

Kajian Dispersi Panas Dampak Rencana Pembangunan PLTU Sampit-Kotawaringin Timur Propinsi Kalimantan Tengah

Mardi Wibowo, Wahyu Hendriyono, Sapto Nugroho, Buddin Al Hakim, Velly Asvaliantina

Balai Teknologi Infrastruktur Pelabuhan dan Dinamika Pantai – BPPT, Jl. Grafika No. 2, SEKIP, Yogyakarta, email: mardi.wibowo@bppt.go.id

ABSTRAK

Saat ini untuk memenuhi kebutuhan energi listrik pemerintah mencanangkan program pembangunan pembangkit listrik 10.000 MW. Salah satu implementasinya dengan membangun Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) berbahan bakar batubara seperti PLTU Sampit di Kabupaten Kotawaringin Timur, Propinsi Kalimantan Tengah. Permasalahan utama kegiatan PLTU adalah suhu air buangan yang jauh lebih tinggi dari suhu perairan di sekitarnya. Kenaikan suhu ini selain akan mengurangi efisiensi sistem pendinginan juga dapat membahayakan kehidupan akuatik. Untuk meminimalkan dampak perlu dilakukan pemodelan adveksi/dispersi panas sebelum dilakukan pembangunan PLTU. Dengan pemodelan ini akan diketahui sebaran panas buangan PLTU sehingga sejak awal dapat dilakukan upaya-upaya untuk mengurangi dampak negatif yang muncul. Selain itu model ini dapat dipakai sebagai bahan pertimbangan dalam penentuan lokasi intake dan outfall sistem air pendingin. Studi ini dilakukan dalam beberapa skenario dengan menggunakan perangkat lunak MIKE-21. Berdasarkan hasil pemodelan diketahui bahwa pola arus di perairan sekitar PLTU Sampit lebih dipengaruhi pasang surut dan debit sungai dari hulu. Pada musim timur, suhu air pada lokasi intake cukup terpengaruh oleh suhu air bahang pada outfall khususnya ketika air laut pasang. Perubahan temperatur air pada intake berkisar antara 30,1 – 32 °C. Kenaikan tertinggi terjadi ketika air menuju pasang naik maksimum. Pada musim angin barat, suhu air pada lokasi intake hanya sedikit terpengaruh oleh suhu air bahang pada outfall, perubahan temperatur air pada intake hanya berkisar antara 29,99 – 30,1 °C. Kenaikan tertinggi terjadi ketika air menuju pasang naik maksimum. Resirkulasi air pendingin dengan intensitas cukup besar (+ 2°C) diprediksi terjadi saat air pasang. Hal ini dapat menjadi lebih parah bila debit sungai dari hulu berkurang yaitu ketika musim kemarau.

Kata kunci: dispersi panas, PLTU, air bahang, intake, outfall

ABSTRACT

Now to comply the electricity needs, government announced the construction of 10,000 MW power plant. One of its implementation by building Steam Power Plant (PLTU) with coal-fired power such as Sampit in the District of Eastern Kotawaringin, Province of Center of Kalimantan. The main problem of power plant activities is the waste water temperatures much higher than the temperature of the surrounding waters. The rise of temperature will not only reduce the efficiency of the cooling system but also be harmful to aquatic life. To minimize the impact needs to be done advection/dispersion modeling of heat water prior to the construction of the power plant. With this modeling will be known distribution of heat waste from power plant in 2-dimensional, so that can be done since the beginning of efforts to reduce the negative impacts that arise. In addition, this model can be used as a consideration in the determination of the location of the intake and outfall system cooling water. This study was conducted in several scenarios using software MIKE-21. Based on modeling results is known that the current pattern in the waters around the Sampit power plant is more affected by tidal and river flow from upstream. In east monsoon, the water temperature at the intake is quite affected by the heat water temperature at the outfall especially when high tides. Water temperature changes in intake ranged from 30.1 to 32 °C. The highest increase occurred when the water toward the maximum high tide. In the west monsoon, the water temperature at intake only slightly affected by the heat water temperature on the outfall. Water temperature changes on the intake only ranged from 29.99 to 30.1°C. The highest increase occurred when the water toward the maximum high tide. Recirculation cooling water with considerable intensity (+ 2°C) could occur during high tide. It can be more severe if the river flow from upstream is reduced like as at the dry season.

Keywords: thermal dispersion, steam powerplant, heat waste water, intake, outfall

Citation: Wibowo, M., Hendriyono, W., Nugroho, S., Al Hakim, B., Velly Asvaliantina. V. (2017). Kajian Dispersi Panas Dampak Rencana Pembangunan PLTU Sampit-Kotawaringin Timur Propinsi Kalimantan Tengah. Jurnal Ilmu Lingkungan, 16(1), 86-97, doi:10.14710/jil.16.1.86-97

1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Seiring perkembangan daerah, kehidupan masyarakat dan pembangunan sektor ekonomi lainnya, kebutuhan energi listrik khususnya untuk industri akan semakin meningkat pula. Saat ini untuk memenuhi kebutuhan energi listrik tersebut pemerintah mencanangkan program pembangunan unit pembangkit 25 MW secara bertahap. Salah satu implementasinya dilakukan oleh PT Perusahaan Listrik Negara (PLN) dengan membangun Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) berbahan bakar batubara di beberapa daerah di Indonesia, termasuk salah satunya adalah pembangunan PLTU Sampit di Kabupaten Kotawaringin Timur, Propinsi Kalimantan Tengah.

Secara umum, saat ini kebutuhan energi listrik Provinsi Kalimantan Tengah sebesar 125,941 mega watt (MW) sementara yang terpasang baru sekitar 90,713 MW (Diran, 2014). Untuk menutupi kekurangannya diperoleh dari *supply* sistem Kalimantan Selatan dan Tengah yang dikirim melalui jaringan transmisi 150 KV, baik dari gardu induk Kapuas maupun Pulang Pisau dan Palangkaraya. Kebutuhan energi listrik ke depan diperkirakan naik sebesar 15 persen. Hal ini sejalan dengan pesatnya pembangunan, sehingga diperlukan langkah-langkah untuk mendukung kebutuhan tersebut. Langkah-langkah itu antara lain dengan dimulainya pembangunan PLTU Pulang Pisau 2x60 MW, PLTU Sampit 2x25 MW dan percepatan pembangunan transmisi tegangan tinggi 150 KV Palangkaraya - Sampit dan Sampit - Pangkalan Bun yang dilakukan pada 2012 (Diran, 2014).

Pembangunan PLTU selain membawa dampak positif juga akan menimbulkan dampak negatif terutama terhadap lingkungan. PLTU umumnya dibangun di dekat pantai atau sungai besar karena kemudahan untuk memperoleh air sebagai bahan utama sistem pendinginan mesin selain untuk air proses (air umpan *boiler*). Permasalahan utama kegiatan PLTU ini adalah suhu air buangan dari sistem pendingin jauh lebih tinggi dari suhu perairan di sekitarnya. Umumnya suhu air buangan tersebut dapat mencapai 40 °C (Nurjaya dkk, 2010; Fudlailah dkk, 2015, Yustiani dkk, 2015). Pada umumnya penggunaan air pendingin pada beban penuh untuk setiap megawatt diperlukan sebanyak antara 45-55 m³/detik (Fudlailah dkk, 2015).

Proses fisik yang paling mendasar dalam transpor panas (*heat transport*) adalah ketika limbah panas masuk ke dalam badan air, hal ini menyebabkan suhu air meningkat sampai terjadi kehilangan keseimbangan panas di permukaan. Untuk keperluan komputasi, masuknya panas ke dalam badan air dikelompokkan menjadi dua zona, yakni badan air yang dekat dengan sumber buangan (*near-field*) dan jauh dari sumber buangan (*far-field*). Pada zona pertama, buangan bahang (*heated discharge*) diencerkan oleh adanya turbulen (*discharge-induced turbulence*). Pada zona kedua yang berdekatan

dengan zona pertama, distribusi bahang diatur oleh proses konveksi dengan adanya arus (*convection by ambient currents*), difusi karena adanya turbulen dan adanya pertukaran panas melalui permukaan laut (Yustiani dkk, 2015). Untuk memodelkan zona yang dekat dengan sumber akan lebih presisi jika dimodelkan menggunakan *Computational Fluid Dynamics* (CFD) 3D (Ashfaq, 2015). Pemodelan dengan MIKE telah memasukan perhitungan untuk zona dekat sumber dengan menggunakan modul "*Coupled to the MIKE 3 Solution*".

