**PEMODELAN MATEMATIS SEBARAN BUANGAN PANAS CAIR DARI PROSES PENDINGINAN PEMBANGIT LISTRIK TENAGA UAP (PLTU) 2 BANTEN LABUAN**

**Yonik Meilawati Yustiani\*), Sri Wahyuni, Novi Anisati Wahyuni\*\*)**

Program Studi Teknik Lingkungan

Fakultas Teknik – Universitas Pasundan

**Abstrak**: Kecamatan Labuan yang berada di wilayah Kabupaten Pandeglang merupakan salah satu kawasan Pembangkit Listrik Tenaga Uap. PLTU 2 Banten Labuan merupakan salah satu pembangkit listrik yang menggunakan bahan bakar batubara. Di kawasan PLTU pada proses Cooling water menghasilkan buangan panas. Dalam penelitian ini dilakukan pemodelan buangan panas cair yang berasal dari proses pendinginan. Perhitungan sebaran panas ini menggunakan persamaan transport. Persamaan ini disimulasikan melalui bahasa pemograman Fortran. Penelitian ini menggunakan 4 skenario yang mewakili periode musiman untuk mengetahui pola penyebaran di wilayah studi. Skenario tersebut diantaranya : skenario (1) Muson Timur, skenario (2) Muson Barat, skenario (3) kondisi terburuk dan scenario (4) Mendatang . Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi suhu tertinggi sebesar 33,9oC dengan jarak 1200 meter dari sumber pencemar. Arah sebaran panas yaitu ke Barat Laut dan Tenggara

**Kata kunci :** pemodelan sebaran panas, PLTU, Labuan-Banten

1. **PENDAHULUAN**[[1]](#footnote-1)

Laut merupakan ekosistem yang kaya akan sumber daya alam termasuk keanekaragaman sumberdaya hayati yang dapat dimanfaatkan untuk kesejahteraan manusia. Sebagian besar wilayah permukaan bumi (70%) terdiri atas lautan dan lebih dari 90% kehidupan biomasa di bumi, hidup di laut (Dahuri dari Wahyu, [1]). Oleh karena itu lautan merupakan bagian penting dari kelangsungan hidup manusia.

Secara ekologi, wilayah laut merupakan bentang alam yang ditempati oleh berbagai macam ekosistem seperti mangrove, terumbu karang dan padang lamun yang menjadi habitat bagi biota untuk hidup dan merupakan sumber nutrien bagi organisme perairan, termasuk ikan. Pelestarian wilayah laut merupakan upaya yang harus dilakukan, karena menyangkut kelestarian sumberdaya alam bagi generasi yang akan datang (Anwar & Gunawan dari [1]).

Pertumbuhan populasi manusia yang cepat dan besarnya pengembangan wilayah kota ke arah pantai menyebabkan terjadinya pembukaan wilayah tersebut untuk berbagai aktivitas industri dan pemukiman yang memicu terjadinya pencemaran laut (Ashley dari [1]). Pencemaran adalah masuknya atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan. (UU RI No.32 Tahun 2009)

Kebutuhan akan energi listrik belakangan ini meningkat. Peningkatan tersebut disebabkan karena permintaan energi listrik untuk pemukiman dan industri meningkat. Kegiatan industri pembangkit listrik tenaga uap (PLTU) di Indonesia lebih banyak dibangun di dekat pantai misalnya PLTU 2 Banten Labuan, PLTU Paiton di Paiton Jawa Timur, PLTU Muara Karang di Muara Karang Jakarta. Alasan utamanya adalah lebih mudah memperoleh air yang digunakan untuk proses pendinginan mesin atau *cooling water system*.

Pencemaran laut dapat memberikan pengaruh yang membahayakan terhadap kehidupan biota, sumberdaya dan kenyamanan ekosistem laut, kesehatan manusia dan nilai guna lainnya dari ekosistem laut (Clark, [2]). Pencemaran laut juga dapat mengurangi nilai estetika dan nilai lingkungan laut intrinsik yang penting untuk rekreasi. Apabila laut tercemar maka sebagian dari biomasa juga akan turut tercemar.

Temperatur air yang lebih hangat menyebabkan organisme perairan mengalami peningkatan laju respirasi dan peningkatan konsumsi oksigen serta lebih mudah terkena penyakit, parasit dan bahan kimia beracun. Sedangkan untuk meminimalisir efek panas yang berlebihan terhadap ekosistem perairan adalah melalui mengurangi penggunaan dan pembuangan listrik dan pembatasan jumlah buangan air panas ke dalam badan air yang sama, kontrol dengan dilusi, mentransfer panas dari air ke atmosfir dengan tower pendingin basah atau kering, pembuangan air panas ke dalam kolam yang dangkal atau kanal untuk pendinginan dan memanfaatkan kembali (*reuse*) sebagai air pendingin (*cooling water*).

