

|     |       |      |                |                           |  |
|-----|-------|------|----------------|---------------------------|--|
| JRL | Vol.7 | No.3 | Hal. 267 - 273 | Jakarta,<br>November 2011 | ISSN : 2085.3866<br>No.376/AU1/P2MBI/07/2011 |
|-----|-------|------|----------------|---------------------------|--|

## ANALISA DISPERSI TERMAL DI PERAIRAN SELAT SEMBILAN - SUMUT

**Amiral Aziz <sup>1,2)</sup> ; Petrus Wiyoto <sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup> Peneliti Konversi dan Konservasi Energi BPPT

<sup>2)</sup> Team FS PLTU Pangkalan Susu Unit 3-4

BPPT Gedung II Jl. M. H. Thamrin 8 Jakarta 10340

amiralazis@yahoo.com

### Abstrak

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Pangkalan Susu berbahan bakar batubara direncanakan untuk dibangun di desa Tanjung Pasir, kabupaten Langkat yang mengambil air laut sebagai pendingin kondensor pembangkit listrik, dan dibuang kembali ke laut. Untuk mengetahui kemungkinan kembali masuk nya sirkulasi air panas ke sisi pemasukkan system intake", untuk itu perlu dipelajari dispersi termal dalam rencana pembangunan pembangkit tersebut. Pada studi ini, pemodelan numerik digunakan untuk menentukan pola distribusi termal yang keluar dari sistem "outlet" PLTU. Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa dengan konfigurasi rancangan sistem intake inlet" dan "discharge outlet" yang direkomendasikan, sistem pendingin kondenser PLTU Pangkalan Susu unit 3 & 4 adalah aman dari pengaruh dispersi termal dimana resirkulasi air pendingin yang hangat tidak akan terjadi. Temperatur air pendingin yang masuk melalui sistem intake inlet kondenser adalah 30,5 °C . Sedangkan untuk Pangkalan Susu unit 1 & 2 akan dipengaruhi oleh efek kumulatif dari sebaran temperatur yang keluar dari sistem "discharge outlet" 4 unit pembangkit dimana temperatur air masuk sistem intake inlet kondenser adalah 31,2 ° C.- 32,2 ° C

**kata kunci** : dispersi termal, pembangkit listrik, pemodelan numerik

## ANALYSIS OF THERMAL DISPERSION IN SELAT SEMBILAN WATERS, NORTH SUMATRA

### Abstract

*Pangkalan Susu Coal Fire Steam Power Plants (CFSP) are planned to build in Tanjung Pasir Village, Langkat Regency taking sea water as cooling condenser of power plants, and through it back into the sea. To explore the possibilities of re-entry of the circulation of hot water to the intake, it is necessary to study the thermal dispersion within the framework of those plans. In this study, numerical modeling to determine thermal distribution pattern that comes out from CFSP outlet. From the study it could be concluded that with the given intake inlet – discharge outfall design configuration and under the worst scenario, cooling water system of Pangkalan Susu unit 3 & 4 is safe i.e. re-circulation of warm cooling water will not happen. The Pangkalan Susu unit 3 & 4 will consume intact sea water (30.5°C). However, the Pangkalan Susu unit 1 & 2 will be influenced by the warm cooling system that may decrease its cooling system efficiency since its inlet is covered by shattered sea water (31.2°C – 32.2°C).*

**keywords** : thermal dispersion, power plant. numerical modeling

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) selain menghasilkan tenaga listrik juga menghasilkan limbah panas dan langsung dibuang ke badan air. Pembuangan limbah air pendingin kondenser secara langsung ke badan air sekitarnya tanpa melalui proses pendinginan kembali dapat menyebabkan pengaruh baik langsung maupun tidak langsung terhadap aliran asupan air pendingin pada sistem *intake*, maupun pengaruh terhadap organisme yang hidup di dalam badan airnya. Untuk mempersiapkan pembangunan PLTU Pangkalan Susu perlu dilakukan evaluasi perkiraan terjadinya dispersi termal pada lokasi pembangkit. Hal ini sangat penting karena rancang bangun PLTU mensyaratkan sumber air sebagai bagian tak terpisahkan dari sistem kerjanya. Sumber air pendingin dari PLTU Pangkalan Susu direncanakan diambil dari air laut di perairan Selat Sembilan.