Secara kimia kenaikan temperatur berpengaruh terhadap kecepatan reaksi dimana reaksi pada kondisi yang setimbang akan berubah sejalan dengan perubahan temperatur. Kecepatan reaksi akan naik sekitar dua kalinya untuk setiap kenaikan 10°C dan sedimentasi meningkat akibat perubahan sifat air, flokulasi dan pertukaran ion (Ashfaq, 2015). Banyak reaksi yang mempengaruhi kualitas air yaitu reaksi biokimia di sekitar pusat aktivitas mikroba. Rasa dan bau terjadi pada air yang hangat karena terjadinya penurunan kelarutan terutama gas H₂S, SO₂, CH₄, SO_x (Huboyo dkk, 2007). Peningkatan suhu berdampak pada konsentrasi oksigen terlarut yang pada gilirannya akan mempengaruhi metabolisme, reproduksi, umur dan menghambat pertumbuhan ekosistem perairan (Shah, 2017).

Pengaruh negatif lain adalah terhadap resirkulasi panas. Resirkulasi panas terjadi ketika ada kenaikan suhu di *intake*, kenaikan suhu ini akan mengurangi efisiensi sistem pendinginan, yang akhirnya mengurangi efisiensi PLTU (Huboyo dkk, 2007).

PLTU di Sampit meskipun posisi intake dan outfall berjarak sekitar 27 km dari muara S. Mentaya tetapi masih sangat terpengaruh oleh kondisi pasang surut di Teluk Sampit, sehingga perlu memperhatikan dua baku mutu air yang ada. Baku mutu pertama adalah Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air dimana apabila air sungai tersebut peruntukannya digolongkan dalam Kelas I, II atau III maka perubahan suhu tidak boleh lebih dari 3°C dari keadaan alamiahnya, tetapi jika digolongkan dalam Kelas IV perubahan suhu tidak boleh lebih dari 5°C dari keadaan alamiahnya (Pemerintah Republik Indonesia, 2001). Baku mutu kedua adalah Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 54 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut karena posisi *inlet* dan *outfall* meskipun berada di sungai tetapi relatif dekat, dan masih terpengaruh oleh kondisi pasang-surut serta ada kemungkinan mempengaruhi kondisi perairan laut. Berdasarkan peraturan ini perubahan suhu air laut tidak boleh lebih dari 2°C dari suhu lingkungan (Menteri Lingkungan Hidup, 2004), maka air buangan dari sistem pendingin PLTU harus dikelola terlebih dahulu untuk menurunkan suhunya sebelum dibuang kembali ke laut.

Pengaruh negatif dari air buangan yang panas ini adalah resirkulasi panas dan degradasi lingkungan akuatik. Resirkulasi panas terjadi ketika ada kenaikan

suhu di *intake*, yang pada gilirannya akan meningkatkan suhu di *outlet* dan menjadi kenaikan terus menerus suhu air di *intake* dan *outlet*. Kenaikan suhu di *intake* akan mengurangi efisiensi sistem pendinginan, yang akhirnya akan mengurangi efisiensi PLTU. Selain itu kenaikan suhu badan air dapat membahayakan kehidupan akuatik.

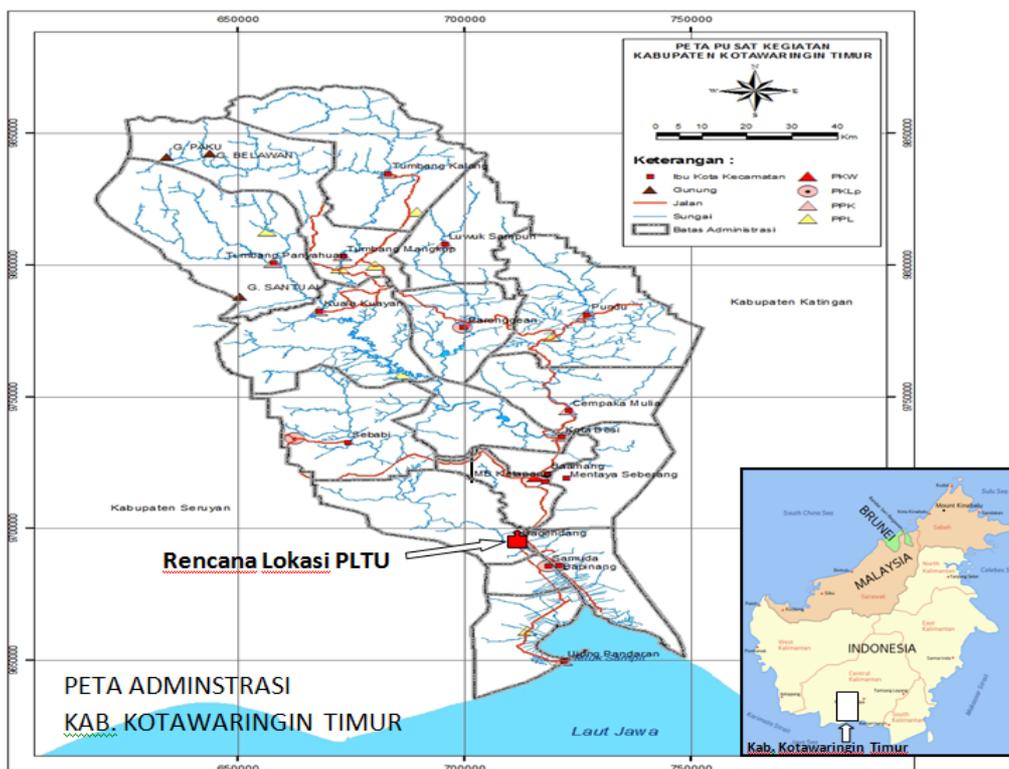
Berdasarkan uraian di atas salah satu cara untuk meminimalkan dampak yang mungkin muncul adalah dengan melakukan pemodelan hidrodinamika dan pemodelan adveksi/ dispersi panas sebelum dilakukan pembangunan PLTU (Cahyana, 2011). Dengan pemodelan ini akan dapat diketahui sebaran panas buangan PLTU secara 2 dimensi, sehingga sejak awal dapat dilakukan upaya-upaya untuk mengurangi dampak yang ada.

Studi ini bertujuan untuk mengetahui pola hidrodinamika perairan di area yang berdekatan dengan lokasi PLTU akibat adanya pasang surut, arus, debit sungai, debit buangan, angin dan lain-lain. Selain itu juga untuk mengetahui sebaran (dispersi) panas buangan air bahang di perairan yang ada di sekitarnya. Model-model ini diharapkan dapat dipakai sebagai bahan pertimbangan atau rekomendasi dalam penentuan lokasi intake dan outfall sistem air pendingin, sehingga dapat mengurangi dampak negatif yang timbul seperti resirkulasi panas dan degradasi lingkungan akuatik. Studi ini dilakukan dalam beberapa skenario dengan menggunakan modul hidrodinamik dan modul adveksi dispersi

dalam perangkat lunak MIKE 21 yang dikembangkan oleh DHI (*Danish Hydraulics Institute*). Selain dengan MIKE 21 pemodelan dispersi panas sering juga dilakukan dengan model PLIC-VOF (Shah, 2017), dengan model RMA2 (Fudlailah, 2015), Delft3D-FLOW (Sana, 2009). Hasil verifikasi pemodelan hidrodinamika dan dispersi panas dengan MIKE21 menunjukkan pola yang sama dengan hasil pengukuran di lapangan (Nurjaya, 2010; Abbaspour, 2006) bahkan hasil penelitian pada buangan sistem pendingin fasilitas LNG di Teluk Kutch India menunjukkan koefisien korelasi antara hasil pemodelan dan pengukuran berkisar 86%-98% (Gupta, 2014).

