaga pemompaan menjadi lebih ringan. Sisi masuk pompa harus dipasang dibawah permukaan air terendah pada saat pasang rendah untuk mencegah terjadinya kehilangan sisi isap dan menjamin bekerjanya sistem syphonic.

2.2.3.2. Sistem Air Pendingin Siklus Tertutup

Secara prinsip, sistem air pendingin utama siklus tertutup menggunakan media air pendingin yang sama secara berulang dalam sirkulasi tertutup seperti terlihat pada gambar 2.5. Sistem ini membutuhkan biaya investasi yang lebih besar dibanding sistem siklus terbuka. Hal ini karena menggunakan menara pendingin yang mahal.

Biaya operasinya juga lebih besar karena sistemnya tidak dapat dibuat syphonic effect sehingga memerlukan tenaga pemompaan yang lebih besar. Bahkan apbial menggunakan sistem draft (tarikan) paksa memerlukan beberapa fan yang beroperasi terus menerus.

Namun sistem siklus tertutup merupakan solusi terhadap tersedianya jumlah air yang terbatas, karena air pendingin dipakai berulang-ulang dan kehilangan air pendingin relatif sedikit.



Gambar 2.5. Sistem Air Pendingin Utama Siklus Tertutup
(Rakhman, 2013)

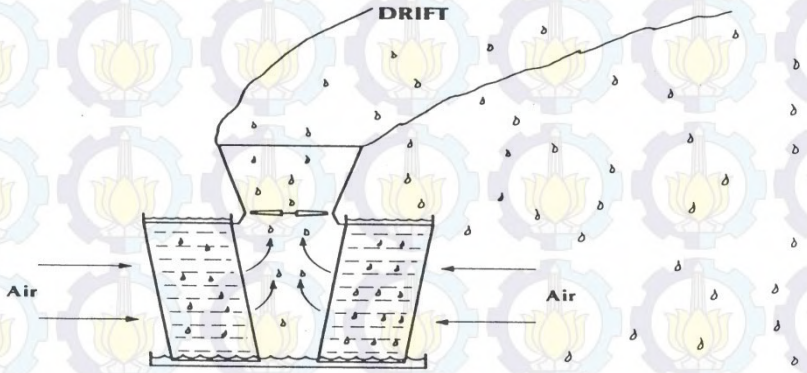
Sirkulasi air pendingin adalah dari bak penampung menara pendingin (cooling tower) dipompakan ke kondensor oleh pompa air pendingin utama (CWP) untuk mengkondensasikan uap bekas dengan cara menyerap panas laten dari uap bekas tersebut. Akibat proses dikondensor, temperatuir air pendingin keluar kondensor akan mengalami kenaikkan. Karena air akan disirkulasikan kembali ke kondensor, maka air pendingin ini harus didinginkan terlebih dahulu.

Proses pendinginan air dilaksanakan di Menara pendingin (Cooling Tower). Didalam menara pendingin, air pendingin didinginkan oleh udara sehingga temperaturnya kembali turun dan siap disirkulasikan kembali kedalam kondensor.

Dalam contoh aplikasi sistem air pendingin utama siklus tertutup, fungsi sebagian besar komponennya seperti kondensor, Auxiliary Cooling water heat Exchanger, Traveling Screen sama seperti dalam sistem air

pendingin utama siklus terbuka. Perbedaannya hanya terletak pada menara pendingin (Cooling Tower) yang tidak terdapat pada sistem air pendingin siklus terbuka. Sedangkan gambar dibawah menunjukkan proses pembuangan panas yang mengakibatkan terbawanya butir air (drift) ke udara sekitar menara pendingin.

Gambar di bawah ini memperlihatkan aliran pembuangan udara/gas panas (drift) dari menara pendingin ke atmosfir, dimana sebagian tetes air ikut terbawa. Hal ini mengakibatkan berkurangnya jumlah air pendingin didalam siklus tertutup.



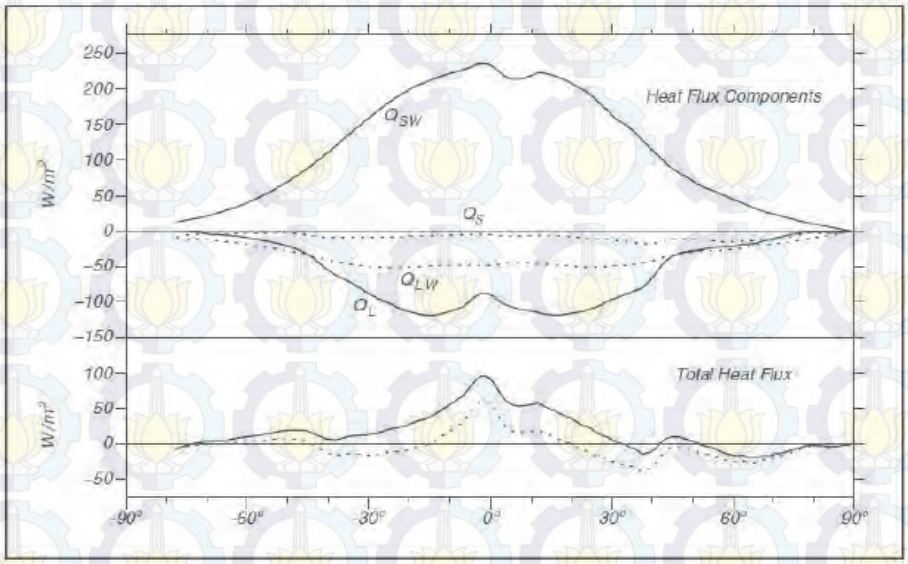
Gambar 2.6. Pembuangan Panas di Menara Pendingin Siklus Tertutup (Rakhman, 2013)

2.2.4 Konsep Hidrodinamika Laut

2.3.4.1. Temperatur

Temperatur dan salinitas adalah karakteristik fisik air laut yang sangat penting, karena dapat digunakan untuk mengidentifikasi badan air laut secara umum. Temperatur, salinitas dan tekanan dapat menentukan kerapatan air laut. Sebaran temperature pada permukaan laut dapat dipengaruhi oleh fluks panas, penguapan, curah hujan, air sungai yang mengalir ke laut serta pembekuan dan pencairan es di laut (Purba, 2004). Fluks panas terdiri dari beberapa komponen, yaitu insolation *(incoming*

solar radiation) Q_{SW}, radiasi infra merah Q_{LW}, fluks panas sensible Q_S dan fluks panas laten Q_L. Besarnya komponen-komponen fluks panas ditunjukkan oleh grafik pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Komponen fluks panas (Stewart, 2002)

Sebaran temperatur pada permukaan laut cenderung bersifat zional, yaitu tidak bergantung pada posisi garis bujur. Perbedaan temperatur terutama disebabkan oleh kenaikan panas di lapisan permukaan di daerah equator dan pengurangan panas di daerah kutub. Air paling hangat berada di sekitar equator dan air paling dingin berada berada di sekitar kutub. Temperatur permukaan laut memiliki anomali, deviasi temperatur dalam jangka panjang sangat kecil, kurang dari 1.5^0C kecuali di samudera Pasifik di sekitar ekuator deviasi bisa mencapai 3^0C (Stewart, 2002).

Profil temperatur terhadap kedalaman menunjukan tiga zona yang berbeda di bawah permukaan air (0-5 m), yaitu zona atas (upper zone), termoklin (thermocline) dan zona dalam (deep zone) (Kennish, 2001). Zona atas pada kedalaman 5 sampai 200 meter merupakan lapisan dimana terjadi pencampuran yang baik, yang dicirikan dengan kondisi yang hamper *isothermal* dan dapat dipengaruhi oleh angina permukaan. Perubahan temperatur tidak berpengaruh pada lapisan ini. Pada

kedalaman antara 200-1000 meter, temperatur air naik dengan cepat. Lapisan ini disebut termoklin. Pada bagian bumi dengan posisi garis lintang rendah sampai pertengahan, termoklin merupakan perilaku hidrografi yang permanen, sedangkan pada posisi garis lintang tinggi kondisi termoklin terbentuk secara musiman. Termoklin musiman sering terjadi pada kedalaman 50-100 meter pada air laut di posisi lintang pertengahan. Temperatu dengan stabilitas rendah (rata-rata 4^0C) ditemukan di bawah termoklin permanen. Profil temperatur pada posisi lintang yang rendah menunjukkan penurunan yang tajam dari 20^0C pada lapisan permukaan, menjadi sampai 5^0C pada zona dalam. Pada garis lintang pertengahan temperatur turun dari 10-15^0C di permukaan menjadi 5^0C pada lapisan air yang lebih dalam. Pada posisi lintang tinggi (daerah kutub), temperatur selalu rendah (4^0C) pada seluruh kolom air.

2.3.4.2. Arus Laut

Sebaran arus kanal pendingin pada air laut sangat dipengaruhi oleh pola kecepatan aliran atau arus laut. Ada beberapa factor yang mempengaruhi sirkulasi air di pesisir. Secara umum yang terpenting adalah kekuatan arus pasang surut, aliran air dari sungai, kondisi meteorology, konfigurasi garis pantai dan kedalaman, serta topografi paparan benua (Kennish, 2001).

Angin merupakan salah satu gaya yang disebabkan oleh kondisi meteorology. Pada saat bertiup di atas permukaan laut, angina mentransfer sebagian energinya untuk membentuk gelombang yang yang menyebabkan terjadinya arus. Semakin besar kecepatan angina, semakin besar gaya gesekan yang bekerja pada permukaan laut dan semakin besar arus permukaan. Gaya gesekan yang diakibatkan oleh tiupan angina disebut tegangan angina *(wind stress)*.

Pengaruh tegangan angina pada permukaan laut adalah terjadinya gerakan turbulen, dimana terjadi transfer momentum di antara bagian-

bagian air yang mengakibatkan terjadinya gesekan internal yang disebut viskositas olakan *(eddy viscosity)*.

2.3.4.3. Pasang Surut

Pasang surut merupakan peristiwa naik turunnya permukaan air laut secara periodik. Pasang surut menyebabkan terbentuknya gelombang yang paling panjang di laut dan juga arus yang disebut arus pasut. Pasang surut menghasilkan arus yang kuat pada bagian-bagian laut. Arus pasang surut dapat memiliki kecepatan mencapai 5 m/s pada laut pesisir (Stewart, 2002).

Pasang surut erat kaitannya dengan gaya gravitasi oleh bulan dan matahari. Pasang tertinggi terjadi pada saat bulan purnama, karena gravitasi bulan memiliki pengaruh yang lebih besar daripada gravitasi matahari. Walaupun massa bulan jauh lebih kecil daripada matahari, namun jarak bulan ke bumi lebih kecil daripada jarak matahari ke bumi, hal ini sesuai dengan hokum Newton tentang gravitasi yang dituangkan dalam persamaanberikut,

$$F_g = G\frac{M_1 M_2}{R^2} \tag{2.1}$$

Dimana M1 dan M2 adalah massa masing-masing benda (kilogram), R adalah jarak antara kedua benda (meter) dan G adalah konstanta universal (6.6×10^{-11} Nm^2kg^{-2}).

Ketinggian pasut dapat diprediksi dengan metode harmonik. Metode tersebut memanfaatkan pengetahuan bahwa pasang surut yang diamati merupakan jumlah dari beberapa komponen atau pasang surut parsial, masing-masing dengan periode yang berhubungan dengan periode salah satu gerakan astronomi antara bumi, matahari dan bulan (Supangat dan Susanna, 2008).

Karena elevasi muka air laut selalu berubah setiap saat, maka diperlukan suatu elevasi yang ditetapkan berdasar data pasang surut, yang dapat digunakan sebagai pedoman di dalam perencanaan suatu pelabuhan. Elevasi muka air pasang surut ditentukan berdasarkan pengukuran selama 1 hari atau 30 hari. Beberapa elevasi tersebut adalah sebagai berikut:

a. Muka air laut tinggi (*high water level*), mukai air tertinggi yang dicapai pada saat air pasang dalam satu siklus pasang surut.
b. Muka air rendah (*low water spring*), kedudukan air terendah yang dicapai pada saat air surut dalam satu siklus pasang surut.
c. Muka air tinggi rerata (*mean high water level, MHWL*), adalah rerata dari muka air tinggi selama periode 19 tahun.
d. Muka air rendah rerata (*mean low water level, MLWL*), adalah rerata dari muka air rendah selama periode 19 tahun.
e. Muka air 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 elevasi di daratan.
f. Muka air tertinggi (*highest high water level*), adalah air tertinggi pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.
g. Air rendah terendah (*lowest low water level, LLWL*), adalah air terendah pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.

2.3.4.4. Debit Aliran

Debit atau laju alir adalah volume air yang melewati suatu bagian saluran per satuan waktu. Suatu bagian yang dimaksud disini dapat berupa sungai, pipa, dan sebagainya.

Debit aliran dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$dQ = vdA \qquad (2.2)$$

dan didefinisikan secara umum dengan,

$$Q = v \times A \qquad (2.3)$$

Keterangan:

Q = Debit atau laju alir (m^3/s)

A = Luas bagian penampang basah (m^2)

v = Kecepatan aliran (m/s)

2.3.4.5. Kekasaran Laut dan Viskositas Olakan

Kekasaran *(roughness)* dasar laut dan viskositas olakan (eddy *viscosity)* dapat mempengaruhi profil air permukaan, kecepatan aliran dan distribusi kecepatan pada badan air laut. Kekasaran Manning (n) merupakan koefisien permukaan yang digunakan untuk menggambarkan resistensi terhadap aliran akibat kekasaran permukaan dasar laut (Khayyun, 2008).

Di permukaan laut, gerakan air tidak pernah laminar, tetapi turbulen sehingga kelompok-kelompok air ditukar antara satu bagian fluida ke bagian fluida yang lain. Gesekan internal yang dihasilkan lebih besar daripada yang disebabkan oleh pertukaran molekul individu dan disebut viskositas olakan (Supangat dan Susanna, 2008).

Dalam mempelajari turbulensi dalam fluida, umumnya vortisitas dalam skala kecil diabaikan dalam perhitungan. Viskositas olakan dengan skala lebih besar lebih banyak digunakan dalam perhitungan. Nilai viskositas olakan yang digunakan dalam pemodelan sirkulasi laut berkisar antara $5x10^4$ sampai 10^6 Pa.s, tergantung pada resolusi grid numeric yang digunakan (Glamore, 2007).

Dalam pembentukan persamaan gerak, viskositas olakan sesungguhnya merepresentasikan viskositas molecular dan efek turbulensi dari tegangan Reynold. Akan tetapi dalam aliran dimana tegangan Reynold lebih dominan, umumnya besar viskositas olakan lebih besar daripada viskositas molecular, sehingga viskositas molekulas dapat diabaikan. Nilai viskositas akan meningkat seiring dengan meningkatnya ukuran

elemen dan kecepatan aliran (Khayyun, 2008). Besarnya viskositas olakan berdasarkan jenis aliran disajikan dalam tabel 2.1.

Tabel 2.1. Besarnya viskositas olakan berdasarkan jenis aliran (Khayyun, 2008).

Jenis Aliran	Viskositas Olakan, pascal detik
Aliran horizontal homogeny sekitar pulau	480-4800
Aliran horizontal homogeny pada pertemuan dua sungai	1200-4800
Aliran tunak termal ke sungai dengan arus lambat	950-4800
Aliran pesisir dalam muara yang berawa-rawa	2400-9580
Aliran lambat pada kolam dangkal	10-50

Gesekan dengan dasar laut dan viskositas olakan merupakan parameter yang dapat digunakan untuk kalibrasi dan untuk mendapatkan hasil yang stabil dalam pemodelan numeric (Dill, 2007).

2.3.4.6. Konsep Hidrodinamika Laut

Definisi hidrodinamika adalah studi ilmiah tentang gerak fluida, khususnya zat cair *incompressible* yang dipengaruhi oleh gaya internal dan eksternal. Dalam hidrodinamika laut, gaya-gaya yang penting adalah gaya gravitasi, gaya gesekan dan gaya coriolis (Stewart, 2002).

Gaya gravitasi merupakan gaya yang dominan dalam hidrodinamika. Gaya berat dari air laut merupakan akibat dari adanya gaya gravitasi yang menghasilkan tekanan hidrostatis. Perubahan gravitasi yang diakibatkan oleh gerakan matahari dan bulan relative terhadap bumi, menyebabkan terjadinya pasang surut, arus dan pencampuran. Gravitasi juga menyebabkan terjadinya *buoyancy,* yaitu gaya naik atau gaya turun pada paket-paket air yang memiliki densitas lebih besar atau lebih kecil dari pada air di sekitarnya pada level yang sama.

Gaya gesekan adalah gaya yang bekerja pada dua buah permukaan yang saling bersentuhan dan terjadi gerak relatif antara keduanya. Permukaan

di sini dapat berupa paket air atau udara. Tekanan angin adalah gaya gesekan yang disebabkan oleh bertiupnya angin di atas permukaan laut. Tiupan angin mentransfer momentum horizontal kepada laut sehingga menghasilkan arus. Jika angin bertiup pada gelombang laut, maka akan terjadi gelombang laut yang lebih besar.

Gaya Coriolis adalah gaya semu yang dominan yang mempengaruhi gerak dalam sitem koordinat yang disesuaikan terhadap bumi.Gaya semu adalah gaya yang nyata yang muncul dari gerak dalam *curvilinear* atau koordinat yang berputar. Efek Coriolis adalah pantulan dari angin yang bergerak sepanjang permukaan bumi ke kanan ke arah gerak pada bagian utara bumi, dan ke kiri gerak pada bagian selatan bumi. Efek Coriolis disebabkan oleh rotasi bumi dan menentukan arah rotasi dari massa air, akibatnya arus berputar searah jarum jam di bumi bagian selatan, dan berlawanan arah jarum jam di bumi bagian utara.

2.3.4.7. Model Numerik Hidrodinamika Laut

Model numerik hidrodinamika laut terdiri dari beberapa komponen yaitu data yang diperlukan, model konseptual dan metode untuk menyelesaikan persamaan. Kunci dalam pembuatan model hidrodinamika adalah ketersediaan data dan informasi yang cukup untuk karakteristik tipe arus yang diharapkan dalam sistem. Data harus tersedia untuk sejumlah daerah. Data yang diperlukan dalam pemodelan adalah data geografi, arus, kandungan zat, kondis awal dan data untuk kalibrasi model. Data geografi menggambarkan keadaan sistem. Data arus mendefinisikan batas arus melintang dari sistem. Kandungan zat mendefinisikan kualitas air.

Pemodelan arus sangat komples, sehingga harus dilakukan penyederhanaan sistem sebanyak mungkin dengan memperhatikan bahwa komponen utama sistem tetap terepresentasikan secara penuh.

Persamaan yang dikembangkan secara umum bersifat *transient* (merupakan fungsi dari waktu), *non-linear,* dan sangat kompleks jika arus mengalami turbulensi. Persamaan menjadi lebih kompleks karena densitas air dapat berubah. Maka untuk kasus sangat umum, simulasi juga harus secara simultan mencakup solusi untuk parameter-parameter yang mempengaruhi densitas seperti salinitas dan temperatur. Jika arus dipengaruhi oleh densitas, maka arus digambarkan secara bertingkat. Jika arus tidak dipengaruhi densitas, maka arus digambarkan secara homogen.

