PEMANTAUAN KUALITAS UDARA AMBIEN DAN PEMODELAN *GAUSS DISPERSION* UNTUK PARAMETER NITROGEN DIOKSIDA (NO_2) DARI EMISI INDUSTRI KAYU LAPIS DI DUSUN KALIMATI, TIRTOMARTANI, KALASAN, SLEMAN, D.I YOGYAKARTA

Ambient Air Quality Monitoring And Gauss Dispersion Modelling For Gaseous Nitrogen Dioxide (NO_2) From The Plywood Industry In Dusun Kalimati, Tirtomartani, Kalasan, Sleman, D.I Yogyakarta

Indah Suci Ramadhani[1], Supriyanto[2]
Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia.
Email: insurdh@gmail.com[1] , supri.yanto@uii.ac.id[2]

ABSTRAK

Perkembangan industri di Indonesia meningkat dengan pesat. Kondisi ini tak dapat terlepas dari peran industri kayu lapis. Industi kayu lapis yang berada pada kawasan pemukiman di Dusun Kalimati, Tirtomartani, Kalasan, Sleman, D.I Yogyakarta dalam proses produksinya menghasilkan emisi udara yang berasal dari cerobong boiler yang digunakan sehingga dapat berdampak pada kualitas udara pada daerah tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi Nitrogen dioksida (NO_2) dan konsentrasi distribusi udara ambien serta kontribusi emisi kayu lapis. Metode pengujian mengacu pada SNI 19-7119.2-2005 cara uji kadar nitrogen dioksida (NO_2) dengan metode Griess Saltzman menggunakan spektrofotometer dan menggunakan pemodelan Dispersi Gauss untuk mengetahui distribusinya. Hasil Penelitian konsentrasi pemantauan langsung parameter NO_2 pada bulan Desember di titik 1 sebesar 0,498 µg/Nm³ dan titik 2 sebesar 0,249 µg/Nm³. Hasil konsentrasi rata-rata NO_2 dengan pemodelan dispersi Gauss pada bulan Desember di titik 1 sebesar 2,48 x 10^{-21} µg/Nm³ dan titik 2 sebesar 0,193 µg/Nm³. Kontribusi emisi industri kayu lapis pada titik 1 sebesar 0 % dan titik 2 sebesar 385%.

Kata kunci:Nitrogen Dioksida (NO_2), Industri Kayu Lapis, Griess Saltzman, Pemodelan Gauss Dispersion

ABSTRACT

Industrial development in Indonesia is growing rapidly. This condition can not be separated from the role of the plywood industry. The plywood industry located around Dusun Kalimati, Tirtomartani, Kalasan, Sleman, D.I Yogyakarta in the production process that produces emissions from flue boiler which has the potential of air pollution. This study was conducted to determine the concentration of NO_2 and determine the concentration distribusion of NO_2 and also contribution of plywood industry emission for ambient air quality. The NO_2 sample testing method refers to SNI 19-7119.2-2005 a Griess Saltzman method using the spectrophotometer and using Gauss Dispersion Model for distribusion of NO_2. Results of monitoring the concentration of NO_2 parameter in December 2016 in point 1 amounted 0,4988 µg/Nm³ and point 2 amounted 0,249 µg/Nm³. Results Gauss Dispersion Model in point 1 amounted 2,48 x 102[1]µg /Nm³ and point 2 amounted 3,598 x 10^{-7}µg /Nm³. Contribution of plywood industry emision in point 1 amounted 0% and point 2 amounted 385%.

Keyword: Nitrogen Diokside (NO_2) , Plywood Industry, Griess Saltzman, Gauss Dispersion Model

I. PENDAHULUAN

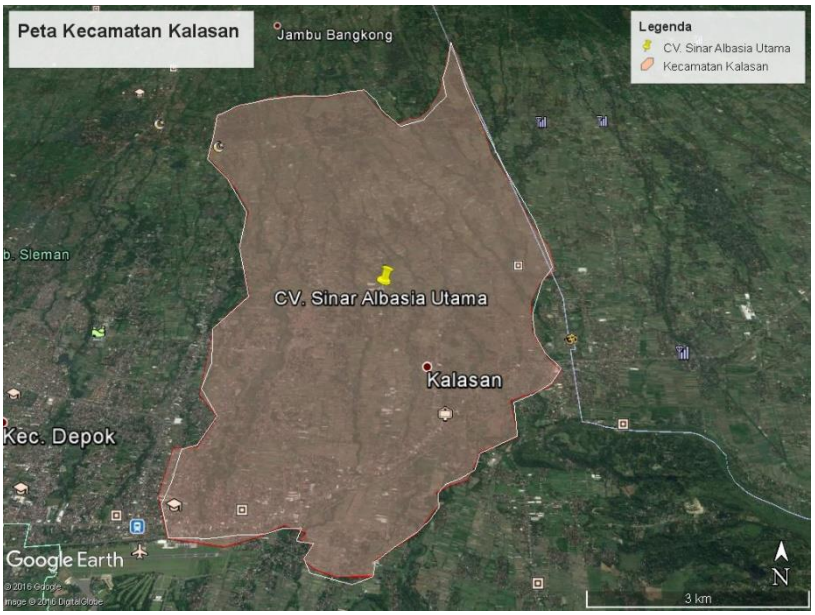
Meningkatnya laju pertumbuhan industri sangat diperlukan untuk meningkatkan pertumbuhan perekonomian masyarakat. Disisi lain, peningkatan industri ini akan selalu diikuti dengan meningkatnya tingkat pencemaran yang mengakibatkan turunnya kualitas lingkungannya. Perkembangan industri di Indonesia meningkat dengan pesat. Kondisi ini tak dapat terlepas dari peran industri kayu lapis yang berproduksi sebagai upaya pemenuhan kebutuhan manusia. Industi kayu lapis yang berada pada kawasan pemukiman di Dusun Kalimati dalam proses produksinya menghasilkan emisi udara yang berasal dari cerobong *boiler* yang digunakan sehingga dapat berdampak pada kualitas udara pada daerah tersebut. Salah satu unsur pencemar udara yang dihasilkan adalah gas Nulfur Dioksida (NO_2). Gas NO_2 ini sangat berbahaya bagi kesehatan manusia karena dapat menyebabkan gangguan pernapasan (penurunan kapasitas difusi paru-paru), juga dapat merusak tanaman.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi kualitas udara ambien untuk parameter Nitrogen dioksida (NO_2) dan bagaimana distribusinya serta kontribusi emisi kayu lapis terhadap kualitas udara ambien di Dusun Kalimati, Tirtomartani, Kalasan, Sleman D.I.Yogyakarta. Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi terkait kualitas udara ambien untuk parameter NO_2 di sekitar dusun Kalimati, memberikan informasi terkait konsentrasi distribusi udara ambien, serta memberikan informasi kontribusi emisi kayu lapis terhadap kualitas udara ambien.

II. METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi Penelitian

Lokasi penelitian berada di sekitar industri kayu lapis di Dusun Kalimati, Tirtomartani, Kalasan, Sleman, Yogyakarta. Pengukuran sampel uji dilakukan pada dua titik pemantauan di sekitar industri. Titik 2 menunjukkan searah dengan mata angin sedangkan titik 1 tidak, sehingga dapat dilakukan perbandingan hasil pemantauan antara kedua titik pemantauan. Peta Kecamatan dan lokasi dapat dilihat pada **Gambar 1** dan **Gambar 2.**



Gambar 1. Peta Kecamatan Kalasan



Gambar 2. Titik Lokasi Penelitian

Titik koordinat lokasi cerobong dapat dilihat pada **Tabel 1** dan titik koordinat lokasi pemantauan dapat dilihat pada **Tabel 2.**

Tabel 1 Titik Koordinat Cerobong

Ket.	Wilayah Administrasi	Titik Koordinat
Cerobong Industri	Dusun Babadan, Purwomartani, Kalasan, Yogyakarta	LS 7°44’26.67” BT 110°27’45.47”

Tabel 2 Titik Koordinat Lokasi Pemantauan

Ket.	Wilayah Administrasi	Titik Koordinat
Titik 1	Dusun Kalimati, Tirtomartani, Kalasan, Kab.Sleman, D.I. Yogyakarta	LS 7°44’25.7028” BT 110°27’50.6016”
Titik 2		LS 7°44’20.598” BT 110°27’47.1456”

Berdasarkan hasil pemantauan yang telah dilakukan, kondisi lingkungan pada saat pemantauan dapat dilihat pada **Gambar 3** dan **Gambar 4**.