1.2. Lokasi Studi

PLTU ini direncanakan dibangun di Bagendang Hulu, Kec. Bagendang, Kab. Kotawaringin Timur, Propinsi Kalimantan Tengah (Gambar 1) terletak di sekitar koordinat astronomis 3°45'7" LS dan 112°54'4" BT atau 712470 mE dan 9695588 mS (pada sistem proyeksi UTM WGS 84 Zona 49 S). PLTU ini terletak di sebelah barat aliran Sungai Mentaya yang merupakan sungai terbesar di kabupaten ini dan berjarak sekitar 27 km dari Teluk Sampit yang berda di Laut Jawa. Lokasi ini terletak di sebelah selatan Kota Sampit dengan jarak sekitar 30 Km dan dapat ditempuh dalam waktu sekitar 2-3 jam.



Gambar 1. Peta lokasi PLTU Sampit

1.3. Lingkup Pekerjaan

Lingkup pekerjaan dalam kajian ini secara umum adalah sebagai berikut :

- Pengumpulan data sekunder (baik terkait data teknis hidro-oseanografi, data iklim, data hidrologi, data desain PLTU maupun data dan kajian yang sudah ada lainnya).
- Survei lapangan untuk melakukan pengukuran batimetri, pengukuran arus dan pasang surut di beberapa lokasi sebagai dasar untuk validasi data dan verifikasi model.
- Pemodelan hidrodinamika, untuk mengetahui pola tinggi permukaan perairan, arah dan kecepatan arus di sekitar lokasi PLTU.
- Pemodelan adveksi dan dispersi panas, untuk mengetahui pola sebaran panas akibat air buangan PLTU di perairan sekitarnya.
- Dalam tiap pemodelan baik hidrodinamika maupun adveksi dan dispersi panas dilakukan tahapan sebagai berikut :
 - ✓ Menyusun skenario
 - ✓ Mendefinisikan domain model (area dan waktu)
 - ✓ Persiapan dan input data
 - ✓ Setup model
 - ✓ Kalibrasi dan verifikasi model
 - ✓ Pacu model
 - ✓ Analisis hasil model
 - ✓ Post-processing hasil pemodelan (animasi, peta dan pelaporan).

2. Metodologi

2.1. Pengamatan pasang surut (pasut) laut

Dalam survei ini, pengamatan pasang surut dilakukan selama 3 hari yaitu sejak tanggal 12 – 14 Februari 2014 dengan menggunakan palem ukur dan alat pengukur pasang surut otomatis: *tide master*. Palembang dan *tide master* ditempatkan di dermaga tradisional untuk penyebrangan masyarakat sekitar PLTU, lokasinya berada di samping PLTU (Gambar 2), dimana diperkirakan air tidak sampai surut. Lokasi titik pengukuran adalah pada koordinat Lat - 2.751262°, Long 112.911370°.

2.2. Pengamatan arus laut

Dalam survei ini, pengukuran arus dilakukan dengan menggunakan metode Lagrangian.

Metode Lagrangian merupakan metode pengukuran arus dengan melabuhkan pelampung di permukaan air yang kemudian akan terbawa arus selama durasi waktu tertentu. Selanjutnya, perubahan posisi pelampung ini akan tercatat melalui GPS yang sebelumnya telah diset untuk menyimpan data lokasi setiap 20 detik. Pelampung dilepaskan selama 10 - 15 menit, di beberapa tempat pada saat-saat kondisi pasang menuju surut, dan sebaliknya saat surut menuju pasang, dimana pada saat itu arus biasanya paling maksimal.

2.3. Pengukuran salinitas, temperatur dan kedalaman

Dalam survei ini, pengukuran temperatur dan salinitas dilakukan menggunakan alat CTD (*Conductivity, Temperature and Depth*) model Minos X yang diproduksi oleh *AML Oceanography*. CTD diturunkan dengan tali di tempat-tempat tertentu yang mewakili pada waktu yang sama dengan diturunkannya pelampung pengukur arus.

Survei batimetri dilakukan menggunakan sistem perambatan gelombang suara dalam air. Gelombang suara yang dipancarkan instrument *ceeducer* kemudian merambat pada air dan memantul kembali setelah mengenai dasar kedalaman. Hal tersebut dapat dilakukan karena *CEDUCER PRO* memiliki kemampuan sebagai *transceiver* (penerima gelombang suara) dan juga *transducer* (pemancar gelombang suara) (BPDP, 2014).

Penentuan posisi selama pemeruman dilakukan menggunakan GPS. GPS ini terkoneksi secara real time dengan instrumen *CEDUCER PRO*.

2.4. Observasi lapangan

Peninjauan lapangan di sekitar rencana lokasi PLTU dan sekitarnya, kondisi *inlet* dan *outlet*, sungai dan struktur-struktur bangunan lainnya. Survei ini sangat penting dilakukan untuk mendasari analisis data hasil pengukuran, mendesain model domain hidrodinamika dan sebaran panas serta aspek lain untuk menunjang analisis hasil model dan rekomendasinya.

2.5. Pemodelan numerik

Untuk kajian model dispersi panas ini, dipilih MIKE 2 FM modul HD (hidrodinamika) yang merupakan modul dasar, serta AD (adveksi dan difusi). Modul HD digunakan untuk memodelkan sirkulasi air dalam suatu perairan, sedangkan modul AD digunakan untuk memodelkan pergerakan massa air (salinitas dan temperatur) serta konsentrasinya (DHI, 2011).

2.6. Skenario Pemodelan Hidrodinamika dan Sebaran Panas

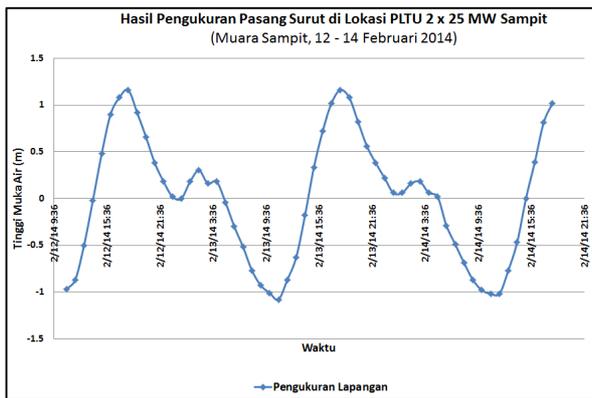
2.6.1. Data dan Input Model

a. Batimetri

Pada kajian ini data batimetri yang dipakai adalah data hasil pengukuran (survei lapangan yang dilakukan pada tanggal 11 – 15 Februari 2014, serta data garis pantai dari google earth. Batimetri hasil survei lapangan selanjutnya akan dijadikan sebagai salah satu input model. Domain model tersebut, terdiri atas 6.585 *element* perhitungan numerik (berbentuk segitiga), dengan jumlah node seluruhnya sebanyak 3.462 *node*. Element-element mesh ukuran/luasnya dibuat bervariasi; dalam hal ini untuk perairan di sekitar lokasi PLTU *mesh* dibuat rapat sehingga dapat diperoleh informasi yang lebih detil dibandingkan daerah lainnya dalam domain model.

b. Pasang surut

Data pasang surut adalah data yang fundamental dalam pemodelan maupun kajian rekayasa pantai. Dalam hal ini, data pasang surut digunakan untuk syarat batas model, kalibrasi serta verifikasi hasil model. Pasang surut hasil pengamatan selama 3 hari (12 - 14 Februari 2014) akan dipaparkan dalam bagian ini. Data hasil pengamatan digambarkan dalam grafik dan analisis kualitas data dilakukan untuk menghindari adanya data yang terlalu besar atau terlalu kecil. Grafik data pasang surut hasil pengamatan, hasil perhitungan serta residualnya selama pengukuran dan selama masa survei terlihat pada gambar 2.