Permasalahan utama yang selalu muncul dari kegiatan buangan air hasil proses *cooling water* sistem adalah suhu air buangan dari sistem tersebut jauh lebih tinggi dari suhu lingkungan di sekitarnya, umumnya suhu air buangan tersebut dapat mencapai 40oC. Namun, karena ada aturan bahwa nilai maksimum perbedaan suhu air buangan dengan suhu alami adalah 5oC maka umumnya air buangan tadi dikelola dulu dengan cara menurunkan suhunya dari 40oC menjadi 34oC.

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. ([Muh Erghi](https://plus.google.com/104699556247262279461?prsrc=5), [3])

Dengan adanya pembuangan air panas ke laut yang mengakibatkan pencemaran terhadap biota dan lingkungan sekitarnya maka perlu dilakukan penelitian mengenai sebaran panas/bahang akibat proses pendinginan di PLTU 2 Banten Labuan melalui pemodelan.

1. **METODOLOGI**

Dalam penelitian ini, metodologi penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif. Metode deskriptif adalah suatu metode dalam meneliti status sekelompok manusia, suatu obyek, suatu kondisi, suatu sistem pikiran, ataupun suatu kelas peristiwa pada masa sekarang. Tujuan dari penelitian deskriptif ini adalah untuk membuat deskipsi, gambaran atau lukisan secara sistematis, faktual dan akurat mengenai fakta-fakta, sifat-sifat serta hubungan antar fenomena yang diselidiki. ([M. Imamul Muttaqin](http://blog.uin-malang.ac.id/muttaqin/author/imamulmuttaqin/), [4])

Data sekunder adalah data yang diperoleh dari karya para ahli, lembaga dan atau instansi terkait yang melakukan penelitian atau analisa terhadap suatu penelitian itu sendiri. Data sekunder yang diperlukan untuk melakukan penelitian ini antara lain data kualitas air , data pH, dan data parameter suhu. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) 2 Banten Labuan.

Model sebaran dispersi termal dibangun dengan skenario di lokasi yang memungkinkan terdapat sumber buangan limbah air panas menuju perairan pantai. Penentuan domain model mencakup lokasi outlet PLTU serta lokasi sensitif. Domain model memiliki luas area 3 km x 3 km. Sumber pencemar berada di dalam domain.

Penelitian ini menggunakan kecepatan arus minimum dan rata-rata di Pulau Jawa. Kecepatan minimum adalah sebesar 27,21 cm/detik = 0,2721 atau 0,27 m/detik , kecepatan rata-rata sebesar 4.7 m/detik dan kecepatan maksimum sebesar 37 m/detik.

Persamaan Transport yang digunakan dalam pemodelan buangan panas yaitu serbagai berikut.

(1)

Dimana :

C = konsentrasi lokal (mg/l)

u dan v = komponen kecepatan (m/dtk)

Kx,y = koefisien dispersi dalam arah x dan y (m2/detik)

S,R = suku sumber yang masuk ke perairan yang ditinjau

Simulasi dalam pemodelan ini yaitu menggunakan kecepatan maksimum, minimum dan rata-rata dengan tipe angin Muson Timur yang terjadi pada bulan April-Oktober dan Muson Barat terjadi pada bulan Oktober-April. Pemilihan waktu simulasinya adalah pada bulan April, Mei, Desember dan November.

Hasil dari perhitungan simulasi sebuah model perlu ditampilkan dalam sebuah tampilan visual sehingga hasil dari model dapat secara jelas terlihat.perangkat lunak yang digunakan untuk tampilan visual sebuah model pada umumnya adalah perangkat lunak Surfer 9.0.

1. **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Pada penelitian ini parameter yang di gunakan yaitu parameter suhu. Data suhu yang didapat yaitu data suhu pada bulan Januari sampai dengan Desember. Suhu muka laut yang terpantau di Samudra Indonesia terutama di Pulau Jawa menunjukkan kondisi yang masih hangat yakni di atas 28-29°C (Data *source National Centers for Environmental Prediction (NCEP) global sea surface temperature analyses*).