Gambar 3 Kondisi Lingkungan di Titik 1



Gambar 4 Kondisi Lingkungan di Titik 2

2.2 Waktu Penelitian

Waktu penelitian dilakukan selama bulan Oktober sampai dengan Desember 2016, setiap hari Senin siang dan Kamis pagi yang berlokasi di Dusun Kalimati Desa Tirtomartani Kecamatan Kalasan Kabupaten Sleman. Waktu penelitian dapat dilihat pada **Tabel 2.**

Tabel 2. Waktu Penelitian

Hari	Keterangan	Waktu Pengukuran	Lama Pengukuran
Senin	Siang	13.00 - 14.00	1 Jam
Kamis	Pagi	09.00 - 10.00	1 Jam

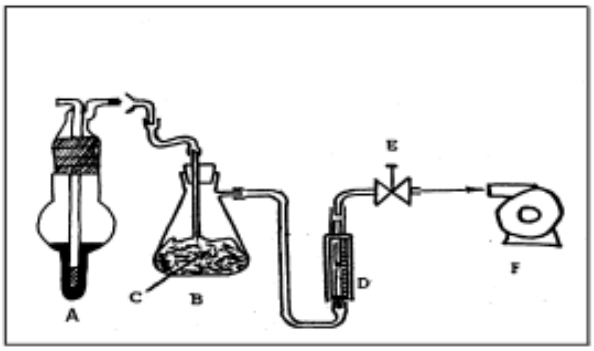
**Selasa dilakukan apabila hari senin libur*

3.2 Metode Penelitian

3.2.1 Pengambilan Contoh Uji

Pengambilan contoh uji kadar NO_2 menggunakan alat impinger dengan metode *Griess Saltzman* dengan spektrofotometer. Prosedur pengujian mengacu pada SNI 19-7119.2-2005 cara uji kadar nitrogen dioksida (NO_2) dengan metode *Griess Saltzman* menggunakan spektrofotometer. Prinsip pengujian yakni gas nitrogen dioksida dijerap dalam larutan *Griess Saltzman* sehingga

membentuk suatu senyawa *azo dye* berwarna merah muda yang stabil setelah 15 menit. Kosentrasi larutan ditentukan secara spektrofotometri pada panjang gelombang 550 nm.

1 

Gambar 5. Rangkain Peralatan Pengambil Contoh Uji NO_2

Keterangan Gambar:

A = Botol penjerap (*fritted bubbler*)

B = Perangkap uap (*mist trap*)

C = Arang aktif atau *soda lime*

D = *Flow meter* yang dapat mengukur laju alir 0,4 L/menit

E = Kran pengatur

F = Pompa

- Volume contoh uji udara yang diambil
  Volume contoh uji udara yang dambil dikoreksi pada kondisi normal (25ºC, 760 mmHg) dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$V = \frac{F_1+F_2}{2} \times t \times \frac{P_a}{T_a} \times \frac{298}{760} \quad \text{.....(1)}$$

- Kosentrasi NO_2 di udara ambien
  Konsentrasi SO_2 dalam contoh uji untuk pengambilan contoh uji selama 1 jam dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$C = \frac{b}{V} \times \frac{10}{25} \times 1000 \quad \text{.....(2)}$$

- Koefisien Korelasi

  Koefesien korelasi menunjukkan kekuatan (strength) hubungan linear dan arah hubungan dua variabel. (Jonathan, 2006)

  Koefisien korelasi dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$rk = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{xi-\bar{x}}{Sx}\right)\left(\frac{yi-\bar{y}}{Sy}\right) \text{.....(3)}$$

- Kontribusi NO_2 dari emisi industri kayu lapis terhadap udara ambien

  Kontribusi NO_2 dari emisi industri kayu lapis terhadap udara ambien dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\%\ Kontribusi = \frac{Konsentrasi\ Model}{Konsentrasi\ Sampling} \text{ x 100\%.....(4)}$$

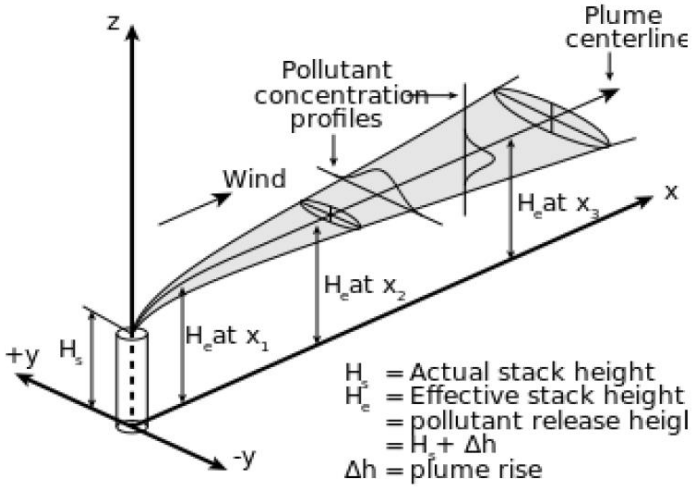
3.2.2 Pemodelan *Gauss Dispersion*

Persamaan *Gauss Dispersion* digunakan dalam mengetahui penyebaran pencemar. Pada persamaan Gauss, penyebaran pencemar pada arah vertikal dan horizontal diasumsikan terjadi secara difusi yang sederhana di sepanjang arah angin berhembus. Berikut adalah bentuk persamaannya:

$$C(x,y) = \frac{Q}{\pi\, vh\, \sigma y\, \sigma z}\exp\left(\frac{-H^2}{2\,\sigma z^2}\right)\exp\left(\frac{-y^2}{2\,\sigma y^2}\right) \text{.....(5)}$$

Persamaan tersebut memiliki beberapa asumsi, yaitu:

- Tingkat emisi dari sumber konstan
- Kecepatan angin adalah konstan baik terhadap waktu dan dengan elevasi
- Polutan konservatif; yaitu, tidak hilang oleh pembusukan, reaksi atau deposisi kimia. Ketika menyentuh tanah, tidak ada yang diserap, dan semua terefleksi.
- Dataran yang relatif datar, negara terbuka.