Gambar 2. Grafik elevasi muka air hasil pengamatan pada tanggal 12-14 Feb 2014

c. Intake dan Outfall

Lokasi intake dan outfall air pendingin PLTU terlihat pada Gambar 14 dan 15. Uji pemodelan numerik dilakukan terhadap alternatif lokasi intake dan outfall dari PLTU Sampit, dengan rincian sebagai berikut (koordinat dalam sistem UTM 49 S, WGS 84):

Intake: X = 712634.70, Y = 9694743.03,
 Outfall: X = 712720.61, Y = 9694475.47,

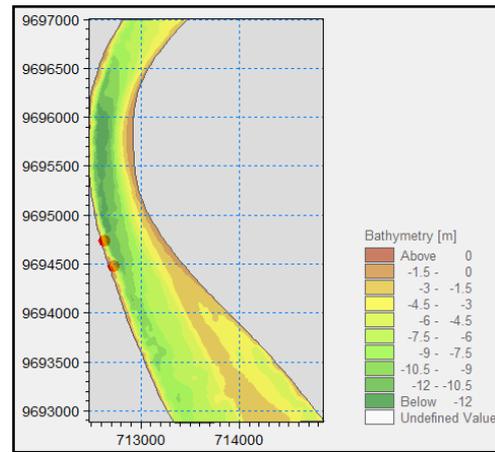
Suhu air bahang yang keluar dari outlet condensor maksimum adalah 38°C. Lokasi outlet condensor dan outfall di perairan dihubungkan oleh kanal terbuka (open canal) dengan luas penampang hidrolis 3 m² sepanjang 400 m.

d. Skenario dan set-up model

Model hidrodinamika dijalankan untuk mensimulasi arus yang dibangkitkan oleh pasang surut, angin yang bertiup di atas perairan, debit sungai dari hulu, serta aliran dari intake dan outfall air pendingin PLTU. Debit air pendingin ini mempengaruhi sirkulasi arus di dekat intake dan outfall PLTU. Gelombang laut sebenarnya juga mempengaruhi arus laut di dekat pantai, tapi karena lokasi PLTU Sampit ini berada di badansungai, maka pengaruh arus yang dibangkitkan oleh gelombang dianggap kecil.

Simulasi dilakukan untuk dua skenario model dengan memperhatikan kondisi angin musim, yaitu:

Musim Barat dan Musim Timur. Semua skenario simulasi dilakukan dengan input parameter sebagai berikut:



Gambar 3. Lokasi intake dan outfall pada domain model

- Debit aliran intake (Qin) = debit yang keluar dari outlet (Qout) = 2x 7000m³/jam (Q= 3,89m³/detik)(PT ZUG, 2013).
- Suhu air bahang yang keluar dari outfall di perairan/pantai (Ts) = 38 oC)(PT ZUG, 2013).
- Temperatur air laut (ambien), Ta = 30,1 oC (BMKG Palangkaraya, 2013)
- Temperatur udara rata-rata = 29 oC, temperatur udara maksimum = 32 oC (BMKG Palangkaraya, 2013)
- Kelembaban relatif, RH = 80,4 % (BMKG Palangkaraya, 2013)
- Debit sungai sebagai syarat batas hulu Qs = 66 m³/detik (konstan), untuk kondisi musim timur dan 560 m³/detik (konstan) untuk kondisi musim barat (Dinas PU Kalteng, 2014).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

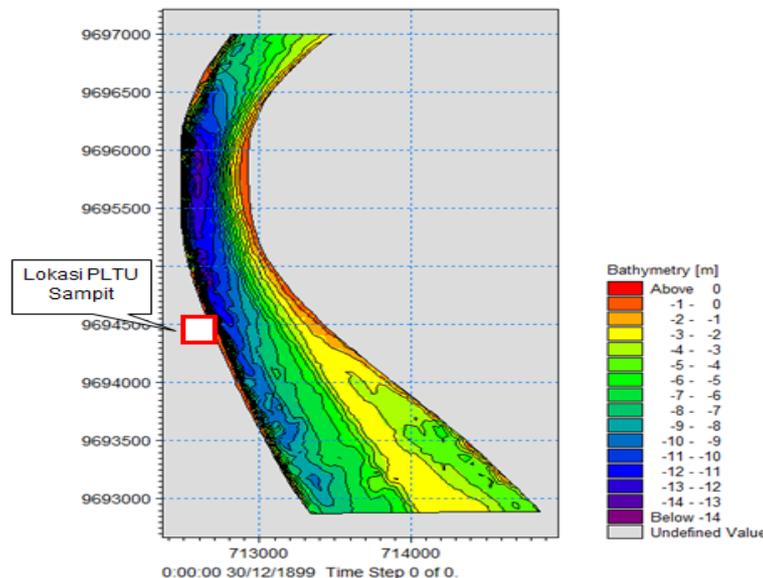
3.1. Hasil Pengukuran Lapangan

PLTU Sampit terletak di kawasan Sungai Mentaya. Sungai Mentaya merupakan sungai terbesar di Kabupaten Kotawaringin Timur bahkan di Kalimantan Tengah dengan panjang mencapai 400 km dengan lebar di muara bisa mencapai 1500 m. Sungai ini merupakan jalur transportasi air utama dari Kota Sampit ke Seluruh kota di Indoensia. Sungai in bermuara di Teluk Sampit yang merupakan bagian dari Laut Jawa. Lokasi PLTU Sampit berada di sisi barat S. Mentaya dan berjarak sekitar 30 km dari Teluk Sampit, meskipun demikian pengaruh pasang surut air laut di lokasi ini masih terasa. Sehingga pola arus di lokasi ini dipengaruhi oleh interaksi sungai dan laut, yang meliputi pasang surut, debit sungai dan angin/gelombang.

3.1.1. Batimetri

Berdasarkan hasil survei, batimetri atau kedalaman perairan di lokasi studi umumnya cukup dalam, berkisar antara 0 - 15 m LWS. (Gambar 4) Sungai Mentaya selain memiliki fungsi hidrologis, juga

merupakan sungai yang digunakan sebagai jalur transportasi sungai, sehingga memiliki alur dengan kedalaman tertentu yang dapat dilalui kapal-kapal ferry.



Gambar 4. Peta Batimetri Sekitar PLTU Sampit

3.1.2. Pasang surut

Berdasarkan hasil pengamatan pasang surut dan perhitungan konstanta pasut, tipe pasang surut di perairan sekitar PLTU Sampit adalah campuran condong harian ganda, yaitu mengalami dua kali pasang dan dua kali surut selama 24 jam (Gambar 2)

3.1.3. Arah dan Kecepatan Arus

Berdasarkan pengukuran dengan metoda Lagrangian (*float-tracking*), kondisi arus di Sungai Mentaya yang berada di lokasi sekitar PLTU Sampit didominasi oleh arus pasut dan aliran/debit sungai dari hulu. Dominasi debit dari hulu akan signifikan khususnya pada musim penghujan. Kecepatan arus rerata permukaan saat menuju pasang 0.992 meter/detik dan kecepatan arus bawah sungai adalah 1.06 meter/detik, sedangkan kecepatan arus permukaan rerata pada saat menuju surut adalah 0.549 meter/detik dan kecepatan arus bawah sungai saat menuju surut adalah 1.05 meter/detik. Adapun arah arus di lokasi PLTU Sampit pada saat pasang dominan mengalir ke arah timur laut (25°), sedangkan saat surut dominan arah aliran menuju ke arah tenggara (145°). Berdasarkan pengamatan data hasil survei pada 12 - 14 Februari 2014, arus pasang relatif lebih besar dibanding arus pada saat surut.

3.1.4. Kondisi Meteorologi & Klimatologi

Sebagaimana wilayah timur pulau Kalimantan lainnya, musim hujan di sekitar PLTU Sampit terjadi

pada bulan Oktober sampai dengan April dan musim kemarau dari bulan Mei sampai September.

Berikut adalah data meteorologi dan klimatologi yang digunakan dalam kajian ini, berdasarkan data sekunder yang diperoleh dari BPS Kotawaringin Timur (2014).