Model sebaran temperatur pada badan air laut terdiri dari persamaan hidrodinamika dan persamaan adveksi-difusi yang telah dikembangkan oleh Mellor (2004) menggunakan persamaan kontinuitas dan momentum.

Persamaan kontinuitas,

$$\frac{\delta\eta}{\delta t} + \frac{\delta uD}{\delta x} + \frac{\delta vD}{\delta y} = 0 \qquad (2.4)$$

Persamaan momentum,

$$\frac{\delta\bar{U}D}{\delta t} + \frac{\delta\bar{U}^2D}{\delta x} + \frac{\delta\overline{UV}D}{\delta y} - \tilde{F}_x - f\bar{V}D + gD\frac{\delta\eta}{\delta x} = -< wu(0) > +< wu(-1) > \qquad (2.5)$$

$$\frac{\delta\bar{V}D}{\delta t} + \frac{\delta\overline{UV}D}{\delta x} + \frac{\delta\bar{V}^2D}{\delta y} - \tilde{F}_y - f\bar{U}D + gD\frac{\delta\eta}{\delta x} = -< wv(0) > +< wv(-1) > \qquad (2.6)$$

Dimana D= H+ η, $\bar{U}, \bar{V}$ adalah kecepatan rata-rata arus pada sumbu x (timur-barat) dan y (utara-selatan), $\bar{U} = \frac{1}{D}\int_{-1}^{0} U\, d\sigma$ dan $\bar{V} = \frac{1}{D}\int_{-1}^{0} V\, d\sigma$, t adalah waktu, H adalah kedalaman, η adalah elevasi permukaan. G adalah percepatan gravitasi. Dan f adalah para meter Coriolis.

Difusi dalam sumbu x dan y adalah,

$$\tilde{F}_x = \frac{\delta}{\delta x}\left[H2\bar{A}_M \frac{\delta \bar{U}}{\delta x}\right] + \frac{\delta}{\delta y}\left[H2\bar{A}_M \left(\frac{\delta \bar{U}}{\delta y} + \frac{\delta \bar{V}}{\delta x}\right)\right] \quad (2.7)$$

$$\tilde{F}_y = \frac{\delta}{\delta y}\left[H2\bar{A}_M \frac{\delta \bar{V}}{\delta y}\right] + \frac{\delta}{\delta x}\left[H2\bar{A}_M \left(\frac{\delta \bar{U}}{\delta y} + \frac{\delta \bar{V}}{\delta x}\right)\right] \quad (2.8)$$

Dimana A_M adalah koefisien difusivitas horizontal. Tekanan angin pada permukaan tidak diperhitungkan.

Gesekan dasar untuk kedua sumbu adalah sebagai berikut,

$$< wu(-1) >= \frac{C_Z \bar{U}\sqrt{\bar{U}^2 \bar{V}^2}}{D} \quad (2.9)$$

$$< wv(-1) >= \frac{C_Z \bar{V}\sqrt{\bar{U}^2 \bar{V}^2}}{D} \quad (2.10)$$

Dimana C_Z adalah koefisien gesekan dasar.

2.3.4.8. Model Hidrodinamika Untuk Perairan Dangkal

Aliran pada muara, perairan pantai dan laut tidak dapat dianggap satu dimensi. Pemodelan perilaku aliran pada muara dan perairan pantai harus menggunakan tiga dimensi, khususnya pada muara dan daerah perairan pantai dengan batimetri yang sangat kompleks dan cukup dalam serta terjadi pelapisan *(stratification)*. Untuk kasus dimana kedalaman perairan cukup dangkal dibandingkan dengan lebar perairan dan tidak terjadi pelapisan (*non stratification*) atau terjadi pelapisan yang sangat kecil (*weakly stratified*), maka variasi kecepatan dalam arah vertikal biasanya kecil dan jarang ditinjau. Gerak sirkulasi arus di pantai yang dangakl dapat diasumsikan sebagai aliran massa yang bercampur sempurna (homogen) mulai dari permukaan laut sampai ke dasar perairan, dan pengaruh angin di permukaan diasumsikan mencapai dasar laut.Oleh

karena itu pemodelan dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan yang diintegrasikan terhadap kedalaman.

2.2.5 MIKE 21 Hydrodynamic

Mike 21 Hydrodynamic adalah sebuah modul yang ada di dalam software MIKE 21 yang digunakan untuk menghitung kecepatan arah arus. Hydrodynamic modul dapat diaplikasikan untuk menyimulasikan fenomena lingkungan dan hidrodinamika di danau, muara, teluk, area pantai, dan laut (DHI Water and Enviroment).

Tujuan utama Mike 21 HD adalah untuk menyelesaikan persamaan differensial parsial yang dipengaruhi arus horizontal. Seperti persamaan differensial lainnya, Mike 21 memerlukan kondisi batas. Kondisi batas pasa Mike 21 HD ini ada dua yaitu *closed boundary* dan *open boundary*. Pada *closed boundary normal flux* diasumsikan nol untuk semua variable. Sedangkan pada *open boundary* dapat ditetepkan sebagai bentuk ketinggian permukaan bumi untuk persamaan hidrodinamika.

Secara umum *boundary data* yang diperlukan adalah :

a. Ketinggian permukaan pada *open boundary*
b. Batimetri
c. *Bed resistance*
d. Arah dan kecepatan angin
e. Data pasang surut

Kesuksesan dalam mengaplikasikan Mike 21 HD ini adalah pada pemilihan *open boundary* yang tepat.Simulasi penyebaran panas ini akan dilakukan dengan menggunakan MIKE 3, yang mana hasil yang diharapkan adalah dalam bentuk tiga dimensi sehingga dapan diketahui penyebaran panas di setiap kedalaman dari perairan. Persamaan yang digunakan pada model ini adalah persamaan kontinuitas dan persamaan

momentum dengan perata-rataan kedalaman. Model ini menggunakan pendekatan metode beda hingga (*finite difference method*) untuk menyelesaikan persamaan yang digunakan. Berikut uraian persamaan yang digunakan dalam model (Abbott *et al*., 1978) :

- Persamaan kontinuitas

$$\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}+\frac{\partial w}{\partial z}=S \tag{2.11}$$

- Persamaan momentum

$$\frac{\partial u}{\partial t}+\frac{\partial u^2}{\partial x}+\frac{\partial vu}{\partial y}+\frac{\partial wu}{\partial z}=fv-g\frac{\partial \eta}{\partial x}-\frac{1}{\rho_0}\frac{\partial \rho_0}{\partial x}-\frac{g}{\rho_0}\int_z^{\eta}\frac{\partial \rho}{\partial x}+F_u+\frac{\partial}{\partial z}\left(v_t\frac{\partial u}{\partial z}\right)+u_sS \tag{2.12}$$

$$\frac{\partial v}{\partial t}+\frac{\partial v^2}{\partial y}+\frac{\partial uv}{\partial x}+\frac{\partial wv}{\partial z}=-fu-g\frac{\partial \eta}{\partial y}-\frac{1}{\rho_0}\frac{\partial \rho_0}{\partial y}-\frac{g}{\rho_0}\int_z^{\eta}\frac{\partial \rho}{\partial y}+F_v+\frac{\partial}{\partial z}\left(v_t\frac{\partial u}{\partial z}\right)+v_sS \tag{2.13}$$

Persamaan yang digunakan untuk pemodelan sebaran panas adalah persamaan adveksi-dispersi (Ramming and Kowalik, 1980) yaitu :

$$\frac{\partial T}{\partial t}+\frac{\partial uT}{\partial x}+\frac{\partial vT}{\partial y}+\frac{\partial wT}{\partial z}=F_T+\frac{\partial}{\partial z}\left(D_v\frac{\partial T}{\partial z}\right)+\hat{H}+T_sS \tag{2.14}$$

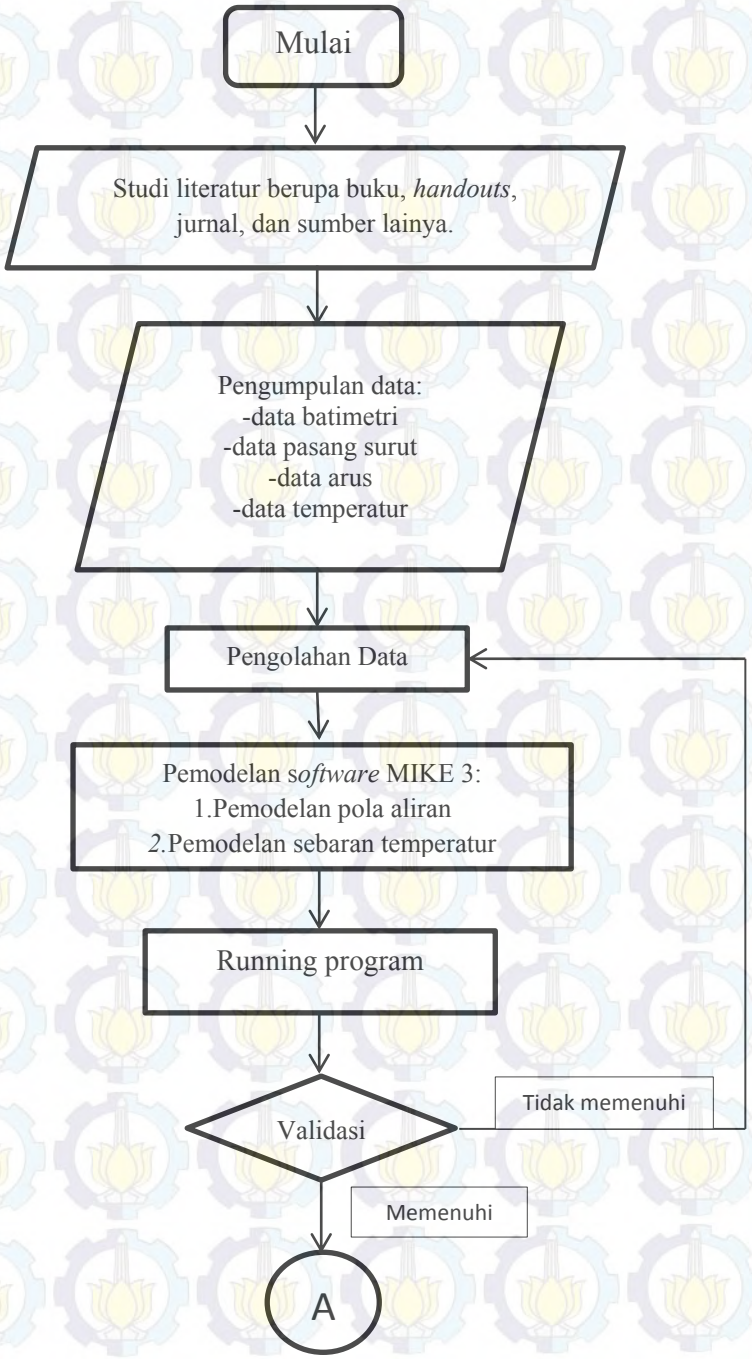
Dimana t adalah waktu,, x,y,z adalah koordinat kartesian, u,v,w adalah komponen kecepatan, T adalah suhu, Dv adalah koefisien difusi arah vertikal, $\hat{H}$ adalah suhu akibat panas dari atmosfer, S adalah debit dari titik sumber, Ts merupakan suhu sumber, F_T merupakan difusi arah horizontal, Dh merupakan koefisien difusi arah horizontal dan h adalah kedalaman

(*Halaman ini sengaja dikosongkan*)

BAB 3
METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam tugas akhir ini ditampilkan dalam bentuk diagram alir (*flowchart*) berikut ini.



Gambar 3.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

3.2 Prosedur Penelitian

Adapun langkah-langkah penelitian dalam diagram alir pada gambar 4.1 dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Studi Literatur

   Studi literatur meliputi mencari serta mempelajari buku, jurnal, ataupun laporan tugas akhir terdahulu yang membahas pokok permasalahan yang sama atau mirip dengan tugas akhir ini. Literatur tersebut digunakan sebagai acuan ataupun referensi tugas akhir ini.

2. Pengumpulan Data

   Sebelum memulai pengerjaan, langkah pertama yang dilakukan adlah pengumpulan data sehingga pengerjaan berjalan lancar. Data yang digunakan dalam pemodelan ini merupakan data sekunder yang terdiri dari peta batimetri terbaru, data pasang surut, debit aliran dari outlet serta suhu air pendingin. Data-data sekunder disini diperoleh dari pengukuran yang dilakukan oleh instansi-instansi terkait.

3. Pengolahan Data

   Setelah data diperoleh, maka langkah selanjutnya adalah pembuatan kontur berdasarkan peta batimetri awal (data sekunder), penentuan kondisi batas

(boundary condition), meshing, input data (flow rate/debit, pasang surut, temperatur, dll).

4. Pemodelan menggunakan program *MIKE*
   a. Pemodelan Pola Arus (Modul *Hydrodynamics*)

      Pemodelan pola arus yang dilakukan menyesuaikan dengan input data yang diperoleh seperti pada langkah pengumpulan data, tanpa mempertimbangkan gelombang dari laut dengan asumsi gaya atau pengaruh yang diberikan keduanya kecil.
   b. Pemodelan Pola Sebaran Panas (Modul *Hydrodynamics*)

      Simulasi ini merupakan kelanjutan dari simulasi pola arus. Dalam melakukan analisis diperlukan beberapa faktor tambahan sebagai parameter, seperti *flow rate*/debit dan temperatur. Dari simulasi ini akan didapatkan nilai temperatur dengan variasi kedalaman.
5. Validasi

   Setelah itu dilakukan validasi dengan data pengukuran di lapangan. Hal ini bertujuan untuk membandingkan apakah data hasil pemodelan sesuai atau tidak dengan kondisi di lapangan.
6. Pembahasan

   Selanjutnya adalah melakukan analisa dan pembahasan tentang sebaran panas air pendingin. Diantaranya adalah menganalisa pola sebaran panas air pendingin yang dikeluarkan dan menetukan besar temperatur air pendingin.
7. Kesimpulan dan Saran

   Langkah selanjutnya adalah membuat kesimpulan yang sesuai dengan perumusan masalah yang telah dibuat dan memberikan saran yang tepat untuk penelitian-penelitian yang mungkin akan dilakukan dengan topik yang sama sehingga diharapkan bisa memudahkan dalam pengerjaan penelitian tersebut.
8. Penyusunan Laporan

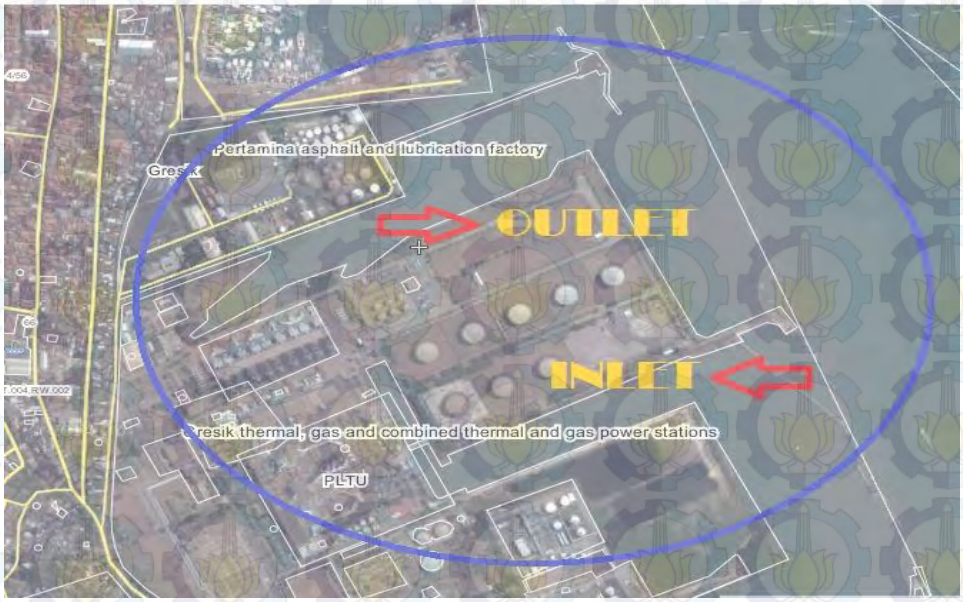
   Penulisan laporan meliputi penulisan mulai dari awal sampai saran dan kesimpulan dari hasil analisis yang telah dilakukan serta pemberian-pemberian saran untuk penelitian selanjutnya.

(*Halaman ini sengaja dikosongkan*)

BAB 4
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Lokasi Studi

Lokasi studi (gambar 4.1) dalam tugas akhir ini adalah PT. Pembangkitan Jawa-Bali Unit Pembangkit Gresik (PT. PJB UP Gresik), Jawa Timur. Secara geografis lokasi daerah studi terletak pada koordinat 112º40' 01.8" s/d 112º40' 16.3" BT dan 07º 09' 29.4" s/d 07º 09' 56.3" LS.



Gambar 4.1. Lokasi Studi (wikimapia.org)

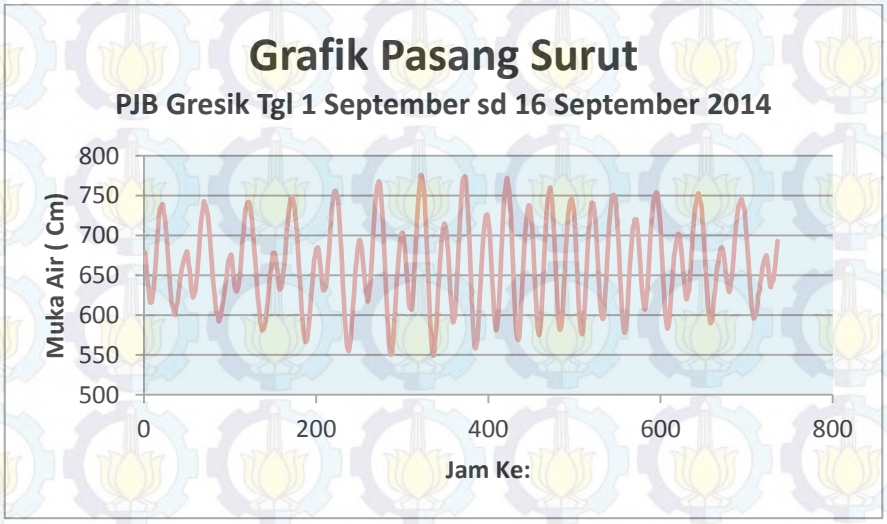
4.2 Analisis Data

Data yang ada pada pengerjaan tugas akhir ini dianalisis dengan proses yang berbeda-beda.

4.2.1 Data Pasang Surut

Semua komponen data pasang surut untuk pengerjaan tugas akhir ini diperoleh dari hasil pengukuran langsung pada lokasi penelitian. Data pasang surut yang didapatkan adalah data pasang surut pada bulan September selama 15 hari. Data Pasang surut ini akan digunakan sebagai input untuk simulasi aliran dan digunakan sebagai data

ketinggian elevasi air laut. Adapun bentuk grafik data pasang surut yang diperoleh dapat ditampilkan seperti pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Grafik Pasang Surut PT. PJB UP Gresik

Dari grafik tersebut dapat diketahui bahwa daerah perairan sekitar PT. PJB UP Gresik memiliki tipe pasang surut semidiurnal. Berikut ini adalah elevasi air dari data padang surut dengan menggunakan metode Least Square.

