



Artikel Penelitian

Analisis Sebaran *Total Suspended Particulate* (TSP) Dengan Model *Gaussian Point Source* Di Pembangkit Listrik Berbahan Bakar Biomassa

Shindy Zellia^{1)*}, Ivan Indrawan²⁾, Lies Setyowati¹⁾, Muhammad Faisal²⁾, Isra' Suryati¹⁾

¹⁾Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara

²⁾Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara

INFORMASI ARTIKEL

Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 12 Februari 2018

Revisi Akhir: 26 April 2018

Diterbitkan Online: 31 Juli 2018

KATA KUNCI

Ambient

Gaussian Point Source

Surfer

TSP

KORESPONDENSI

Telepon: -

E-mail: shindy.zellia@gmail.com

A B S T R A C T

The study aims to analyze the concentration of TSP generated from the smokestacks of biomass fuelled power plant with 2 x 15 MW capacity along with the pattern of distribution in the ambient air around the plant. The field observation conducted in Jl. K. L. Yos Sudarso KM 10.5 by making five (5) ambient air sample point, the point I is located around 130 m south, the point II within 220 m south, point III around 110 m east, point IV around 325 m north and point V around 100 m west from sources emissions. The sample is taken for 3 (three) days, i.e in the morning, afternoon and evening. Maximum TSP concentration was measured at point III at 50,93 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Meanwhile, according to Gaussian Point Source model, the maximum TSP concentration at point I is around 1,79 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. The concentration of TSP is still below the ambient air quality standard. Furthermore, the measured TSP concentration and TSP modeling were mapped with the Surfer program version 11.0. Based on the results, the measured TSP concentration mapping indicates that the highest affected area is located at the eastern region of the emission source. Moreover, Mapping of TSP concentration models show that the highest affected area is located at the southern part of the emission source.

PENDAHULUAN

Salah satu kegiatan perindustrian yang mampu menyumbang polutan ke udara adalah pembangkit listrik berbahan bakar biomassa. Pembangkit listrik berbahan bakar biomassa dianggap sebagai salah satu alternatif dalam mengurangi penggunaan bahan bakar fosil yang ketersediaannya semakin menipis. Pembangkit listrik berbahan bakar biomassa juga merupakan penggunaan energi terbarukan karena menggunakan bahan bakar organik yang pada dasarnya dapat diperbaharui (Siswanto, 2010).

Salah satu pembangkit listrik yang menggunakan bahan bakar biomassa sebagai sumber energi adalah pembangkit listrik berbahan bakar biomassa yang terletak di Jl. K.L Yos Sudarso Kawasan Industri Medan (KIM) dengan kapasitas 2 x 15 MW (mega watt). Bahan bakar biomassa yang digunakan berupa *fiber* dan cangkang dari tandan kosong, kayu dan serbuk kayu. Biomassa tersebut digunakan untuk bahan bakar pada boiler dan akan menghasilkan panas pada air rebusan di dalam boiler. Air di dalam boiler akan menjadi uap untuk memutar generator yang kemudian menghasilkan

energi listrik (Dokumen AMDAL Pembangkit Listrik Berbahan Bakar Biomassa 2 x 15 MW Tahun 2009).

Pembakaran bahan bakar biomassa pada boiler mampu menghasilkan beberapa polutan. Polutan-polutan tersebut akan dialirkan ke udara ambien melalui cerobong setelah melewati *cyclone* yang diletakkan dekat dengan boiler. Polutan yang dilepaskan ke udara ambien harus memenuhi ambang batas baku mutu agar tidak merusak komposisi udara ambien disekitarnya. Apabila komposisi udara ambien telah berubah maka akan menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan terutama kesehatan manusia.

Dalam menangani masalah ini harus dilakukan pengendalian pencemaran udara dengan memilih beberapa metode diantaranya berupa penentuan pola sebaran polutan. Menurut Sabin, dkk (2000) model *gauss* cocok untuk mengidentifikasi hubungan *input* dan *output* dari data yang diuji. Sumber polutan berasal dari cerobong asap pembangkit sebagai sumber tidak bergerak maka model yang digunakan adalah *gaussian point source*. Model *gaussian point source* memiliki beberapa persamaan, pada penelitian ini diasumsikan nilai $z = 0$ dan $y = 0$ maka persamaan *gauss*

yang digunakan adalah persamaan *ground level centre line concentration* (Cooper dan Alley, 1994).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pola sebaran konsentrasi TSP di area sekitar pembangkit listrik berbahan bakar biomassa tersebut dengan model *gaussian point source*, setelah itu konsentrasi TSP dipetakan dengan program *Surfer 11*. Peta ini dapat digunakan oleh pihak pembangkit dalam perencanaan dan pengelolaan kualitas udara ambien di area sekitar pembangkit listrik berbahan bakar biomassa tersebut.