- Curah hujan :
 - Max : 1219,5 mm (bulan Desember)
 - Mini : 8,5 mm (bulan Agustus)
- Hari hujan :
 - Max : 22 hari (bulan Desember)
 - Min : 1 hari (bulan September)
- Kelembaban relatif udara:
 - Rata-rata : 80,4 %
- Temperatur Udara:
 - Rata-rata: 29 0C
- Angin:
 - Berdasarkan data BMKG pusat untuk prakiraan cuaca di Kalimantan Tengah Angin dominan yang bertiup di lokasi proyek (data sekitar Kota Sampit) berasal dari Tenggara dan timur. Kecepatan angin maksimum adalah 14 km/jam, dengan arah dominan dari Tenggara (BMKG Palangkaraya, 2013).

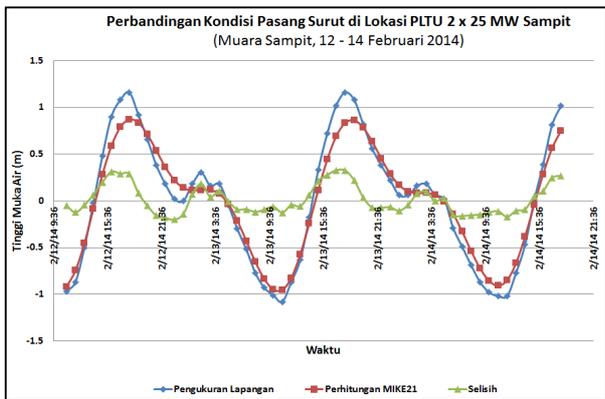
3.1.5. Temperatur

Berdasarkan pengukuran lapangan pada 13 - 14 Februari 2014, secara umum terlihat adanya stratifikasi temperatur terhadap kedalaman di

perairan sungai Mentaya. Temperatur air di permukaan lebih panas daripada di lapisan bawahnya karena adanya interaksi dengan udara dan panas matahari serta suplai air tawar dari daratan yang cenderung lebih hangat. Sepanjang ruas sungai yang disurvei, temperatur yang terukur berkisar antara 30 – 31.25°C.

3.1.6. Validasi Model

Validasi model dilakukan dengan membandingkan tinggi muka air hasil pengukuran dengan tinggi muka air hasil pemodelan, yang ditunjukkan dalam Gambar 5. Pengamatan terhadap variasi elevasi muka air dilakukan pada 12-14 Feb 2014. Simulasi menggunakan MIKE21 kemudian dilakukan pada periode yang sama.



Gambar 5. Perbandingan elevasi muka air hasil pengukuran dengan hasil model

Dari perhitungan nilai RMS error (RMSe) antara hasil pengamatan dan hasil perhitungan MIKE21, didapatkan nilai RSMSe sebesar $0.153651 \times 100 = 15.365\%$. Nilai ini, sesuai dengan SOP pemodelan Uji Komputasi, adalah lebih kecil dari nilai maksimum RSMSe yang diijinkan yaitu sebesar 20% (BPDP, 2013). Sehingga dapat disimpulkan bahwa setup pemodelan

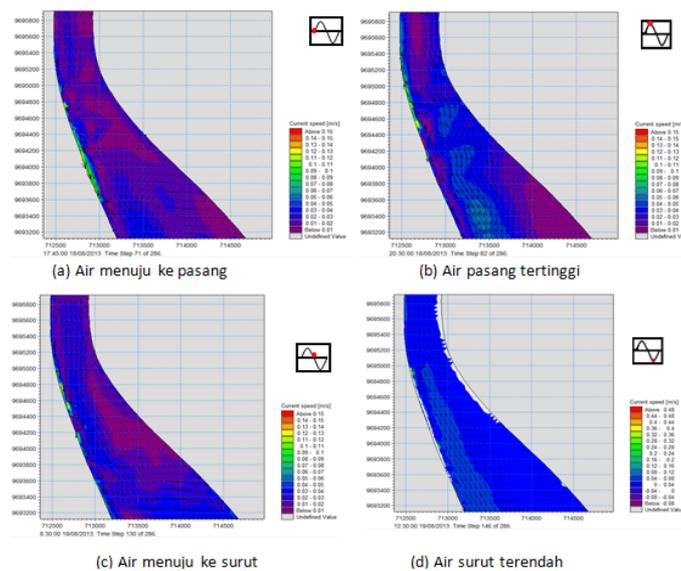
hidrodinamika yang dilakukan pada kawasan PLTU Sampit sudah valid dan dapat dipergunakan untuk memodelkan hidrodinamika untuk periode-periode yang lain, di luar periode pengamatan lapangan.

3.2. Analisis Hasil Pemodelan Hidrodinamika

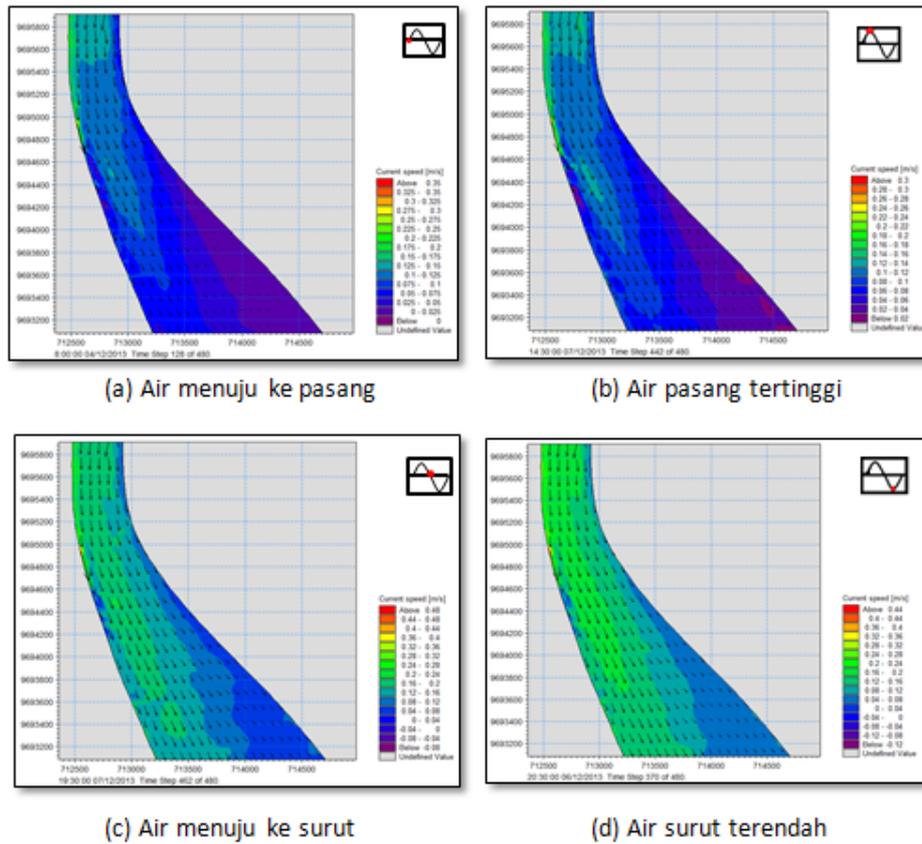
3.2.1. Musim Timur

Berdasarkan data klimatologi daerah setempat, musim angin timuran terjadi pada bulan Mei – September. Untuk musim ini dilakukan pacu model pada tanggal 18 Agustus 2013 jam 00.00 WIT sampai dengan 20 Agustus 2013 jam 23.30 WIT dengan pertimbangan berdasarkan data pasang surut dari TMD (Tide Model Driver) pada tanggal tersebut terjadi perbedaan pasang naik dan pasang surut terbesar. Pada bulan-bulan tersebut curah hujan relatif kecil, khususnya pada puncak musim kemarau yang terjadi pada bulan Agustus, intensitas curah hujan 8,5mm [BPS Kotawaringin Timur, 2014]. Pada skenario musim Timur ini, sirkulasi hidrodinamika digerakkan oleh pasang surut dan debit sungai. Pola arus hasil pemodelan hidrodinamika pada beberapa kondisi pasut disajikan pada Gambar 6.