**Tabel 1**

**Data suhu di saluran air bahang**

| **Tanggal** | **Parameter Uji** | | | | | | | | | | | | | | | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Jan** | **Feb** | **Maret** | **April** | **Mei** | **Juni** | **Juli** | **Agust** | | **Sept** | | **Okt** | | **Nov** | | **Des** |
| 1 |  | 36.2 | 36 |  | 40.2 | 33.9 |  | 34.4 | |  | | 32.7 | | 37.7 | |  |
| 2 | 32.6 | 36.5 | 36 | 35.8 | 39.2 |  | 34.3 | 34.3 | |  | | 33.2 | | 37 | |  |
| 3 | 38 | 36.7 |  | 36.9 | 38.8 |  | 34.7 | 32.2 | | 31.3 | | 34.3 | |  | |  |
| 4 | 37.5 |  |  | 36.3 | 37.8 | 35.2 | 34.7 |  | | 31.3 | | 34.5 | |  | |  |
| 5 | 39.1 |  | 35.8 | 37.7 |  | 34.8 | 32.2 |  | | 34.2 | | 35 | | 37.9 | | 34 |
| 6 | 38.8 | 36 | 36.7 |  |  | 35.2 | 32.2 | 31.8 | | 33.2 | |  | | 37.8 | | 36.6 |
| 7 |  | 35.4 | 37.2 |  | 36.7 | 34.8 |  | 30.8 | | 33.4 | |  | | 37.7 | | 37 |
| 8 |  | 36.1 | 36.5 |  | 37.2 | 34.7 |  | 35.8 | |  | | 35.7 | | 37.5 | | 36.5 |
| 9 | 36.7 | 36.4 | 36.8 | 37.7 | 37.1 |  | 31.8 | 35.2 | |  | | 35.2 | | 37.5 | |  |
| 10 | 36.1 | 36 |  | 36.7 | 37.9 |  | 28.8 | 34.8 | | 35.1 | | 37.9 | |  | |  |
| 11 | 36.5 |  |  | 36.3 | 37.7 | 34.3 | 35.2 |  | | 34.4 | | 38 | |  | | 30.3 |
| 12 | 36.6 |  | 35.5 | 36.7 |  | 34.3 | 34.7 |  | | 34.2 | | 38.1 | | 37.8 | | 31 |
| 13 | 36.5 | 36.4 | 36.2 | 35.2 |  | 34.9 | 35.3 | 36.7 | | 33.4 | |  | | 37.5 | | 32.1 |
| 14 |  | 36.9 | 36.7 |  | 36.9 | 35.3 |  | 34.8 | | 34 | |  | | 37.5 | | 33 |
| 15 |  | 37 | 36.7 |  | 36.2 | 34.9 |  | 34.3 | |  | | 38.3 | |  | | 35 |
| 16 | 37.8 | 36.9 | 37.2 | 35.1 | 36.4 |  | 34.2 | 34.7 | |  | | 36.1 | |  | |  |
| 17 | 37.7 | 36.2 |  | 36.6 |  |  | 33.8 |  | | 31.2 | | 36.6 | |  | |  |
| 18 | 37.6 |  |  | 36.6 |  | 34.8 | 33.2 |  | | 33.1 | | 36.4 | |  | | 36.9 |
| 19 | 37.9 |  | 33.9 | 36.7 |  | 34.4 | 33.8 |  | | 29.3 | | 36.5 | | 33.2 | | 35.4 |
| 20 | 38.2 | 36.3 | 33.8 | 37.8 |  | 34.7 | 31.8 |  | 30.2 | |  | | 33.1 | | 35 | |
| 21 |  | 36.2 | 33.7 |  | 36.8 | 34.7 |  |  | 32.2 | |  | | 33.7 | | 36 | |
| 22 |  | 34.5 | 34.8 |  | 35.6 | 34.8 |  |  |  | | 36.4 | | 35 | | 34 | |
| 23 |  | 33.7 |  | 37.2 | 35.7 |  | 31.8 |  |  | | 36.9 | | 36 | |  | |
| 24 | 36.1 | 34 |  | 37.1 | 34.8 |  | 30 |  | 37 | | 36.4 | |  | |  | |
| 25 | 35.6 |  |  | 37.8 | 35.2 | 35.2 | 31.3 |  | 35.8 | |  | |  | |  | |
| 26 | 35.7 |  | 35.8 | 38.4 |  | 34.7 | 31.2 |  | 36 | |  | | 36.2 | | 35 | |
| 27 | 35.7 | 32,9 | 36.6 | 38.2 |  | 34.9 | 31.8 | 34.6 | 36 | |  | | 36.7 | | 34 | |
| 28 |  | 34,25 | 36.6 |  | 34.3 | 34.4 |  | 34.8 |  | |  | | 36.7 | | 35 | |
| 29 |  | 36.2 | 33.7 |  | 35 | 35.3 |  | 33.9 |  | | 34.9 | | 33.3 | |  | |
| 30 | 35.5 |  | 36.7 | 38.2 | 35 |  |  |  |  | |  | | 33 | |  | |
| 31 |  |  |  |  |  |  |  |  |  | |  | |  | |  | |