METODOLOGI

Penelitian ini menggunakan metode analisis kuantitatif dengan melihat bagaimana pola penyebaran konsentrasi *total suspended particulate* (TSP) keluaran dari pembangkit listrik berbahan bakar biomassa menggunakan turunan model *gaussian point source* yaitu *gaussian ground level center line concentration*.

Dalam penelitian ini dilakukan pengambilan data primer dan data sekunder. Data primer dari penelitian ini adalah data kualitas udara ambien pembangkit listrik berbahan bakar biomassa untuk TSP, kecepatan angin, temperatur udara dan tekanan udara saat *sampling* serta koordinat tiap titik. Data sekunder dari penelitian ini adalah data meteorologi (arah, kecepatan angin dan intensitas radiasi matahari) di Kota Medan, data fisik cerobong (diameter dan tinggi cerobong, laju alir cerobong, temperatur cerobong, kecepatan gas keluar dari cerobong), peta lokasi pembangkit dan peta *layout* pembangkit.

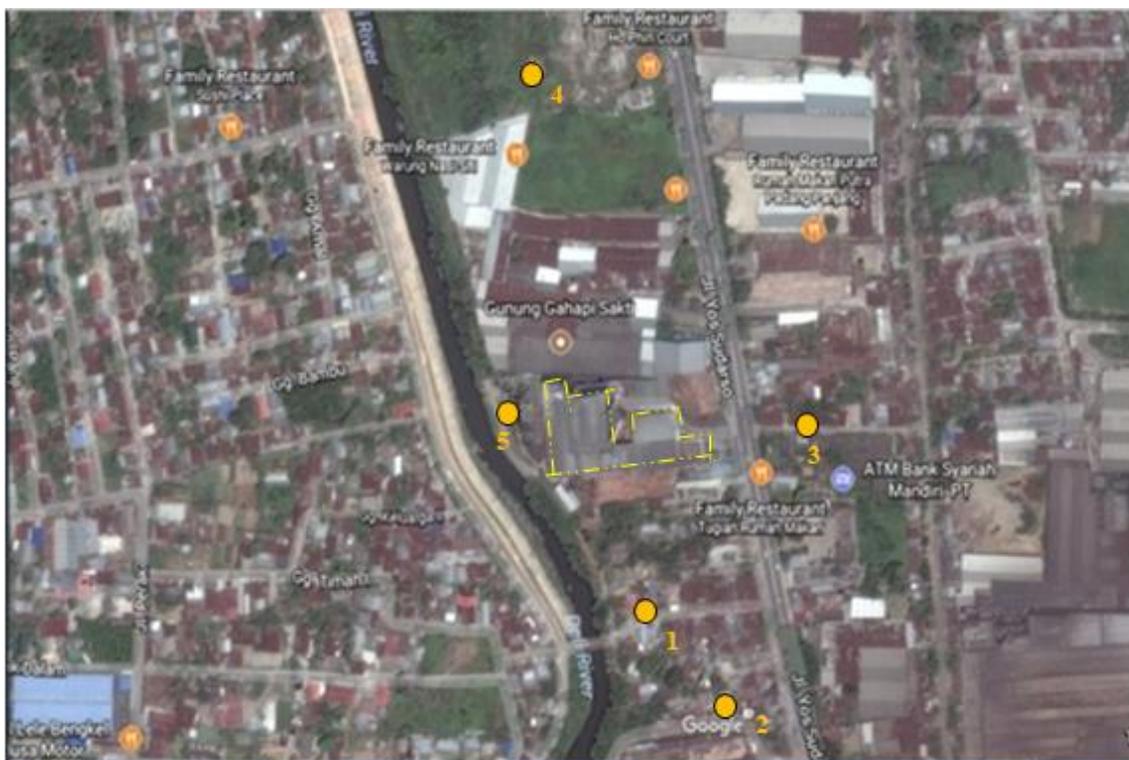
Titik *sampling* berjumlah 5 titik yaitu titik I 130 m di arah selatan dari cerobong pabrik pembangkit, titik II 220 m di arah selatan dari cerobong pabrik pembangkit, titik III 110 m