Gambar 6. Distribusi Gauss

Untuk menentukan tinggi efektif, menggunakan persamaan berikut:

$$H = \Delta h + h \quad \text{.....(6)}$$

Untuk kondisi netral atau tidak stabil (Kelas A – D) dalam mengestimasi tinggi kepulan asap menggunakan persamaan matematis berikut ini :

$$\Delta h = \frac{1{,}6\, F^{\frac{1}{3}} xf^{\frac{2}{3}}}{vh} \quad \text{.....(7)}$$

Nilai F dicari menggunakan rumus sebagai berikut :

$$F = gr^2 vs \left(1 - \frac{Ta}{Ts}\right) \quad \text{.....(8)}$$

Saat kondisi netral atau tidak stabil, penentuan xf agak sulit karena kepulan asap pada garis tengah berhenti untuk naik sehingga dapat menggunakan persamaan berikut ini :

$$Xf = 120\, F^{0,4} \;\; jika\, F \;\geq 55 \frac{m^4}{s^3} \quad \text{.....(9)}$$

$$Xf = 50\, F^{\frac{5}{8}} \;\; jika\, F < \; 55\, m^4/s^3 \quad \text{.....(10)}$$

Untuk menentukan kecepatan angin pada saat tinggi efektif cerobong menggunakan persamaan berikut:

$$\frac{uH}{ua} = \; (\frac{H}{Za})^p \quad \text{.....(11)}$$

Dalam **Tabel 3** diberikan nilai *p* yang direkomendasi oleh EPA untuk permukaan yang kasar di sekitar anemometer. (Peterson, 1978 dalam Gilbert & Ela, 2008). Stabilitas yang digunakan mengacu kepada stabilitas atmosfir didalam **Tabel 4.**

Tabel 3 Profil nilai eksponen *p* berdasarkan kelas stabilitas atmosfer

Kelas Stabilisasi	**Deskripsi**	**Exponent *p***
A	Sangat tidak stabil	0,15
B	Cukup tidak stabil	0,15
C	Sedikit tidak stabil	0,20
D	Netral	0,25
E	Sedikit stabil	0,40
F	Stabil	0,60

Sumber: Peterson, 1978 dalam Gilbert & Ela, 2008

Stabilitas atmosfer merupakan salah satu parameter untuk penentuan dispersi, Berikut ini adalah tabel kategori stabilitas atmosfer menurut Pasquill untuk tiap kelas:

Tabel 4 Klasifikasi Stabilitas Atmosfir

Kecepatan Angin Permukaan (m/s)[a]	**Siang Hari dengan pancaran sinar matahari**			**Malam Hari dengan derajat awan[e]**	
	Kuat[b]	**Sedang[c]**	**Lemah[d]**	**Banyak (≥ 4/8)**	**Bersih (≤ 3/8)**
< 2	A	A - B	B	E	F
2 - 3	A - B	B - C	C	E	F
3 - 5	B	B - C	C	D	E
5 - 6	C	C - D	D	D	D
> 6	C	D	D	D	D

Sumber : Turner, 1970 dalam Gilbert & Ela, 2008

Dengan keterangan sebagai berikut:

a. Kecepatan angin diukur pada tinggi 10 meter.
b. Pada musim panas dengan matahari pada 60^o diatas horison.
c. Pada musim panas dengan awan sedikit menutup langit, atau hari terang dengan lokasi matahari 35 – 60^o diatas horison.
d. Musim kemarau siang hari, musim panas berawan, atau musim panas cerah dengan lokasi matahari 15 - 35 ^{o} diatas horison.
e. Bagian langit tertutup awan (mendung)

Untuk menentukan dispersi horizontal dan dispersi vertikal menggunakan persamaan berikut:

$$\sigma y = a\, x^{0,894} \quad \text{.....(12)}$$

$$\sigma z = c\, x^{d} + f \quad \text{.....(13)}$$

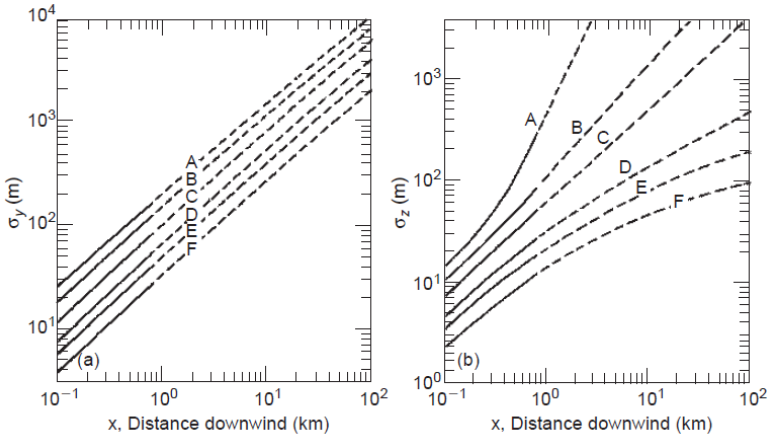
Berikut ini merupakan tabel keterangan dari tiap kelas stabilitas atmosfer:

Tabel 5. Keterangan Tiap Kelas Stabilitas Atmosfer

Stabilitas	**Keterangan**
A	Sangat tidak stabil
B	Cukup tidak stabil
C	Sedikit tidak stabil
D	Netral
E	Sedikit stabil
F	Stabil

Sumber : Peterson, 1978 dalam Gilbert & Ela,2008

Berikut merupakan grafik untuk estimasi dari σy dan σz untuk masing-masing kelas stabilitas Pasquill sebagai fungsi dari jarak sumber dengan penerima:



Gambar 7. Grafik σy dan σz

Sumber: Vallero, 2008

Dalam persamaan tersebut, konstanta *a,c,d* dan *f* berbeda-beda untuk tiap kelas stabilitas atmosfer, sesuai dengan jarak *downwind* dinyatakan dengan *x* dalam kilometer untuk menentukan σy dan σz dalam meter. Berikut ini adalah tabel nilai konstanta sesuai dengan jarak *x*:

Tabel 6 Konstanta *a*, *c*, *d* dan *f* Berdasarkan Tiap Kelas Stabilitas Atmosfer

Stabilitas	a	x ≤ 1 km			x ≥ 1 km		
		c	d	f	c	d	f
A	213	440,8	1,941	9,27	459,7	2,094	-9,6
B	156	106,6	1,149	3,3	108,2	1,098	2
C	104	61	0,911	0	61	0,911	0
D	68	33,2	0,725	-1,7	44,5	0,516	-13
E	50,5	22,8	0,678	-1,3	55,4	0,305	-34
F	34	14,35	0,74	-0,35	62,6	0,18	-48,6

Sumber : Martin,1976 dalam Gilbert & Ela, 2008

Tabel 7. Daftar Notasi

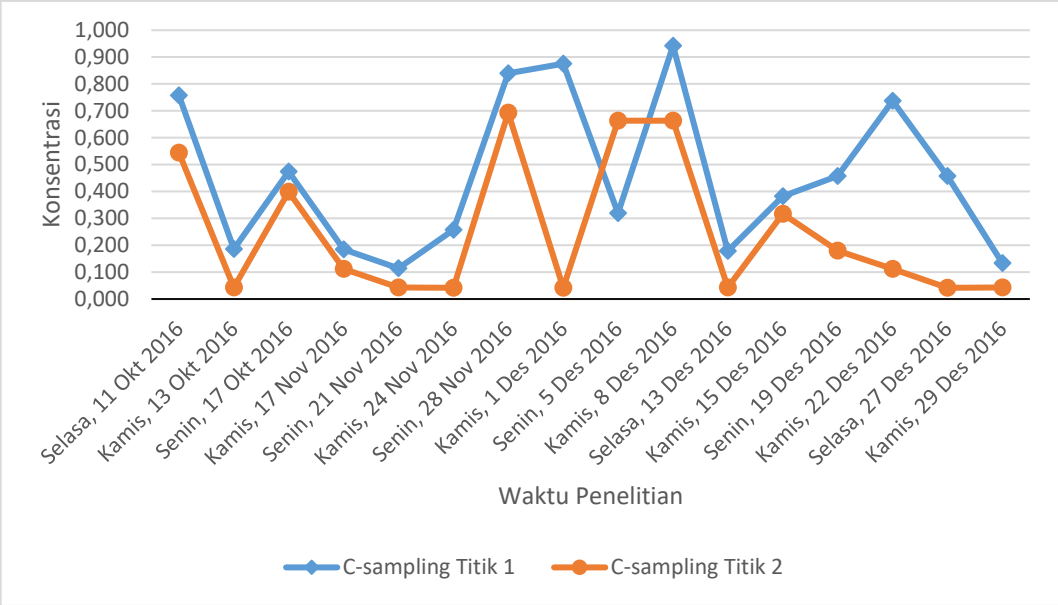
V	= Volume udara yang dihisap (L)
F1	= Laju alir akhir (L/menit)
F2	= Laju alir akhir (L/menit)
t	= Durasi pengambilan contoh uji (menit)
Pa	= Tekanan barometer rata-rata selama pengambilan contoh uji (mmHg)
Ta	= Temperatur rata-rata selama pengambilan contoh uji (K)
298	= Konversi temperatuur pada kondisi normal (25ºC) kedalam Kelvin
760	= Tekanan udara standar (µg/Nm^3)
Cs	= Konsentrasi sampling NO_2 di udara (µg/Nm^3)
b	= Jumlah NO_2 dari contoh uji hasil perhitungan kurva kalibrasi (µg)