Studi yang menjelaskan karakteristik oseanografi dan kualitas air laut di lokasi tapak PLTU, seperti kondisi dinamika transpor dispersi termal merupakan kegiatan yang akan digunakan sebagai acuan dalam perencanaan pembangunan PLTU. Penelitian tentang sifat dan dinamika transpor termal sangat diperlukan untuk mengetahui pola arah transpor dispersi termal dari hasil pendingin pembangkit

Limbah termal sering menimbulkan masalah pada beberapa biota yang berada di perairan. Pada umumnya pembangkit listrik sering dibangun di dekat perairan pantai atau estuari. Pembangkit listrik dengan siklus uap yang menggunakan sistem sirkuit terbuka sekali jalan (*once through cooling system*) temperatur limbah air termal hampir selalu lebih tinggi daripada temperatur air sekitarnya (*ambient level*).  $\square$  Temperatur berkisar 5 sampai 7 °C, pada kenaikan temperatur yang tiba-tiba sangat mempengaruhi

berbagai sifat fisika dan kimia yang berhubungan dengan kualitas air seperti densitas, viskositas, oksigen terlarut, karbon dioksida, pH serta biota perairan. Luasan akibat pengaruh limbah termal tergantung pada beberapa faktor seperti volume air limbah, temperatur air limbah, temperatur air tempat pembuangan limbah, arus atau sirkulasi masa air tempat pembuangan limbah termal.

Pembangunan pembangkit listrik di wilayah pesisir akan memberikan ancaman terhadap keberadaan ekosistem laut (hutan mangrove, padang lamun dan terumbu karang) yang diakibatkan peningkatan temperatur air buangan/limbah termal dari sistem pendingin pembangkit listrik. Peningkatan temperatur perairan ini dapat menyebabkan kematian bagi komunitas biota bentik maupun pelajik yang sensitif terhadap perubahan temperatur. Peningkatan temperatur juga berpengaruh pada proses metabolisme dan pola perilaku organisme.

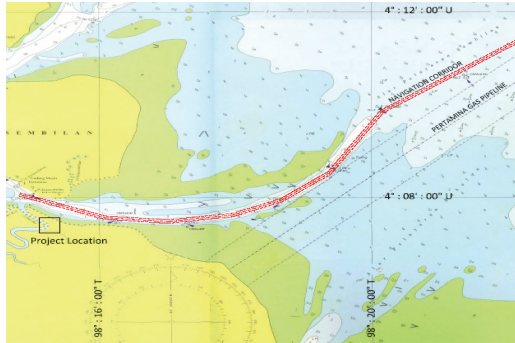
### 1.2 Tujuan

Studi ini bertujuan untuk memprediksi dispersi termal dengan menggunakan model simulasi matematis dalam tubuh air dimana temperaturnya dipengaruhi oleh debit air yang keluar dari sistem pendingin PLTU Pangkalan Susu Unit 3 & 4 (2 x 200 MW) dan PLTU Pangkalan Susu Unit 1 & 2 PLTU (2 x 200 MW).

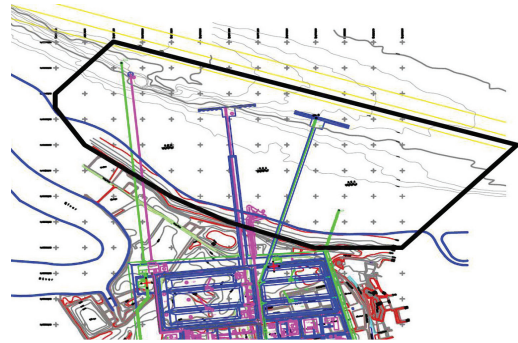
## II. METODOLOGI

### 2.1 Daerah Studi

Lokasi pembangkit berada di desa Tanjung Pasir, kecamatan Pangkalan Susu kabupaten Langkat Sumatera Utara, sekitar 105 km dari Medan. Luas lokasi proyek sekitar 150 ha yang berbatasan dengan Sungai Siur Besar pada sebelah Barat, Selat Sembilan pada sebelah Utara dan tanah milik PLN pada sebelah Timur dan Selatan. Posisi dari lokasi proyek dapat dilihat pada gambar 1.