Dari hasil pemodelan hidrodinamika pada musim timur terlihat bahwa pola arus di perairan sekitar PLTU berbeda ketika air menuju pasang – pasang maksimum dengan ketika air menuju surut – surut terendah (Gambar 6). Ketika air menuju pasang – pasang maksimum arah arus air relatif menuju ke hulu dengan kecepatan antara 0,01 – 0,15 m/dt sedangkan ketika air menuju surut – surut terendah arah arus mengalir relatif menuju ke hilir (laut) dengan kecepatan antara 0,01 – 0,15 m/dt. Hal ini dikarenakan ketika air menuju pasang – pasang maksimum debit sungai yang kecil pada musim ini tidak mampu menghambat pergerakan air pasang dari laut sehingga arus air menuju ke arah hulu.



Gambar 6. Pola Arus Simulasi Musim Timur pada Beberapa Kondisi Pasut



Gambar 7. Pola Arus Simulasi Musim Barat pada Beberapa Kondisi Pasut

3.2.2. Musim Barat

Musim angin Barat terjadi pada bulan Oktober – April. Pada bulan-bulan tersebut curah hujan di lokasi studi cukup tinggi, dengan puncaknya terjadi sekitar bulan April dengan intensitas 1219,5 mm [BPS Kotawaringin Timur, 2014]. Pada simulasi ini, sirkulasi hidrodinamika digerakkan oleh pasang surut dan debit sungai. Pola arus hasil pemodelan hidrodinamika untuk beberapa kondisi pasut ditampilkan pada Gambar 7.

Dari hasil pemodelan hidrodinamika pada musim barat terlihat bahwa pola arus di perairan sekitar PLTU sangat kuat ke arah laut hal ini terutama didorong oleh debit sungai yang cukup besar pada musim ini serta pengaruh pasang naik air laut yang kecil karena jarak yang cukup jauh. Dari pemodelan terlihat juga bahwa pada saat air laut menuju surut kecepatan arus air secara umum semakin besar dan mencapai puncaknya ketika terjadi pasang surut maksimum (kecepatan mencapai 0,48 m/dt) (Gambar 7). Sedangkan saat air laut menuju pasang secara umum kecepatan arus air ke arah hilir semakin kecil karena tertahan oleh air pasang dari laut (kecepatan maksimum 0,35 m/dt).

Hasil pemodelan hidrodinamika memperlihatkan bahwa pola arus di perairan sekitar PLTU antara musim timur dan musim barat terdapat perbedaan pola dan kecepatan arus. Perbedaan

terjadi pada besarnya kecepatan arus dimana pada musim barat kecepatan arus relatif lebih besar dibandingkan ketika musim timur hal ini dikarenakan pada musim barat debit air Sungai Mentaya jauh lebih besar dibandingkan ketika musim timur. Perbedaan lain adalah pada musim timur ketika air laut menuju pasang arah aliran di sekitar PLTU menuju ke arah hulu karena debit sungai pada musim ini terlalu kecil untuk mampu menahan air pasang dari laut.

3.3. Analisis Hasil Pemodelan Dispersi Thermal

3.3.1. Musim Timur

Gambar 8 berikut ini memperlihatkan pola sebaran air panas dengan skenario simulasi musim angin timur, pada kondisi pasut menuju surut terendah dan menuju pasang tertinggi.

Hasil simulasi ketika air menuju pasang menunjukkan sebaran air bahang dengan perbedaan temperatur terhadap suhu air ambien (ΔT) sekitar 4°C mencapai jarak terjauh sekitar 250 m dari lokasi *outfall* ke arah hilir maupun hulu. Sedangkan untuk perubahan suhu sekitar 1°C mencapai jarak terjauh sekitar 450 m ke arah hulu dan sekitar 900 m ke arah hilir. Khusus pada lokasi inlet perbedaan suhu karena pengaruh air bahang mencapai 2 oC.

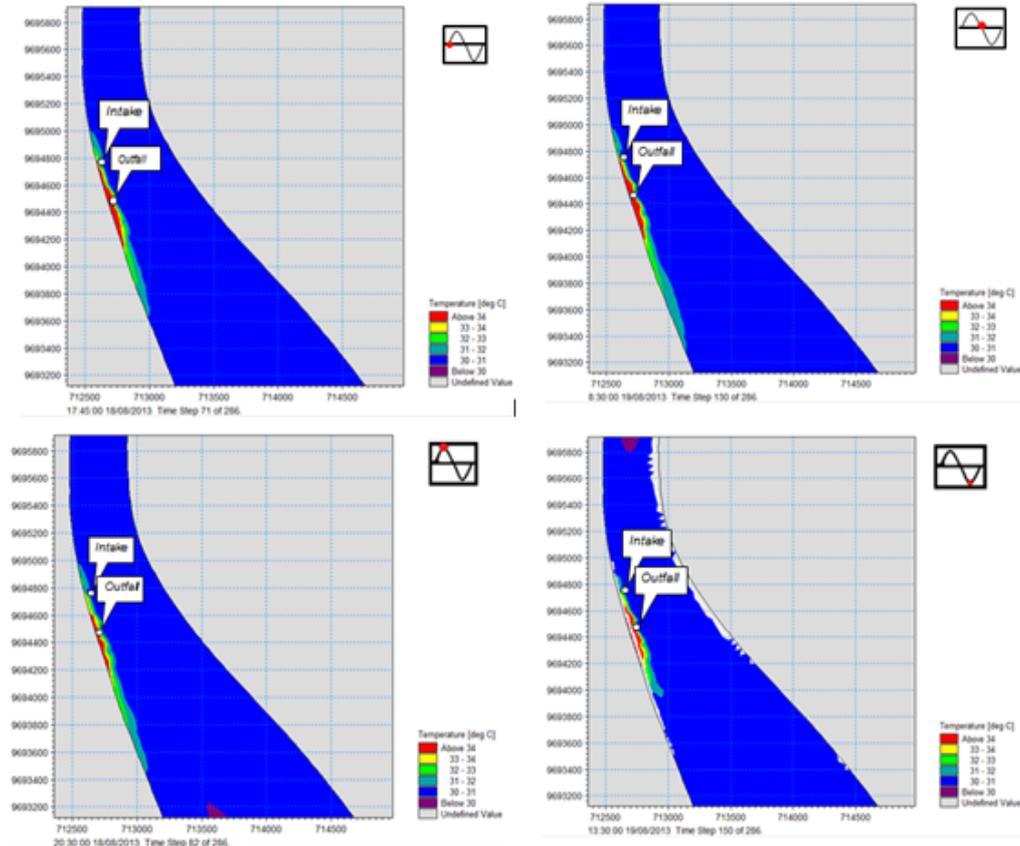
Hasil simulasi ketika air menuju surut menunjukkan sebaran air bahang dengan perbedaan temperatur terhadap suhu air ambien (ΔT) sekitar 4

°C mencapai jarak terjauh sekitar 250 m dari lokasi *outfall* ke arah hilir maupun hilir. Sedangkan untuk perubahan suhu sekitar 1°C mencapai jarak terjauh sekitar 450 m ke arah hulu dan sekitar 1.200 m ke arah hilir. Khusus pada lokasi *intake* perbedaan suhu karena pengaruh air bahang mencapai 2 °C.

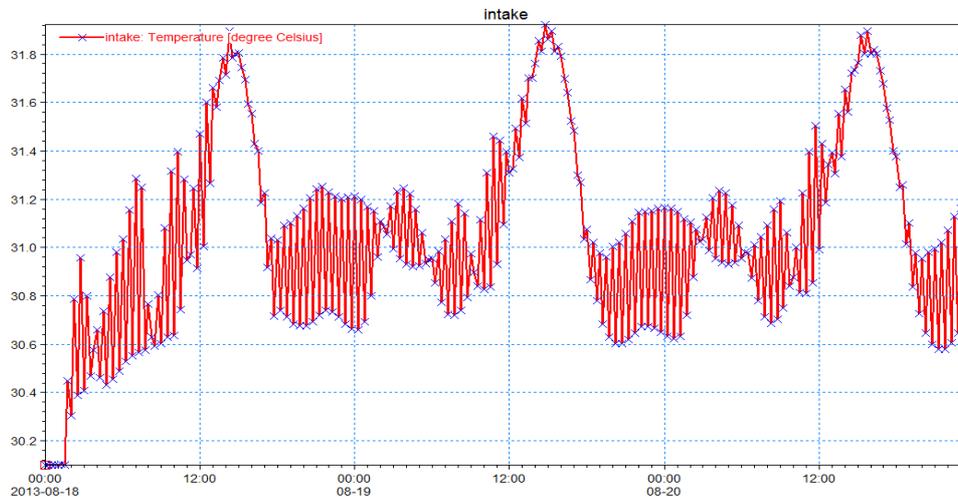
Sebaran air bahang dengan perbedaan temperatur terhadap suhu air ambient (ΔT) >4°C, pada gambar hasil simulasi ditunjukkan dengan area berwarna merah. Sedangkan yang lebih dari 2°C ditunjukkan warna hijau, kuning dan merah. Area

'merah' terbesar terjadi pada kondisi pasut menuju surut.