10/25	= Faktor pengenceran
1000	= Konversi liter ke m^3
Cm	= Konsentrasi pemodelan NO_2 ($\mu g/Nm^3$)
Q	= Laju emisi (g/s)
σy, σz	= Parameter dispersi horizontal dan vertikal
u_H	= Kecepatan rata-rara angin pada tinggi efektif *stack* (m/s)
y	= Jarak horizontal dari titik tengah *plume* (m)
z	= Jarak vertikal dari tanah (m)
h	= Tinggi cerobong (m)
Δh	= Tinggi kepulan asap (m)
H	= Tinggi *stack* efektif (m)
F	= *buoyancy flux parameter* (m^4/s^3)
Xf	= jarak *downwind* ke titik akhir dari kepulan asap (m)
υh	= Kecepatan angin pada ketinggian cerobong (m/s)
u_z	= Kecepatangan angin pada ketinggian 10 m (m/s)
Vs	= Kecepatan gas yang keluar dari cerobong (m/s)
P	= Tekanan (kPa)
Ts	= Temperatur cerobong (°K)
T_{am}	= Temperatur udara ambien (°K)
X	= Jarak (Km)
a,c,d,f	= Tetapan konstanta pada jarak x
xi	= Suhu atau tekanan pada hari tersebut
y	= Konsentrasi pada hari tersebut
$\bar{x}ı$	= Rata-rata suhu atau tekanan pada hari tersebut
ȳ	= Rata-rata konsentrasi pada hari tersebut
Sx	= Simpangan baku x
Sy	= Simpangan baku y
rk	= Koefisien Korelasi
n	= Jumlah Data

III. HASIL PENGAMATAN DAN ANALISIS DATA

3.1 Perbandingan Konsentrasi Pemantauan NO_2 di Titik 1 dan Titik 2

Perbandingan hasil pemantauan langsung NO_2 di titik 1 dan titik 2 dapat dilihat pada **Gambar 8** Perbandingan Konsentrasi pemantauan NO_2 di Titik 1 dan Titik 2



Gambar 8 Perbandingan Konsentrasi Pemantauan NO_2 di Titik 1 dan Titik 2

Dilihat dari **Gambar 8,** rata-rata konsentrasi di titik 2 lebih rendah dibandingkan konsentrasi dititik 1, yakni 0,498 µg/Nm³ untuk titik 1 dan 0,249 µg/Nm³ untuk titik 2. Hal ini disebabkan oleh jarak titik 1 lebih dekat dengan sumber emisi cerobong *boiler* dibandingkan dengan titik 2. Selain itu, pada titik 2 terdapat banyak pohon yang dapat menyerap polutan, sehingga menyebabkan konsentrasi di titik 2 menjadi lebih kecil dibandingkan dengan titik 1.

Dalam penelitian (Permatasari, Sasongko, & Buchori, 2014) yang dilakukan di Bukit Semarang Baru di Kecamatan Mijen, Kota Semarang dalam waktu penelitian selama 2 minggu dengan 15 titik pengujian, didapatkan hasil konsentrasi rata-rata NO_2 pada pagi hari sebesar 21,9594 µg/Nm³ dan pada siang hari sebesar 20,222 µg/Nm³. Sedangkan pada penelitian ini dalam waktu penelitian selama bulan Desember dengan 2 titik pengujian, didapatkan hasil konsentrasi rata-rata NO_2 pada pagi hari sebesar 0,4245 µg/Nm³ dan pada siang hari sebesar 0,2925 µg/Nm³. Terlihat perbedaan konsentrasi yang sangat besar, hal ini dikarenakan lokasi penelitian yang dilakukan oleh Permatasari, dkk, 2014 berada pada pemukiman skala besar yang didalamnya terdapat tempat bekerja, berbelanja, pendidikan, dan rekreasi sehingga nyebabkan peningkatan emisi dari aktifitas transportasi dan industri. Sedangkan pada penelitian ini, dilakukan pada pemukiman penduduk sedang yang tergolong masih memiliki banyak pepohonan di sekitar pemukimannya.

Dalam penelitian (Prayudi, 2003) yang dilakukan di industri pengecoran logam di Kecamatan Ceper, Kabupaten Klaten, Jawa tengah dalam waktu penelitian selama 3 hari dengan 3 titik pengujian yang waktu pengujiannya dilakukan secara acak dengan dua kali pengulangan pada pagi/siang dan sore/malam. Didapatkan hasil konsentrasi rata-rata NO_2 untuk ketiga titik pengujian sebesar 10,291 µg/Nm³ pada pagi/siang hari dan sebesar 7,204 µg/Nm³ pada sore/malam hari . Terlihat perbedaan konsentrasi yang sangat besar, hal ini dikarenakan pada industri pengecoran logam menghasilkan pencemar NO_2 yang lebih banyak dibandingkan dengan industri kayu lapis, sehingga konsentrasi NO_2 di udara ambien di sekitar industri pengecoran logam menjadi lebih besar.

Tinggi rendahnya konsentrasi NO_2 yang didapatkan dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti suhu, tekanan udara, serta arah dan kecepatan angin. Dalam penelitian (Anthika, Syech, & Sugianto, 2014) menunjukkan bahawa terdapat pengaruh suhu, kelembaban udara dan kecepatan angin terhadap akumulasi Nitrogen Dioksida (NO_2). Suhu udara yang tinggi, kelembaban udara yang rendah serta kecepatan angin yang tinggi menyebabkan konsentrasi NO dan NO_2 rendah, sedangkan suhu udara yang rendah, kelembaban udara yang tinggi dan kecepatan angin yang rendah menyebabkan konsentrasi menjadi tinggi. Kecepatan angin yang tinggi menyebabkan penyebaran udara ke daerah yang lebih luas terjadi dengan cepat sehingga konsentrasi menjadi rendah. Kecepatan angin yang rendah menyebabkan penyebaran udara ke ruang yang lebih luas menjadi lambat dan terakumulasi di sekitar stasiun sehingga konsentrasi NO_2 menjadi tinggi. (Anthika, Syech, & Sugianto, 2014)

Sedangkan dalam penelitian (L & Sudarno, 2012) menunjukkan bahwa terdapat hubungan negatif atau berbalik antara kelembaban udara dengan konsentrasi NO_2, yakni jika kelembaban udara besar, maka konsentrasi NO_2 menjadi rendah. Hubungan antara suhu dengan konsentrasi NO_2 terdapat hubungan positif atau searah, yakni jika suhu besar, maka konsentrasi NO_2 menjadi tinggi. Selain itu, hubungan antara arah dan kecepatan angin dengan konsentrasi NO_2 terdapat hubungan negatif atau berbalik, yakni jika kecepatan angin besar, maka konsentrasi NO_2 menjadi rendah.