di arah timur dari cerobong pabrik pembangkit (*background*), titik IV 325 m di arah utara dari cerobong pabrik pembangkit (*background*), titik V 100 m di arah barat dari cerobong pabrik pembangkit (*background*).

Dimana titik I dan II merupakan titik yang diambil berdasarkan arah angin dominan yaitu ke arah selatan dari cerobong pabrik pembangkit, sedangkan titik III, IV dan V merupakan titik yang mewakili area *background* dari arah angin dominan pabrik pembangkit yaitu ke arah timur, utara dan barat dari cerobong pabrik pembangkit. Jarak *sampling* diambil berdasarkan asumsi perhitungan *gaussian ground level center line concentration* sebelum penelitian dilakukan, dan jarak titik *background* diambil di area lokasi yang dianggap tepat berdasarkan SNI 19-7119.6-2005. Untuk lebih jelasnya lokasi titik *sampling* dapat dilihat pada Gambar 1.

Sampling dilakukan selama 3 (hari) yaitu pada tanggal 13 Juni 2017 hingga 15 Juni 2017 dengan pembagian 1 (satu) hari untuk 2 (dua) titik *sampling*. Pengukuran konsentrasi TSP untuk udara ambien dilakukan selama 24 jam, namun dikarenakan keterbatasan alat maka durasi pengukuran dilakukan selama 1 (satu) jam pada waktu pagi, siang dan sore hari untuk masing-masing titik. Konsentrasi hasil pengukuran tersebut kemudian dikonversikan dengan menggunakan rumus canter, sehingga didapat konsentrasi selama 24 jam sesuai PERMEN LH No. 12 Tahun 2010.

Pengukuran konsentrasi TSP menggunakan *High Volume Air Sampler* (HVAS) dengan metode Gravimetri. Metode analisis ini mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI). Hasil pengukuran konsentrasi TSP selanjutnya akan dipetakan menggunakan *Surfer* versi 11 untuk mendapatkan pola sebaran konsentrasi TSP di kawasan sekitar pembangkit listrik berbahan bakar biomassa.

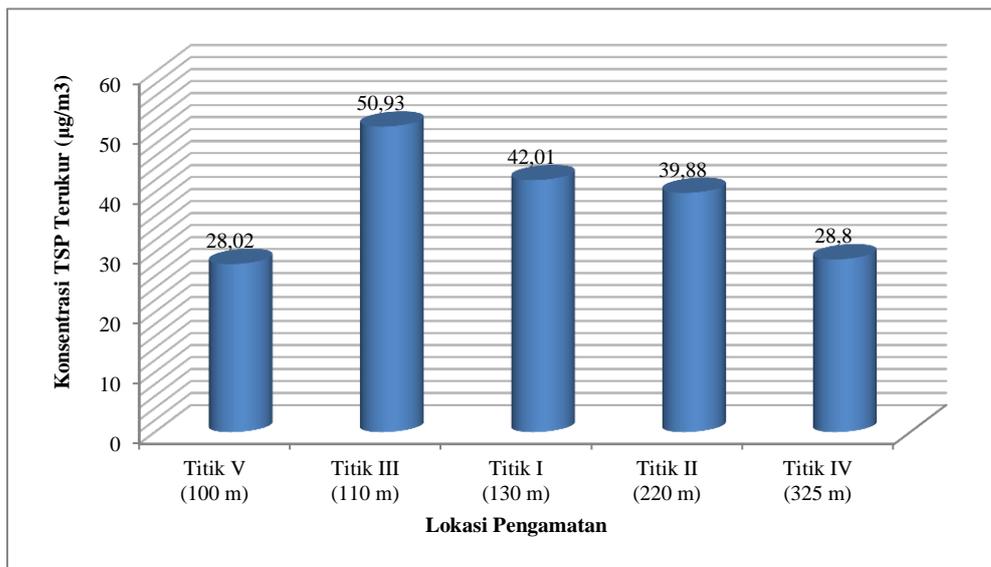


Gambar 1. Lokasi titik *sampling*

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengukuran konsentrasi TSP dilakukan selama 3 hari di 5 titik dengan durasi masing-masing titik selama 1 jam.

