

SIMULASI SEBARAN PANAS DI PERAIRAN TELUK MENGGRIS, LOKASI TAPAK PLTN BANGKA BARAT

Heni Susiati, June Mellawati

Pusat Pengembangan Energi Nuklir (PPEN) – BATAN
Jalan Kuningan Barat, Mampang Prapatan, Jakarta Selatan 12710
Telp/Fax: (021) 5204243 Email: heni_susiati@batan.go.id

Masuk: 3 September 2012

Direvisi: 10 Oktober 2012

Diterima: 8 November 2012

ABSTRAK

SIMULASI SEBARAN PANAS DI PERAIRAN TELUK MENGGRIS, LOKASI TAPAK PLTN BANGKA BARAT. Penelitian telah dilakukan di perairan Teluk Menggris, Muntok, Bangka Barat yang direncanakan dibangun PLTN. Dalam penelitian ini dilakukan simulasi numerik untuk mengetahui pola sebaran ilai bepanas yang keluar dari outlet PLTN. Hasil simulasi menunjukkan bahwa pada musim barat luas penyebaran panas terhadap lingkungan, terjadi perbedaan suhu $0,5^{\circ}\text{C}$ sejauh 3 km ke arah utara dan sejauh 5 km ke arah selatan dari outlet buangan. Pada saat pasang, nilai beda suhu pada jarak 500 dari sebesar 1°C dan pada saat surut nda suhu pada jarak 50 m di atas 4.5°C , 1 km dari outlet pembuangan nilai beda suhu masih di atas 2°C . Sedangkan pada musim timur, penyebaran panas dengan mengalami perbedaan suhu sebesar $0,5^{\circ}\text{C}$ adalah sejauh 3 km hanya ke arah utara saja dari outlet buangan. Pada saat pasang sekitar 50 m dari outlet buangan panas nilai beda suhu masih di atas 3°C , 100 m kemudian nilai beda suhu menurun hingga 1°C .

Kata kunci: sebaran, panas, PLTN, simulasi numerik

ABSTRACT

SIMULATION OF THERMAL DISTRIBUTION AT THE MENGGRIS BAY, NPP's SITE LOCATION, WEST BANGKA. Research has been conducted in the waters of the Gulf Menggris, Muntok, West Bangka planned nuclear power plants built. In this research, numerical simulations to determine the distribution pattern of the heat emanating from nuclear power outlet. Simulation results show that in the vast western spread of heat to the environment, there is a temperature difference 0.50°C is 3 km to the north and as far as 5 km to the south of the discharge outlet. At high tide, the value of the temperature difference at a distance of 500 from at 1°C and at low tide the value of the temperature difference at a distance of 50 m above 4.5°C , 1 km from the exhaust outlet temperature difference value is still above 2°C . While in the east, spreading of heat by having a temperature difference of 0.5°C is only 3 kilometers away to the north away from the exhaust outlet. At high tide about 50 m from the outlet exhaust heat temperature difference value is above 3°C , 100 m and then the value of the temperature difference decreases to 1°C .

Keywords: distribution, thermal, nuclear power plants, numerical simulation.

1. PENDAHULUAN

Pada *Safety Guide* IAEA No. NS-G-3.1 IAEA menyebutkan bahwa perlu dilakukan kajian ekologi pada survey tapak PLTN^[1]. Demikian pula dinyatakan pada Perka BAPETEN No. 01-P/Ka-BAPETEN/VI-99 tentang pedoman penentuan tapak reaktor nuklir bahwa salah satu hal penting yang harus diperhatikan adalah kondisi lingkungan agar dijaga keutuhan dan pengamanannya^[2]. Kegiatan industri pembangkit listrik, seperti PLTN umumnya dibangun di dekat pantai. Alasan utamanya adalah untuk mendapatkan air dalam jumlah besar yang digunakan sebagai pendingin untuk proses pendinginan mesin atau *cooling water system*. Oleh karena itu perlu mengetahui sumber air, baik untuk air pendingin, air baku boiler dan air domestik. Debit dan pasang surut sungai atau laut serta batimetri laut perlu diketahui lebih mendalam.

Salah satu permasalahan utama yang muncul dari kegiatan operasi PLTN adalah buangan air hasil proses sistem pendingin. Temperatur air buangan dari sistem tersebut jauh lebih tinggi dari lingkungan, umumnya suhu air buangan tersebut dapat mencapai 40°C. Adanya aturan bahwa nilai maksimum perbedaan suhu air buangan dengan suhu alami adalah 2° C maka air buangan tadi perlu mendapat perlakuan khusus setelah dibuang ke lingkungan^[3].