Sumber : Data bulanan PLTU

**Tabel 2**

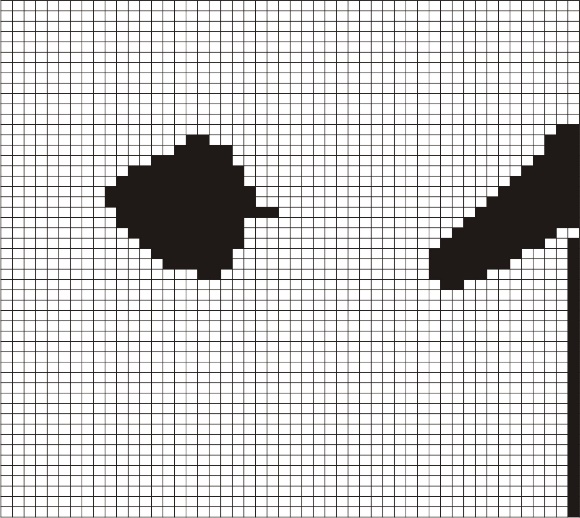
**Data suhu di Ujung Saluran air bahang**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Minggu | Parameter Uji | | | | | | | | | | | |
| Jan | Feb | Maret | April | Mei | Juni | Juli | Agust | Sept | Okt | Nov | Des |
| 1 | 33.5 | 36.1 | 35 | 33.4 | 40 | 35 | 33.4 | 32.3 | 32.2 | 33.7 | 37.8 | 36.5 |
| 2 | 36.1 | 36.7 | 35.4 | 35 | 36.4 | 34.2 | 32.1 | 34.1 | 34.1 | 37.8 | 37.4 | 32.2 |
| 3 | 36.1 | 35.4 | 32.4 | 34.3 | 37.4 | 34.2 | 33.4 |  | 29.3 | 37.8 | 32.8 | 37 |
| 4 | 36 | 30,2 | 35.1 | 36.4 | 34 | 34.4 | 32.4 | 35.1 | 35.6 | 36.8 | 34 |  |
| 5 | 36 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Sumber : Data bulanan PLTU

Buangan Panas di PLTU 2 Banten Labuan ini memacu pada Peraturan Mentri Negara lingkungan Hidup No 08 Tahun 2009 tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan atau Kegiatan Pembangkit Listrik Tenaga Thermal yaitu pembuangan limbah panas ke badan air tidak boleh melebihi 40oC.

Gambar di bawah ini adalah desain grid dengan luas keseluruhan 3000 m x 3000 m dengan jumlah grid 50x50 dan masing-masing grid memiliki luas 60 m x 60 m. Grid yang berwarna hitam adalah sebuah daratan yang tidak memiliki nilai atau tidak akan tercemar oleh sebaran panas.