Didapatkan 3 konsentrasi untuk 1 titik, kemudian di konversi dengan canter maka didapat hasil pengukuran TSP selama 24 jam ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Konsentrasi TSP Terukur

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat konsentrasi TSP tertinggi ada di titik III dengan jarak 110 m di arah timur pabrik pembangkit sebesar $50,93 \mu\text{g}/\text{m}^3$, dan konsentrasi TSP terendah ada di titik V yaitu berada pada 100 m di arah barat pabrik pembangkit sebesar $28,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Hal ini disebabkan beberapa faktor yang mempengaruhi tinggi rendahnya konsentrasi yang didapatkan salah satunya adalah lokasi topografi tempat pengambilan sampel, lokasi pengambilan sampel di titik III terletak di halaman pemukiman penduduk dimana kondisi tersebut mempengaruhi konsentrasi yang didapat. Sedangkan lokasi pengambilan sampel di titik V terletak ± 30 m dari pemukiman. Banyaknya bangunan di sekeliling lokasi mempengaruhi sebaran kepulan TSP. Sesuai dengan penelitian (Rahmadhani, 2017), topografi mempunyai pengaruh terhadap kualitas udara, terutama udara ambien. Bentuk permukaan lahan dan bangunan seperti lahan datar, lahan miring, dan dataran tinggi atau dataran rendah akan memberikan pengaruh iklim mikro yang berbeda terhadap lokasi tersebut. Udara yang posisinya lebih rendah akan lebih rapat dari pada udara yang posisinya lebih tinggi, jika udara termampatkan kerapatannya akan membesar maka jumlah partikel udara semakin banyak per satuan volumenya.

Peningkatan laju produksi pabrik dan aktifitas ataupun kegiatan yang terjadi berdampak pada kualitas udara (Wahab, 2006 dalam Silvia dkk, 2013). Aktifitas produksi yang naik turun turut mempengaruhi konsentrasi yang didapat.

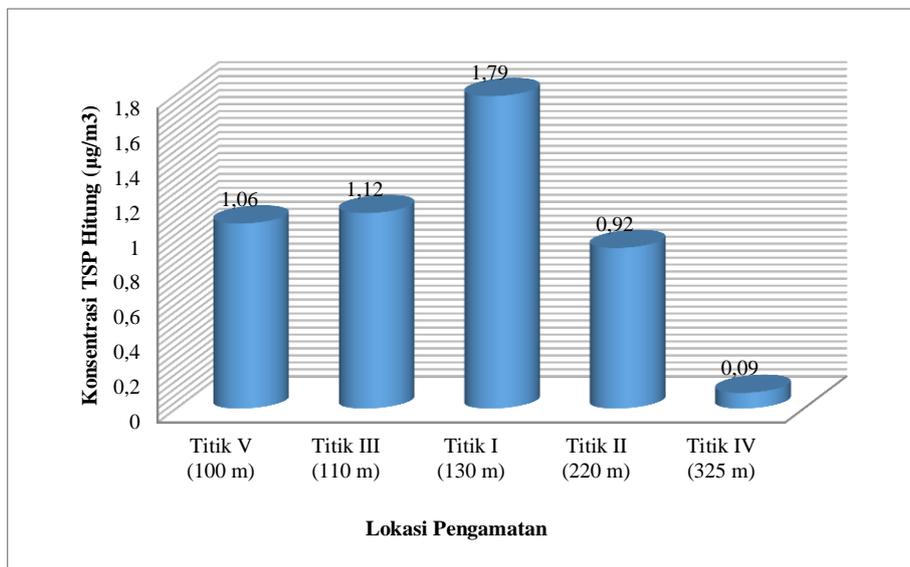
Faktor meteorologi seperti suhu, kecepatan angin dan intensitas radiasi matahari juga mempengaruhi tinggi