Tabel 4.1 Elevasi Air Hasil Perhitungan Least Square

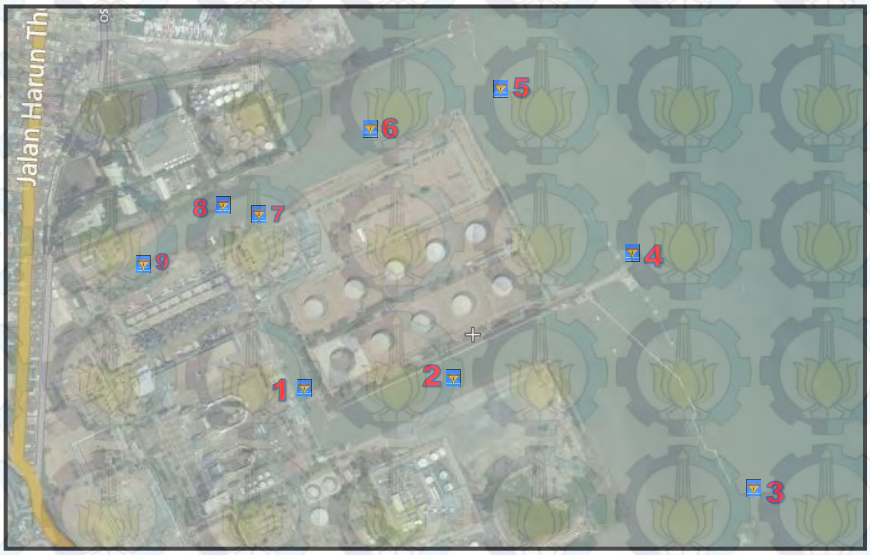
DESKRIPSI	ELEVASI (cm)	ELEVASI (m)
HAT (High Astronomical Tide)	876.00	8,76
HHWS (Highest High Water Spring)	817.00	8,17
MHWS (Mean High Water Spring)	743.00	7,43
MSL (Mean Sea Level)	665.00	6,65
MLWS (Mean Low Water Spring)	587.00	5,87
LLWS (Lowest Low Water Spring)	513.00	5,13
LAT (Low Astronomical Tide)	454.00	4,54

4.2.2 Data Batimetri

Data batimetri yang digunakan pada pengerjaan tugas akhir ini adalah data yang diperoleh langsung dari survey batimetri atau sering disebut *sounding* dengan menggunakan alat *Echo Sounder*.

4.2.3 Data Kecepatan Arus

Data kecepatan arus diperoleh dengan pengukuran langsung menggunakan *Current Meter Electromagnetic*. Alat ini menggunakan sistem sensor pada proses pengukurannya sehingga dapat mengukur kecepatan dan arah arus. Pengukuran arus ini dilakukan pada 9 titik lokasi yang berbeda. Adapun lokasi yang dilakukan pengukuran ditunjukkan pada gambar 4.3 berikut ini.



Gambar 4.3 Lokasi Pengukuran Arus

Lokasi yang ditunjukkan pada gambar 4.3 mewakili lokasi-lokasi yang akan dianalisa pada tugas akhir ini. Adapaun lokasi-lokasi yang ditunjukkan adalah titik 1 adalah kolam tenang, titik 2 adalah kanal *intake*, titik 3 adalah mulut kanal *intake*, titik 4 adalah bagian tengah dermaga, titik 5 adalah mulut *outfall*, titik 6 adalah kolam *outfall* campur, titik 7 adalah *outlet* PLTGU, titik 8 adalah sejajar *outlet* PLTGU dan titk 9 adalah *outlet* PLTU.

Tabel 4.2 Lokasi Pengukuran Arus

LOKASI	**EASTING**	**NORTHING**
Kolam Tenang	683717.28	9207728.84
Kanal *Intake*	683910.85	9207719.30
Mulut Kanal *Intake*	684559.75	9207521.80
Dermaga	684300.25	9208016.33
Mulut *Outfall*	684072.70	9208351.15
Kolam *Outfall* Campur	683863.01	9208234.35
Outlet PLTGU	683610.68	9208056.96
Sejajar *Outlet* PLTGU	683552.31	9208076.32
Outlet PLTU	683365.50	9207941.79

Dari hasil pengukuran pada 9 titik tersebut diperoleh data (tabel 4.3) berupa kecepatan arus maksimum, kecepatan arus rata-rata, kecepatan arus minimum serta arah dominan arus. Data lebih lengkap dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Arus

LOKASI	Kecepatan Arus (cm/s)			Arah Dominan(^{0})
	Maksimum	Rata-rata	Minimum	
Titik 1	72.389	64.514	58.600	336.558 (Barat Laut)
Titik 2	64.179	56.304	50.390	233.258 (Barat Daya)
Titik 3	50.550	22.325	3.460	235.583 (Barat Daya)
Titik 4	50.780	22.555	3.690	234.383 (Barat Daya-Timur)
Titik 5	55.510	27.285	8.420	235.653 (Barat Daya-Timur)
Titik 6	53.149	45.274	39.36	36.258 (Timur Laut)
Titik 7	71.889	64.014	58.100	34.108 (Timur Laut)
Titik 8	47.479	36.604	33.69	31.048 (Timur Laut)
Titik 9	54.889	47.014	41.100	29.137 (Timur Laut)

4.2.4 Data Temperatur

Data arus yang diperoleh juga merupakan data pengukuran langsung dengan lokasi pengukuran seperti yang ditunjukkan gambar 4.3. Pengukuran temperatur juga menggunakan alat *Current Meter Electromagnetic* karena pada alat ini juga terdapat sensor yang berguna untuk mengukur temperatur. Dari hasil pengukuran diperoleh data berupa temperatur maksimum, temperatur rata-rata dan temperatur minimum pada masing-masing lokasi pengukuran. Hasil tersebut ditunjukkan oleh tabel 4.4 di bawah ini, lebih lengkapnya bisa dilihat pada lampiran.

Tabel 4.4 Hasil Pengukuran Temperatur

LOKASI	Temperatur (^{0}C)		
	Maksimum	Rata-rata	Minimum
Titik 1	28.672	27. 214	27.199
Titik 2	28.784	28.242	27.769
Titik 3	29.734	29.192	28.719
Titik 4	29.839	29.297	28.824
Titik 5	30.427	30.069	29.954
Titik 6	35.871	33.157	30.186
Titik 7	36.537	33.823	30.852
Titik 8	35.271	32.557	29.586
Titik 9	38.690	37.180	35.815

4.2.5 Data Discharge

Debit atau *discharge* adalah volume aliran baik berupa sedimen, bahan kimia atau jasad renik yang terbawa melewati suatu area. Biasanya disebut juga dengan debit aliran dengan satuan m^3/s.

Data *discharge* yang digunakan dalam analisis ini adalah data *discharge* rata-rata yang diperoleh langsung dari PT. PJB UP Gresik.

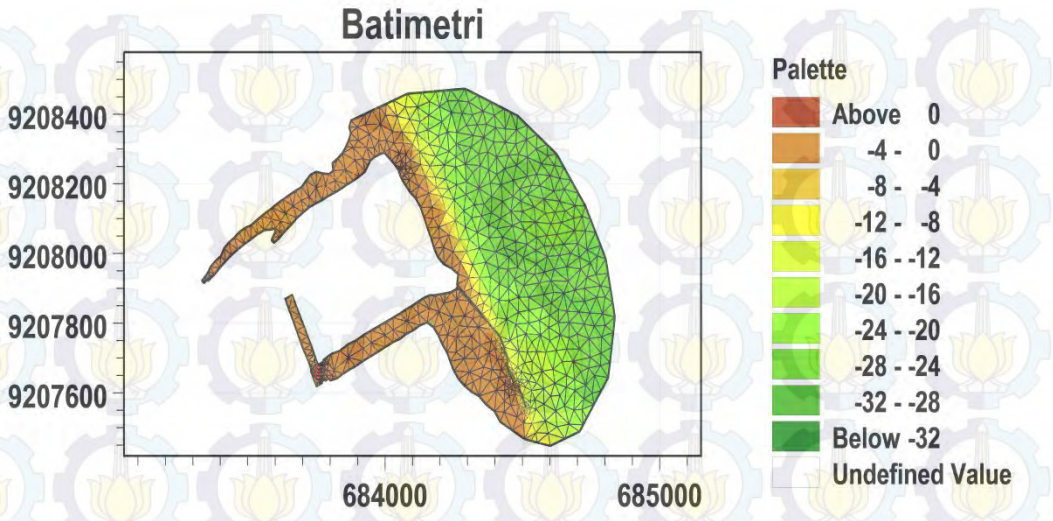
Data ini berisi kebutuhan air untuk setiap pembangkit yang ada di PT. PJB UP Gresik, baik untuk PLTU maupun PLTGU. Data tersebut dapat dilihat pada lampiran.

4.3 Pemodelan Pada MIKE

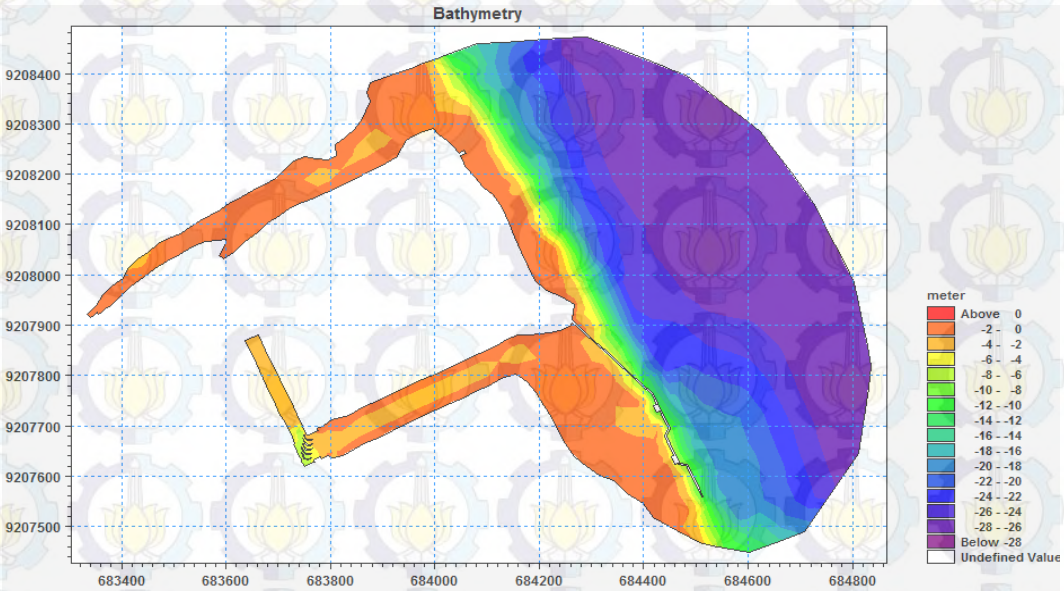
Dalam tahap pemodelan ini, program yang digunakan adalah progam MIKE. Program MIKE sendiri memiliki banyak jenis. Dalam hal ini digunakan MIKE Zero untuk tahap *meshing* batimetri. Selanjutnya dilakukan simulasi dengan menggunakan MIKE 3 yang memiliki output dalam bentuk tiga dimensi digunakan untuk memodelkan penyebaran panas air pendingin yang keluar melalui *outlet*. Dalam Proses pengerjaannya program MIKE memiliki beberapa tahapan. Adapun tahap-tahap pemodelan ini terbagi menjadi tahap *meshing* lokasi studi dengan bantuan program MIKE ZERO, tahap simulasi aliran dan simulasi penyebaran panas dengan bantuan program MIKE 3. Semua tahapan ini menggunakan data-data pendukung seperti yang telah dijelaskan sebelumnya.

4.3.1 Meshing Lokasi Studi

Dalam memodelkan perairan yang menjadi lokasi penelitian, dibutuhkan peta batimetri yang diperoleh dari hasil pengukuran langsung di lapangan. Peta batimetri yang dihasilkan dalam pengukuran adalah dalam bentuk file AutoCAD. Peta ini kemudian didigitasi untuk mendapatkan koordinat XYZ. Data koordinat XYZ ini nantinya merupakan data input yang akan digunakan dalam pembuatan grid model lokasi tersebut. Hasil keluaran dari input data XYZ ini adalah berupa *mesh generator* yang nantinya akan diinterpolasikan sehingga diperoleh data berupa file *meshing* (*.mesh). Data hasil *meshing* ini yang nantinya akan digunakan sebagai data utama untuk melakukan simulasi aliran dan simulasi sebaran temperatur pada MIKE. Daerah pemodelan ini dibatasi oleh domain semicircular untuk mendapatkan hasil yang lebih stabil. Elemen yang digunakan adalah elemen segitiga sebanyak 920 elemen.



Gambar 4.4 Elemen *Meshing*

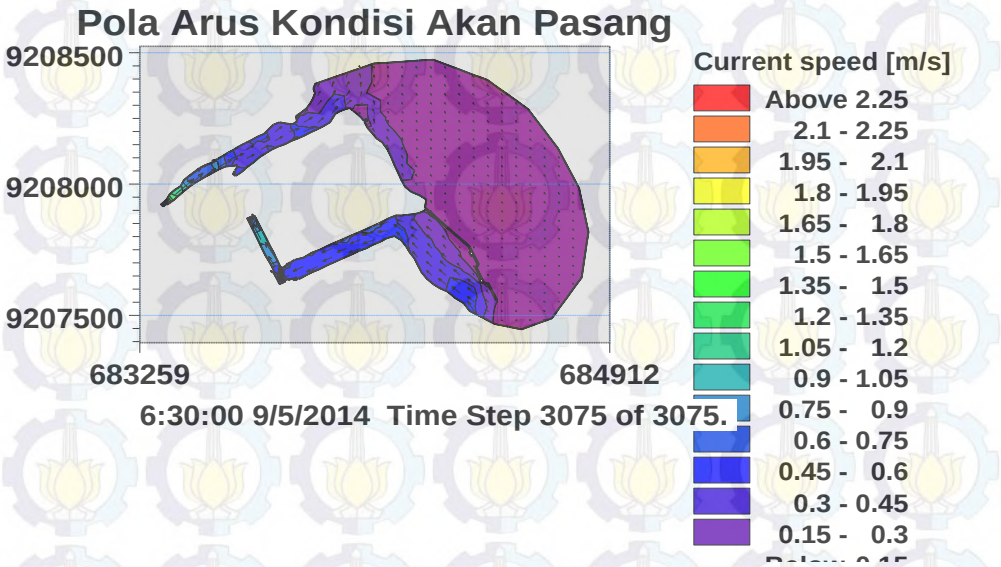


Gambar 4.5 Hasil Akhir *Meshing*

4.3.2 Simulasi Aliran

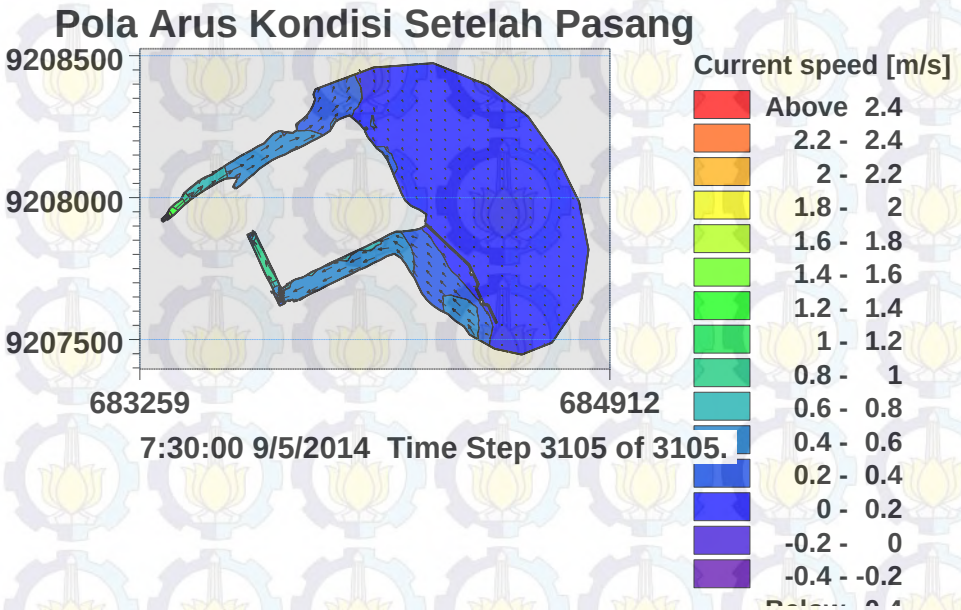
Data hasil *meshing* merupakan data inputan utama yang akan digunakan dalam proses simulasi. Proses simulasi yang pertama adalah simulasi pola arus. Dalam simulasi pola arus, menggunakan data pasang surut yang diperoleh dari hasil pengukuran selama 15 hari. Selanjutnya data yang dibutuhkan adalah data *discharge* yang diperoleh dari PT. PJB UP Gresik, data *discharge* ini akan mempengaruhi pola arus yang terjadi.

Hasil yang akan diperoleh dari simulasi ini adalah kecepatan arus yang dinyatakan dalam m/s dan arah arus yang dinyatakan dalam derjat. Dalam simulasi ini dilakukan analisa pada 4 kondisi yaitu kondisi sebelum dan setelah pasang serta sebelum dan setelah surut. Dari hasil simulasi didapatkan kondisi menuju pasang tejadi pada 5 September 2014 jam 06:30 WIB, kondisi setelah pasang terjadi pada 5 September 2014 jam 07:30 WIB, kondisi menuju surut terjadi pada 4 September 2014 jam 23:00 WIB, dan kondisi setelah surut terjadi pada 5 September 2014 jam 01:00 WIB.