Studi yang menjelaskan karakteristik oseanografi dan kualitas air laut di lokasi tapak PLTN, seperti kondisi dinamika transpor sebaran panas merupakan kegiatan yang akan digunakan sebagai acuan dalam perencanaan pembangunan PLTN. Limbah panas sering menimbulkan masalah pada beberapa biota yang berada di perairan. Penelitian tentang sifat dan dinamika transpor panas sangat diperlukan untuk mengetahui pola arah transpor sebaran panas dari hasil pendingin pembangkit.

Sebaran panas melalui simulasi numerik untuk menggambarkan kondisi hidrodinamika perairan dengan software sudah banyak dikembangkan. Pemodelan numerik dua dimensi dengan perangkat lunak yang tersedia saat ini sangat memungkinkan untuk dilakukan, salah satunya adalah menggunakan perangkat lunak MIKE^[4]. Untuk mengetahui aspek hidrodinamika digunakan pendekatan model matematis hidrodinamika dan simulasi transport panas.

Untuk mempersiapkan pembangunan PLTN di perairan Teluk Menggris, Muntok, Bangka Barat sebagai calon tapak lokasi PLTN, evaluasi perkiraan terjadinya peristiwa tersebut juga harus dipahami sejak dini. Hal ini penting karena rancang bangun PLTN mensyaratkan sumber air sebagai bagian tak terpisahkan dari sistem kerjanya. Oleh karenanya sebagai salah satu alternatif, PLTN dibangun di tapak yang berdekatan dengan laut. Untuk PLTN Muntok, air laut di perairan Teluk Menggris direncanakan dimanfaatkan sebagai sumber air pendingin.

Pada penelitian ini disimulasikan sebaran panas di perairan Teluk Menggris, Muntok untuk melihat luasan sebaran distribusi panas. Tujuan dari penelitian ini adalah melakukan pemodelan terhadap pola sebaran limbah panas di perairan calon tapak PLTN di daerah Muntok, Bangka Barat. Hasil penelitian ini diperlukan sebagai studi awal untuk mengetahui luas daerah yang terkena dampak, yang selanjutnya dapat digunakan untuk studi lebih lanjut baik pada tahap konstruksi maupun operasional PLTN.

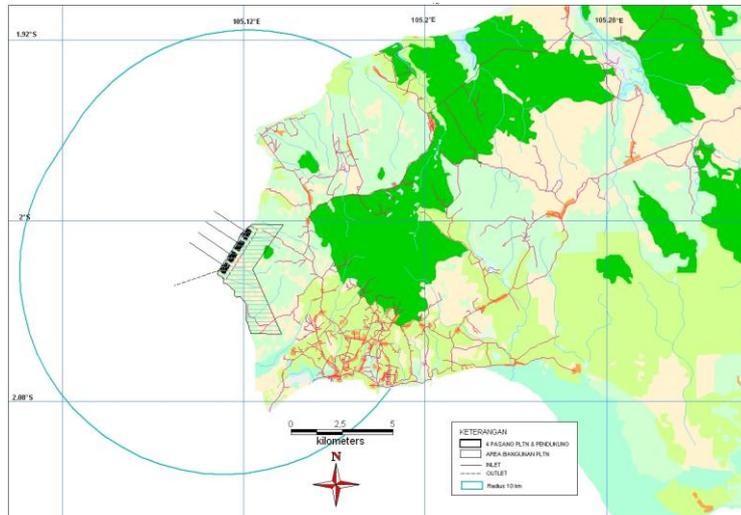
2. METODOLOGI

Lokasi penelitian meliputi wilayah pesisir Bangka Barat sebagai calon tapak interest. Cakupan wilayah survei memprioritaskan daerah pantai pada *zona site* 5 km dari garis pantai ke arah laut. Penelitian dilakukan pada daerah yang mencakup perairan Teluk Menggris, Bangka Barat. Peta lokasi kegiatan ditunjukkan pada Gambar 1^[5].