rendahnya konsentrasi yang dihasilkan (Cooper and Alley, 1994). Pada titik III kecepatan angin cenderung rendah yaitu $0,77 \text{ m/s}$ dan suhu yang tergolong tinggi yaitu $306,15 \text{ K}$ atau 33°C dibandingkan dengan konsentrasi terendah yaitu di titik V dengan kecepatan angin yang lebih tinggi $0,96 \text{ m/s}$ dan suhu yang tergolong rendah dibandingkan yang lain yaitu $305,5 \text{ K}$ atau 32°C . Pernyataan tersebut sesuai dengan penelitian terdahulu (Silvia dkk, 2013) yang menyatakan faktor meteorologi seperti kecepatan angin, suhu dan kelembaban udara memainkan peran penting dalam menentukan tingkat pencemaran udara.

Selain itu faktor yang mempengaruhi tinggi rendahnya konsentrasi TSP yang dihasilkan adalah pengaruh konsentrasi dari pabrik lain yang beroperasi disekitar pabrik pembangkit yang diteliti, dimana lokasi pabrik pembangkit dan lokasi *sampling* berdekatan dengan KIM 1 yang merupakan kompleks perindustrian.

Kendaraan bermotor juga turut menjadi penyebab tinggi atau rendahnya konsentrasi TSP yang dihasilkan pada saat *sampling* meskipun jarak pengambilan sampel ± 5 m sampai 8 m dari jalan raya.

Untuk menghitung konsentrasi TSP dilakukan perhitungan dengan persamaan *gaussian ground level center line concentration* yang merupakan turunan dari persamaan *gaussian point source*. Input pemodelan ini menggunakan data konversi canter, data kondisi eksisting dan data kondisi meteorologi yang telah didapatkan saat *sampling* kemudian diolah menggunakan *software Ms-Excel*.



Gambar 3. Konsentrasi TSP Hitung

Berdasarkan hasil pemodelan, konsentrasi TSP tertinggi yaitu pada titik I sebesar $1,79 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan jarak 130 m di arah selatan pabrik pembangkit, sedangkan konsentrasi TSP terendah pada titik IV sebesar $0,09 \mu\text{g}/\text{m}^3$ dengan jarak 325 m di arah utara pabrik pembangkit.

Hal ini membuktikan untuk pemodelan dispersi *gauss*, jarak mempengaruhi persebaran polutan dan kurva hasil perhitungan yang didapat mengabaikan refleksi pada kurva *gauss*. Konsentrasi TSP puncak ada pada titik I dengan jarak 130 m kemudian terus mengalami penurunan pada jarak yang semakin jauh dari sumber emisi. Semakin jauh jarak titik sampling dari sumber emisi, semakin kecil konsentrasi yang dihasilkan.

Hal lain yang mempengaruhi tinggi rendahnya konsentrasi TSP hitung adalah faktor meteorologi. Untuk konsentrasi TSP hitung terendah yaitu titik IV dipengaruhi oleh kecepatan angin yang paling kencang sebesar 1,26 m/s, meskipun pada titik ini memiliki suhu yang paling tinggi dibanding titik yang lainnya yaitu 306,75 K atau 33,6°C. Kecepatan angin yang kencang sangat mempengaruhi pola penyebaran polutan di area tersebut. Dimana menurut Budianto (2008), semakin rendah kecepatan angin semakin kecil penyebaran molekul udara.