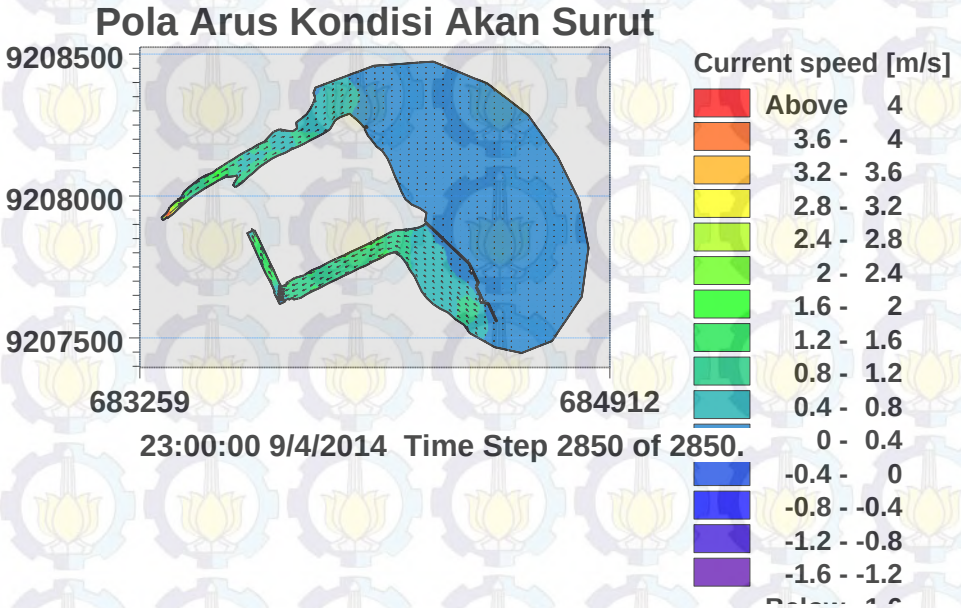
Gambar 4.6 Pola Arus Saat Menuju Pasang

Pada kondisi sebelum pasang (gambar 4.6), kecepatan arus pada perairan di daerah *open sea* bervariasi sekitar 0,15-0,3 m/s, sedangkan untuk daerah kanal *intake* perubahan kecepatan bervariasi antara 0,44-0,75 m/s. Di sekitar bangunan pengolak aliran berkisar antara 0,6-0,75 m/s. Di sekitar mulut *intake* sekitar 0,2-0,3 m/s. Di bagian kanal *outlet*nya besar kecepatan arus berkisar 0,3-0,5 m/s. Dari hasil simulasi terlihat pola arus bergerak dari *open sea* dekat mulut kanal *intake* menuju mulut kanal *outlet*. Hal ini menyebabkan aliran yang berasal dari kanal *outlet* bergerak menjauhi kanal *intake*.



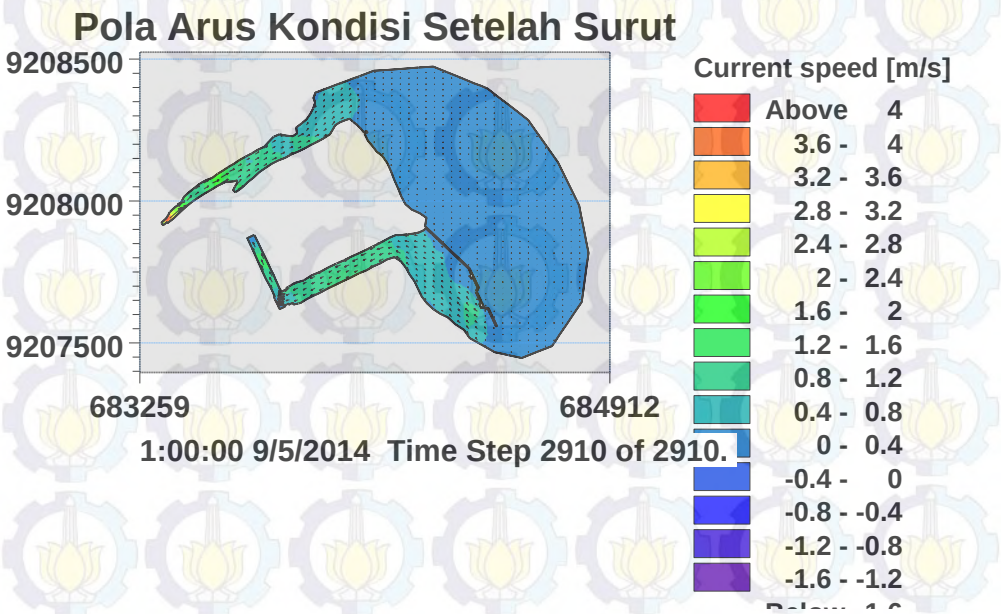
Gambar 4.7 Pola Arus Saat Setelah Pasang

Pada kondisi setelah pasang (gambar 4.7), kecepatan arus pada perairan di daerah *open sea* bervariasi sekitar 0,2-0,4 m/s, sedangkan untuk daerah kanal *intake* perubahan kecepatan bervariasi antara 0,4-0,8 m/s. Di sekitar bangunan pengolak aliran berkisar antara 0,4-0,6 m/s. Di sekitar mulut *intake* sekitar 0,1-0,2 m/s. Di bagian kanal *outlet*nya besar kecepatan arus berkisar 0,3-0,5 m/s.



Gambar 4.8 Pola Arus Saat Menuju Surut

Pada kondisi akan surut (gambar 4.8), kecepatan arus pada perairan di daerah *open sea* bervariasi sekitar 0,15-0,5 m/s, sedangkan untuk daerah kanal *intake* perubahan kecepatan bervariasi antara 0,8-1,2 m/s. Di sekitar bangunan pengolak aliran berkisar antara 0,6-0,8 m/s. Di sekitar mulut *intake* sekitar 0,2-0,3 m/s. Di bagian kanal *outlet*nya besar kecepatan arus berkisar 0,7-0,9 m/s. Dari hasil simulasi terlihat pola arus bergerak dari *open sea* dekat mulut kanal *intake* menuju mulut kanal *outlet*. Hal ini menyebabkan aliran yang berasal dari kanal *outlet* bergerak menjauhi kanal *intake*. Namun pada kondisi ini kecepatan arus pada kanal *outlet* lebih besar dibandingkan kondisi akan pasang.

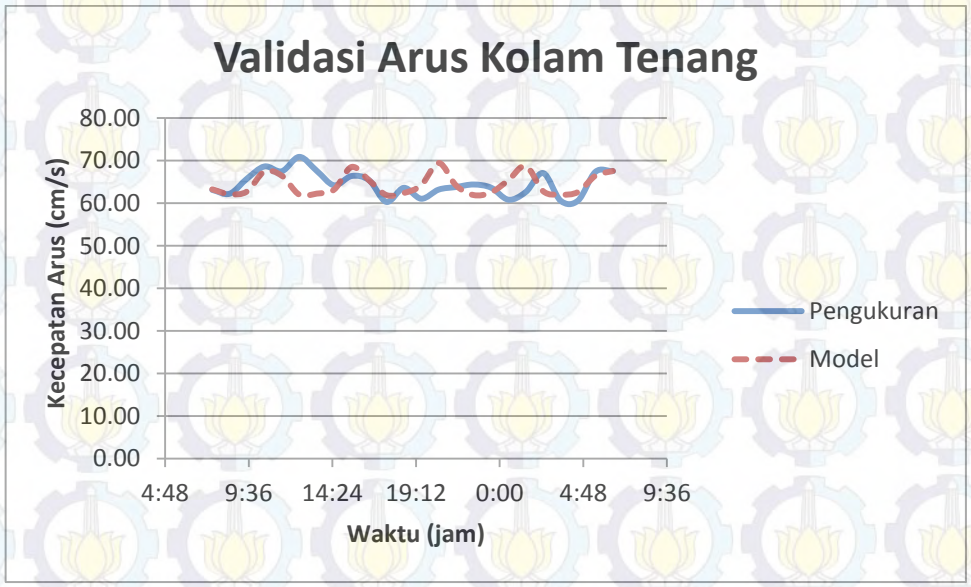


Gambar 4.9 Pola Arus Saat Setelah Surut

Pada kondisi setelah surut (gambar 4.9), kecepatan arus pada perairan di daerah *open sea* bervariasi sekitar 0,15-0,5 m/s, sedangkan untuk daerah kanal *intake* perubahan kecepatan bervariasi antara 0,8-0,9 m/s. Di sekitar bangunan pengolak aliran berkisar antara 0,4-0,8 m/s. Di sekitar mulut *intake* sekitar 0,1-0,2 m/s. Di bagian kanal *outlet*nya besar kecepatan arus berkisar 0,7-0,9 m/s.

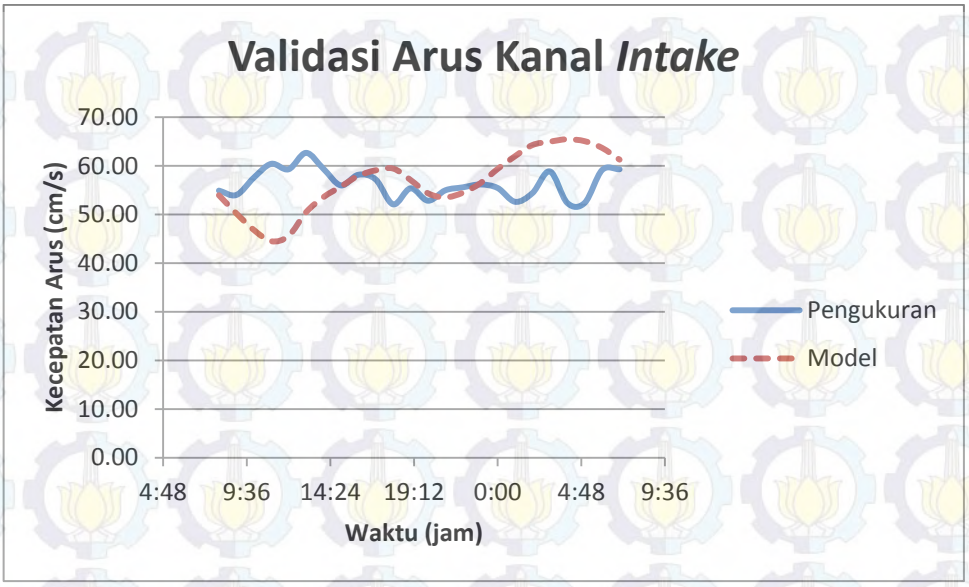
4.3.3 Validasi Aliran

Pada kenyataannya, hasil simulasi tidak selalu sesuai dengan keadaan yang sesungguhnya. Oleh karena itu perlu dilakukan validasi untuk melihat perbandingan hasil kecepatan arus dari pemodelan dengan hasil pengukuran langsung di lapangan. Dalam hal ini dilakukan penijauan pada beberapa lokasi sesuai dengan data pengukuran yang ada. Validasi ini dilakukan pada 3 lokasi yaitu kolam tenang, kanal *intake* dan kolam pencampuran *outfall* (gambar 4.3).



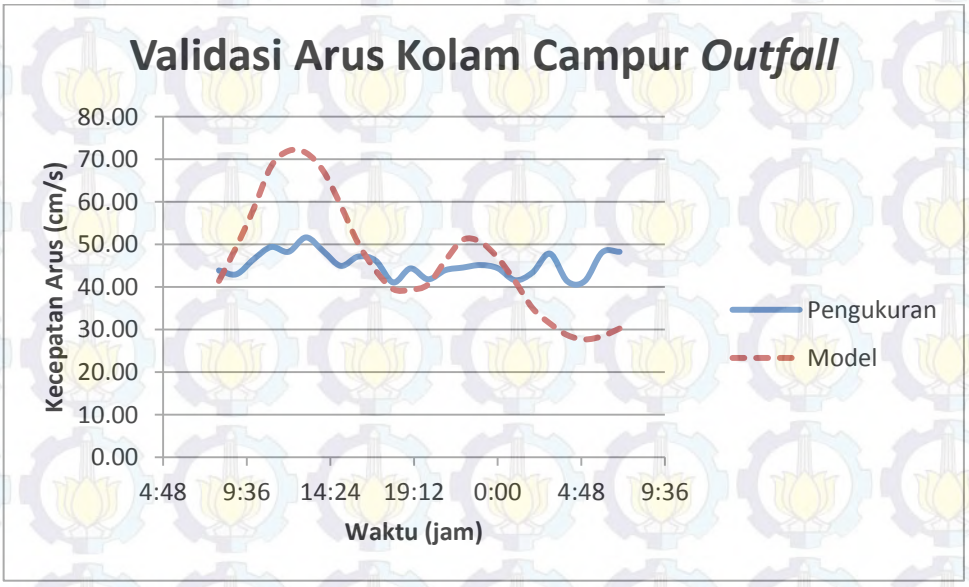
Gambar 4.10 Perbandingan Kecepatan Arus Pada Kolam Tenang

Gambar di atas menunjukkan grafik perbandingan antara hasil pengukuran arus di lapangan dengan hasil simulasi arus pada MIKE. Dari grafik dapat dilihat bahwa pola perubahan arus pada simulasi hampir sama dengan pola perubahan arus pada pengukuran. Selanjutnya dilakukan koreksi hasil simulasi untuk mengetahui layak atau tidaknya hasil ini digunakan untuk analisa selanjutnya. Dari hasil perhitungan diperoleh persentase eror pemodelan dengan MIKE sebesar 3,64 %. Hal ini dapat disimpulkan bahwa hasil simulasi arus dengan MIKE mendekati benar dan dapat digunakan untuk simulasi selanjutnya.



Gambar 4.11 Perbandingan Kecepatan Arus Pada Kanal *Intake*

Gambar di atas menunjukkan grafik perbandingan antara hasil pengukuran arus di lapangan dengan hasil simulasi arus pada MIKE. Dari grafik dapat dilihat bahwa kecepatan arus hasil simulasi tidak berbeda jauh dengan hasil pengukuran langsung. Persentase eror yang didapatkan sebesar 9,57 %. Nilai eror yang tidak terlalu besar sehingga analisa dapat dilanjutkan untuk tahap beriikutnya.

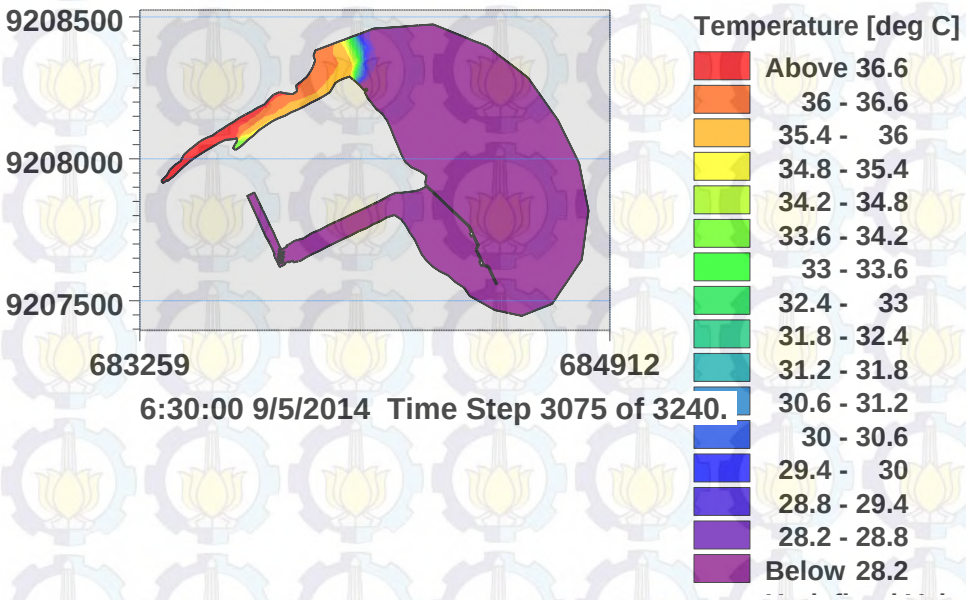


Gambar 4.12 Perbandingan Kecepatan Arus Pada Kolam Campur *Outfall*

Gambar 4.12 menjelaskan perbandingan kecepatan arus pada kolam campur *outfall*. Dari gambar ditunjukkan bahwa kecepatan arus yang diperoleh dari hasil simulasi MIKE lebih bervariasi dari pada hasil pengukuran di lapangan. Dari hasil perhitungan diperoleh persentase eror dari simulasi pada lokasi ini adalah sebesar 18,26%. Nilai eror pada lokasi ini cukup tinggi.

4.3.4 Simulasi Sebaran Temperatur

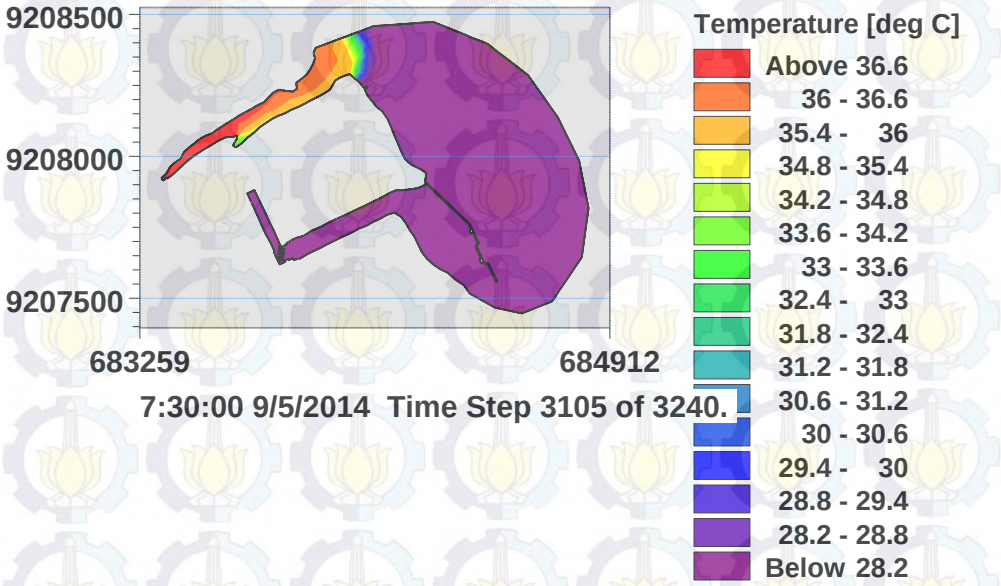
Dalam simulasi pola arus, menggunakan data pasang surut yang diperoleh dari hasil pengukuran selama 15 hari. Selanjutnya data yang dibutuhkan adalah data *discharge* dan temperaturnya yang diperoleh dari PT. PJB UP Gresik, data *discharge* ini akan mempengaruhi sebaran temperatur yang akan terjadi. Hasil yang akan diperoleh dari simulasi ini adalah kecepatan arus yang dinyatakan dalam m/s dan arah arus yang dinyatakan dalam derjat. Dalam simulasi ini dilakukan analisa pada 4 kondisi yaitu sebelum pasang, setelah pasang, sebelum surut dan setelah surut.



Gambar 4.13 Sebaran Temperatur Menuju Pasang

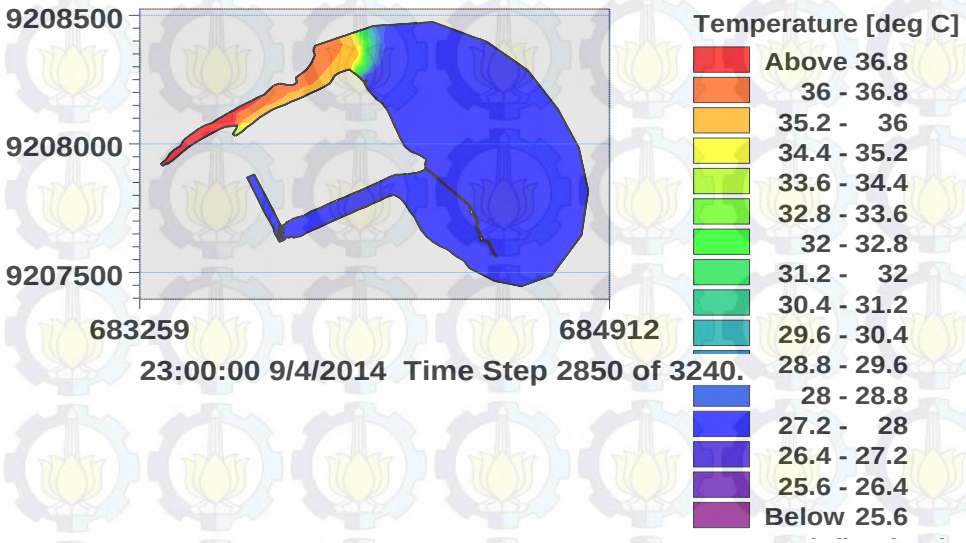
Gambar 4.13 menunjukkan hasil simulasi penyebaran temperatur pada kondisi akan pasang. Dari gambar dapat dilihat bahwa penyebaran

temperatur yang terjadi dapat di kelompokkan berdasarkan lokasi peninjauan. Pada kolam tenang temperatur bervariasi antara 27,76-27,77^{0}C, pada kanal *intake* temperaturnya adalah 27,72-27,76^{0}C, pada kanal *outlet* temperaturnya adalah 35,4-36,6^{0}C, pada mulut kanal *intake* temperaturnya berkisar antara 27,66-27,70^{0}C sedangkan pada mulut kanal *outlet* temperaturnya bervariasi antara 33-34,8^{0}C.