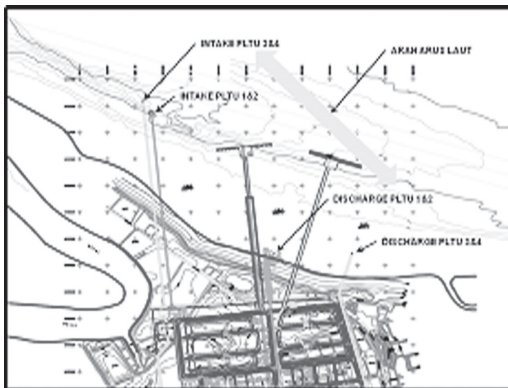
Gambar 1. Lokasi studi di perairan selat sembilan kabupaten langkat - SUMUT



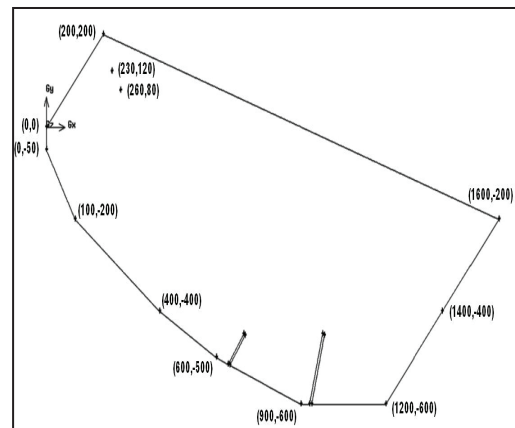
Gambar 3. Batas studi dari rentang dispersi termal

## 2.2 Model

Daerah model meliputi wilayah perairan Selat Sembilan kabupaten Langkat yang terletak disekitar PLTU Pangkalan Susu yang meliputi sekitar 1400 meter x 600 meter seperti dapat dilihat pada gambar 3. Gambar 2 memperlihatkan konfigurasi sistem *intake* dan sistem *discharge* air pendingin kondenser untuk PLTU Pangkalan Susu unit 1&2 dan unit 3&4. Gambar 2 memperlihatkan situasi tubuh air laut di sekitar lokasi pembangkit.

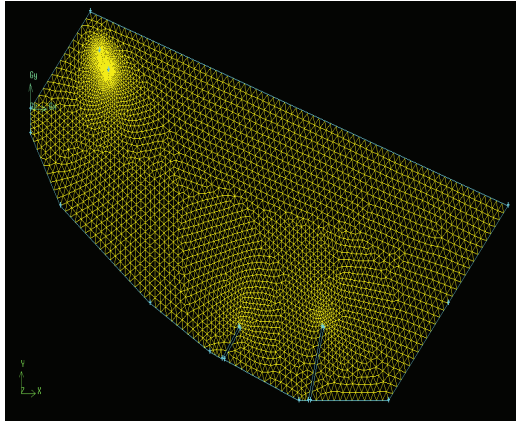


Gambar 2. Situasi tubuh air laut di sekitar lokasi PLTU pangkalan susu



Gambar 4. Data geometris model

Geometri model bentuknya tidak beraturan maka metoda yang paling cocok adalah diskritisasi parsial, ini berarti seluruh geometri model tidak didiskritisasi ke ukuran *mesh* yang sama. Ukuran *mesh* sama sulit diterapkan karena ketidakteraturan dimensi model. Hal ini dapat dicapai dengan ukuran *mesh* yang kecil dengan akurasi yang lebih baik. Dalam metode parsial, hanya bagian dari model yang membutuhkan ketelitian detail yang didiskritisasi dengan ukuran *mesh* yang kecil sedangkan yang lainnya akan menggunakan ukuran *mesh* yang lebih besar. Dengan pendekatan ini, pelaksanaan program dapat dilakukan dengan akurasi detail yang bagus dan dalam waktu terjangkau. Hasil diskritisasi spasial untuk PLTU Pangkalan Susu Unit 1 & 2 dan Unit 3 & 4 diilustrasikan pada gambar 5.



Gambar 5.: Diskritisasi spasial model dispersi termal

Model dispersi termal disimulasi dengan memasukkan data pasang surut, angin, debit dan temperatur air di sistem intake dan discharge.. Studi analitis dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak komputer yaitu CFD Fluent ver6.3.

Asumsi yang dibuat dalam analisa dispersi termal di semenanjung Selat Sembilan ini adalah :

- Debit aliran masuk dari *intake* = 18,39 m<sup>3</sup>/detik
- Debit aliran keluar dari *discharge* = 18,39 m<sup>3</sup>/detik
- Temperatur polutan keluar dari discharge = 37,5 ° C.
- Temperatur air laut rata-rata = 30,5 ° C.