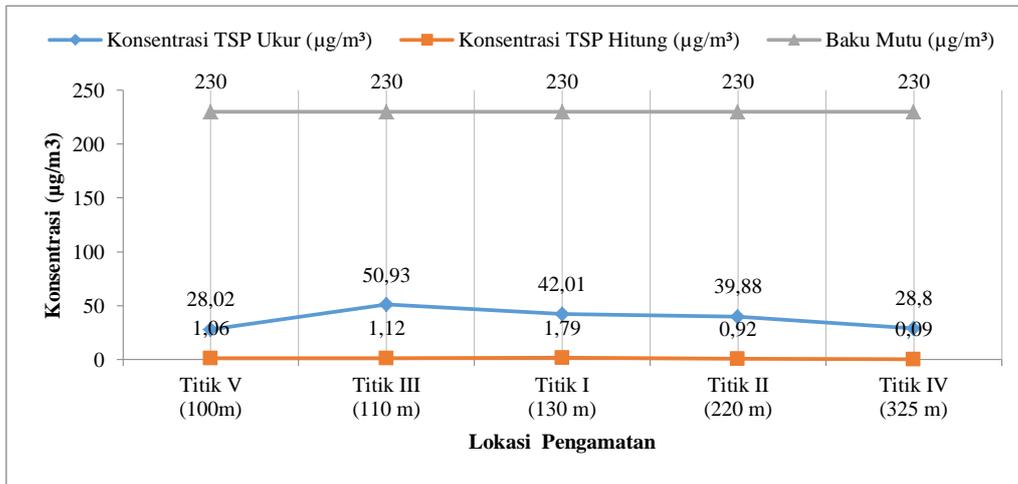
Untuk konsentrasi TSP hitung tertinggi adalah titik I dengan jarak 130 m dari sumber emisi. Titik I merupakan titik yang searah dengan arah angin dominan yaitu arah selatan dari pabrik pembangkit. Titik I memiliki suhu yang tinggi yaitu 304,81 K atau 31,6°C namun kecepatan anginnya hanya 0,36 m/s. Hal tersebut menyebabkan konsentrasi di titik I lebih tinggi dibanding titik yang lainnya. Pernyataan ini sesuai dengan penelitian terdahulu di India (Sivaramasundaram, 2010 dalam Silvia dkk, 2013) yang mempunyai kondisi musim dan meteorologi mirip dengan Indonesia. Konsentrasi TSP meningkat seiring dengan meningkatnya suhu udara,

debu yang teremis semakin ringan, sehingga lebih lama mengendap ke permukaan tanah. Akibatnya dapat terhempas dan terhirup dengan mudah oleh reseptor.

Perbandingan konsentrasi TSP terukur dan TSP hitung dengan pemodelan *gaussian point source* dan baku mutu TSP dapat dilihat pada Gambar 4.

Konsentrasi TSP tertinggi untuk hasil pengukuran yaitu di titik III sebesar $50,93 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sedangkan untuk konsentrasi TSP tertinggi hasil perhitungan ada di titik I sebesar $1,79 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Nilai konsentrasi ini dapat dimasukkan katagori rendah karena nilai ambang baku mutu untuk TSP 24 jam yaitu $230 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berdasarkan PP No. 41 Tahun 1999. Perbandingan konsentrasi TSP hitung lebih kecil dibandingkan konsentrasi TSP terukur. Hal ini disebabkan beberapa faktor, yaitu :

1. Berdasarkan asumsi pemodelan, bahwa polutan TSP hanya berasal dari cerobong asap pabrik pembangkit yang diteliti. Sedangkan saat pengukuran di lapangan TSP sangat dipengaruhi oleh sumber emisi lain seperti aktifitas industri-industri sekitar pabrik pembangkit, aktifitas yang dilakukan penduduk sekitar dan juga polutan dari kendaraan bermotor meskipun pengukuran dilakukan jauh dari jalan raya.
2. Data intensitas radiasi matahari merupakan data sekunder dari BMKG Sampali, sehingga mempengaruhi nilai stabilitas atmosfer dalam mendapatkan konsentrasi TSP hitung.
3. Penyebaran polutan di sekitar lokasi dipengaruhi oleh kondisi topografi yang dikelilingi oleh beberapa bangunan walaupun pengukuran harus dilakukan di lapangan terbuka.
4. Pengaruh kondisi meteorologi yang berbeda di setiap titik saat sampling dan laju produksi pabrik pembangkit turut mempengaruhi konsentrasi TSP saat sampling.