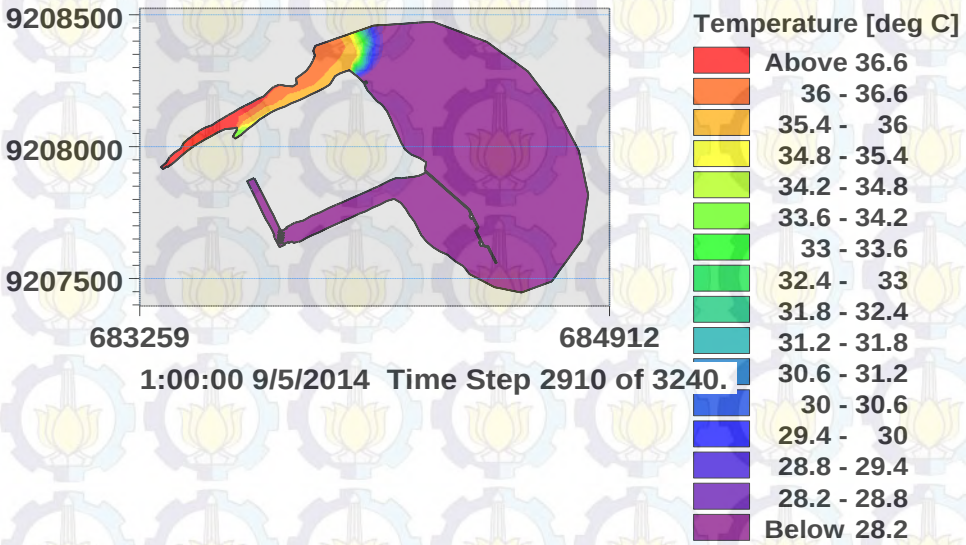
Gambar 4.14 Sebaran Temperatur Setelah Pasang

Gambar 4.14 menunjukkan hasil simulasi penyebaran temperatur pada kondisi setelah pasang. Dari gambar dapat dilihat bahwa penyebaran temperatur yang terjadi dapat di kelompokkan berdasarkan lokasi peninjauan. Pada kolam tenang temperatur bervariasi antara 27,73-27,74^{0}C, pada kanal *intake* temperaturnya adalah 27,69-27,72^{0}C, pada kanal *outlet* temperaturnya adalah 34,5-36,6^{0}C, pada mulut kanal *intake* temperaturnya berkisar antara 27,64-27,67^{0}C sedangkan pada mulut kanal *outlet* temperaturnya bervariasi antara 33-34,8^{0}C.



Gambar 4.15 Sebaran Temperatur Menuju Surut

Gambar 4.15 menunjukkan hasil simulasi penyebaran temperatur pada kondisi akan surut. Dari gambar dapat dilihat bahwa penyebaran temperatur yang terjadi dapat di kelompokkan berdasarkan lokasi peninjauan. Pada kolam tenang dan kanal *intake* temperatur bervariasi antara 27,57-27,58^{0}C, pada kanal *outlet* temperaturnya adalah 35,2-36,8^{0}C, pada mulut kanal *intake* temperaturnya berkisar antara 27,64-27,67^{0}C sedangkan pada mulut kanal *outlet* temperaturnya bervariasi antara 31,2-35,2^{0}C.

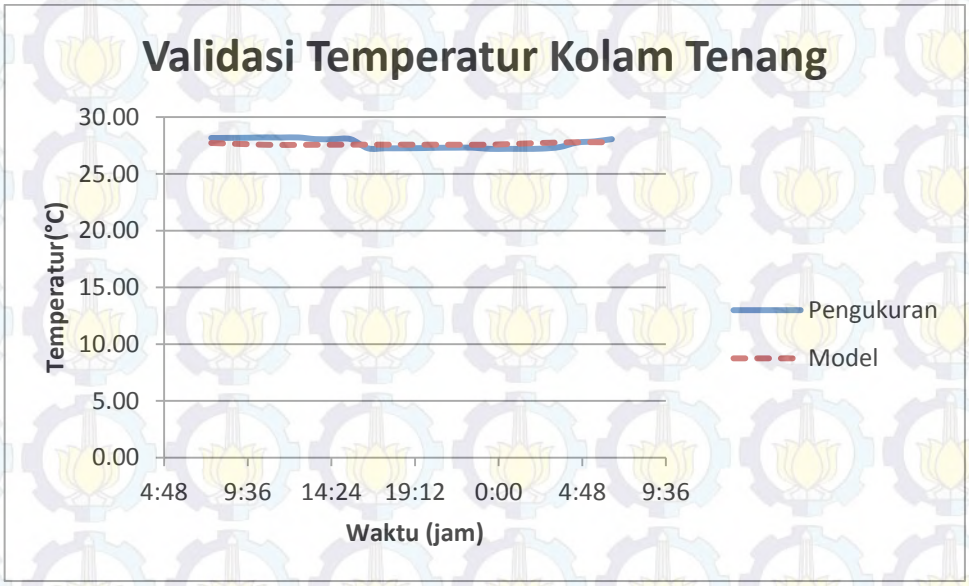


Gambar 4.16 Sebaran Temperatur Setelah Surut

Gambar 4.16 menunjukkan hasil simulasi penyebaran temperatur pada kondisi setelah surut. Dari gambar dapat dilihat bahwa penyebaran temperatur yang terjadi dapat di kelompokkan berdasarkan lokasi peninjauan. Pada kolam tenang dan kanal *intake* temperatur bervariasi antara 27,64-27,67^{0}C, pada kanal *outlet* temperaturnya adalah 35,4-36,6^{0}C, pada mulut kanal *intake* temperaturnya berkisar antara 27,62-27,64^{0}C sedangkan pada mulut kanal *outlet* temperaturnya bervariasi antara 33,6-35,4^{0}C.

4.3.5 Validasi Sebaran Panas

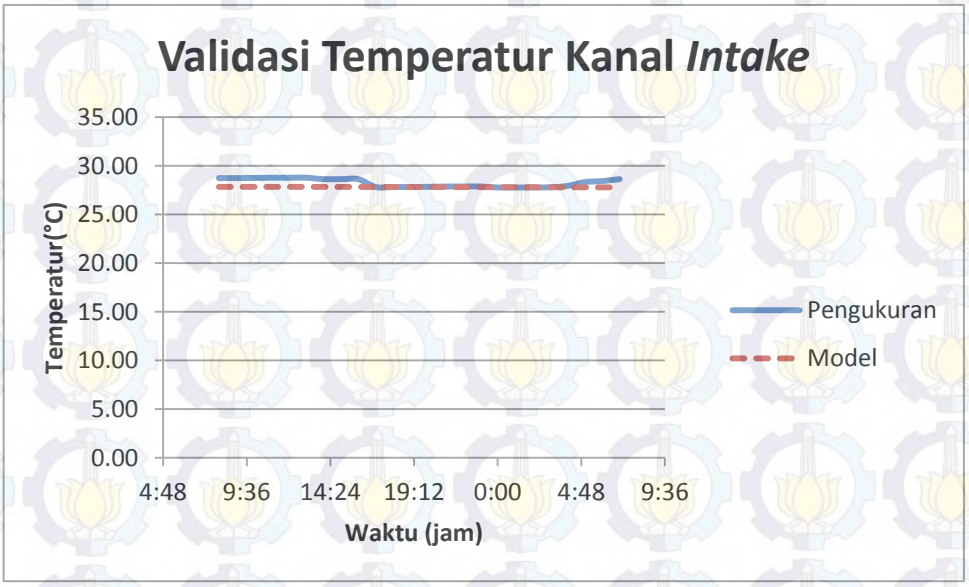
Untuk melihat perbandingan hasil penyebaran temperatur dari pemodelan dengan hasil pengukuran langsung di lapangan, dilakukan validasi pada 3 lokasi yaitu kolam tenang, kanal *intake* dan kolam pencampuran *outfall*.



Gambar 4.17 Perbandingan Temperatur Pada Kolam Tenang

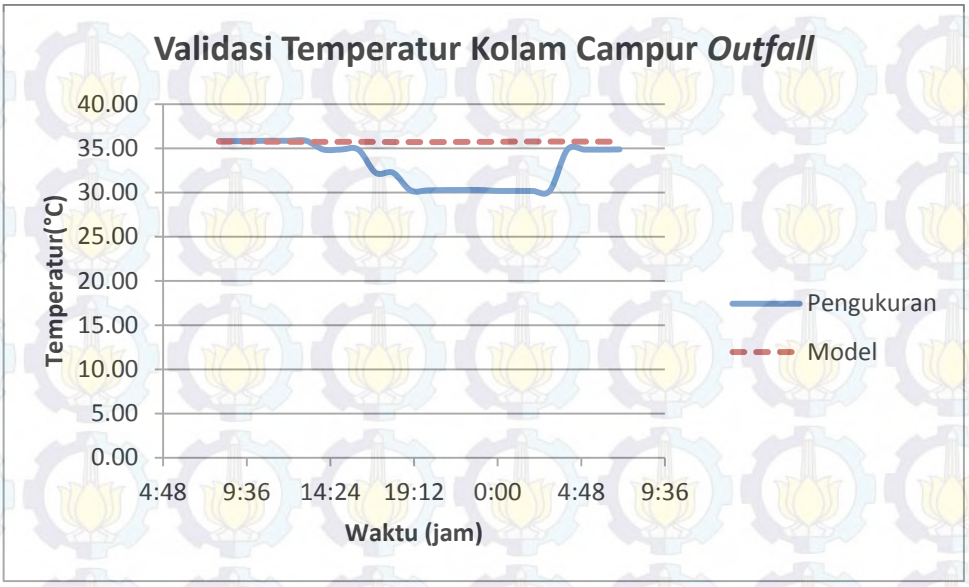
Gambar di atas menunjukkan grafik perbandingan antara hasil pengukuran temperatur di lapangan dengan hasil simulasi arus pada MIKE. Dari grafik dapat dilihat bahwa temperatur hasil pengukuran lebih bervariasi dibanding hasil simulasi. Hasil simulasi memiliki nilai

yang cukup stabil. Meskipun demikian perbandingan antara dua nilai tersebut tidak terlalu jauh. Dari perhitungan diperoleh persentase eror sebesar 1,43 %. Dilihat dari persentase eror dapat diketahui bahwa hasil simulasi ini mendekati benar.



Gambar 4.18 Perbandingan Temperatur Pada Kanal *Intake*

Gambar di atas menunjukkan grafik perbandingan antara hasil pengukuran temperatur di lapangan dengan hasil simulasi arus pada kanal *intake*. Dari grafik dapat dilihat bahwa temperatur hasil pengukuran lebih bervariasi dibanding hasil simulasi. Hasil simulasi memiliki nilai yang cukup stabil. Pada beberapa waktu hasil pengukuran lebih tinggi dari hasil simulasi. Persentase eror yang diperoleh sebesar 1,51%. Dapat diketahui bahwa hasil simulasi ini mendekati benar karena sebagian besar nilainya hampir sama atau tidak memiliki selisih yang terlalu jauh.



Gambar 4.19 Perbandingan Temperatur Pada Kolam Campur *Outfall*

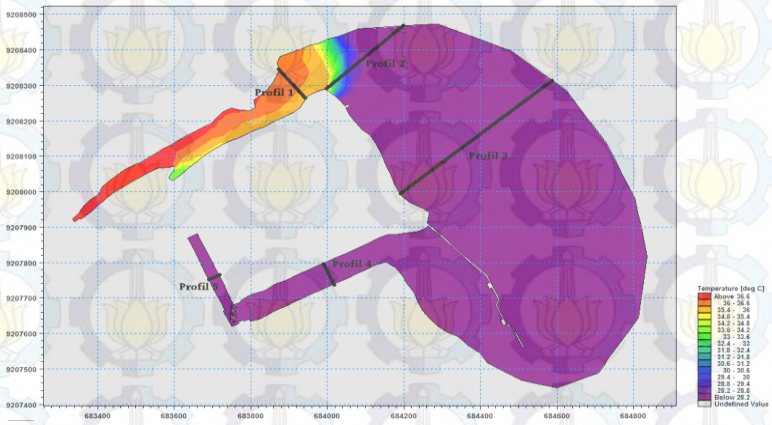
Gambar di atas menunjukkan grafik perbandingan antara hasil pengukuran temperatur di lapangan dengan hasil simulasi arus pada kolam campur *outfall*. Dari grafik dapat dilihat bahwa pada beberapa waktu, temperatur hasil pengukuran lebih rendah dari pada hasil simulasi. Hasil simulasi memiliki nilai yang cukup stabil. Persentase eror yang diperoleh sebesar 7,38%. Dapat diketahui bahwa hasil simulasi ini mendekati benar karena sebagian besar nilainya hampir sama.

4.4 Profil Vertikal Temperatur

Simulasi yang dilakukan menggunakan *software* MIKE 3 menghasilkan output berupa 3 dimensi. Hasil simulasi yang ditampilkan sebelumnya adalah dalam bentuk 2 dimensi sehingga tidah diketahui bagaimana penyebaran suhu terhadap kedalaman dari simulasi ini. Oleh karena itu perlu dianalisa hasil yang menunjukkan arus dan temperatur pada kedalaman tertentu. Dalam hasil ini akan ditampilkan penampang profil vertikal dari beberapa lokasi. Lokasi yang ditinjau dilakukan pada 5 lokasi yang mewakili hasil dari simulasi ini. Lokasi tersebut ditunjukkan dengan koordinat yang ditampilkan pada tabel berikut ini.

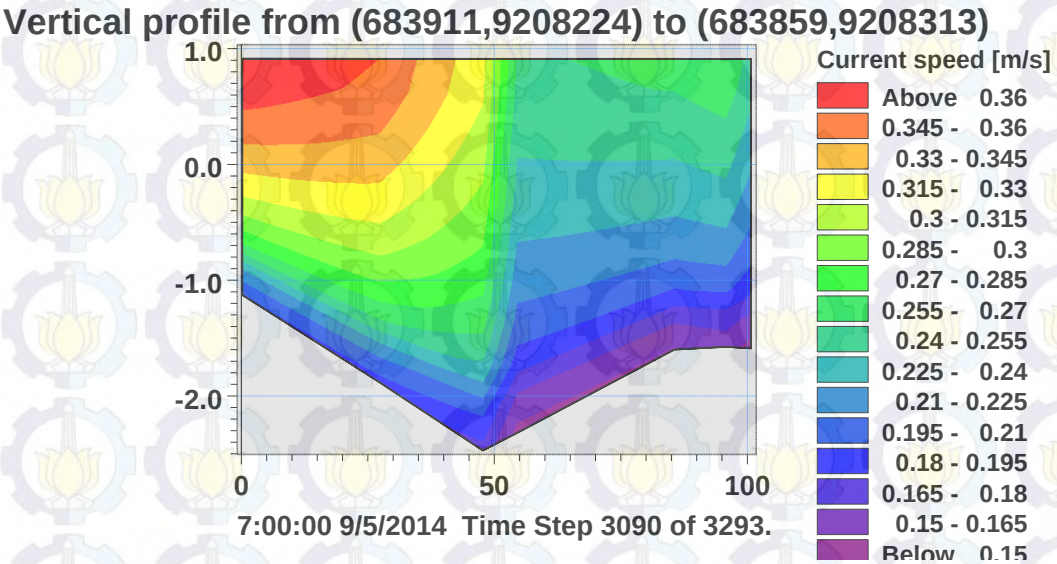
Tabel 4.5 Koordinat pengambilan profil vertikal

No.	Nama Profil	Titik Awal	Titik Akhir
1	Profil 1	683911,9208224	683859,9208313
2	Profil 2	683997,9208290	684260,9208476
3	Profil 3	684193,9207988	684614,9208301
4	Profil 4	684009,9207735	683978,9207803
5	Profil 5	683694,9207742	683723,9207758



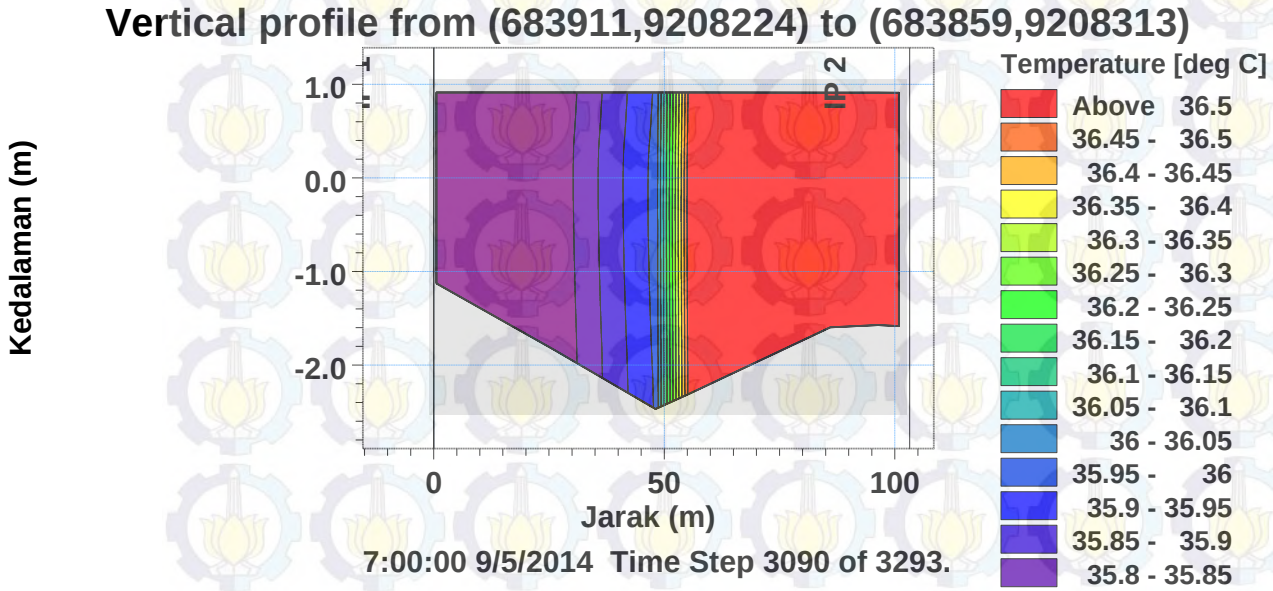
Gambar 4.20 Lokasi Pengambilan Penampang Profil Vertikal

Berikut ini adalah masing-masing penampang vertikal dari profil yang telah ditunjukkan pada gambar 4.19.