Dari hasil pemodelan dispersi panas pada musim angin timur, suhu air pada lokasi *intake* cukup terpengaruh oleh suhu air bahang pada *outfall* khususnya ketika air laut pasang. Perubahan temperaturair pada *intake* berkisar antara 30,1 – 32°C. Kenaikan tertinggi terjadi ketika air menuju pasang naik maksimum (lihat gambar 9).



Gambar 8. Pola Dispersi Termal Skenario Musim Angin Timur



Gambar 9. Hasil Simulasi Perubahan Suhu Air Pada Lokasi *Inlet* PLTU Pada Musim Timur

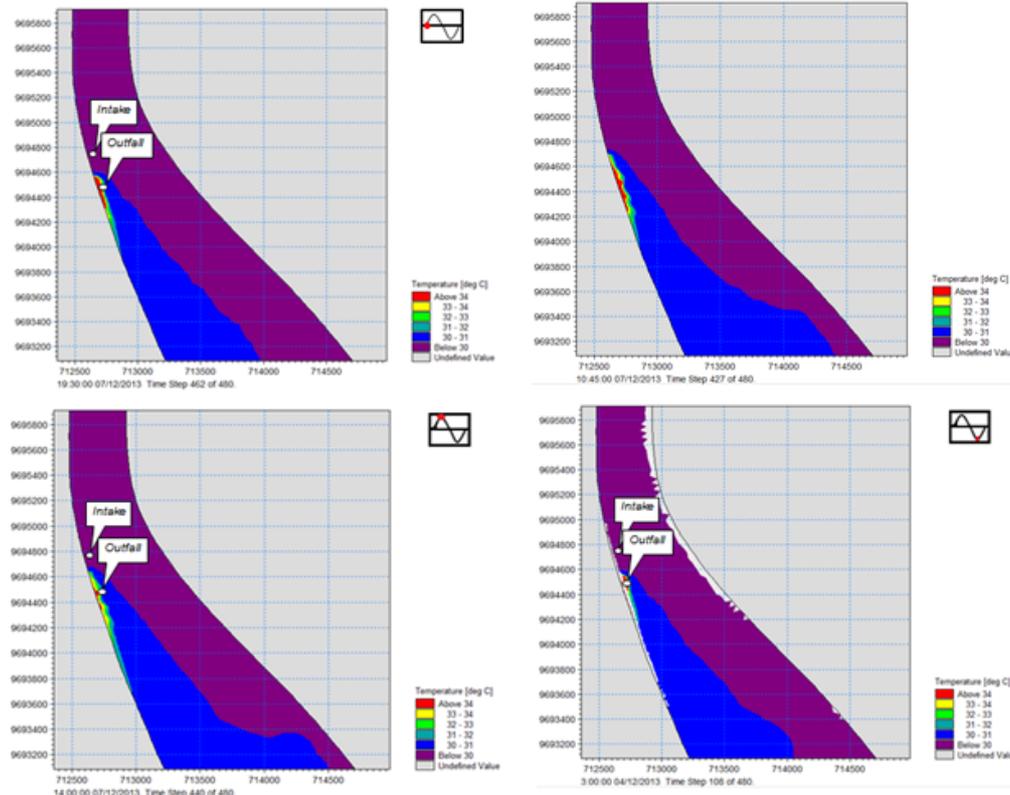
3.3.2. Musim Barat

Gambar 10 berikut ini memperlihatkan pola sebaran air panas dengan skenario simulasi musim angin Barat, pada kondisi pasut menuju surut maksimum dan menuju pasang maksimum.

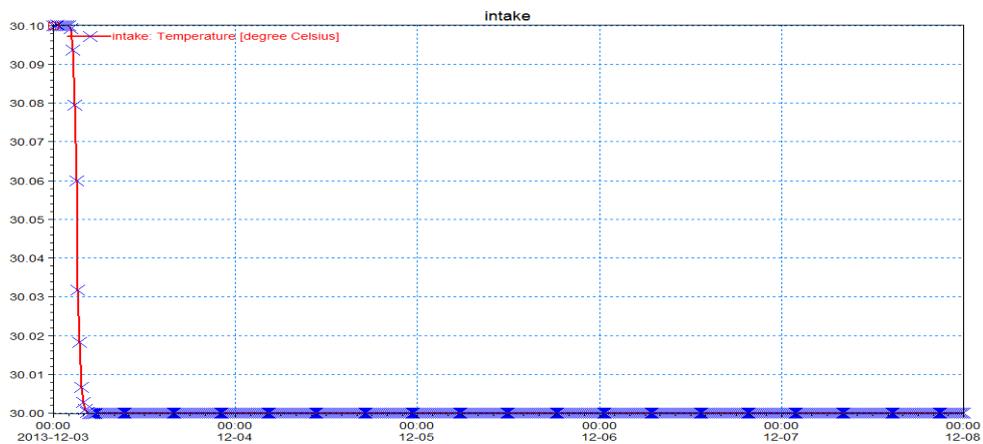
Hasil simulasi ketika air menuju pasang menunjukkan sebaran air bahang dengan perbedaan temperatur terhadap suhu air ambien (ΔT) sekitar 4 °C mencapai jarak terjauh sekitar 250 m dari lokasi *outfall* ke arah hilir maupun hilir. Sedangkan untuk perubahan suhu sekitar 1°C mencapai jarak terjauh sekitar 450 m ke arah hulu dan sekitar 1.200 m ke

arah hilir. Khusus pada lokasi *intake* tidak terjadi perbedaan suhu yang signifikan.

Hasil simulasi ketika air menuju surut menunjukkan sebaran air bahang dengan perbedaan temperatur terhadap suhu air ambien (ΔT) sekitar 4 °C mencapai jarak terjauh sekitar 50 m dari lokasi *outfall* ke arah hulu dan sekitar 150 m ke arah hilir. Sedangkan untuk perubahan suhu sekitar 1°C mencapai jarak terjauh sekitar 200 m ke arah hulu dan sekitar 550 m ke arah hilir. Khusus pada lokasi *intake* tidak terjadi perbedaan suhu yang signifikan.



Gambar 10. Pola Dispersi Termal Skenario Musim Angin Barat



Gambar 11. Hasil Simulasi Perubahan Suhu Air Pada Lokasi *Intake* PLTU Pada Musim Barat

Sebaran air bahang dengan perbedaan temperatur terhadap suhu air ambien (ΔT) > 4°C, pada gambar hasil simulasi ditunjukkan dengan area berwarna merah. Sedangkan yang lebih dari 2°C ditunjukkan warna hijau, kuning dan merah. Area 'merah' terbesar terjadi pada kondisi pasut menuju surut.