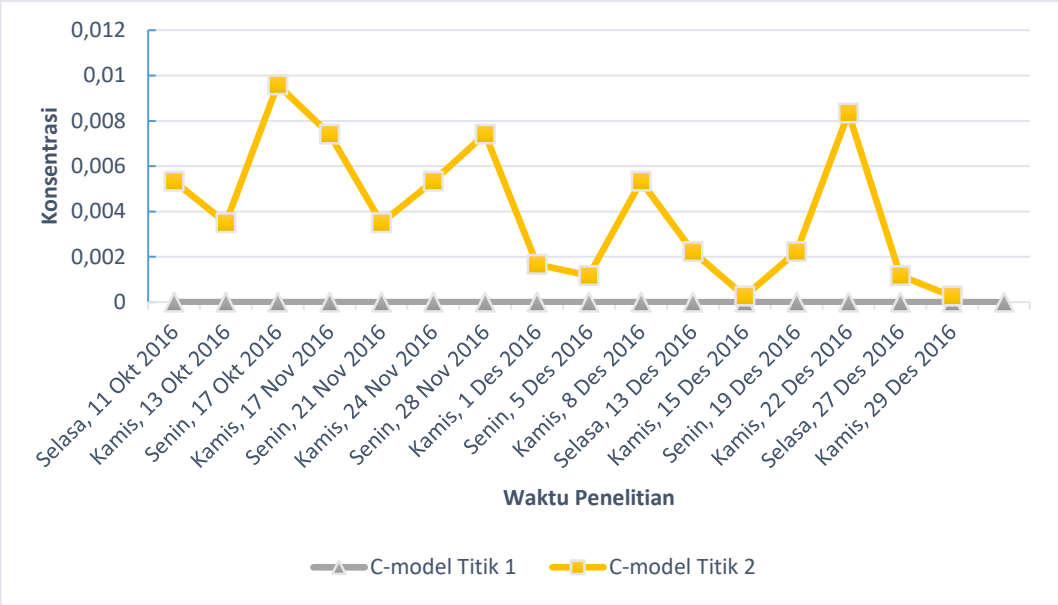
Berdasarkan persamaan untuk menghitung konsentrasi NO_2 di udara ambien yang terdapat didalam SNI 19-7119.2-2005, konsentrasi NO_2 dipengaruhi oleh suhu dan tekanan. Konsentrasi NO_2 berbanding lurus dengan suhu dan berbanding terbalik dengan tekanan. Apabila suhu pada saat pemantauan tinggi maka volume contoh uji udara yang diambil menjadi lebih kecil dan konsentrasi NO_2 di udara ambien menjadi lebih tinggi. Sedangkan apabila suhu pada saat pemantauan rendah maka volume contoh uji udara yang diambil menjadi lebih besar dan konsentrasi NO_2 di udara ambien menjadi lebih rendah. Berbanding terbalik dengan tekanan udara, apabila tekanan udara rendah maka konsentrasi NO_2 di udara ambien menjadi lebih rendah. Sedangkan apabila tekanan udara tinggi maka konsentrasi NO_2 di udara ambien menjadi lebih tinggi.

Dalam penelitian ini, berdasarkan perhitungan koefisien korelasi yang dilakukan, diketahui bahwa tidak terdapat hubungan antara suhu dan konsentrasi NO_2. Selain itu, tidak terdapat hubungan antara tekanan udara dan konsentrasi NO_2.

Berdasarkan Keputusan Gubernur D.I Yogyakarta Nomor 153 Tahun 2002 tentang Baku Mutu Udara Ambien untuk pengukuran selama 1 (satu) jam, yakni sebesar 400 $\mu g/Nm^3$, maka konsentrasi untuk NO_2 masih sangat jauh dari batas maksimal Baku Mutu Udara Ambien (BMUA). Dari hasil rata-rata konsentrasi pada bulan Desember disimpulkan untuk pencemar NO_2 tertinggi berada pada pagi hari meskipun konsentrasinya tidak jauh berbeda dengan rata-rata konsentrasi pada siang hari. Hal ini dikarenakan aktivitas penghasil pencemar NO_2 banyak dilakukan pada pagi hari, seperti aktivitas industri dari emisi cerobong *boiler* dan aktivitas manusia dari kendaraan bermotor.

3.2 Perbandingan Pemodelan dengan Dispersi Gauss pada Titik 1 dan Titik 2

Berikut merupakan perbandingan pemodelan NO_2 dengan Dispersi Gauss pada titik 1 dan titik 2:



Gambar 9. Perbandingan Pemodelan NO_2 dengan Dispersi Gauss pada Titik 1 dan Titik 2

Dilihat dari **Gambar 9**, konsentrasi pemodelan di titik 1 lebih rendah dibandingkan konsentrasi dititik 2, yakni 2,438 x 10^{-21} µg/Nm³ untuk titik 1 dan 0,252 µg/Nm³ untuk titik 2. Hal ini disebabkan karena pada titik 2 merupakan lokasi dengan arah angin dominan, selain itu arah dispersi pada titik 2 hanya pada jarak vertikal (σz) sedangkan pada titik 1 arah dispersi pada jarak horizontal (σy) dan vertikal (σz) sehingga penyebaran polutan semakin luas yang menyebabkan konsentrasi menjadi lebih kecil. Selain itu faktor kecepatan angin dan tinggi efektif juga mempengaruhi, semakin besar kecepatan angin dan tinggi efektif maka konsentrasi menjadi semakin kecil.

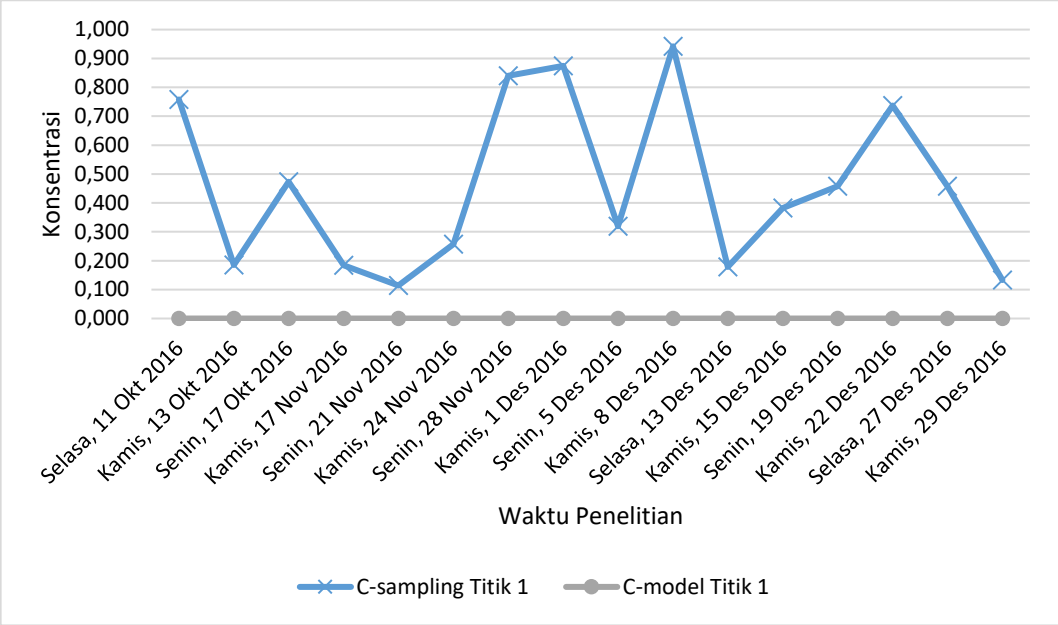
Dalam penelitian (Permatasari, Sasongko, & Buchori, 2014) yang dilakukan di Bukit Semarang Baru di Kecamatan Mijen, Kota Semarang dalam waktu penelitian selama 2 minggu dengan 15 titik pengujian, didapatkan hasil konsentrasi rata-rata pemodelan NO_2 untuk sumber titik pada pagi hari sebesar 1,48274 µg/Nm³ dan pada siang hari sebesar 1,742 µg/Nm³. Sedangkan pada penelitian ini dalam waktu penelitian selama bulan Desember dengan 2 titik pengujian, didapatkan hasil konsentrasi rata-rata pemodelan NO_2 pada pagi hari sebesar 0,105 µg/Nm³ dan pada siang hari sebesar 0,085 µg/Nm³. Terlihat perbedaan konsentrasi yang sangat besar, hal ini dikarenakan konsentrasi emisi pencemar NO_2 dari penelitian (Permatasari, dkk, 2004) lebih besar dibandingkan dengan konsentrasi emisi pencemar NO_2 dari industri kayu lapis.