2.1 Persamaan Pembangun

2.1.1 Model Hidrodinamika

Model pola arus dibangun menggunakan MIKE 21 versi 2007 yang dikembangkan oleh DHI Water and Environment, Denmark^[6]. 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*) untuk menyelesaikan persamaan. Adapun persamaan yang digunakan adalah sebagai berikut:



Gambar 1. Peta Lokasi Kegiatan Penelitian^[5]

Persamaan kontinuitas:

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial p}{\partial x} + \frac{\partial q}{\partial y} = \frac{\partial d}{\partial t} \dots \dots \dots (1)$$

Persamaan momentum

pada sumbu x

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{p^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} + \frac{gp\sqrt{p^2+q^2}}{C^2 \cdot h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xx}) + \frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{xy}) \right] - \Omega_q - fVV_x + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial x} (p_a) = 0 \dots \dots \dots (2)$$

pada sumbu y

$$\frac{\partial q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{q^2}{h} \right) + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{pq}{h} \right) + gh \frac{\partial \zeta}{\partial y} + \frac{gq\sqrt{p^2+q^2}}{C^2 \cdot h^2} - \frac{1}{\rho_w} \left[\frac{\partial}{\partial y} (h\tau_{yy}) + \frac{\partial}{\partial x} (h\tau_{xy}) \right] - \Omega_p - fVV_y + \frac{h}{\rho_w} \frac{\partial}{\partial y} (p_a) = 0 \dots \dots \dots (3)$$

dimana:

- $h(x,y,t)$ = kedalaman air (= $\xi - d, m$)
- $d(x,y,t)$ = kedalaman air dalam berbagai waktu (m)
- $\xi(x, y, t)$ = elevasi permukaan (m)
- $p, q(x,y,t)$ = flux densitas dalam arah x dan y ($m^3/s/m$) = (uh,vh); (u,v) = *depth averaged velocity* dalam arah x dan y
- $C(x,y)$ = tahanan Chezy ($m^{1/2}/s$)
- g = kecepatan gravitasi (m^2/s)

- $f(V)$ = faktor gesekan angin
- $V, V_x, V_y(x, y, t)$ = kecepatan angin pada sumbu x dan y (m/s)
- $\Omega(x, y)$ = parameter coriolis
- $p_a(x, y, t)$ = tekanan atmosfer (kg/m²)
- ρ_w = densitas air laut (kg/m³)
- x, y = koordinat ruang (m)
- t = waktu (s)
- $\tau_{xx}, \tau_{xy}, \tau_{yy}$ = komponen *shear stress* efektif

2.1.2 Model Sebaran Panas (Dispersi Thermal)

Model sebaran panas dibuat menggunakan persamaan Adveksi/ Dispersi. Model adveksi-dispersi diselesaikan dengan persamaan dua dimensi. Persamaan tersebut dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\frac{\partial(\Delta T)}{\partial t} = -\frac{\partial u(\Delta T)}{\partial x} - \frac{\partial v(\Delta T)}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x} (A_D \frac{\partial(\Delta T)}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y} (A_D \frac{\partial(\Delta T)}{\partial y}) + \frac{J}{\sigma C_p H} \dots\dots\dots(4)$$

- ΔT = beda suhu air terhadap suhu ambient (°C)
- u, v = kecepatan arus pada arah x dan y (m/s)
- A_D = koefisien difusi pada arah x dan y (m²/s)
- t = waktu (s)
- J = total fluks panas di permukaan
- ρ = densitas air laut
- C_p = spesifik *heat*
- H = kedalaman penyebaran limbah panas efektif di permukaan laut (m)