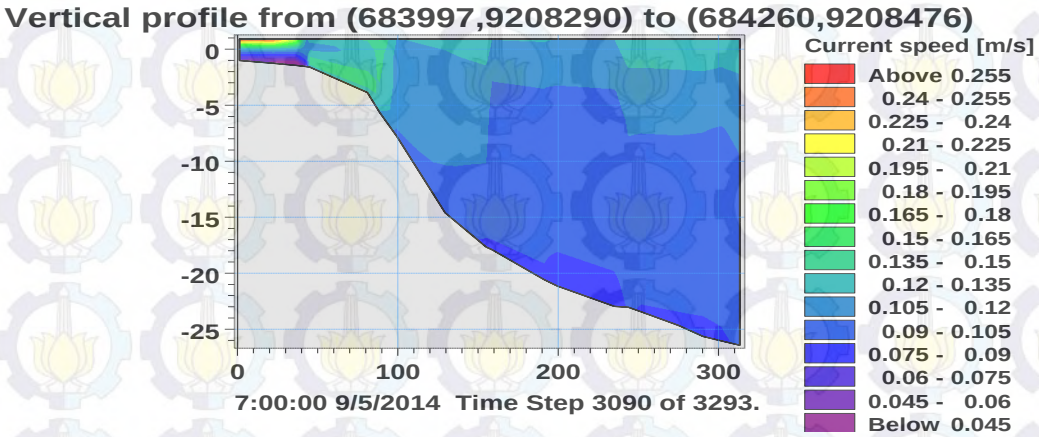
Gambar 4.21 Penampang VertikalArus Profil 1

Gambar 4.21 menampilkan penampang vertikal dari arus pada lokasi 1 yang menjelaskan adanya perbedaan arus pada masing-masing sisi dari kanal *outlet.* Adanya perbedaan ini mengakibatkan perbedaan temperatur pada masing-masing sisi dari kanal *outlet* seperti yang ditnjukkan pada gambar berikut ini.



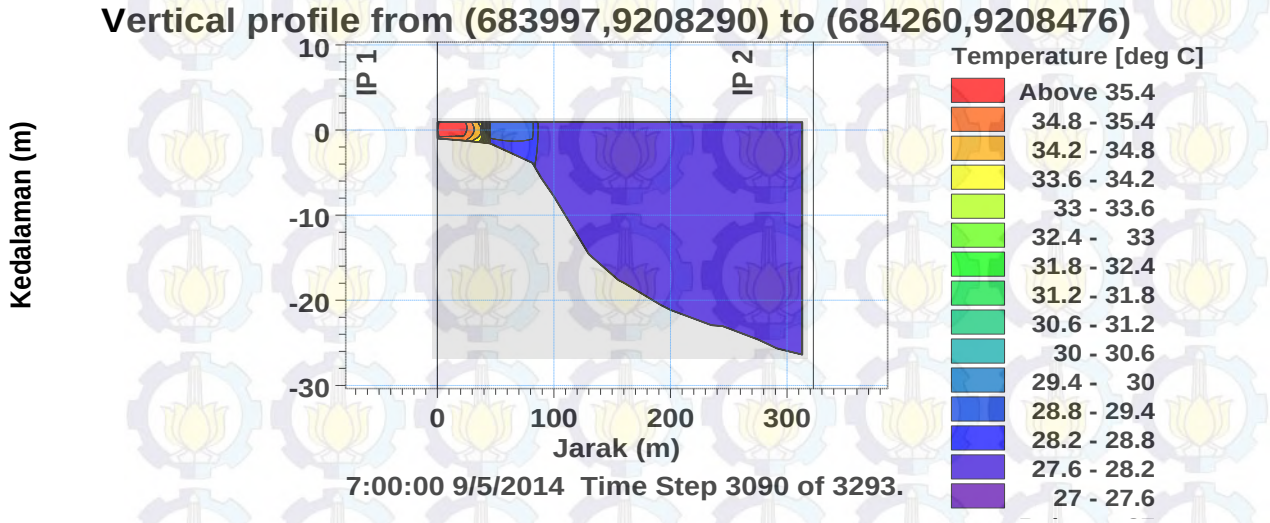
Gambar 4.22 Penampang Vertikal Tempetatur Profil 1

Lokasi pengambilan profil 1 ini adalah pada kolam campur *outfall*. Dari hasil pengamatan ini dapat diketahui bahwa pada lokasi ini temperatur air pendingin yang dikeluarkan dari *outlet* PLTGU dan *outlet* PLTU belum menyebar secara merata. Hal ini disebabkan karena arus dan perbedaan temperatur air pendingin dari PLTGU dan PLTU. Temperatur air yang berada pada posisi sejajar dengan *outlet* PLTGU berkisar antara 35,80-35,85^{0}C, sementara pada posisi sejajar *outlet* PLTU bernilai di atas 36,5^{0}C. Perbedaan temperatur lebih terlihat secara horizontal dibandingkan dengan secara vertikal.



Gambar 4.23 Penampang VertikalArus Profil 2

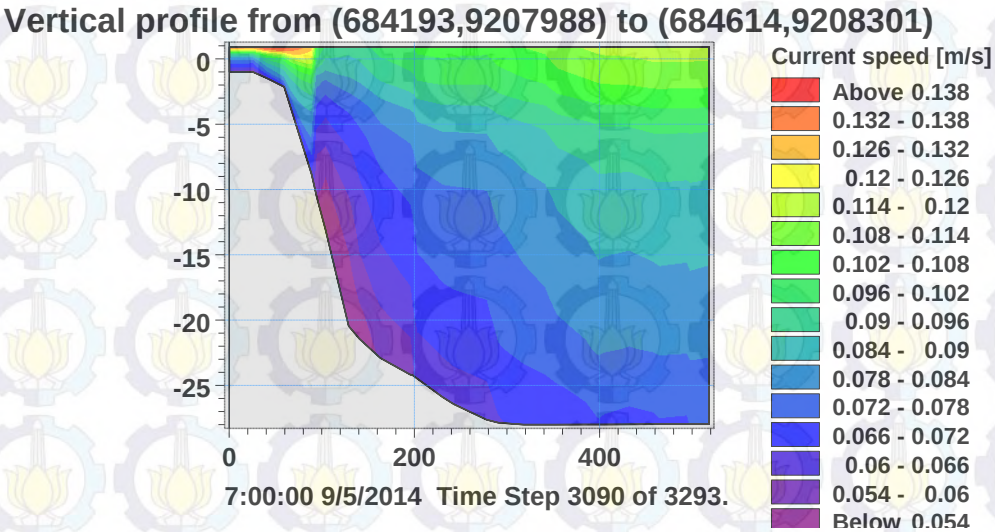
Pada gambar 4.23 menampilkan profil arus pada lokasi 2. Dari gambar terlihat perbedaan kecepatan arus di dekat mulut kanal *outlet*, sedangkan pada daerah *open sea* kecepatan arus tidak terlalu besar dan bervariasi sehingga mengakibatkan penyebaran temperatur seperti gambar 4.24 di bawah ini.



Gambar 4.24 Penampang Vertikal Tempetatur Profil 2

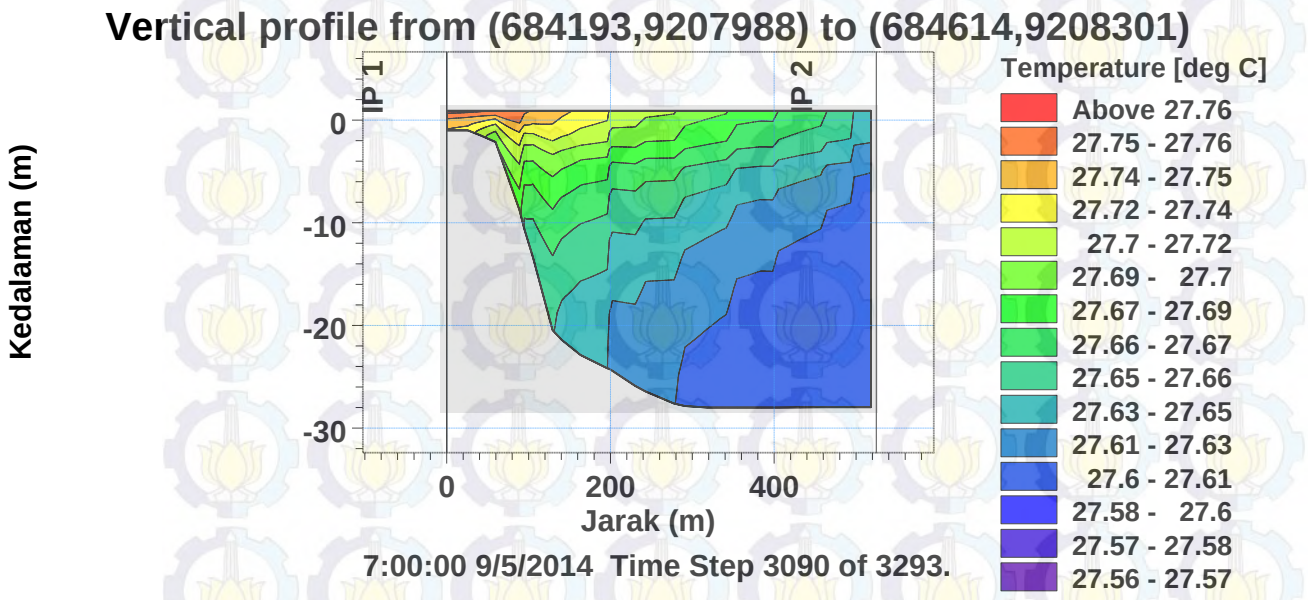
Lokasi pengambilan profil 2 ini adalah pada mulut *outfall*. Pada gambar terlihat bahwa temperatur air yang keluar memiliki nilai yang cukup tinggi dibandingkan dengan suhu di periran tersebut. Namun penyebaran yang terjadi tidak terlalu jauh. Hal ini disebabkan arus yang mengalir adalah menuju ke mulut *outfall*. Sehingga suhu perairan

tersebut masih bernilai antara 27,6-28,2^{0}C karena tidak terlalu dipengaruhi oleh temperatur air pendingin yang dikeluarkan.



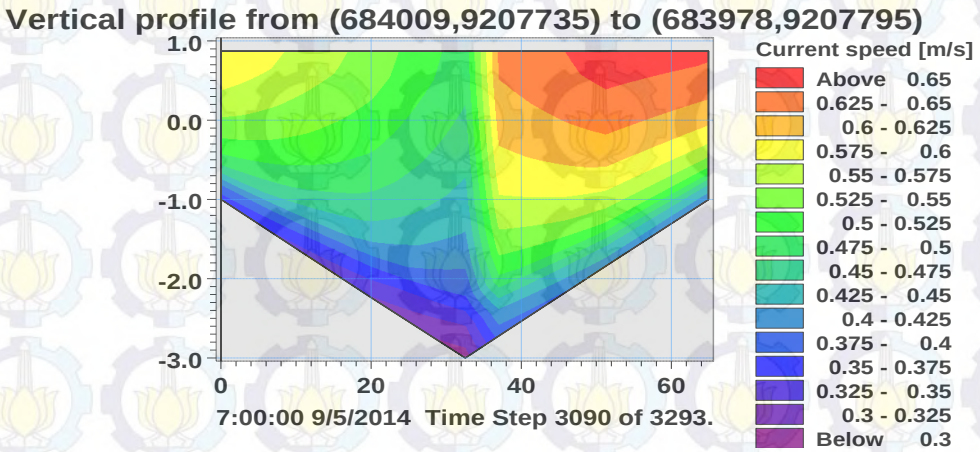
Gambar 4.25 Penampang Vertikal Arus Profil 3

Profil vertikal arus pada lokasi 3 dapat dilihat dari gambar 4.25 yang mana kecepatan arus pada lokasi ini bervariasi pada setiap kedalamannya, sehingga menyebabkan perbedaan temperatur pada setiap kedalamannya. Namun temperatur pada lokasi ini memiliki nilai yang hampir sama dengan temperatur pada *opne sea*. Hal ini menjelaskan bahwa pada lokasi ini temperatur air pendingin sudah menyebar cukup merata.



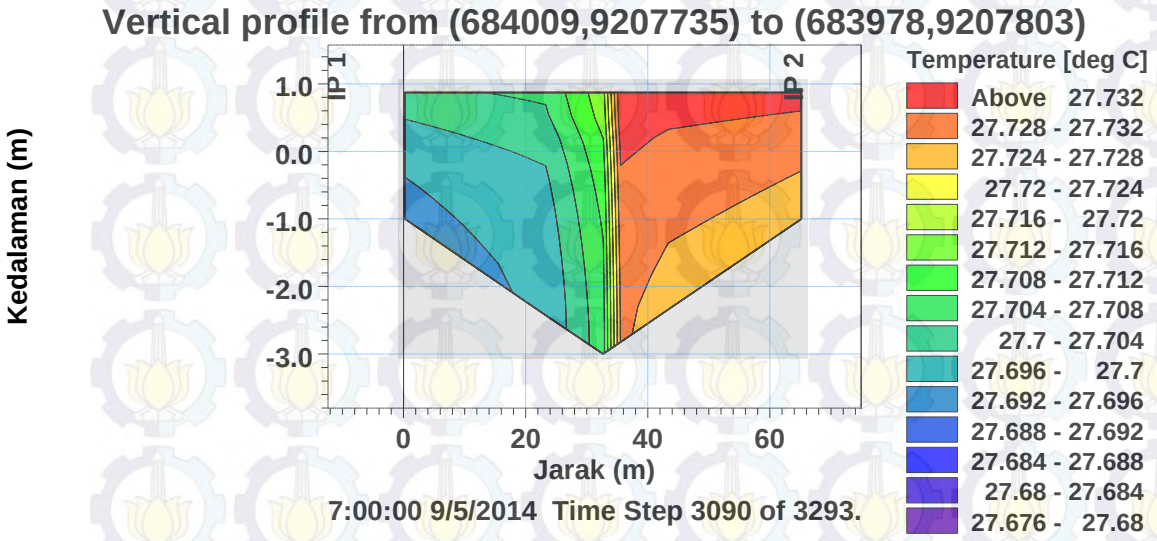
Gambar 4.26 Penampang Vertikal Tempetatur Profil 3

Lokasi pengambilan profil 3 ini sudah cukup jauh dari mulut *outfall*. Pada gambar terlihat bahwa temperatur panas air pendingin tidak terlalu berpengaruh pada lokasi ini. Namun pada lokasi ini masih terjadi perbedaan suhu pada setiap kedalamannya meskipun nilainya relatif kecil.



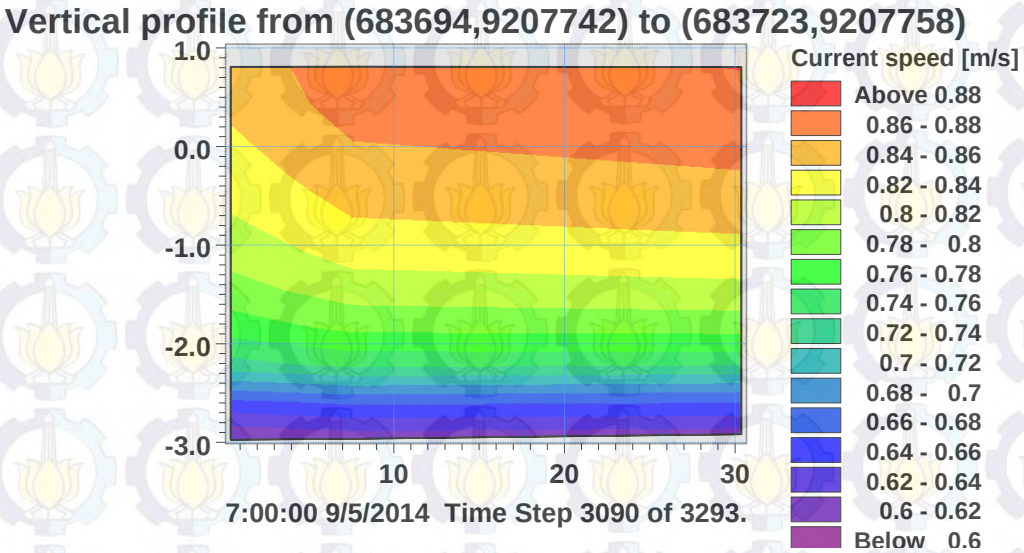
Gambar 4.27 Penampang Vertikal Arus Profil 4

Profil vertikal 4 ini berada pada kanal intake. Dari gambar 4.27 dapat dilihat bahwa antara sisi kanan dan sisi kiri dari kanal intake memiliki kecepatan arus yang berbeda. Hal ini disebabkan oleh aliran yang berasal dari *open sea* dan bentuk dimensi dari kanal intake sehingga juga mengakibatkan perbedaan temperatur pada masing-masing sisi kanal yang ditunjukkan pada gambar 4.28.



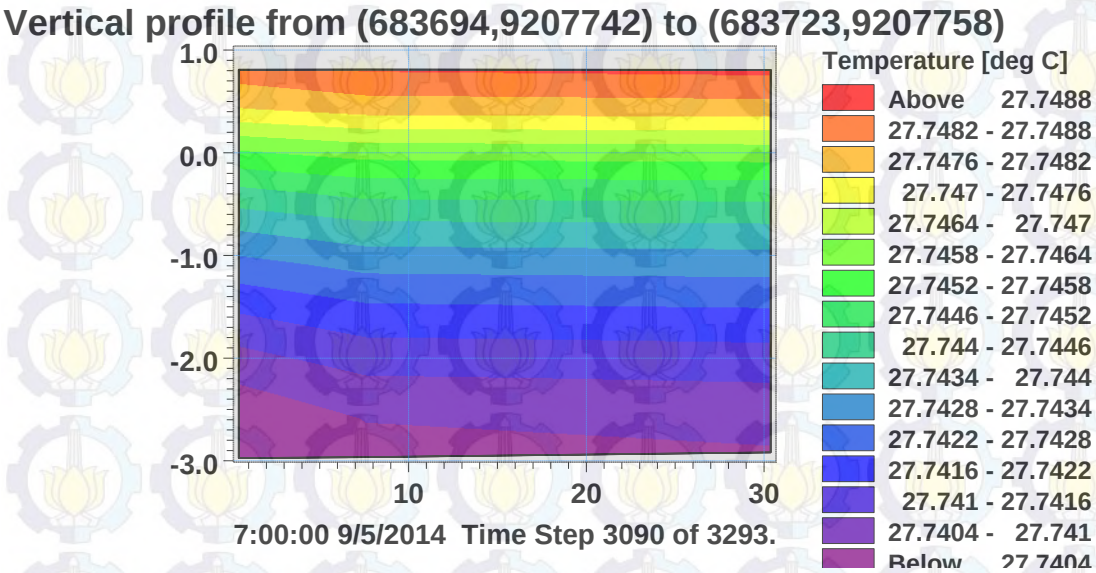
Gambar 4.28 Penampang Vertikal Tempetatur Profil 4

Lokasi pengambilan profil 4 ini adalah pada kanal *intake*. Pada gambar terlihat bahwa adanya perbedaan suhu yang terjadi. Dari hasil analisa diketahui bahwa sirkulasi air pendingin dari *outlet* tidak kembali masuk ke kanal *intake.* Jadi perbedaan temperatur yang terjadi pada kanal *intake* ini dipengaruhi oleh arus yang mengalir dari laut. Dimensi dari kanal *intake* mengakibatkan terjadinya perbedaan temperatur pada masing-masing sisi dari kanal tersebut. Dapat dilihat pada sisi kanal sebelah kiri pada kedalaman 1 meter suhunya berkisar antara 27,692-27,696^{0}C, sementara pada sisi sebelah kanan pada kedalaman yang sama suhunya antara 27,724-27,728^{0}C. Sementara pada bagian tengah kanal suhunya bervariasi karena penyebaran suhu dari masing-masing sisi tersebut.