Dari hasil pemodelan dispersi panas pada musim angin barat, suhu air pada lokasi *intake* hanya sangat sedikit terpengaruh oleh suhu air bahang pada *outfall*. Perubahan temperatur air pada *intake* hanya berkisar antara 29,99 – 30,1°C. Kenaikan tertinggi terjadi ketika air menuju pasang naik maksimum (lihat Gambar 11). Perbedaan suhu pada awal simulasi kemungkinan terjadi karena masih belum stabilnya proses perhitungan

5. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pemodelan hidrodinamika dan dispersi thermal yang telah dilakukan dengan berbagai skenario model, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Karena posisinya yang berada di daerah aliran sungai, pola arus di perairan sekitar PLTU Sampit tidak terlalu dipengaruhi oleh kondisi angin musim, namun lebih didominasi oleh pasang surut dan debit sungai dari hulu.
- Pada musim timur, ketika air menuju pasang – pasang maksimum arah arus air relatif menuju ke hulu dengan kecepatan antara 0,01 – 0,15 m/dt sedangkan ketika air menuju surut – surut terendah arah arus mengalir relatif menuju ke hilir (laut) dengan kecepatan antara 0,01 – 0,15 m/dt.
- Pada musim barat, ketika air laut menuju surut kecepatan arus air secara umum semakin besar dan mencapai puncaknya ketika terjadi pasang surut maksimum (kecepatan mencapai 0,48 m/dt). Sedangkan saat air laut menuju pasang secara umum kecepatan arus air ke arah hilir semakin kecil karena tertahan oleh air pasang dari laut (kecepatan maksimum 0,35 m/dt).
- Pada musim timur, suhu air pada lokasi *intake* cukup terpengaruh oleh suhu air bahang pada *outfall* khususnya ketika air laut pasang. Perubahan temperatur air pada *intake* berkisar antara 30,1 – 32 °C. Kenaikan tertinggi terjadi ketika air menuju pasang naik maksimum
- Pada musim angin barat, suhu air pada lokasi *intake* hanya sangat sedikit terpengaruh oleh suhu air bahang pada *outfall*. Perubahan temperatur air pada *intake* hanya berkisar antara 29,99 – 30,1 °C. Kenaikan tertinggi terjadi ketika air menuju pasang naik maksimum
- Resirkulasi air pendingin dengan intensitas cukup besar (+ 2°C) diprediksi dapat terjadi pada saat air pasang. Hal ini dapat menjadi lebih parah bila debit sungai dari hulu berkurang yaitu ketika musim kemarau (musim timur).
- Mengacu pada Peraturan Pemerintah No. 82

Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air dimana apabila air sungai Mentaya peruntukannya digolongkan dalam Kelas I, II atau III maka perubahan suhu tidak boleh lebih dari 3°C dari keadaan alamiahnya, tetapi jika digolongkan dalam Kelas IV perubahan suhu tidak boleh lebih dari 5°C dari keadaan alamiahnya maka sebaran air bahang dengan perbedaan temperatur terhadap suhu air ambien (ΔT) >3°C, berdasarkan hasil simulasi hanya terjadi pada daerah yang sangat terbatas, yaitu maksimum sekitar 200 m ke arah hilir dan lebih kecil lagi ke arah hulu dengan lebar ke arah tengah sungai kurang dari 40 m.

- Untuk lebih mengoptimalkan sistem pendinginan PLTU maka sebaiknya posisi *intake* di bangun lebih jauh ke arah hulu pada jarak sekitar 300 m dari *outfall* atau diberi pelindung pada sisi selatannya atau mengambil air pada kedalaman yang lebih besar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis ucapkan kepada PT. ZUG Industry Indonesia, manajemen Balai Teknologi Infrastruktur Pelabuhan dan Dinamika Pantaiseluruh pelaksana kegiatan “Studi Dispersi Termal PLTU Sampit 2 x 2.5 MW, Kaimantan Temgah”.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbaspour M, Javid AH, Moghini P, Kayhan K. 2006. Modeling of Thermal Pollution in The Northern Coastal Area of The Persian Gulf and It's Economical and Environmental Assessment. Water Pollution VIII: Modeling, Monitoring and Management. WIT Transactions on Ecology and the Environment Vol 95. pp 445-453.
- Asfaq SM. 2015. Thermal Dispersion Model for Cooling Water of Thermal Power Plant System. International Journal of Current Engineering and Technology V.5 No.4 (August 2015). INPRESSCO. P (2472-2477)
- Diran A. 2014. Wagub: Kebutuhan Listrik di Kalteng 125,941 MW dalam Kalteng.tribunnews.com/Wagub%20%20Kebutuhan%20Listrik%20di%20Kalteng%20125,941%20MW%20-%20Tribun%20Kalteng.htm, 21 Februari, 2014/
- Dinas PU Kalteng. 2014. Data Debit Air Mentaya – Kuala Kuayan dalam situs <http://pukalteng.com/index.php?module=posdugaair/mentaya>.
- BAPPEDA Kab. Kotawaringin Timur. 2012. Kotawaringin Timur – Habaring Hurung, BAPPEDA Kab. Kotawaringin Timur.
- BMKG Stasiun Meteorologi Palangkaraya. 2013. Analisis Curah Hujan Bulan September 2013 dan Prakiraan Curah Hujan Bulan November, Desember 2013 dan Januari 2014 Propinsi Kalimantan Tengah
- BPDP. 2014. Laporan Survei Hidrooseanografi Sungai Mentaya-Kalimantan Timur. BPDP. Yogyakarta.
- BPS Kotawaringin Timur. 2014. Kotawaringin Dalam Angka 2013. BPS Kab. Kotawaringin Timur
- Cahyana, C. 2011. Model Sebaran Panas Air Kanal Pendingin Instalasi Pembangkit Listrik ke Badan Air Laut. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pengelolaan Limbah IX. Pusat Teknologi Limbah Radioaktif-BATAN dan FT-Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. 5 Oktober 2011, Banten, h. 293-302.

- Wibowo, M., Hendriyono, W., Nugroho, S., Al Hakim, B., Velly Asvaliantina. V. (2017). Kajian Dispersi Panas Dampak Rencana Pembangunan PLTU Sampit-Kotawaringin Timur Propinsi Kalimantan Tengah. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 16(1), 86-97, doi:10.14710/jil.16.1.86-97
- DHI. 2011. MIKE21 Flow Model FM Hydrodynamic Modul-User Guide. DHI. Denmark
- Fudlailah, P., Mukhtasor, Zikra, M. 2015, Pemodelan Penyebaran Limbah Panas di Wilayah Pesisir (Studi Kasus Outfall PLTU Paiton), from <http://digilib.its.ac.id/public/ITS-paper-31211-4309100011-paper.pdf> (viewed 10 January, 2017).
- Gupta A, Vijay R, Kushwaha VK and Wate SR. Identification of Inlet and Outlet for Cool Seawater Discharges from an LNG Facility. *International Journal of Environmental Research* Vol 8 No. 4 (2014). pp 953-960.
- Huboyo, H.S. dan Zaman, B. 2007. Analisis Sebaran Temperatur dan Salinitas Air Limbah PLTU-PLTGU Berdasarkan Sistem Pemetaan Spasial (Studi Kasus; PLTU-PLTGU Tambak Lorok-Semarang). *Jurnal Presipitasi*, UNDIP. 3(2).
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2004. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 tahun 2004 mengenai Baku Mutu air laut.
- Nurjaya, I.W. and Surbakti, H. 2010. Model Dispersi Bahang Hasil Buangan Air Proses Pendinginan PLTGU Cilegon CCPP ke Perairan Pantai Margasari di Sisi Barat Teluk Banten. *E-Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, DITK-IPB. 2(1): 31-49
- Pemerintah Republik Indonesia. 2001. Peraturan Pemerintah No. 82 Tahun 2001 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.
- Pilechi A. 2016. Numerical Modelling and Field Study of Thermal Plume Dispersion in Rivers and Coastal Waters. Thesis at Faculty of Graduate and Postdoctoral Studies, Department of Civil Engineering, University of Ottawa.
- PT ZUG. 2013. Tender Document: PLTU Sampit (2x25Mw), Technical Requirement, Section 4.1. Project Description.
- Sana A. 2009. Hydrodynamic and Thermal Dispersion Modelling of the Effluent in a Coastal Channel. Presentation Material at Sultan Qaboos University-Oman.
- Shah V, Dekhatwala A, Banerjee J. 2017. *Journal Sadhana* V 42, No. 4 (April 2017). Pp 557-574.
- Yustiani, Y.M., Wahyuni, S., Wahyuni, N.A. 2015. Pemodelan Matematis Sebaran Buangan Panas Cair dari Proses Pendinginan Pembangkit Listrik Tenaga Uap Banten Labuan. *Jurnal Infoma Tek. FT-UNPAS*. 17(1): 15-24.