Tinggi rendahnya konsentrasi pemodelan NO_2 yang didapatkan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yakni lokasi dan jarak pengamatan dari lokasi pencemar, stabilitas atmosfir, kecepatan angin, dan arah angin. Lokasi pengamatan yang searah dengan arah angin akan menyebabkan konsentrasi NO_2 menjadi lebih tinggi, karena angin membawa pencemar ke ara pemantauan. Sedangkan jarak pengamatan yang semakin jauh akan menyebabkan konsentrasi NO_2 menjadi lebih rendah. Stabilitas atmosfir merupakan salah satu parameter untuk penentuan dispersi. Stabilitas atmosfir didasarkan pada kecepatan angin dan kondisi cuaca pada saat pengamatan. Stabilitas atmosfir yang sangat tidak stabil akan menyebabkan dispersi menjadi lebih besar dan menyebabkan konsentrasi NO_2 menjadi lebih tinggi. Kecepatan angin juga mempengaruhi tinggi efektif cerobong. Kecepatan angin yang

tinggi akan menyebabkan konsentrasi NO_2 menjadi lebih rendah, hal ini disebabkan karena penyebaran udara ke daerah yang lebih luas terjadi dengan cepat sehingga konsentrasi menjadi rendah.

3.3 Perbandingan Konsentrasi Pemantauan Langsung dan Pemodelan Dispersi Gauss di Titik 1

Perbandingan hasil pemantauan langsung dan pemodelan *Gauss* NO_2 di titik 1 dapat dilihat pada **Gambar 10.** Perbandingan Konsentrasi pemantauan Langsung dan Pemodelan NO_2 di Titik 1



Gambar 10 Perbandingan Konsentrasi Pemantauan Langsung dan Pemodelan NO_2 di Titik 1

Dilihat dari **Gambar 10**, konsentrasi pemodelan lebih rendah dibandingkan dengan konsentrasi pemantauan langsung. Hal ini disebabkan karena konsentrasi pada saat pemantauan langsung tidak hanya berasal dari emisi cerobong *boiler*, melainkan berasal dari berbagai sumber pencemar seperti aktivitas manusia (kendaraan bermotor dan pembakaran). Sedangkan konsentrasi pada pemodelan hanya berdasarkan pada emisi cerobong *boiler*, sehingga konsentrasi menjadi lebih kecil.

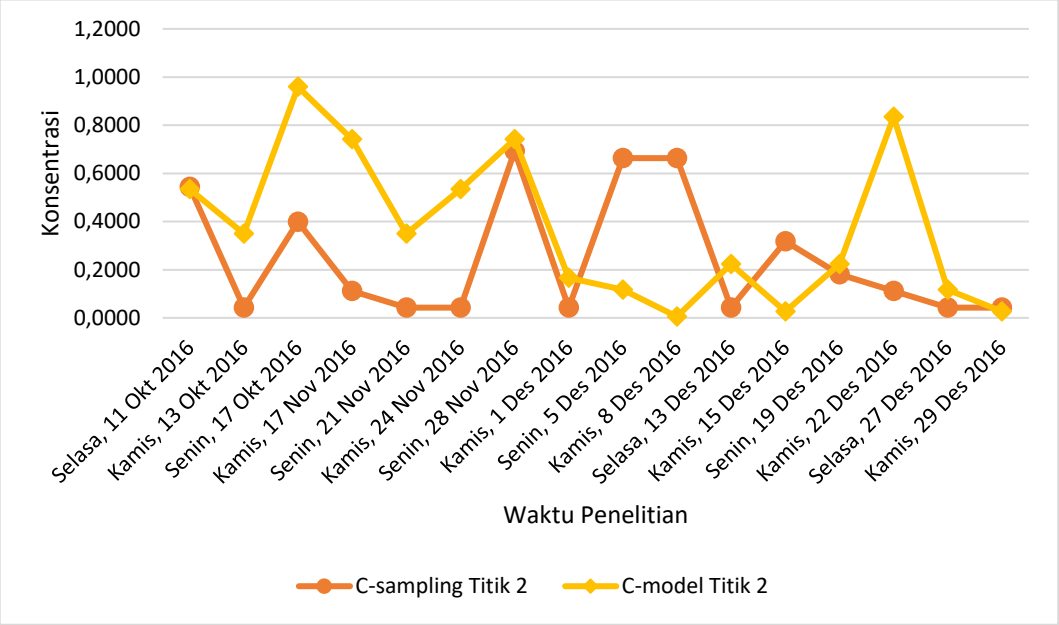
Berdasarkan penelitian (Permatasari, Sasongko, & Buchori, 2014) yang dilakukan di Bukit Semarang Baru di Kecamatan Mijen, Kota Semarang dalam waktu penelitian selama 2 minggu dengan 15 titik pengujian, didapatkan hasil konsentrasi rata-rata NO_2 pada pagi hari sebesar 21,9594 µg/Nm³ dan pada siang hari sebesar 20,222 µg/Nm³. Sedangkan didapatkan hasil konsentrasi rata-rata pemodelan *Gauss* NO_2 untuk sumber titik pada pagi hari sebesar 1,48274 µg/Nm³ dan pada siang hari sebesar 1,742 µg/Nm³. Dapat diketahui bahwa hasil konsentrasi pemodelan lebih rendah dibandingkan dengan konsentrasi pemantauan langsung yang disebabkan sumber pencemar berasal dari berbagai sumber pencemar.

Tinggi rendahnya konsentrasi pemodelan NO_2 yang didapatkan dipengaruhi oleh beberapa faktor, yakni lokasi dan jarak pengamatan dari lokasi pencemar, stabilitas atmosfir, kecepatan angin,

dan arah angin. Lokasi pengamatan yang searah dengan arah angin akan menyebabkan konsentrasi NO_2 menjadi lebih tinggi, karena angin membawa pencemar ke ara pemantauan. Sedangkan jarak pengamatan yang semakin jauh akan menyebabkan konsentrasi NO_2 menjadi lebih rendah. Stabilitas atmosfir merupakan salah satu parameter untuk penentuan dispersi. Stabilitas atmosfir didasarkan pada kecepatan angin dan kondisi cuaca pada saat pengamatan. Stabilitas atmosfir yang sangat tidak stabil akan menyebabkan dispersi menjadi lebih besar dan menyebabkan konsentrasi NO_2 menjadi lebih tinggi. Kecepatan angin juga mempengaruhi tinggi efektif cerobong. Kecepatan angin yang tinggi akan menyebabkan konsentrasi NO_2 menjadi lebih rendah, hal ini disebabkan karena penyebaran udara ke daerah yang lebih luas terjadi dengan cepat sehingga konsentrasi menjadi rendah.

3.4 Perbandingan Konsentrasi Pemantauan Langsung dan Pemodelan Dispersi Gauss di Titik 2

Perbandingan hasil pemantauan langsung dan pemodelan *Gauss* NO_2 di titik 1 dapat dilihat pada **Gambar 11** Perbandingan Konsentrasi pemantauan Langsung dan Pemodelan NO_2 di Titik 2.