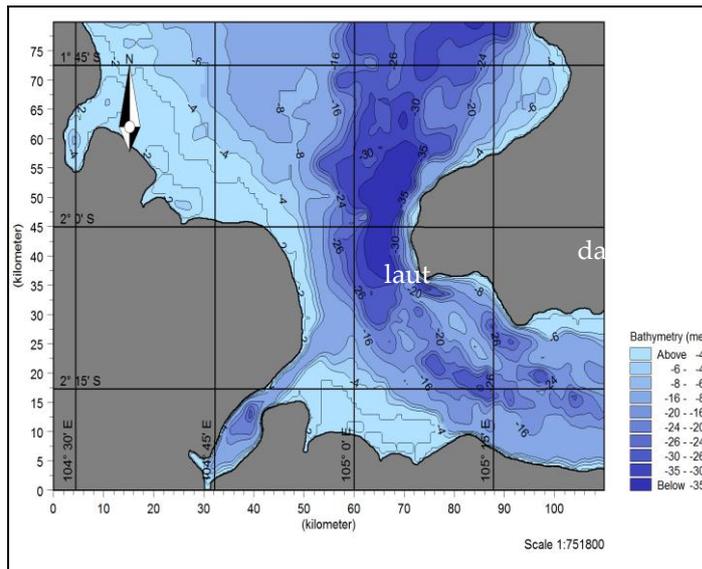
2.2 Data Masukan Model

2.2.1 Batimetri

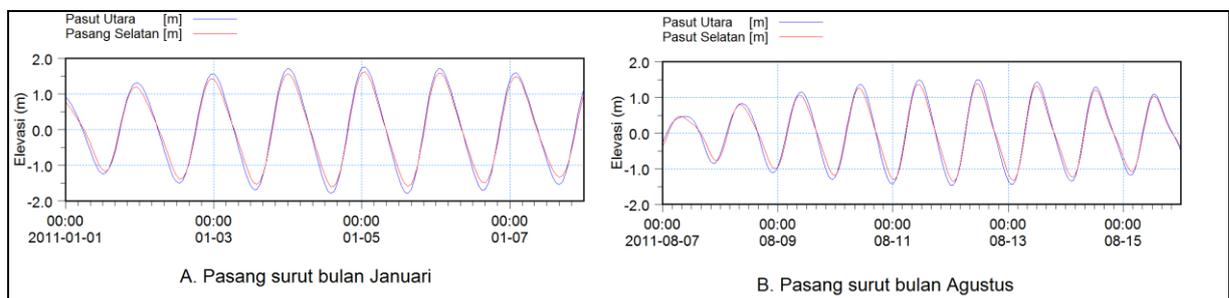
Batimetri atau kedalaman perairan yang digunakan dalam pembuatan model ini adalah data SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission* yang dapat diperoleh di JPL NASA. Data SRTM ini mempunyai cakupan global dengan resolusi spasial 30" X 30". Gambaran data batimetri sebagai masukan model disajikan dalam Gambar 2.

2.2.1.1 Pasang Surut

Data pasang surut yang digunakan merupakan data peramalan AG95 (*updated to Andesen 2006*) yang dikembangkan oleh Ole Baltazar Andersen. Model ini merupakan suatu model peramalan pasang surut global dengan resolusi 0.25° x 0.25° yang merupakan data asimilasi dari data *TOPEX/ Poseidon* menggunakan pendekatan *finite element*. Data pasang surut digunakan sebagai batas terluar model (*open boundary condition*). Pada area model dibutuhkan dua batas terluar, yakni batas terluar bagian utara dan batas terluar bagian selatan yang menghadap ke timur. Data pasang surut yang digunakan adalah data bulan Januari (asumsi mewakili musim barat) dan data bulan Agustus (asumsi mewakili musim timur). Gambaran data pasang surut sebagai masukan model disajikan dalam Gambar 2.



Gambar 2. Batimetri masukan model

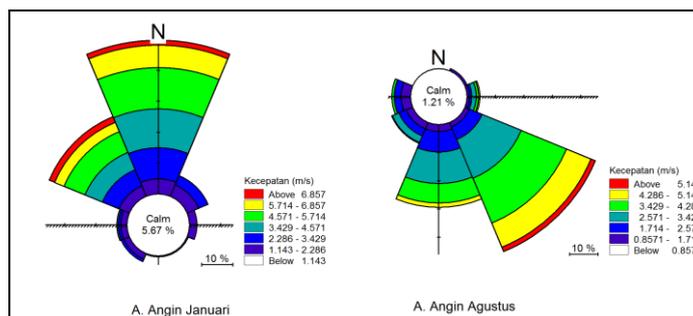


Gambar 3. Pasang surut masukan model; A bulan Januari dan B bulan Agustus

Gambar 3 merupakan grafik pasang surut selama 7 hari dari data 15 hari yang akan digunakan sebagai masukan model hidrodinamika. Di area model tipe pasang surut yang terjadi adalah tipe harian tunggal, yakni dalam satu hari terjadi pasang dan surut hanya satu kali.

2.2.2 Angin

Data angin diperoleh dari ECMWF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*) yang merupakan badan meteorologi Eropa yang menyediakan data angin secara global. Data tersebut menggunakan sistem grid dengan ukuran $1,5^\circ \times 1,5^\circ$. Data angin yang digunakan sebagai masukan model merupakan data bulan Januari yang mewakili musim barat dan data angin bulan Agustus yang mewakili musim timur. Data angin yang digunakan mempunyai interval waktu 3 jam. Gambaran data angin disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Angin masukan model; A bulan Januari dan B bulan Agustus

2.3 Skenario Model

2.3.1 Model Hidrodinamika

Model hidrodinamika akan disimulasikan 2 kali yakni pada musim barat (bulan Januari) dan Musim timur (bulan Agustus). Simulasi dilakukan selama 15 hari dengan asumsi akan diperoleh kondisi ekstrim arus pasang surut. Hasil dari model ini kemudian digunakan sebagai masukan model sebaran panas dari pembuangan PLTN. Hasil model hidrodinamika akan divisualisasi pada empat kondisi pasang surut yakni, saat pasang dan saat surut.