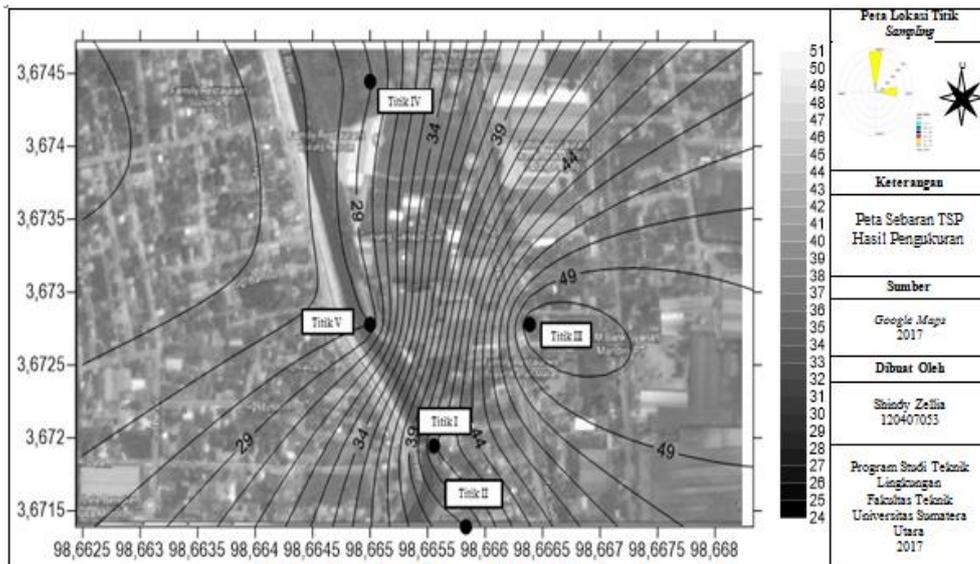
Gambar 4. Konsentrasi TSP Terukur, Konsentrasi TSP Hitung dan Baku Mutu di Pembangkit Listrik Berbahan Bakar Biomassa

Visualisasi menggunakan aplikasi *surfer* versi 11 dilakukan dengan cara memasukkan koordinat titik sampling dan hasil konsentrasi, baik konsentrasi yang didapatkan melalui perhitungan maupun konsentrasi yang didapatkan melalui pengukuran langsung di lapangan.

Hasil analisa dapat dilihat pada Gambar 5 dan 6, dimana Gambar 5 menunjukkan peta penyebaran konsentrasi TSP hasil pengukuran langsung di lapangan. Sedangkan Gambar

6 menunjukkan peta penyebaran konsentrasi TSP hasil perhitungan.

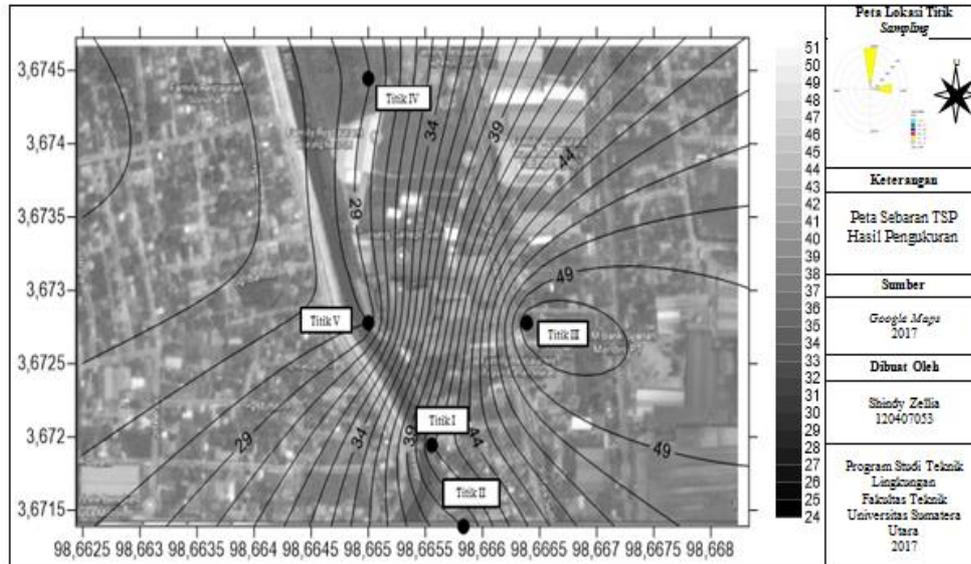
Gambar 5 terlihat bahwa garis kontur semakin rapat ke area pabrik pembangkit, hal ini menunjukkan kepulan polutan mengumpul di area pabrik pembangkit lalu semakin tinggi menuju ke arah timur pabrik pembangkit. Wilayah yang terkena dampak paling tinggi ada di pemukiman sebelah timur dari sumber emisi yaitu di arah timur Kelurahan Kota Bangun.