Gambar 4.29 Penampang Vertikal Arus Profil 5

Lokasi pengambilan provil 5 adalah pada kolam tenang, dari gambar daat diketahui adanya perbedaan kecepatan arus pada setiap kedalaman dari kolam sehingga temperatur pada kolam ini juga berbeda. Namun perbedaan yang terjadi di kolam tenang ini tidak memiliki selisih yang jauh berbeda disetiap kedalamannya.



Gambar 4.30 Penampang Vertikal Tempetatur Profil 5

Profil 5 diambil pada lokasi kolam tenang. Pada gambar terlihat bahwa adanya perbedaan suhu yang terjadi secara vertikal. Dapat dilihat dari gambar bahwa adanya perbedaan temperatur di setiap kedalamannya. Namun perbedaan temperatur yang terjadi pada kolam tenang ini relatif kecil. Pada kedalaman 1 meter suhunya berkisar antara 27,7428-27,7434^{0}C, sedangkan pada kedalaman 2 meter suhunya bervariasi antara 27,7416-27,7422^{0}C.

(*Halaman ini sengaja dikosongkan*)

BAB 5
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari semua tahapan yang telah dilakukan, kesimpulan yang dapat diambil dari hasil penelitian tugas akhir ini, antara lain:

1. Pola sebaran panas air pendingin di PT. PJB UP Gresik sangat dipengaruhi oleh pola aliran, yang mana aliran yang terjadi bergerak menuju ke kanal *outlet*. Hal ini mengakibatkatkan sebaran panas air pendingin hanya terjadi di sekitar mulut *outfall.* Akhirnya air pendingin yang memiliki temperatur tinggi tidak kembali masuk ke kanal *intake.*
2. Sebaran panas yang terjadi antara lain sebagai berikut:
   - Kondisi akan pasang temperatur pada kanal *outlet* berkisar antara 35,4-36,6^{0}C, pada kanal *intake* temperaturnya berkisar antara 27,72-27,76^{0}C dan pada kolam tenang temperaturnya 27,76-27,77^{0}C.
   - Kondisi setelah pasang temperatur pada kanal *outlet* bervariasi antara 34,5-36,6^{0}C, pada kanal *intake* temperaturnya berkisar antara 27,69-27,72^{0}C dan pada kolam tenang temperaturnya antara 27,73-27,74^{0}C.
   - Kondisi akan surut temperatur pada kanal *outlet* berkisar antara 35,2-36,8^{0}C, pada kolam tenang dan kanal *intake* temperatur bervariasi antara 27,57-27,58^{0}C.
   - Kondisi setelah surut temperatur pada kolam tenang dan kanal *intake* temperatur bervariasi antara 27,64-27,67^{0}C, pada kanal *outlet* temperaturnya adalah 35,4-36,6^{0}C.
3. Profil Vertikal yang diperoleh dari hasil simulasi antara lain sebagai berikut:
   - Profil vertikal pada kolam pencampuran *outfall* menjelaskan perbedaan temperatur di masing-masing sisi kolam, pada sisi sejajar *outlet* PLTGU temperaturnya adalah 35,80-35,85^{0}C, sementara pada posisi sejajar *outlet* PLTU bernilai di atas 36,5^{0}C.

- Profil pada kanal *intake* dan kolam tenang tidak terpengaruh oleh temperatur dari saluran *outlet*. Perbedaan suhu terjadi disebabkan arus dari *open sea*, sehingga masing-masing sisi dari kanal memiliki suhu yang berbeda di setiap kedalamannya.

5.2 Saran

Saran yang dapat disampaikan untuk penelitian lebih lanjut adalah sebagai berikut:

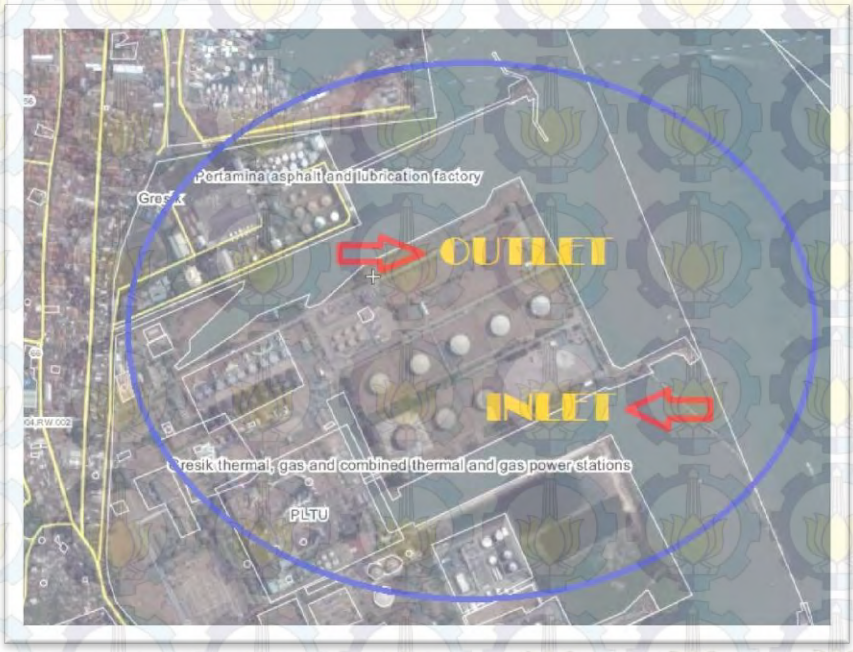
1. Panduan dan informasi yang lengkap tentang Program MIKE sangat dibutuhkan sehingga proses pengerjaan dapat berlangsung dengan lancar
2. Perlu adanya keakuratan data baik berupa hasil survei maupun pada pengolahan data sehingga hasil yang didapatkan sesuai dengan kondisi lapangan.
3. Perlu simulasi dengan waktu yang lebih lama untuk menghasilkan pemodelan yang lebih stabil sehingga didapatkan hasil yang lebih akurat.

LAMPIRAN A

LOKASI STUDI

LOKASI STUDI

1. Lokasi Dari *Google Map*



2. Bangunan Pengolak Aliran Air

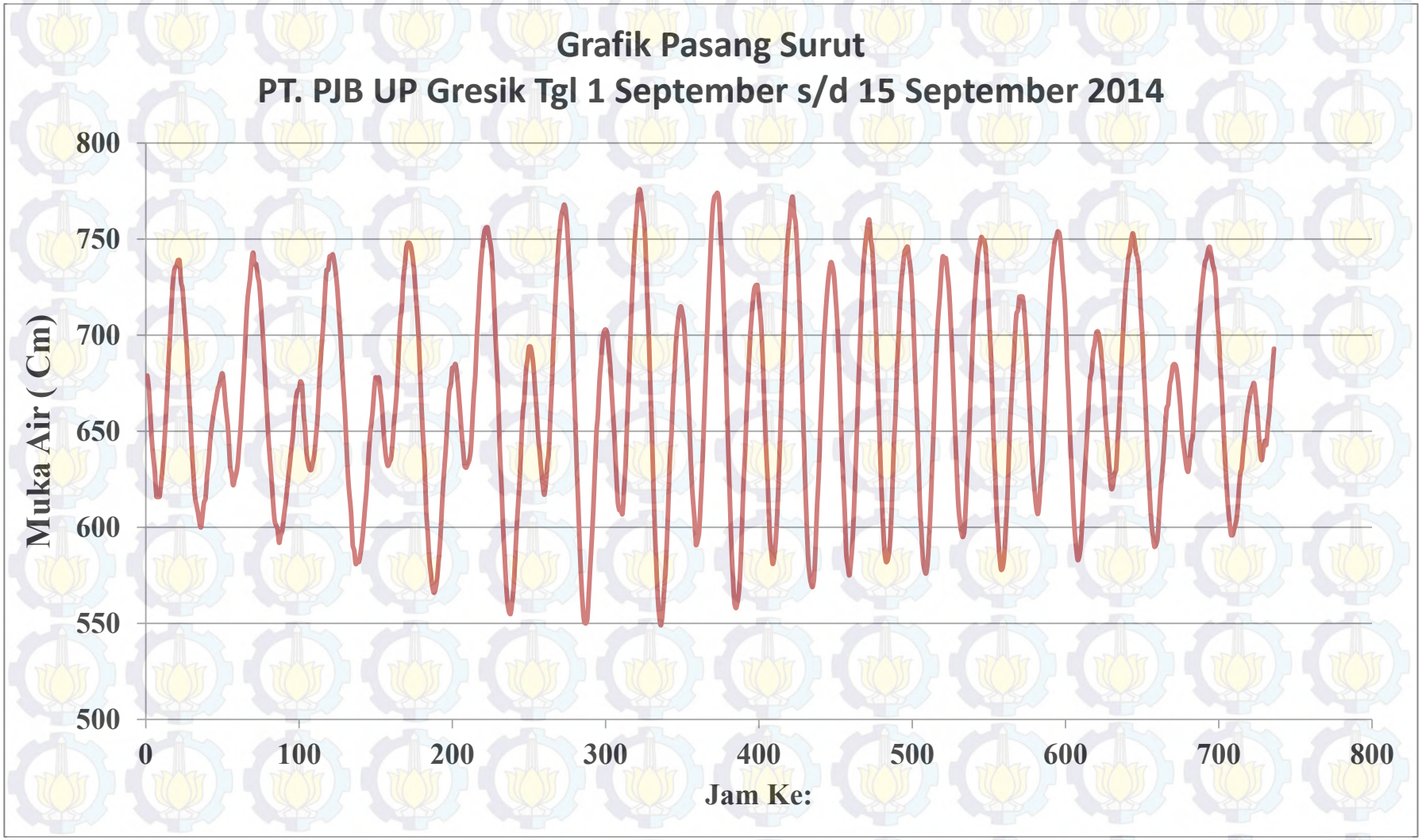
3. **Area Kanal *Intake***

4. **Kolam Tenang**

LAMPIRAN B

DATA PASANG SURUT

TABEL PASANG SURUT PT. PJB UP GRESIK															
Tanggal 1 September s/d 15 September 2014															
Tgl/Waktu	9/1/14	9/2/14	9/3/14	9/4/14	9/5/14	9/6/14	9/7/14	9/8/14	9/9/14	9/10/14	9/11/14	9/12/14	9/13/14	9/14/14	9/15/14
0.00	718	698	671	644	631	639	657	683	710	731	746	751	749	740	725
1.00	735	723	697	663	635	622	627	647	677	708	734	749	754	750	738
2.00	739	738	723	691	654	623	609	614	636	668	702	730	746	749	744
3.00	728	737	734	714	679	640	607	591	597	625	660	696	724	740	742
4.00	713	731	741	736	713	675	633	598	581	586	612	649	686	714	734
5.00	689	717	738	748	740	714	675	630	593	575	583	610	647	683	711
6.00	658	692	724	746	754	744	716	674	628	592	576	585	612	648	683
7.00	629	662	700	734	756	762	749	718	675	630	594	579	589	616	653
8.00	612	636	672	712	747	768	771	754	720	676	632	599	585	596	623
9.00	603	614	642	680	721	755	773	772	752	717	676	636	605	591	603
10.00	606	601	616	646	686	727	760	774	769	744	710	671	634	606	596
11.00	615	592	591	608	640	682	723	753	763	758	733	699	663	628	602
12.00	634	598	581	583	602	636	678	717	744	750	738	713	681	651	618
13.00	652	611	582	569	572	593	627	668	705	728	732	720	695	664	631
14.00	663	626	592	568	556	560	582	616	654	689	709	713	702	678	647
15.00	672	641	610	582	561	550	554	575	606	641	671	689	693	685	662
16.00	678	659	632	607	584	565	554	558	576	601	631	656	672	679	671
17.00	674	671	653	633	613	594	577	567	569	582	604	627	648	662	675
18.00	657	676	671	659	644	630	615	601	591	588	595	610	627	643	661
19.00	632	659	675	674	667	659	649	639	627	619	613	614	622	631	639
20.00	622	638	671	683	687	686	682	677	670	658	645	635	630	635	640
21.00	628	630	652	680	694	702	706	707	705	698	687	673	658	647	643
22.00	643	634	635	661	683	701	715	724	727	728	722	710	693	674	660
23.00	668	647	634	641	661	684	707	726	738	743	742	735	722	704	682
Air Tertinggi			774												
Air Terendah			550												
Satuan Kedalaman			cm												


Grafik Pasang Surut
PT. PJB UP Gresik Tgl 1 September s/d 15 September 2014
Muka Air (Cm)
800
750
700
650
600
550
500
0
100
200
300
400
500
600
700
800
Jam Ke:

LAMPIRAN C

DATA & PETA BATHIMETRY

1. Koordinat Daratan

NO.	X	Y	Z
1	684423.88550	9207743.187	0.00
2	684423.88550	9207743.187	0.00
3	684415.57340	9207761.022	0.00
4	684263.92820	9207904.315	0.00
5	684415.57340	9207761.022	0.00
6	684423.88550	9207743.187	0.00
7	684417.67420	9207740.631	0.00
8	684424.04370	9207726.028	0.00
9	684430.39340	9207728.987	0.00
10	684430.39340	9207728.987	0.00
11	684446.30150	9207694.854	0.00
12	684439.51860	9207680.350	0.00
13	684458.07040	9207640.815	0.00
14	684458.07040	9207640.815	0.00
15	684452.19040	9207637.960	0.00
16	684458.97880	9207622.869	0.00
17	684465.20240	9207625.616	0.00
18	684465.20240	9207625.616	0.00
19	684466.17000	9207623.555	0.00
20	684475.28470	9207620.466	0.00
21	684480.25660	9207620.712	0.00
22	684482.93520	9207618.647	0.00
23	684511.33610	9207557.992	0.00
24	684514.59640	9207559.519	0.00
25	684485.82490	9207620.965	0.00
26	684481.40360	9207624.373	0.00
27	684475.79120	9207624.095	0.00
28	684468.77760	9207626.472	0.00
29	684468.19120	9207627.722	0.00
30	684468.19120	9207627.722	0.00
31	684461.90960	9207641.344	0.00
32	684461.90960	9207641.344	0.00
33	684459.30380	9207646.897	0.00
34	684443.60450	9207680.353	0.00
35	684450.38480	9207694.851	0.00
36	684433.52110	9207730.798	0.00
37	684433.52110	9207730.798	0.00
38	684427.09390	9207744.352	0.00
39	684427.09390	9207744.352	0.00
40	684418.38070	9207763.047	0.00

NO.	X	Y	Z
41	684262.01420	9207910.801	0.00
42	684268.30490	9207912.044	0.00
43	684272.04560	9207914.979	0.00
44	684274.18310	9207919.782	0.00
45	684274.18310	9207926.720	0.00
46	684272.04560	9207931.523	0.00
47	684254.62170	9207952.701	0.00
48	684239.43430	9207959.655	0.00
49	684225.93240	9207961.902	0.00
50	684212.43060	9207966.959	0.00
51	684200.61640	9207978.758	0.00
52	684188.23970	9207997.298	0.00
53	684178.11340	9208015.839	0.00
54	684165.73670	9208047.864	0.00
55	684153.92270	9208074.271	0.00
56	684142.99000	9208099.752	0.00
57	684136.65680	9208117.321	0.00
58	684129.61990	9208132.782	0.00
59	684120.12020	9208150.000	0.00
60	684111.22210	9208158.711	0.00
61	684106.26750	9208163.246	0.00
62	684098.28530	9208169.156	0.00
63	684090.02800	9208176.166	0.00
64	684080.68120	9208188.950	0.00
65	684071.16560	9208199.851	0.00
66	684057.69540	9208217.300	0.00
67	684051.81830	9208229.878	0.00
68	684046.22090	9208242.735	0.00
69	684036.70530	9208253.356	0.00
70	684028.58910	9208264.257	0.00
71	684017.95420	9208269.847	0.00
72	684007.07060	9208281.511	0.00
73	684005.20960	9208284.791	0.00
74	684003.67710	9208287.633	0.00
75	683999.07940	9208289.929	0.00
76	683996.56160	9208289.929	0.00
77	683993.38700	9208289.054	0.00
78	683990.21210	9208287.743	0.00
79	683985.61440	9208286.212	0.00
80	683980.79780	9208285.009	0.00

NO.	X	Y	Z
81	683975.54330	9208283.260	0.00
82	683970.39820	9208280.636	0.00
83	683957.88810	9208275.364	0.00
84	683952.32260	9208271.806	0.00
85	683944.08580	9208264.914	0.00
86	683939.41100	9208256.466	0.00
87	683934.51330	9208246.684	0.00
88	683927.16690	9208235.123	0.00
89	683921.95230	9208228.723	0.00
90	683914.40770	9208224.559	0.00
91	683905.87030	9208221.188	0.00
92	683898.72270	9208216.628	0.00
93	683889.19260	9208212.067	0.00
94	683881.25080	9208207.110	0.00
95	683866.75700	9208201.360	0.00
96	683857.02820	9208195.411	0.00
97	683843.52730	9208187.480	0.00
98	683830.98050	9208181.399	0.00
99	683825.67770	9208178.120	0.00
100	683814.81950	9208174.338	0.00
101	683806.23410	9208170.303	0.00
102	683797.39600	9208166.772	0.00
103	683787.04280	9208161.476	0.00
104	683777.69950	9208156.180	0.00
105	683766.33620	9208151.136	0.00
106	683754.97310	9208146.849	0.00
107	683744.11500	9208142.058	0.00
108	683733.00420	9208136.005	0.00
109	683719.11560	9208130.205	0.00
110	683710.25860	9208122.946	0.00
111	683702.55060	9208118.456	0.00
112	683692.59470	9208112.041	0.00
113	683682.63870	9208104.343	0.00
114	683671.39810	9208096.325	0.00
115	683665.29630	9208089.268	0.00
116	683656.62480	9208080.929	0.00
117	683648.91700	9208074.194	0.00
118	683640.56670	9208069.383	0.00
119	683635.42820	9208063.930	0.00
120	683624.83010	9208057.194	0.00