2.3.2 Model Sebaran Panas

Skenario model sebaran panas mengikuti model hidrodinamika, yakni musim barat dan musim timur, dan juga dilakukan simulasi selama 15 hari dengan asumsi akan memperoleh sebaran maksimum dari kedua musim tersebut. Pada kegiatan ini asumsi yang digunakan adalah PLTN di Bangka akan mengeluarkan air dengan debit $60.000 \text{ m}^3/\text{jam}$ dan akan mengalir secara kontinyu. Suhu air laut diskenariokan bernilai konstan sepanjang pemodelan. Pada musim barat, diasumsikan suhu permukaan 29°C , demikian juga pada musim timur. Air yang dikeluarkan dari outlet mempunyai suhu lebih tinggi dari pada suhu lingkungan, yakni sebesar 5°C .

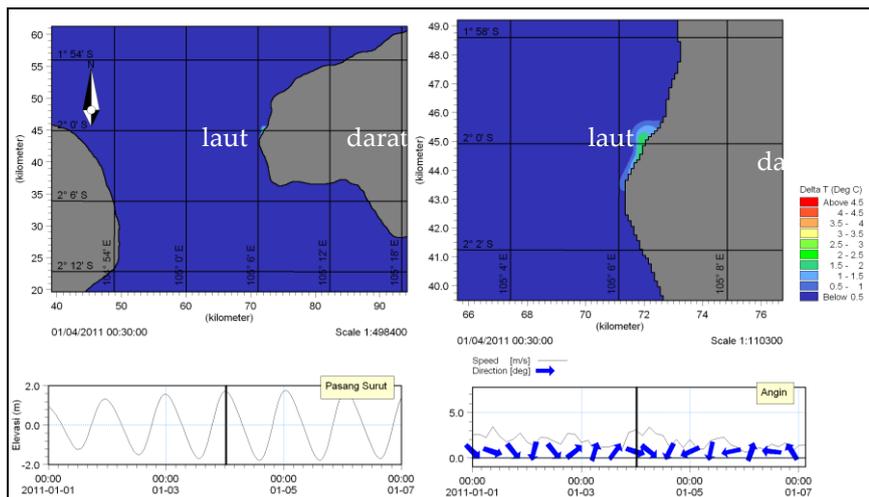
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Sebaran Panas (dispersi thermal)

Hasil dari model sebaran panas atau dispersi panas berupa pola sebaran panas dalam satuan waktu. Selanjutnya hasil model divisualisasi dalam bentuk gambar pada waktu tertentu yang dianggap ekstrim mempengaruhi pola sebaran dari panas itu sendiri. Waktu yang dianggap ekstrim tersebut adalah saat pasang dan saat surut, selain itu juga disajikan pola sebaran panas terjauh hasil simulasi selama 15 hari. Di dalam penyajian gambar, panas atau bahang digambarkan dalam skala warna merah hingga biru tua, semakin merah menunjukkan nilai beda suhu yang tinggi sedangkan ke warna biru menunjukkan nilai beda suhu yang rendah.

3.2 Musim Barat

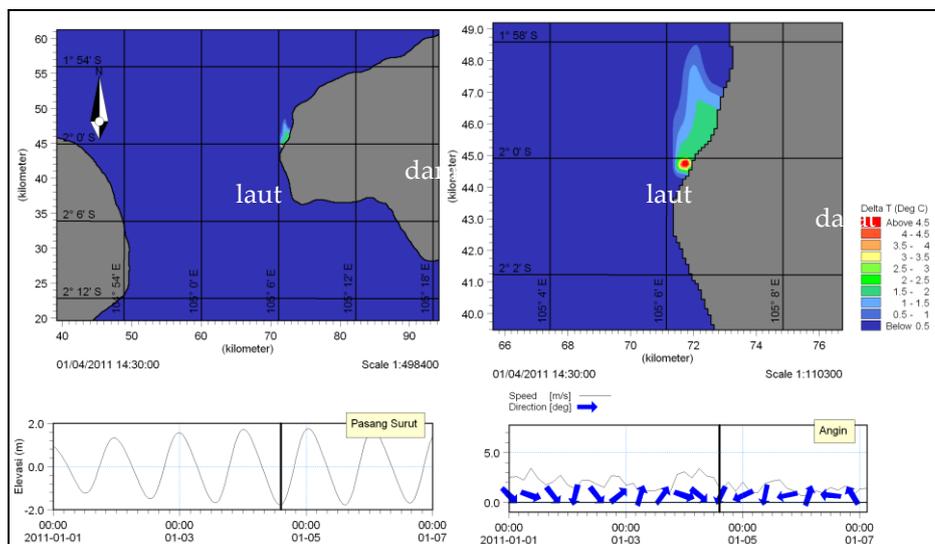
Gambar 4 merupakan hasil simulasi dispersi panas saat pasang pada musim barat. Pada Gambar 5 terlihat sebaran panas sebagian besar mengarah ke utara menyusuri garis pantai, sedangkan sebagian kecil lainnya mengarah ke selatan. Hal ini dikarenakan salah satu faktor penggerak dari panas yakni arus mengalami sedikit penurunan sehingga mempengaruhi sebaran itu sendiri. Sebaran panas saat pasang sebagian besar mengarah ke selatan dari outlet. Nilai beda suhu pada jarak 500 m sebesar 1°C , selanjutnya pada jarak 1 km nilai beda suhu sudah menurun hingga di bawah $0,5^\circ \text{C}$.