Gambar 5. Peta Sebaran Konsentrasi TSP Pengukuran di Lapangan

Gambar 6 terlihat bahwa garis kontur semakin rapat menuju ke arah angin dominan yaitu ke arah selatan. Hal ini menunjukkan wilayah yang terkena dampak paling tinggi ada di selatan dari sumber emisi pabrik pembangkit yang berbatasan langsung dengan Kelurahan Tanjung Mulia Hilir dan Kelurahan Mabar Hilir.

Dampak dari terpaparnya TSP secara terus menerus dapat menimbulkan berbagai gangguan kesehatan seperti gangguan saluran pernafasan atas, iritasi mata, kulit dan cepat merasa lelah. Dampak tersebut tidak akan langsung terlihat namun dapat dirasakan dalam jangka waktu yang lama (Panggabean dan Silaban, 2003).



Gambar 6. Peta Sebaran Konsentrasi TSP Pemodelan

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengukuran langsung di lapangan hasil konsentrasi TSP maksimal yaitu titik III dengan jarak 110 m di arah timur dari cerobong pabrik pembangkit sebesar 50,93 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Sedangkan konsentrasi TSP terukur minimal yaitu titik V dengan jarak 100 m di arah barat dari cerobong pabrik pembangkit sebesar 28,02 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Berdasarkan perhitungan pemodelan Gaussian Point Source dengan persamaan Gaussian Ground Level Centerline Concentration, hasil konsentrasi TSP hitung maksimal yaitu titik I dengan jarak 130 m di arah selatan dari cerobong pabrik pembangkit sebesar 1,79 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Sedangkan konsentrasi TSP hitung minimal yaitu titik IV dengan jarak 325 m di arah utara dari sumber cerobong pabrik pembangkit sebesar 0,09 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Berdasarkan hasil penelitian, hasil konsentrasi TSP pengukuran dan pemodelan masih dibawah ambang baku mutu udara ambien PP No. 41 Tahun 1999 yaitu 230 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Konsentrasi TSP pemodelan jauh lebih kecil dibandingkan dengan konsentrasi TSP pengukuran dikarenakan beberapa faktor, salah satunya adalah asumsi pemodelan konsentrasi TSP yang hanya berasal dari cerobong pabrik pembangkit yang diteliti, sedangkan pada kenyataannya banyak faktor lain yang mempengaruhi konsentrasi TSP pada saat pengukuran.

Berdasarkan hasil pemetaan dengan Surfer versi 11, dampak konsentrasi TSP terukur tertinggi yaitu ke arah timur kelurahan Kota Bangun. Sedangkan dampak konsentrasi TSP pemodelan tertinggi yaitu ke arah selatan dari sumber cerobong pabrik pembangkit yang berbatasan langsung

dengan Kelurahan Tanjung Mulia Hilir dan Kelurahan Mabar Hilir.

REFERENSI

- Cooper, C. David dan Alley, F. C. 1994. Air Pollution Control : A Design Approach. Second Edition. USA : Waveland Press, Inc.
- BSN. (2008). SNI 19-7119.6-2005 Tentang High Volume Air Sampler. BSN: Jakarta
- Panggabean, C, R. Dan Silaban, G. 2003. Hubungan Berbagai Konsentrasi Debu Dengan Produktifitas Tenaga Kerja Pada Bagian Produksi Dempul Film Industri Kayu Lapis PT. X Di Provinsi Sumatera Utara. Jurnal Kesehatan Masyarakat Indonesia Vol. 1, No. 1.
- Rahmadhani, A. 2017. Pemodelan Dispersi Pencemaran Udara Sumber Majemuk Industri Semen Di Kabupaten Tuban Jawa Timur. Surabaya : Departemen Teknik Lingkungan Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Sabin, T. J., Bailer-Jones dan Withers, P. J. 2000. Accelerated Learning Using Gaussian Process Models To Predict Static Recrystallization In An Al-Mg Alloy. Modelling Simul. Mater. Sci. Eng, 8:687-706.
- Silvia, Windi. Dkk. 2013. Studi Kualitas Udara Parameter Total Suspended Particulate (Studi Kasus: UKM CV Ligar). Jakarta : Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Siswanto, S. 2010. Analisis Keekonomian Harga Listrik Pembangkit Listrik Tenaga Biomassa di Kabupaten Lampung Tengah. Program Magister Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Indonesia