### 2.3 Metode Permodelan Numerik

Model, vertikal - rata-rata, dua dimensi yang digunakan untuk mensimulasikan dispersi termal dipecahkan dalam persamaan aliran dan transportasi fluida berikut :

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial(uh)}{\partial x} + \frac{\partial(vh)}{\partial y} = 0 \dots \dots \dots (1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + g \left( \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\partial a_o}{\partial x} \right) - \frac{\epsilon_x}{\rho} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{\epsilon_y}{\rho} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{gu}{C^2 h} \sqrt{u^2 + v^2} = 0 \dots \dots \dots (2)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + g \left( \frac{\partial h}{\partial y} + \frac{\partial a_o}{\partial y} \right) - \frac{\epsilon_x}{\rho} \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} - \frac{\epsilon_y}{\rho} \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{gv}{C^2 h} \sqrt{u^2 + v^2} = 0 \dots \dots \dots (3)$$

$$h \left( \frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} + D_x \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + D_y \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} - \sigma + kT \right) = 0 \dots \dots \dots (4)$$

Dimana :

- u dan v adalah kecepatan lateral rata-rata dalam arah x dan y,
- h = adalah kedalaman air,
- t = waktu,
- g = gravitasi,
- a0 = elevasi dasar laut,
- = dinitas air laut,
- C = koefisien kekasaran Chezy,
- T = temperatura air,
- = koefisien "eddy's turbulence" ,
- D = koefisien difusi turbulensi,
- = source atau sink , dan
- k = decay rate of temperature.

"CFD Fluent ver 6.3" adalah software yang digunakan untuk melakukan analisis disperse termal. FLUENT dapat memodelkan berbagai fenomena yang terjadi dalam suatu aliran fluida atau dinamika fluida, yaitu meliputi fenomena aliran fluida, fenomena perpindahan panas dalam aliran fluida maupun dari suatu badan penghasil panas, dan fenomena aliran turbulen yang sering ditemui dalam aplikasi industri.

Dalam pemodelan matematis, pada dasarnya FLUENT menyelesaikan persamaan hukum kekekalan massa, persamaan momentum linier dan angular, persamaan energi dan beberapa persamaan bantu seperti persamaan pemodelan aliran

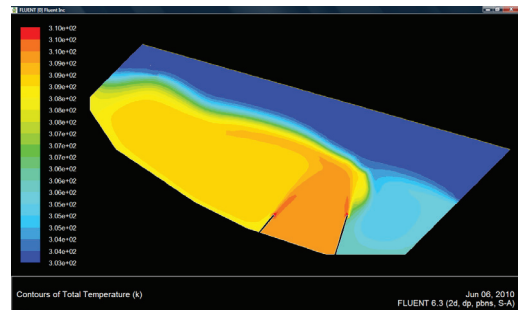
turbulensi dan berbagai persamaan empiris untuk fenomena aliran dan perpindahan panas. Penyelesaian dapat dilakukan baik terhadap model matematis dua dimensi (2-D) maupun tiga dimensi (3-D).

Penyelesaian dari persamaan matematis dilakukan secara numerik dengan metode volume hingga (*finite volume method*). Metode volume hingga mensyaratkan agar geometri dari volume badan fluida yang akan dianalisis didiskritisasi menjadi sejumlah volume hingga (sejumlah volume dengan bentuk tertentu). Proses diskritisasi volume badan fluida menjadi sejumlah volume hingga disebut juga dengan proses *meshing*, yaitu proses membagi volume badan fluida menjadi sejumlah *mesh* (volume hingga). Selanjutnya persamaan matematis dari model aliran fluida diterapkan pada setiap volume hingga dan membentuk persamaan matrik sistem. Persamaan matrik memuat variabel aliran fluida seperti tekanan, kecepatan dan temperatur yang belum diketahui nilainya (*unknown variable*). Penyelesaian terhadap persamaan matrik sistem ini akan mengungkap semua nilai *unknown variable* yang memuat informasi tentang kondisi dari aliran fluida.