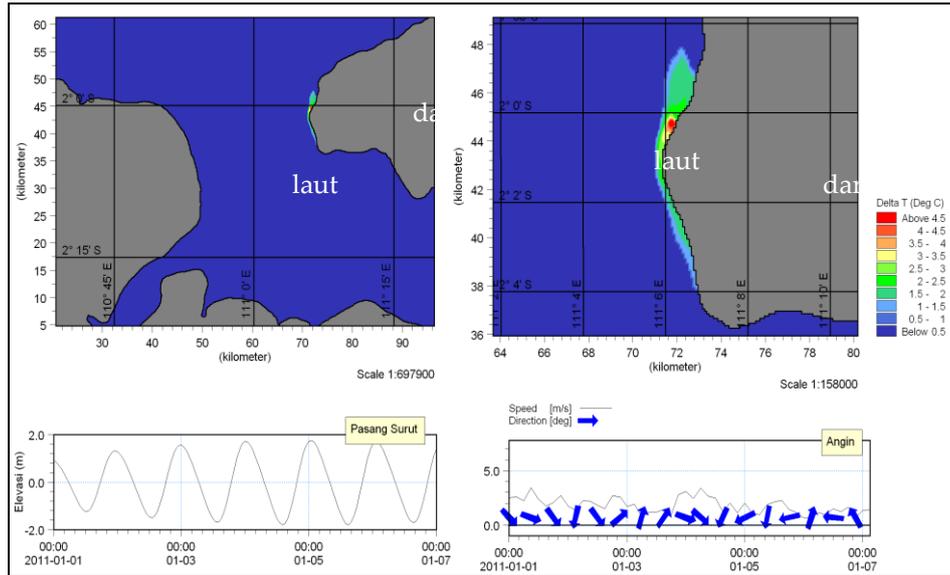
Gambar 5. Hasil simulasi pola sebaran panas saat pasang pada musim barat

Hasil simulasi sebaran panas saat surut pada musim barat disajikan dalam Gambar 6. Secara keseluruhan jarak sebaran panas pada saat surut pada musim barat, terlihat hampir semua panas dari outlet menyebar ke arah utara menyusuri pantai dan mengikuti pola arus. Saat surut nilai beda suhu pada jarak 50 m dan 1 km dari outlet masing-masing $4,5^{\circ}$ C dan 2° C. Nilai beda suhu menurun di bawah $0,5^{\circ}$ C pada jarak 2 km dari outlet buangan panas.

Gambar 7 merupakan hasil simulasi model sebaran panas maksimum yang telah disimulasikan selama 15 hari. Gambar 6 tersebut merupakan kasus terburuk (*worse case*) sebaran panas akibat dari pembuangan limbah panas PLTN di Bangka Barat. Gambar 6 juga menunjukkan sebaran panas paling jauh ke arah utara maupun ke arah selatan. Pada jarak 500 m ke utara dan selatan dari outlet pembuangan nilai beda suhu masih tergolong tinggi yakni di atas $2,5^{\circ}$ C. Jarak 2 km dari outlet pembuangan nilai beda suhu masih di atas $1,5^{\circ}$ C, selanjutnya setelah 4 km nilai beda suhu menurun hingga $0,5^{\circ}$ C