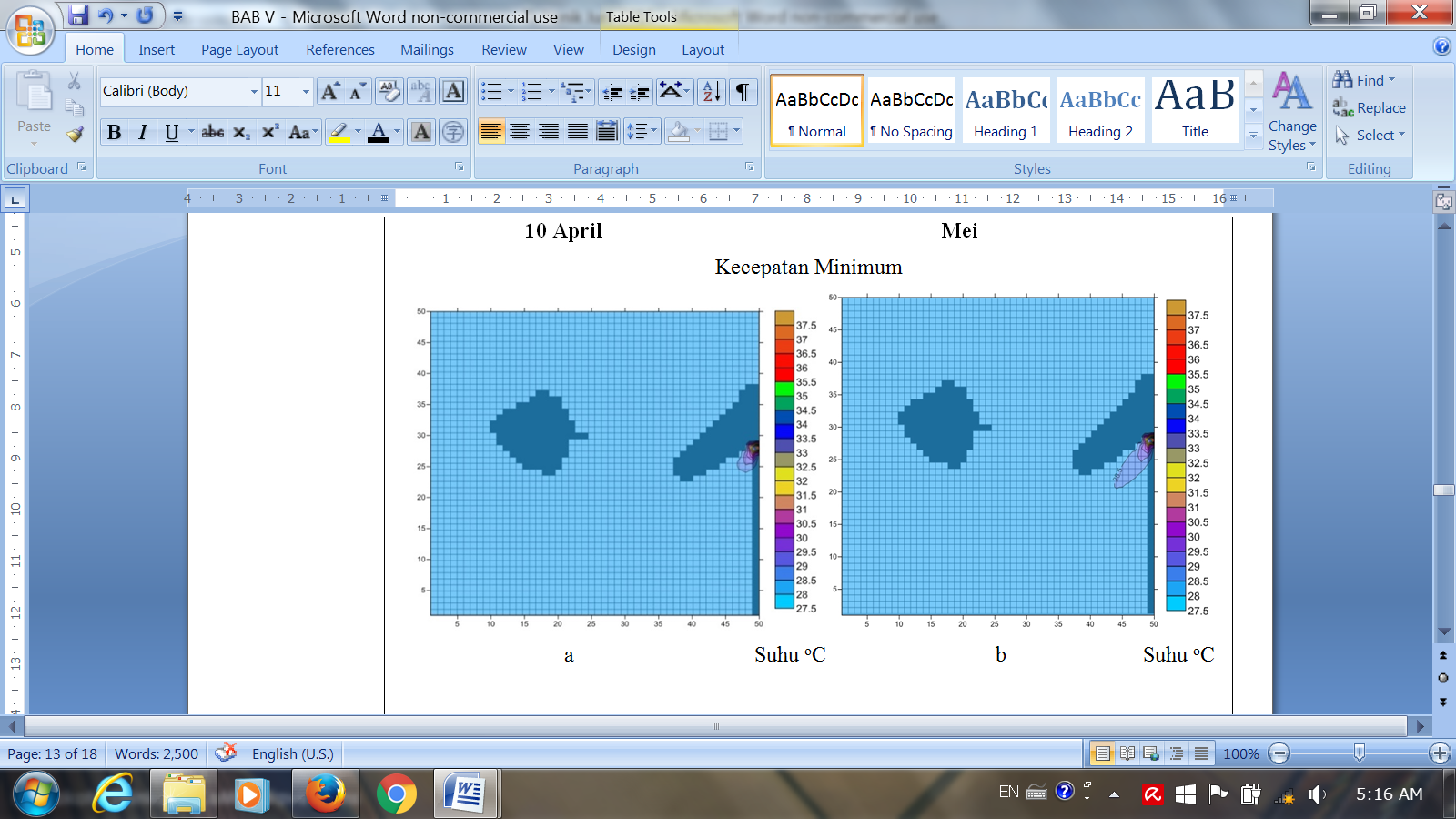
**Gambar 1**

**Desain grid**

Pada bulan Oktober dan Desember dengan kecepatan arus minimum arah angin menunjukkan ke arah barat sehingga sebaran yang terjadi menuju arah barat. Hasil plot surfer sebaran suhu memiliki jangkauan lebih kecil. Daerah yang tercemar pada bulan Oktober ini hanya kawasan PLTU 2 Banten Labuan itu sendiri sehingga sungai serta pantai area wisata tidak mengalami pencemaran suhu.

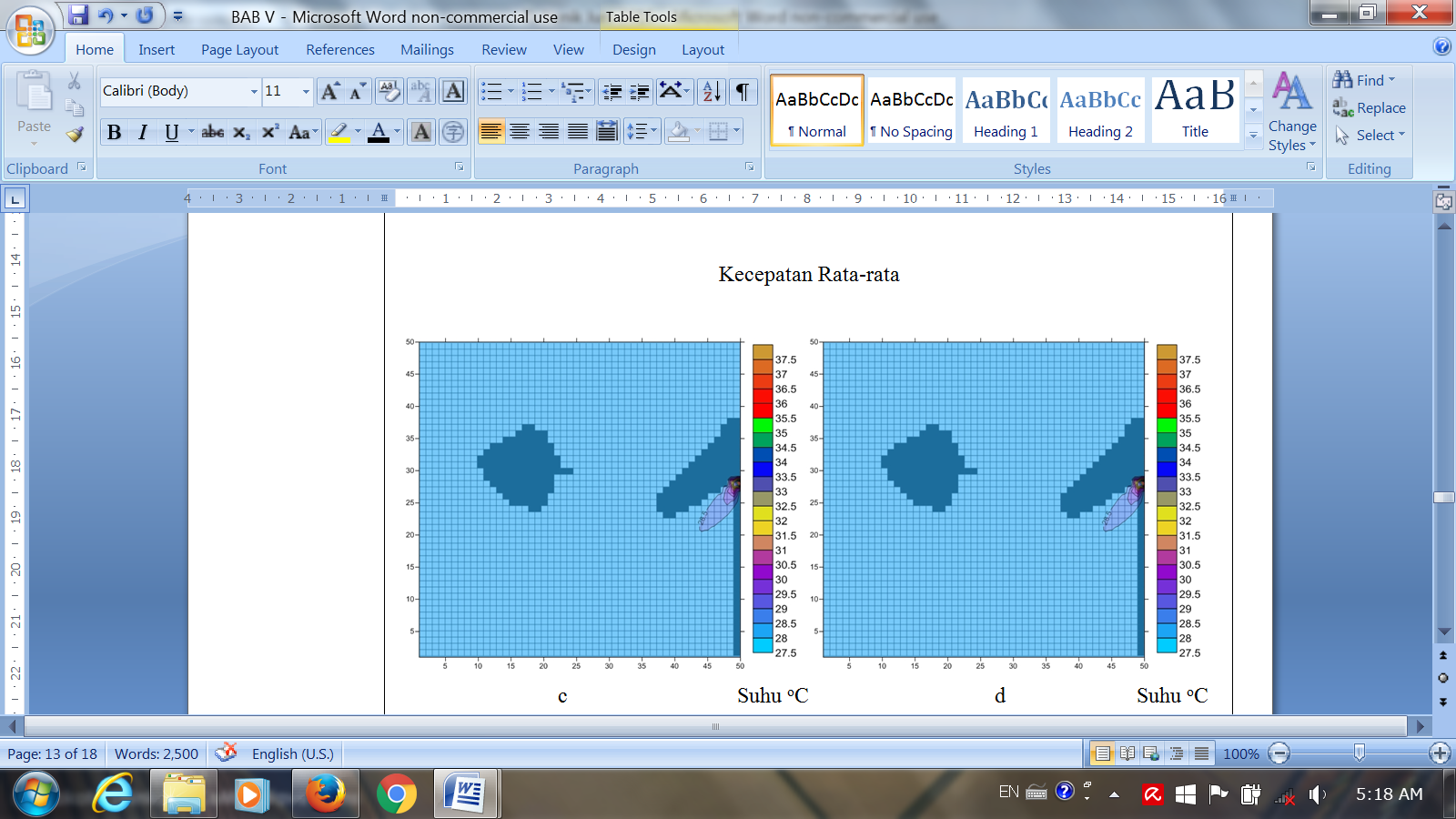
Bulan Oktober dan Desember dengan kecepatan arus rata-rata hasil simulasi pada gambar ini tidak mengalami perubahan dengan bulan-bulan sebelumnya. Sebaran suhu ini terjadi pada jarak 1,5 m dari sumber pencemar. Pencemaran ini hanya terjadi pada kawasan sumber pencemar tidak melebar luas karena angin yang bertiup ke arah barat. Sehingga pada bulan Desember pantai , sungai ci bama , dan tempat wisata lainnya yang terletak tidak jauh dari sumber pencemar tidak mengalami pencemaran suhu tersebut. Kecepatan maksimum di bulan Oktober dan Desember hasil runningnya tidak berubah dengan hasil running yang kecepatannya minimum dan rata-rata.