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada gambar 6 dapat dilihat bahwa temperatur air laut masuk melalui "*intake inlet*" pada PLTU Pangkalan Susu unit 3 & 4 adalah 303,5°K atau 30,5°C, sedangkan pada PLTU Pangkalan Susu unit 1 & 2 adalah sekitar 304,2°K sampai dengan 305,2°K atau 31,2°C –sampai dengan 32,2°C. Temperatur air laut disekitar "*discharge outlet*" adalah 309°K sd 310°K. Jadi dapat disimpulkan bahwa PLTU Pangkalan Susu 3 & 4 aman terhadap pengaruh dispersi termal pada kondisi operasi dalam kasus terburuk, sementara PLTU Pangkalan Susu unit 1 & 2 dalam batas tertentu akan kembali mensirkulasikan air pendingin kedalam kondenser yang secara kumulatif akan menaikkan temperatur air pendingin masuk

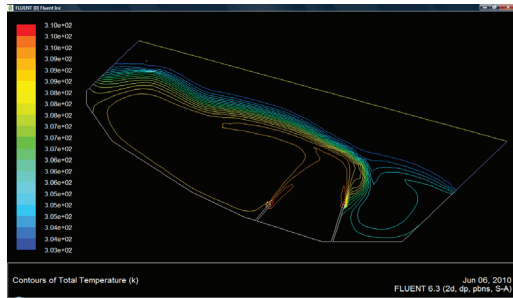
kondenser, hal ini sangat berbahaya terhadap operasi dan pemeliharaan kondenser.



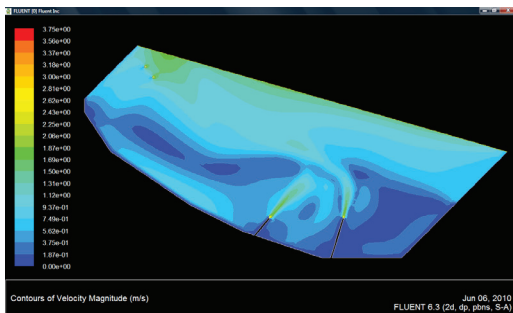
Gambar.6 : Distribusi temperatur air laut akibat pengeluaran air pendingin 4 unit PLTU

Gambar 7 memperlihatkan kontur distribusi temperatur air laut akibat pengeluaran air pendingin dari 4 unit PLTU dimana warna mengindikasikan besarnya temperatur air laut. Warna merah menunjukkan temperatur aliran air laut tinggi dan warna biru temperatur air laut rendah.

Sebaran temperatur kearah kiri dari sisi discharge outlet lebih besar dibandingkan kearah sebelah kanan, hal ini dipengaruhi oleh arah kecepatan angin. Dari gambar ini dapat dilihat bahwa pada awalnya penyebaran temperatur didominasi oleh aliran air yang bergerak dari discharge outlet sehingga penyebarannya temperatur air laut tidak merata karena kecepatan aliran air laut tidak merata dan cenderung kesatu arah saja dengan interval kecepatan 1,69 sampai dengan 1,87 m/s.. Pola sebaran temperatur pada pagi hari terjadi pemusatan temperatur yang tinggi dilokasi sekitar aliran pembuangan (*discharge outlet*) Sebaran temperatur pada siang hari lebih mengarah lateral sebanding dengan pola arus yang ada. Sore hari sebaran temperatur lebih meluas kearah lateral dengan temperatur tertinggi dialiran pembuangan PLTU mencapai 33,7°C. Semakin tingginya pola temperatur di sore hari dibandingkan waktu siang dan pagi hari disebabkan oleh pemanasan matahari karena air laut memiliki kapasitas panas yang tinggi.



Gambar 7. Kontur distribusi temperatur air laut karena pengeluaran air pendingin 4 unit PLTU

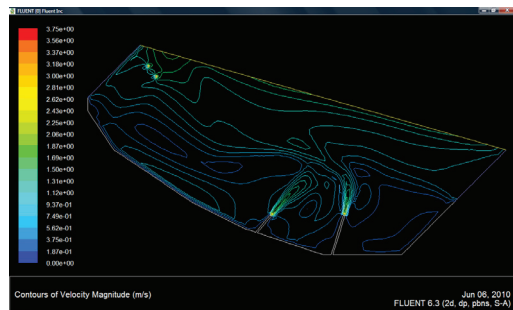


Gambar 8. Distribusi kecepatan air laut karena pengeluaran air pendingin 4 unit PLTU