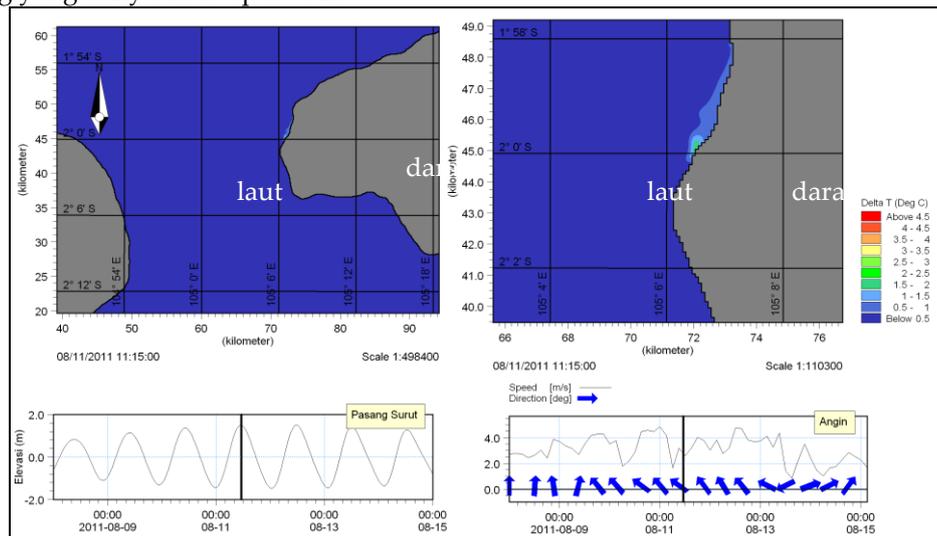
Gambar 6. Hasil simulasi pola sebaran panas saat surut pada musim barat



Gambar 7. Hasil simulasi pola sebaran panas maksimum hasil simulasi 15 hari pada musim barat

3.3 Musim Timur

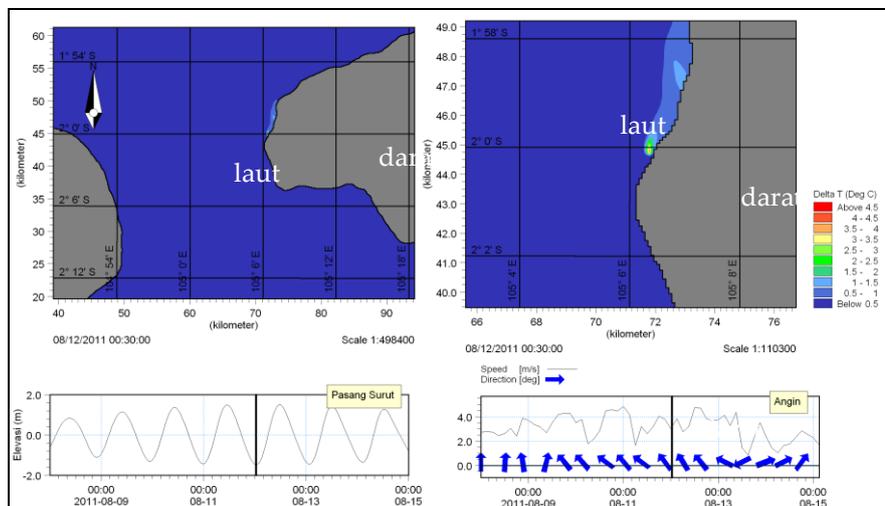
Hasil model sebaran panas pada musim timur disajikan pada Gambar 8, 9 dan 10. Gambar 8 terlihat pola sebaran panas tidak terlalu jauh berbeda dengan menjelang surut, yakni mengarah ke utara. Perbedaan hanya terlihat pada jarak sebaran panas, jika nilai beda suhu $0,5^{\circ}\text{C}$ menjelang pasang mencapai 4 km dari outlet buangan, berbeda dengan saat pasang yang hanya mencapai 3 km.



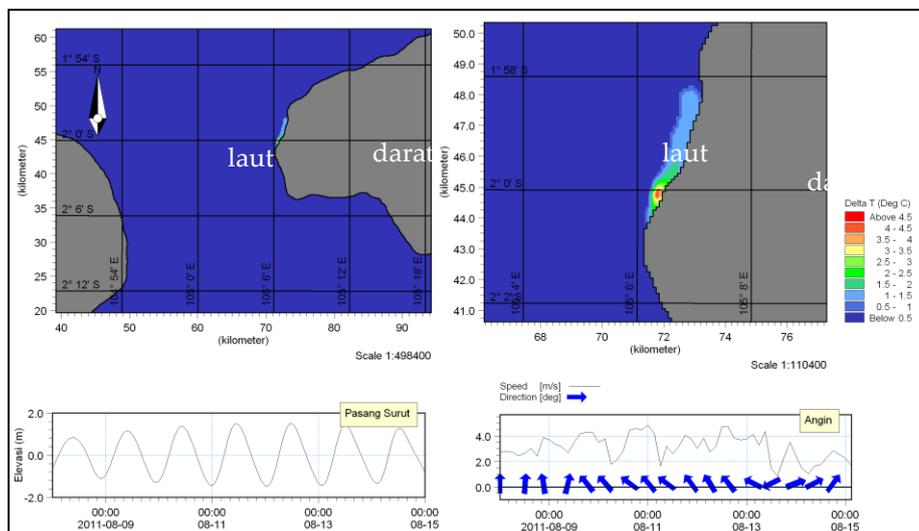
Gambar 8. Hasil simulasi pola sebaran panas saat pasang pada musim timur