Gambar 11. Perbandingan Konsentrasi Pemantauan Langsung dan Pemodelan NO_2 di Titik 2

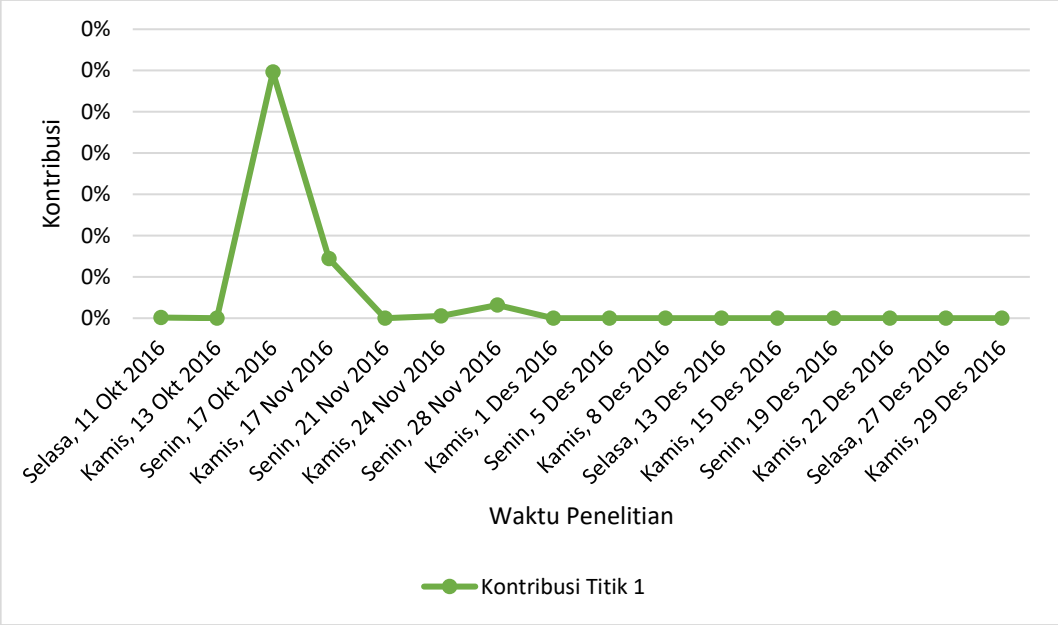
Dilihat dari **Gambar 11**, konsentrasi pemantauan langsung dan pemodelan bervariasi. Secara rata-rata, konsentrasi NO_2 pemodelan lebih rendah dibandingkan dengan konsentrasi NO_2 pemantauan langsung, yakni 0,193 µg/Nm³ untuk pemodelan dan 0,249 µg/Nm³ untuk pemantauan langsung. Hal ini disebabkan karena konsentrasi pada saat pemantauan langsung tidak hanya berasal dari emisi cerobong *boiler*, melainkan berasal dari berbagai sumber pencemar seperti aktivitas manusia (kendaraan bermotor dan pembakaran). Sedangkan konsentrasi pada pemodelan hanya berdasarkan pada emisi cerobong *boiler*, sehingga konsentrasi menjadi lebih kecil. Selain itu, arah angin juga mempengaruhi tinggi rendahnya konsentrasi pemodelan NO_2, karena akan mempengaruhi penentuan jarak mengikuti arah angin maupun jarak horizontalnya. Dalam penelitian ini penentuan lokasi sampling merujuk pada arah angin berdasarkan arah angin dominan bulanan, bukan

berdasarkan arah angin harian. Sedangkan arah angin yang terjadi setiap hari mengalami perubahan atau tidak tetap, namun dalam pemodelan gauss ini arah angin dianggap tetap dan tidak berubah.

Berdasarkan penelitian (Permatasari, Sasongko, & Buchori, 2014) yang dilakukan di Bukit Semarang Baru di Kecamatan Mijen, Kota Semarang dalam waktu penelitian selama 2 minggu dengan 15 titik pengujian, didapatkan hasil konsentrasi rata-rata NO_2 pada pagi hari sebesar 21,9594 µg/Nm³ dan pada siang hari sebesar 20,222 µg/Nm³. Sedangkan didapatkan hasil konsentrasi rata-rata pemodelan *Gauss* NO_2 untuk sumber titik pada pagi hari sebesar 1,48274 µg/Nm³ dan pada siang hari sebesar 1,742 µg/Nm³. Dapat diketahui bahwa hasil konsentrasi pemodelan lebih rendah dibandingkan dengan konsentrasi pemantauan langsung yang disebabkan sumber pencemar berasal

3.4 Nilai Kontribusi NO_2 pada Titik 1

Nilai kontribusi NO_2 pada titik 1 dapat dilihat pada **Gambar 11.** Nilai Kontribusi NO_2 pada Titik 1

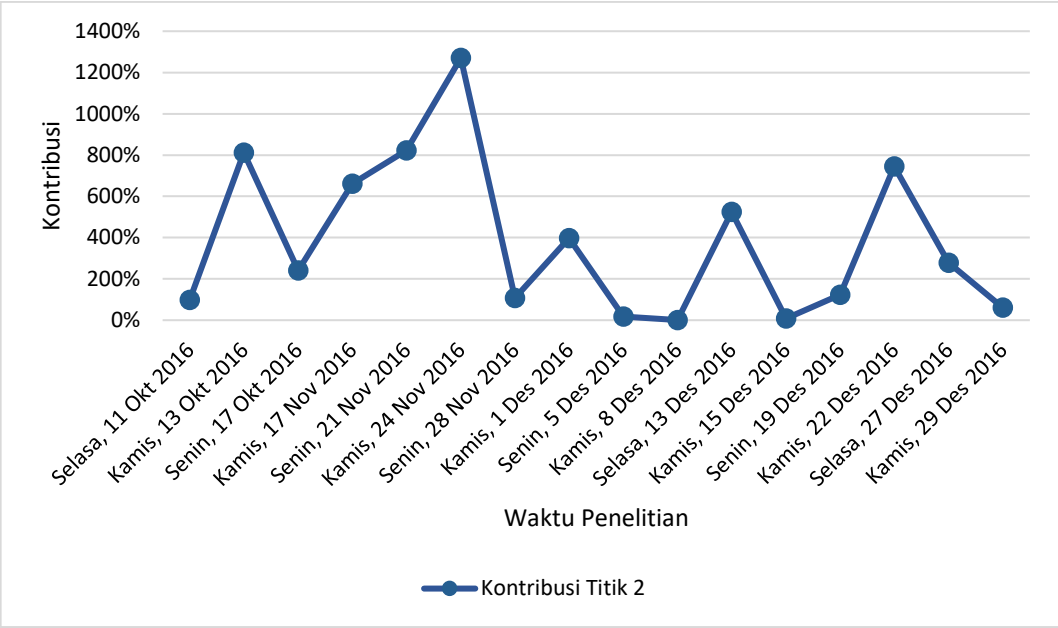


Gambar 12. Nilai Kontribusi NO_2 pada Titik 1

Dilihat dari **Gambar 12**, menunjukkan bahwa kontribusi emisi NO_2 dari emisi cerobong *boiler* sangat kecil yakni 0%. Hal ini disebabkan karena data konsentrasi emisi cerobong *boiler* yang diperoleh dari perusahaan merupakan data pengujian pada tahun 2013 sehingga menyebabkan data menjadi kurang akurat. Pengujian yang dilakukan tidak rutin setiap 6 bulan sekali melainkan dilakukan 3 tahun sekali. Sedangkan setiap tahunnya perusahaan mengalami peningkatan produksi yang berpengaruh terhadap penggunaan *boiler* yang juga erpengaruh terhadap konsentrasi emisi yang dihasilkan dari *boiler*.

3.5 Nilai Kontribusi NO_2 pada Titik 2

Nilai kontribusi NO_2 pada titik 2 dapat dilihat pada **Gambar 4.13** Nilai Kontribusi NO_2 pada Titik 2.