Muson timur terjadi pada bulan April-Oktober. Simulasi untuk muson Timur yang di ambil pada tanggal 10 April dan Bulan Mei dengan kecepatan arus minimum, rata-rata dan maksimum. Hasil runningnya dapat dilihat pada Gambar 2 hingga Gambar 4.



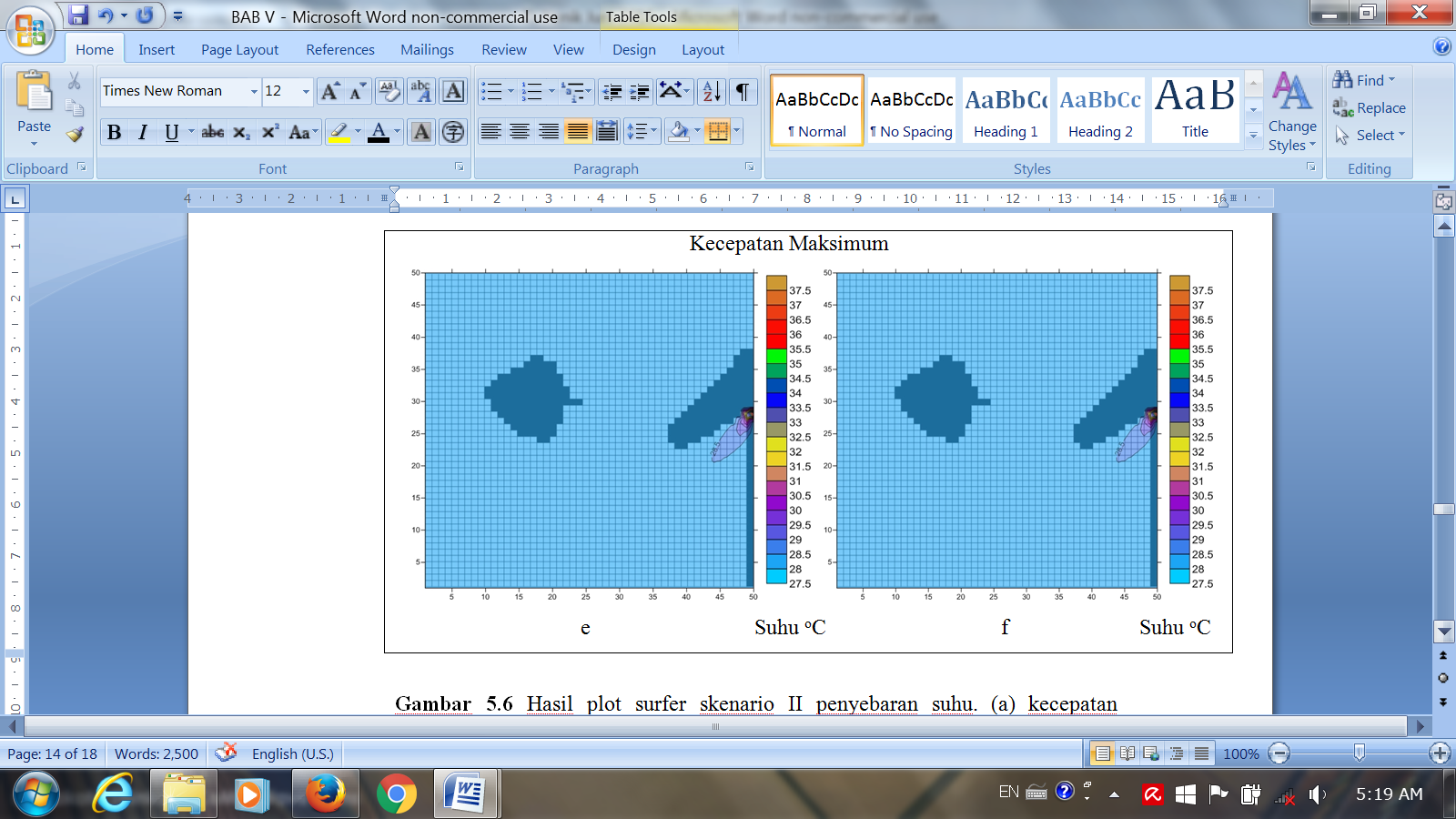
**Gambar 2**

**Penyebaran suhu. (a) kecepatan minimum tanggal 10 April. (b) kecepatan minimum bulan Mei.**



**Gambar 2**

**Penyebaran suhu (c) kecepatan rata-rata tanggal 10 April. (d) kecepatan rata-rata bulan Mei.**



**Gambar 2**

**Penyebaran suhu (e) kecepatan maksimum tanggal 10 April. (f) kecepatan maksimum bulan Mei**

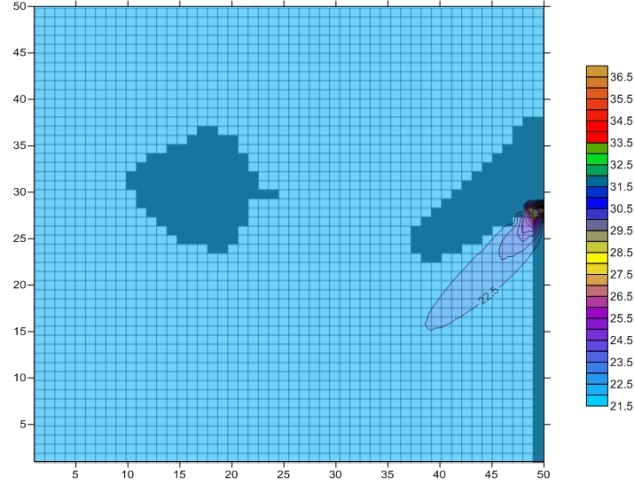
Gambar 2 menunjukan hasil plot surfer dari hasil simulasi dengan kecepatan minimum pada tanggal 10 April diprediksikan bahwa suhupada tanggal 10 April daerah yang terkena dampak sedikit. Nilai suhu pada pencemaran ini sebear 28.5 oC. Daerah yang tercemar sedikit hal ini menunjukan wilayah studi yang terpapar oleh pencemaran suhu atau buangan panaskecil dan pada skenario ini arah angin dominan menuju ke arah timur di karenakan mengalami tipe angin muson timur.

Hasil plot surfer bulan Mei dengan kecepatan minimum diprediksikan bahwa pencemaran suhu pada bulan Mei meningkat dibandingan dengan penyebran suhu pada tanggal 10 April. Pencemaran suhu ini sudah meluas akan tetapi pencemaran suhu ini belum mencemari sungai cibama yang letaknya tidak jauh dari sumber pencemar.

Hasil plot surfer tanggal 10 April dan bulan Mei dengan kecepatan rata-rata dan kecepatan maksimum hasil sebarannya tidak berubah dengan hasil plot pada bulan Mei yang kecepatan arusnya minimum. Maka sebaran ini diasumsikan sudah stabil (*stady state*) sehingga sebaran suhu ini tidak akan meningkat atau tidak akan berubah.

Pada domain penelitian ini ada sungai yang di hawatirkan terkena pencemaran suhu akan tetapi dengan hasil running di atas sungai yang berada di dekat kawasan penelitian tidak tencemaran oleh pencemaran suhu yang diakibatkan oleh buangan panas.