NO.	X	Y	Z
121	683610.73960	9208043.496	0.00
122	683610.73960	9208043.496	0.00
123	683610.73960	9208043.496	0.00
124	683610.73960	9208043.496	0.00
125	683609.64640	9208044.465	0.00
126	683595.39750	9208030.988	0.00
127	683586.67600	9208037.688	0.00
128	683600.74880	9208062.676	0.00
129	683601.39720	9208063.510	0.00
130	683602.71600	9208065.740	0.00
131	683603.73300	9208069.934	0.00
132	683601.15940	9208071.571	0.00
133	683587.58410	9208069.099	0.00
134	683573.84180	9208067.006	0.00
135	683565.45610	9208068.867	0.00
136	683544.95900	9208061.655	0.00
137	683525.44360	9208047.577	0.00
138	683506.21950	9208037.976	0.00
139	683481.19800	9208022.419	0.00
140	683464.36070	9208011.692	0.00
141	683451.16590	9208002.783	0.00
142	683435.90940	9207991.999	0.00
143	683418.77550	9207977.699	0.00
144	683398.12110	9207958.711	0.00
145	683386.93170	9207947.818	0.00
146	683373.17650	9207934.492	0.00
147	683356.17810	9207921.814	0.00
148	683353.38620	9207924.835	0.00
149	683344.88070	9207919.006	0.00
150	683340.75130	9207914.882	0.00
151	683333.83440	9207921.687	0.00
152	683353.47660	9207944.376	0.00
153	683353.47660	9207944.376	0.00
154	683356.77000	9207944.979	0.00
155	683361.33630	9207948.487	0.00
156	683364.84830	9207954.974	0.00
157	683365.02260	9207957.957	0.00
158	683367.30580	9207964.795	0.00
159	683370.46910	9207969.179	0.00
160	683372.40350	9207973.016	0.00

NO.	X	Y	Z
721	683765.60790	9207663.587	2.50
722	683764.52360	9207662.908	2.50
723	683764.42330	9207653.909	2.50
724	683763.25810	9207653.155	2.50
725	683761.31260	9207652.307	2.50
726	683758.52070	9207651.532	2.50
727	683756.92020	9207651.416	2.50
728	683754.88500	9207651.658	2.50
729	683753.74700	9207652.065	2.50
730	683752.04050	9207653.343	2.50
731	683750.45520	9207655.232	2.50
732	683748.93500	9207657.737	2.50
733	683747.54980	9207660.989	2.50
734	683746.53450	9207664.680	2.50
735	683746.49650	9207665.509	2.50
736	683747.87160	9207664.494	2.50
737	683748.83770	9207661.721	2.50
738	683749.40970	9207660.138	2.50
739	683750.90760	9207657.668	2.50
740	683752.08450	9207656.216	2.50
741	683753.22980	9207655.053	2.50
742	683756.26320	9207653.630	2.50
743	683758.14760	9207653.579	2.50
744	683760.44260	9207653.857	2.50
745	683762.42710	9207654.355	2.50
746	683763.86450	9207654.746	2.50
747	683765.36090	9207655.132	2.50
748	683765.46350	9207654.919	2.50
749	683764.42330	9207653.909	2.50
750	683763.64310	9207644.836	2.50
751	683762.29250	9207643.731	2.50
752	683760.23720	9207642.669	2.50
753	683759.07000	9207642.309	2.50
754	683756.83300	9207642.035	2.50
755	683755.45860	9207642.007	2.50
756	683752.58330	9207642.925	2.50
757	683751.36270	9207643.577	2.50
758	683749.75340	9207645.022	2.50
759	683749.10160	9207645.837	2.50
760	683746.78240	9207650.595	2.50

NO.	X	Y	Z
761	683745.22100	9207654.505	2.50
762	683744.82510	9207657.115	2.50
763	683746.72560	9207655.375	2.50
764	683747.98340	9207651.791	2.50
765	683749.39920	9207648.948	2.50
766	683750.12800	9207647.557	2.50
767	683753.08930	9207645.087	2.50
768	683754.76640	9207644.628	2.50
769	683756.69430	9207644.580	2.50
770	683760.32910	9207644.817	2.50
771	683762.22590	9207645.359	2.50
772	683763.89610	9207646.180	2.50
773	683764.04970	9207645.898	2.50
774	683763.64310	9207644.836	2.50
775	683745.36120	9207646.422	2.50
776	683745.55620	9207644.871	2.50
777	683746.09470	9207641.528	2.50
778	683746.54980	9207639.768	2.50
779	683747.25640	9207637.881	2.50
780	683749.00850	9207635.104	2.50
781	683750.17200	9207634.183	2.50
782	683752.88500	9207632.932	2.50
783	683755.63100	9207632.508	2.50
784	683757.66720	9207632.544	2.50
785	683760.62090	9207633.412	2.50
786	683761.99370	9207634.074	2.50
787	683763.37560	9207635.132	2.50
788	683764.06470	9207635.847	2.50
789	683763.91600	9207636.325	2.50
790	683761.39050	9207635.533	2.50
791	683759.25480	9207634.839	2.50
792	683757.55360	9207634.446	2.50
793	683753.37840	9207635.079	2.50
794	683752.08220	9207635.653	2.50
795	683750.56800	9207636.723	2.50
796	683749.01560	9207639.294	2.50
797	683748.34860	9207640.762	2.50
798	683746.88140	9207645.017	2.50
799	683745.36120	9207646.422	2.50

2. Koordinat Laut

X	Y	Z
685653.511	9206848.387	0
685653.511	9209144.387	0
683773.746	9208173.885	0
683773.746	9208173.885	0
683773.749	9208173.890	0
683774.185	9208174.540	0
683774.619	9208175.348	0
683774.984	9208176.213	0
683775.196	9208176.889	0
683775.436	9208178.156	0
683775.369	9208179.030	0
683774.986	9208179.584	0
683774.367	9208179.860	0
683773.419	9208180.028	0
683772.313	9208179.990	0
683771.525	9208179.631	0
683770.966	9208179.012	0
683770.015	9208177.655	0
683769.306	9208176.604	0
683768.748	9208175.542	0
683768.360	9208174.501	0
683768.318	9208172.894	0
683768.733	9208172.224	0
683770.546	9208172.047	0
1366453.732	18414873.664	-1
1366453.061	18414873.004	-1
1366452.533	18414872.402	-1
1366452.106	18414871.831	-1
1366451.739	18414871.266	-1
1366451.392	18414870.681	-1
1366451.022	18414870.050	-1
1366450.588	18414869.347	-1
1366450.050	18414868.547	-1
1366449.578	18414867.839	-1
1366449.044	18414866.980	-1
1367330.270	18414501.297	-2
1367333.686	18414499.965	-2
1367337.055	18414498.744	-2
1367340.630	18414497.019	-2
1367344.353	18414494.933	-2

X	Y	Z
1367611.393	18414651.808	-26
1367616.214	18414623.881	-26
1367622.000	18414602.695	-26
1367650.198	18414556.393	-26
1367659.448	18414528.677	-26
1367671.783	18414474.785	-26
1367677.950	18414454.768	-26
1367691.826	18414425.512	-26
1367701.077	18414390.097	-26
1367708.786	18414370.080	-26
1367263.006	18415112.516	-27
1367262.516	18415110.959	-27
1367261.608	18415108.335	-27
1367260.646	18415105.728	-27
1367259.315	18415103.124	-27
1367426.450	18414911.975	-28
1367429.778	18414910.698	-28
1367433.172	18414909.497	-28
1367436.695	18414908.437	-28
1367440.262	18414907.570	-28
1367443.807	18414906.651	-28
1367447.328	18414905.188	-28
1367450.791	18414903.201	-28
1367454.115	18414901.410	-28
1367457.217	18414900.580	-28
1367462.066	18414894.797	-28
1367472.017	18414880.097	-28
1367288.476	18415109.359	-28
1367285.313	18415115.225	-28
1367282.349	18415122.762	-28
1367280.520	18415128.760	-28
1367277.075	18415143.211	-28
1367270.185	18415160.414	-28
1367266.051	18415169.360	-28
1367263.294	18415181.746	-28
1367258.471	18415192.756	-28
1367254.337	18415207.895	-28
1367250.892	18415223.722	-28
1367240.556	18415230.603	-28
1367228.843	18415237.485	-28

LAMPIRAN D

DATA KECEPATAN ARUS DAN TEMPERATUR

No	Meas date	Lokasi	Posisi	Temp. max [^{0}C]	Time (Temp. max)	Temp. min [^{0}C]	Time (Temp. min)	Temp. Rata2 [^{0}C]	Velocity Rata2 (cm/sec)	Direction (deg)
1	09/02/2014 - 09/03/2014 (07:30) - (06:30)	Titik 1	0.2d	28.214	9:30	27.200	1:30	27.676	61.962	336.7
		Titik 1	0.6d	28.211	10:30	27.201	23:30	27.672	64.803	335.9
		Titik 1	0.8d	28.208	12:30	27.199	23:30	27.667	66.778	337.1
2	09/02/2014 - 09/03/2014 (08:00) - (07:00)	Titik 2	0.2d	28.784	10:00	27.770	2:00	28.246	53.752	233.4
		Titik 2	0.6d	28.781	11:00	27.771	0:00	28.242	56.593	232.6
		Titik 2	0.8d	28.778	13:00	27.769	0:00	28.237	58.568	233.8
3	09/03/2014 - 09/04/2014 (08:00) - (07:00)	Titik 3	0.2d	29.734	10:00	28.720	2:00	29.196	24.303	237.0
		Titik 3	0.6d	29.731	11:00	28.721	0:00	29.192	22.129	235.0
		Titik 3	0.8d	29.728	13:00	28.719	0:00	29.187	20.543	234.8
4	09/03/2014 - 09/04/2014 (08:30) - (07:30)	Titik 4	0.2d	29.839	10:30	28.825	2:30	29.301	24.533	235.8
		Titik 4	0.6d	29.836	11:30	28.826	0:30	29.297	22.359	233.8
		Titik 4	0.8d	29.833	13:30	28.824	0:30	29.292	20.773	233.6
5	09/03/2014 - 09/04/2014 (08:45) - (07:45)	Titik 5	0.2d	30.969	10:45	29.955	2:45	30.431	29.263	237.1
		Titik 5	0.6d	30.966	11:45	29.956	0:45	30.427	27.089	235.0
		Titik 5	0.8d	30.963	13:45	29.954	0:45	30.422	25.503	234.8
6	09/04/2014 - 09/05/2014 (08:00) - (07:00)	Titik 6	0.2d	35.871	10:00	30.187	2:00	33.160	42.722	36.4
		Titik 6	0.6d	35.868	11:00	30.188	0:00	33.158	45.563	35.6
		Titik 6	0.8d	35.865	13:00	30.186	0:00	33.152	47.538	36.8
7	09/04/2014 - 09/05/2014 (08:30) - (07:30)	Titik 7	0.2d	36.537	10:30	30.853	2:30	33.826	61.462	34.3
		Titik 7	0.6d	36.534	11:30	30.854	0:30	33.824	64.303	33.4
		Titik 7	0.8d	36.531	13:30	30.852	0:30	33.818	66.278	34.6
8	09/05/2014 - 09/06/2014 (08:00) - (07:00)	Titik 8	0.2d	35.271	10:00	29.587	2:00	32.560	37.052	31.2
		Titik 8	0.6d	35.268	11:00	29.588	0:00	32.558	39.893	30.4
		Titik 8	0.8d	35.265	13:00	29.586	0:00	32.552	41.868	31.6
9	09/05/2014 - 09/06/2014 (08:30) - (07:30)	Titik 9	0.2d	38.690	10:30	35.816	2:30	37.183	44.462	29.3
		Titik 9	0.6d	38.687	11:30	35.817	0:30	37.182	47.303	28.4
		Titik 9	0.8d	38.684	13:30	35.815	0:30	37.176	49.278	29.7

LAMPIRAN E

DATA KEBUTUHAN AIR PENDINGIN

Data Kebutuhan Air Pendingin

No.	Unit	Load MW	kg/sec	Ton/sec	m3/sec
1	PLTU-1	100	15989.26	15.98926	15.98926
2	PLTU-2	100	15202.42	15.20242	15.20242
3	PLTU-3	200	26404.21	26.40421	26.40421
4	PLTU-4	200	25604.08	25.60408	25.60408
5	PLTGU-1	160	31985.09	31.98509	31.98509
6	PLTGU-2	158	33107.27	33.10727	33.10727
7	PLTGU-3	196	33749.37	33.74937	33.74937
8	PLTGU-4	250	48757.77	48.75777	48.75777
9	Desalination		69239.84	69.23984	69.23984
Safety Factor 20 %			60007.86	60.00786	60.00786
Total			360047.2	360.0472	360.0472

LAMPIRAN F

TABEL VALIDASI ARUS DAN TEMPERATUR

Lokasi	Tanggal	Waktu	Arus (cm/s)		Temperatur (°C)	
			Pengukuran	Model	Pengukuran	Model
Kolam Tenang	9/2/2014	7:30	63.1280	63.2547	28.1627	27.7192
	9/2/2014	8:30	62.2283	62.1201	28.1707	27.6684
	9/2/2014	9:30	65.7727	62.7617	28.1807	27.6185
	9/2/2014	10:30	68.6323	67.4500	28.2100	27.5665
	9/2/2014	11:30	67.5070	66.4292	28.2017	27.5474
	9/2/2014	12:30	70.8830	62.0013	28.2090	27.5541
	9/2/2014	13:30	67.6057	62.2509	28.0607	27.5629
	9/2/2014	14:30	64.1980	63.2066	28.0600	27.5682
	9/2/2014	15:30	66.3813	68.5091	28.0580	27.5719
	9/2/2014	16:30	65.4153	65.3764	27.2503	27.5745
	9/2/2014	17:30	60.2963	61.9088	27.2523	27.5740
	9/2/2014	18:30	63.6037	62.3914	27.2533	27.5729
	9/2/2014	19:30	61.0470	64.2237	27.2693	27.5720
	9/2/2014	20:30	63.1917	69.4669	27.2980	27.5718
	9/2/2014	21:30	63.7970	64.1580	27.3053	27.5669
	9/2/2014	22:30	64.3877	61.9157	27.3057	27.5679
	9/2/2014	23:30	63.6607	62.5172	27.2017	27.5717
	9/3/2014	0:30	60.8297	65.3912	27.2047	27.6185
	9/3/2014	1:30	62.6253	68.7229	27.2010	27.6759
	9/3/2014	2:30	67.0790	62.8129	27.2257	27.7240
	9/3/2014	3:30	60.5780	62.0065	27.3607	27.7630
	9/3/2014	4:30	60.6180	62.6401	27.7583	27.7861
	9/3/2014	5:30	67.3703	66.4525	27.8607	27.7895
	9/3/2014	6:30	67.5070	67.5674	28.0607	27.7705

Lokasi	Tanggal	Waktu	Arus (cm/s)		Temperatur (°C)	
			Pengukuran	Model	Pengukuran	Model
Kanal Intake	9/2/2014	8:00	54.9180	53.9644	28.7327	27.8376
	9/2/2014	9:00	54.0183	50.2279	28.7407	27.8375
	9/2/2014	10:00	57.5627	46.8396	28.7507	27.8373
	9/2/2014	11:00	60.4223	44.5114	28.7800	27.8367
	9/2/2014	12:00	59.2970	45.6044	28.7717	27.8359
	9/2/2014	13:00	62.6730	50.4565	28.7790	27.8345
	9/2/2014	14:00	59.3957	53.5738	28.6307	27.8328
	9/2/2014	15:00	55.9880	55.7446	28.6300	27.8307
	9/2/2014	16:00	58.1713	57.9558	28.6280	27.8283
	9/2/2014	17:00	57.2053	59.0875	27.8203	27.8257
	9/2/2014	18:00	52.0863	59.4481	27.8223	27.8228
	9/2/2014	19:00	55.3937	57.1031	27.8233	27.8198
	9/2/2014	20:00	52.8370	54.3638	27.8393	27.8168
	9/2/2014	21:00	54.9817	53.5234	27.8680	27.8139
	9/2/2014	22:00	55.5870	54.4835	27.8753	27.8110
	9/2/2014	23:00	56.1777	56.4242	27.8757	27.8082
	9/3/2014	0:00	55.4507	59.3804	27.7717	27.8055
	9/3/2014	1:00	52.6197	61.9909	27.7747	27.8029
	9/3/2014	2:00	54.4153	64.2867	27.7710	27.8005
	9/3/2014	3:00	58.8690	64.9697	27.7957	27.7981
	9/3/2014	4:00	52.3680	65.4719	27.9307	27.7915
	9/3/2014	5:00	52.4080	65.0710	28.3283	27.7894
	9/3/2014	6:00	59.1603	63.6805	28.4307	27.7874
	9/3/2014	7:00	59.2970	61.2750	28.6307	27.7854

Lokasi	Tanggal	Waktu	Arus (cm/s)		Temperatur (°C)	
			Pengukuran	Model	Pengukuran	Model
Kolam Campur Outfall	9/3/2014	8:00	43.8880	41.4123	35.8197	35.7699
	9/3/2014	9:00	42.9883	49.4206	35.8277	35.7669
	9/3/2014	10:00	46.5327	58.4163	35.8377	35.7565
	9/3/2014	11:00	49.3923	68.3527	35.8670	35.7552
	9/3/2014	12:00	48.2670	71.9729	35.8587	35.7436
	9/3/2014	13:00	51.6430	71.4996	35.8660	35.7379
	9/3/2014	14:00	48.3657	67.1843	34.8677	35.7372
	9/3/2014	15:00	44.9580	59.0993	34.8670	35.7428
	9/3/2014	16:00	47.1413	50.2023	34.8650	35.7430
	9/3/2014	17:00	46.1753	43.8576	32.2373	35.7345
	9/3/2014	18:00	41.0563	39.5056	32.2393	35.7197
	9/3/2014	19:00	44.3637	39.3355	30.2403	35.7147
	9/3/2014	20:00	41.8070	40.5796	30.2563	35.7118
	9/3/2014	21:00	43.9517	46.1696	30.2850	35.7182
	9/3/2014	22:00	44.5570	51.0662	30.2923	35.7339
	9/3/2014	23:00	45.1477	50.6216	30.2927	35.7410
	9/4/2014	0:00	44.4207	46.8634	30.1887	35.7418
	9/4/2014	1:00	41.5897	41.3479	30.1917	35.7725
	9/4/2014	2:00	43.3853	35.0308	30.1880	35.7783
	9/4/2014	3:00	47.8390	31.4364	30.2127	35.7769
	9/4/2014	4:00	41.3380	28.6802	34.8587	35.7678
	9/4/2014	5:00	41.3780	27.6896	34.8617	35.7664
	9/4/2014	6:00	48.1303	28.4342	34.8580	35.7634
	9/4/2014	7:00	48.2670	30.2376	34.8827	35.7538

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A LOKASI STUDI

LAMPIRAN B DATA PASANG SURUT

LAMPIRAN C DATA DAN PETA BATIMETRI

LAMPIRAN D DATA KECEPATAN ARUS DAN TEMPERATUR

LAMPIRAN E DATA KEBUTUHAN AIR PENDINGIN

LAMPIRAN F TABEL VALIDASI ARUS DAN TEMPERATUR