Gambar 13. Nilai Kontribusi NO_2 pada Titik 2

Dilihat dari **Gambar 13**, menunjukkan bahwa kontribusi emisi NO_2 dari emisi cerobong *boiler* bervariasi. Kontribusi tertinggi berada pada hari Kamis, 24 November 2016 dengan besar kontribusi 1029% sedangkan kontribusi terendah berada pada hari Kamis, 8 Desember 2016 dengan besar konribusi 1%. Hal ini disebabkan karena data konsentrasi emisi cerobong *boiler* yang diperoleh dari perusahaan merupakan data pengujian pada tahun 2013 sehingga menyebabkan data menjadi kurang akurat. Pengujian yang dilakukan tidak rutin setiap 6 bulan sekali melainkan dilakukan 3 tahun sekali. Sedangkan setiap tahunnya perusahaan mengalami peningkatan produksi yang berpengaruh terhadap penggunaan *boiler* yang juga berpengaruh terhadap konsentrasi emisi yang dihasilkan dari *boiler*.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Konsentrasi rata-rata udara ambien di Dusun Kalimati, Tirtomartani, Kalasan, Sleman, D.I Yogyakarta untuk parameter NO_2 pada bulan Oktober dengan tiga kali pengujian di titik 1 sebesar 0,472 µg/Nm³ dan titik 2 sebesar 0,329 µg/Nm³. Konsentrasi rata-rata NO_2 pada bulan November dengan empat kali pengujian di titik 1 sebesar 0,349 µg/Nm³ dan titik 2 sebesar 0,222 µg/Nm³. Sedangkan konsentrasi rata-rata bulan Desember di titik 1 sebesar 0,498 µg/Nm³ dan titik 2 sebesar 0,249 µg/Nm³. Apabila dibandingkan dengan Keputusan Gubernur D.I Yogyakarta Nomor 153 Tahun 2002 tentang Baku Mutu Udara Ambien untuk

pengukuran selama 1 (satu) jam, maka hasil penelitian tidak melebihi baku mutu udara ambien, yakni 400 μg/Nm³.

2. Konsentrasi rata-rata NO_2 dengan pemodelan dispersi Gauss di Dusun Kalimati, Tirtomartani, Kalasan, Sleman, D.I Yogyakarta untuk parameter NO_2 pada bulan Oktober dengan tiga kali pengujian di titik 1 (100,150,0) sebesar 1,893 x $^{10-15}$ μg/Nm³ dan titik 2 (250,0,0) sebesar 0,649 μg/Nm³. Konsentrasi rata-rata pemodelan NO_2 pada bulan November dengan empat kali pengujian di titik 1 sebesar 2,746 x 10^{-16} μg/Nm³ dan titik 2 sebesar 0,592 μg/Nm³. Sedangkan konsentrasi rata-rata pemodelan NO_2 pada bulan Desember di titik 1 sebesar 2,48 x 10^{-21} μg/Nm³ dan titik 2 sebesar 0,193 μg/Nm³. Apabila dibandingkan dengan Keputusan Gubernur D.I Yogyakarta Nomor 153 Tahun 2002 tentang Baku Mutu Udara Ambien untuk pengukuran selama 1 (satu) jam, maka hasil penelitian tidak melebihi baku mutu udara ambien, yakni 400 μg/Nm³.
3. Nilai kontribusi rata-rata emisi NO_2 dari proses industri kayu lapis di Dusun Kalimati, Tirtomartani, Kalasan, Sleman, D.I Yogyakarta terhadap kualitas udara ambien berdasarkan pemantauan langsung dan pemodelan yang dilakukan pada titik 1 (100,150,0) sebesar 0% dan pada titik 2 (250,0,0) sebesar 385%. Kontribusi pada titik 1 bisa dikatakan hampir tidak ada sedangkan kontribusi sangat besar pada titik 2.

V. SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diberikan beberapa saran sebagai berikut :

1. Untuk penelitian ini, perlu dilakukannya pemantauan kualitas udara dari emisi proses industri kayu lapis untuk parameter NO_2 di sekitar Dusun Kalimati, Tirtomartani, Kalasan, Sleman, D.I Yogyakarta dengan variasi jarak dan variasi waktu pemantauan.
2. Untuk penelitian sejenis, perlu dilakukannya pemantauan kaulitas udara ambien dari emisi proses industri kayu lapis di sekitar Dusun Kalimati, Tirtomartani, Kalasan, Sleman, D.I Yogyakarta dengan parameter yang lain, seperti total partikel.
3. Untuk penelitian lanjutan, perlu dilakukannya pemantauan kaulitas udara ambien untuk parameter NO_2 di sekitar Dusun Kalimati, Tirtomartani, Kalasan, Sleman, D.I Yogyakarta dengan sumber pencemar lainnya, seperti aktivitas kendaraan bermotor dan kegiatan memasak.

VI. DAFTAR PUSTAKA

Anthika, Syech, R., & Sugianto. (2014). *Pengaruh Suhu, Kelembaban Udara dan Kecepatan Angin terhadap Akumulasi Nitrogen Monoksida dan Nitrogen Dioksida.* Pekanbaru: Universitas Riau.

Chandra, B. (2006). *Pengantar Kesehatan Lingkungan.* Jakarta: EGC.

Fardiaz, S. (1992). *Polusi Air & Udara.* Yogyakarta: Kanisius.

Gilbert, M. M., & Ela, W. P. (2008). *Introduction to Environmental Engineering and Science Third Edition.* New Jersey: Pearson Education.

Goletic, S., & N, I. (2013). Modeling The Dispersion Of SO2 in Zenica Valley. *Annals Of Faculty Engineering Hunedoara*, 47-52.

Hadiwidodo, M., & Hubuyo, H. S. (2006). Pola Penyebaran Gas NO2 di Udara Ambien Kawasan Utara Kota Semarang pada Musim Kemarau menggunakan Program ISCST3. *Jurnal PRESIPITASI*, 19-25.

Jonathan, S. (2006). *Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif.* Yogyakarta: Graha Ilmu.

Keputusan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta No. 153 Tahun 2002 tentang Baku Mutu Udara Ambien Daerah Istimewa Yogyakarta

Keputusan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta No. 169 Tahun 2003 tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak di Daerah Istimewa Yogyakarta

Kiely, G. (1998). *Environmental Engineering.* New York: McGraw-Hill.

L, G. H., & Sudarno. (2012). *Pengaruh Kelembaban, Suhu, Arah dan Kecepatan ANgin terhadap Konsentrasi Nitrogen Dioksida (NO2) dengan Membandingkan 2 Volume Sumber Pencemar di Area Pabrik dan di Persimpangan Jalan (Studi Kasus: PT. Inti General Yaja Steel dan Persimpangan Jrakah)* . Semarang: Universitas Diponegoro.

Lokeshwari, N., G, S., & V.S., H. N. (2013). Modelling of Pollutants from a Point Source: A Case Study from Coke Industry, Dharwad, India. *International Journal of Current Engineering and Technology*, 19-23.

Peavy, R. (1986). *Sediment Transport for Engineers.* New York: McGraw-Hill.

Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara

Permatasari, A. A., Sasongko, D. P., & Buchori, I. (2014). Analisis Dispersi Polutan Udara Menggunakan Model Dispersi Gauss dan Pemeteaan Surfer 10. *Jurnal EKOSAINS*, 1-19.

Prayudi, T. (2003). Dampak Industri Pengecoran Logam Terhadap Kualitas Gas NO2 dalam Udara Ambien di Daerah Ceper. *J. Tek.Ling. P3TL-BPPT*, 27-33.

Standar Nasional Indonesia (SNI) 19-7119.2-2005 tentang Penentuan Lokasi Pengambilan Contoh Uji Pemantauan Kualitas Udara Ambien

Standar Nasional Indonesia (SNI) 19-7119.7-2005 tentang Cara Uji Kadar Nitrogen Dioksida (NO_2) Dengan Metoda Griess Saltzman Menggunakan Spektrofotometer

Soedomo, M. (1992). *Status Pencemaran Udara di Lima Kota Besar, DKI Jakarta, Surabaya, Bandung, Semarang dan Medan.* Jakarta: LPM ITB - BAPEDAL.

Vallero, D. A. (2008). *Fundamentals of Air Pollution Fourth Edition.* London: Elsevier.

Wardhana, W. A. (1995). *Dampak Pencemaran Lingkungan.* Yogyakarta: Andi Yogyakarta.

Yadav, M. P., Gaurav, K. R., Jahvani, B. D., & Dr.G, D. R. (2013). Prediction of PM, SO2 & NOx - GLC'S from Point Source Emissions Using Air Modeling. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 5-9.