Skenario kondisi terburuk adalah pada muson Timur pada bulan Mei dengan kecepatan maksimum, perbedaan temperatur air laut dan air buangan mencapai 18oC. Hasil simulasinya bisa dilihat pada gambar berikut.

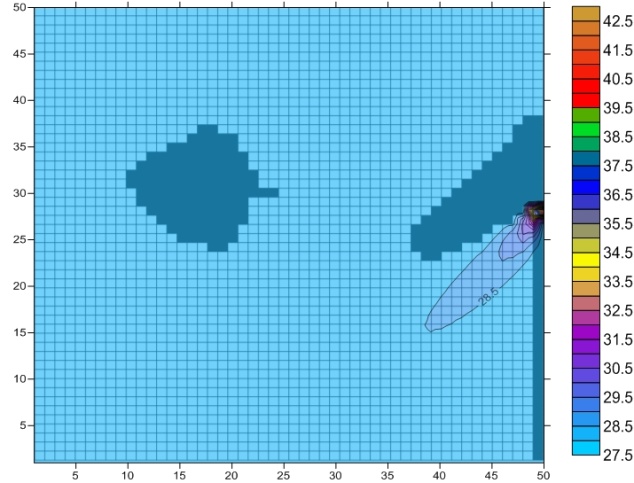


**Gambar 5**

**Skenario kondisi terburuk**

Hasil plot surfer pada kondisi terburuk sebaran dampak ini terlihat luas, disebabkan kondisi suhu laut yang lebih rendah yaitu 22°C atau perbedaan temperature yang tinggi antara air laut dan air buangan.

Skenario ini menggambarkan hasil plot di masa yang akan datang dengan kecepatan 19,24 m/det dan dengan arah angin ke Barat Daya. Hasil simulasinya bisa dilihat pada Gambar 6 berikut.



**Gambar 6.**

**Skenario Masa Mendatang**

Konsentrasi suhu pada tipe angin Muson Barat tidak mengalami perubahan suhu di setiap grid. karena angin bertiup ke arah barat dan tidak mengalami pencamaran pada laut. Sehingga pencemaran buangan panas tersebut janya terjadi pada kawasan sumber pencemar tidak mencemari laut disekitar PLTU 2 Banten Labuan.

Pada gambar di atas terlihat konsentrasi yang terjadi selama Muson Timur mengalami perubahan suhu mulai dari 28oC sampai 33,9 oC di jarak 180 m sampai 1000 m dari sumber pencemar. Daerah yang terkena dampak buangan panas dari proses pendinginan di PLTU 2 Banten Labuan adalah kawasan pantai yang dihuni oleh nelayan. Sehingga laut di sekitar kawasan nelayan mengalami pencemaran suhu.

1. **KESIMPULAN**

Kesimpulan dari pemodelan buangan panas cair akibat kegiatan PLTU 2 Banten Labuan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dari data parameter suhu diukur secara berkala dari Laporan UKL/RPL yang dilakukan pada periode triwulan menunjukan nilai parameter suhu yang masih memenuhi baku mutu sesuai Peraturan Pemerintah Negara Lingkungan Hidup No 08 Tahun 2009 tentang baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan pembangkit listrik tenaga thermal, yaitu masih di bawah 40oC.
2. Hasil pemodelan dari penelitian ini bahwa konsentrasi pencemaran suhu tertinggi sebesar 33,9 oC. Pencemaran terjadi dengan jarak 1200 m dari sumber pencemar.
3. Sebaran tertinggi dari 3 skenario pada pemodelan ini adalah skenario 3 yaitu pada saat bulan Mei yaitu saat MUson Timur dengan kecepatan maksimum.
4. **DAFTAR RUJUKAN**

[1] Wahyu, 2013. Ekologi Perairan Tropis. UNDIP. (http://wahyu-aquaculture. Blogspot.com/2013/12/makalah-ekologi-perairan-tropis.html. diakses 12 Desember 2013)

[2] Clark, 2003. “Stakeholder yang berperan dalam pengendalian pencemaran minyak di Selat Rupat” Jurnal Perikanan dan Kelautan 17 : 26-37.

[3] [Muhammad Nur Erghi](Muhammad%20Nur%20Erghi), 2012. “Pencemaran Limbah Cair Panas”. (<http://lautlestari.blogspot.com/2012/03/pencemaran-limbah-cair-panas-thermal.html> Diakses : 15 September 2013)

[4] [M. Imamul Muttaqin](http://blog.uin-malang.ac.id/muttaqin/author/imamulmuttaqin/), 2010. “Metode deskriptif” . http://blog.uin-malang. ac.id/ muttaqin/2010/11/28/10/ Diakses : 20 Desember 2013 20:09

1. \*yonik@unpas.ac.id

   \*\* alumni Prodi Teknik Lingkungan FT UNPAS [↑](#footnote-ref-1)