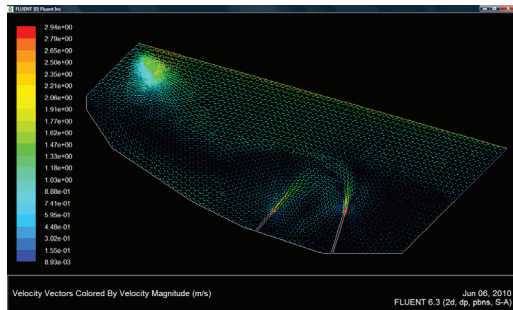
Gambar 8 dan gambar 9 memperlihatkan distribusi kecepatan air laut dan kontur distribusi kecepatan air laut disebabkan karena pengeluaran air pendingin dari 4 unit PLTU dimana warna mengindikasikan besarnya kecepatan air laut. Kecepatan air laut pada “discharge outlet” untuk PLTU unit 1&2 dan unit 3&4 adalah sekitar 2,43 m/s sd 2,81 m/s. Kecepatan air laut cenderung menurun pada arah menjauh dari sistem “discharge outlet” dari pembangkit yakni sekitar 1,69 m/s sd 1,87 m.s dan terus menurun hingga mencapai 0,937 m/s sd 1,12 m/s didaerah sekitar sistem “intake inlet” dari kondenser. Warna merah menunjukkan kecepatan air laut tertinggi sedangkan warna biru kecepatan air laut terendah.

Gambar 10 memperlihatkan distribusi kecepatan air laut karena pengeluaran

air pendingin 4 unit PLTU dimana warna menunjukkan besarnya vector kecepatan air laut



Gambar 9 Kontur distribusi kecepatan air laut karena pengeluaran air pendingin 4 unit PLTU



Gambar 10. Distribusi vector kecepatan air laut karena pengeluaran air pendingin 4 unit PLTU

#### IV. KESIMPULAN

Hasil analisa dispersi termal diatas dapat disimpulkan sebagai berikut :

- 1) Hasil simulasi menunjukkan bahwa dengan konfigurasi rancangan sistem “intake inlet” dan “discharge outlet” yang direkomendasikan, sistem pendingin kondenser PLTU Pangkalan Susu unit 3 & 4 adalah aman dari pengaruh dispersi termal dimana resirkulasi air pendingin yang hangat tidak akan terjadi. Tempertur air pendingin yang masuk melalui sistem intake inlet kondenser adalah 30,5°C . Sedangkan untuk Pangkalan Susu

- unit 1 & 2 akan dipengaruhi oleh efek kumulatif dari sebaran temperatur yang keluar dari sistem "discharge outlet" 4 unit pembangkit dimana temperatur air masuk sistem intake inlet kondenser adalah 31,2°C.- 32,2 °C.
- 2) Dengan memperhatikan desain dari posisi sistem "intake inlet" dan "discharge outlet", maka faktor yang harus dipertimbangkan adalah bahwa desain dari sistem "intake inlet" dan "discharge outlet" dengan dimensi yang menghasilkan kecepatan aliran air tidak melebihi dari 1,00 m/detik.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Anonimous, 2010. *Feasibility Report of Pangka;an Susu Coal Fire Power Plant unit 3&4.*
- Anonimous, 1990. *Spatial Discretization and Dispersion, Lecture 2.* The University of Manchester for Institute of Science and Technology, Mancjhester.
- Anonimous, 2006, "GAMBIT 2.3 User's Guide", Fluent Inc., New Hampshire, USA.
- HUBOYO, H.S., ZAMAN, B., 2008, *Analisis Sebaran Temperatur dan Salinitas Air Limbah PLTU\_PLTGU Berdasarkan Sistem Pemetaan Spasial (Studi Kasus: PLTU\_PLTGU Tambak Lorok Semarang).* Program Studi Teknik Lingkungan FT. UNDIP, Semarang .
- KOWALIK, Z., dan MURTY, T.S., 1993. *Numerical Modelling of Ocean Dynamics.* World Scientific. Singapore.
- LEONARD, B.P., 1978. *Elliptic systems : Finite-Difference Method,* Departement of Mechanical Engineering, The University of Akron, Akton, Ohio.
- Leonard, B.P., 1979. *A Stable and Accurate Convective Modelling Procedure Based on Qudratic Upstream Interpolatio.* A Journal of Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, North-Holland Publishing Company.
- Van Leer, Bram. 1985. *On Numerical Dispersion by Upwind Differencing.* Dept. of Mathematics and Informatics of Delft Univers
- White, M.F., 2003, *Fluids Mechanics 5ed,* Mc Graw Hill Higher Education,