Pada saat surut yang disajikan dalam Gambar 9, sebaran panas yang keluar dari outlet masih mengarah ke utara dengan nilai di dekat outlet lebih besar dari pada saat menjelang surut. Sekitar jarak 50 m dari outlet buangan panas nilai beda suhu masih di atas 3°C , pada jarak 100 m kemudian nilai beda suhu menurun hingga 1°C , selanjutnya 1 km dari outlet nilai beda suhu menurun hingga $0,5^{\circ}\text{C}$. Gambar 10 merupakan hasil simulasi sebaran maksimum panas musim timur yang disimulasikan selama 15 hari. Dari gambar tersebut

terlihat sebaran panas hanya mengarah ke utara, baik saat pasang dan saat surut. Jika dibandingkan dengan sebaran panas maksimum pada musim barat, sebaran panas maksimum pada musim timur tidak lebih jauh jarak penyebarannya. Nilai beda suhu pada jarak 50 m dari outlet buangan sebesar 3°C , pada jarak 300 m nilai beda suhu masih di atas 1°C . Nilai beda suhu mengecil hingga $0,5^{\circ}\text{C}$ terjadi setelah 3 km dari outlet buangan.



Gambar 9. Hasil simulasi pola sebaran panas saat surut pada musim timur



Gambar 10. Hasil simulasi pola sebaran panas maksimum hasil simulasi 15 hari pada musim timur

4. KESIMPULAN

Dari hasil simulasi model hidrodinamika dan dispersi panas maka dapat di simpulkan :

- a. Pola sebaran panas maksimum hasil model pada musim barat mempunyai 2 arah penyebaran, yakni ke utara dan selatan. Nilai beda suhu pada jarak 500 dari sebesar 1°C , sedang pada jarak 1 km nilai beda suhu sudah menurun hingga di bawah $0,5^{\circ}\text{C}$. Ke arah utara nilai beda suhu relatif kecil $0,5^{\circ}\text{C}$ di jumpai setelah 3 km, sedangkan ke arah selatan dijumpai setelah mencapai 5 km dari outlet buangan.

- b. Pola sebaran panas maksimum hasil model pada musim timur hanya mengarah ke utara saja, dengan nilai beda suhu kecil $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ setelah mencapai 3 km dari outlet buangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kegiatan penelitian ini adalah bagian dari Program Insentif Peningkatan Kemampuan Peneliti dan Perekayasa RT-2011 dengan judul "Model Sebaran Limbah Panas Di Sekitar Calon Lokasi Tapak Potensial PLTN Babel" yang mendapat pendanaan selama tahun 2010 dari Kementerian Riset dan Teknologi. Untuk itu kami mengucapkan banyak terima kasih atas dukungan pendanaan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. IAEA, "Site Survey for Nuclear Power Plants, Safety Series No. 50-SG-S9", IAEA A. Safety Guides. International Atomic Energy Agency, Vienna, 1984.
- [2]. BAPETEN, Keputusan Kepala BAPETEN No. 01-P/Ka-BAPETEN/VI-99 tentang Pedoman Penentuan Tapak Reaktor Nuklir, Badan Pengawas Tenaga Nuklir, Jakarta, 1999.
- [3]. MENTERI NEGARA LINGKUNGAN HIDUP, Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut, Jakarta, 2004.
- [4]. _____, MIKE 21 Environmental Hydraulics Advection, Dispersion Module, Reference Manual, DHI Software, 2007.
- [5]. _____, Laporan Kegiatan Pra Survei Tapak PLTN di Babel, PPEN, BATAN Jakarta, 2010.
- [6]. _____, Hydrodynamics and Transport Module of MIKE 21 Flow Model, Scientific Documentation, DHI Water Environmental, Denmark, 2005.