

# DAMPAK INDUSTRI PENGECORAN LOGAM TERHADAP KUALITAS GAS NO<sub>2</sub> DALAM UDARA AMBIEN DI DAERAH CEPER

**Teguh Prayudi**

Peneliti di Pusat Pengkajian dan Penerapan Teknologi Lingkungan  
Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Jakarta

## **Abstrak**

*Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui dampak industri pengecoran logam terhadap tingkat pencemaran udara di wilayah industri dan sekitarnya, khususnya terhadap penurunan kualitas gas NO<sub>2</sub>. Melalui penelitian ini diharapkan dapat dikaji kebijakan teknologi pengelolaan lingkungan yang terkait dengan proses industri pengecoran logam, sebagai upaya pencegahan dini terhadap timbulnya pencemaran udara dimasa depan.*

*Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi gas NO<sub>2</sub> di wilayah ini masih dibawah nilai ambang batas yang diperbolehkan. Namun demikian, untuk mengantisipasi perkembangan industri dimasa depan, khususnya yang berkaitan dengan meningkatnya emisi gas NO<sub>x</sub>, direkomendasikan adanya modifikasi teknologi yang digunakan untuk menekan jumlah emisi NO<sub>x</sub> yang dihasilkan.*

Kata kunci : kualitas no2, udara ambien, dan pengecoran logam

## **1. PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Meningkatnya laju pertumbuhan industri sangat diperlukan untuk meningkatkan pertumbuhan perekonomian masyarakat. Disisi lain, peningkatan industrialisasi ini akan selalu diikuti dengan meningkatnya tingkat pencemaran yang mengakibatkan turunnya kualitas lingkungannya.

Namun demikian, industrialisasi telah merupakan salah satu tuntutan yang tidak dapat dihindarkan lagi dalam upaya meningkatkan kesejahteraan masyarakat, sehingga kita tidak boleh berpikir untuk menghambat pertumbuhan industri. Timbulnya dampak negatif dari industrialisasi ini harus disikapi secara bijaksana, dengan melakukan upaya-upaya pencegahan melalui optimalisasi proses, peningkatan efisiensi, pemanfaatan bahan baku yang ramah

lingkungan dan sebagainya, yang lebih dikenal sebagai prinsip-prinsip produksi bersih

(*cleaner production*). Disamping itu, secara konvensional pencemaran ini dapat pula ditanggulangi melalui pengelolaan dan pengolahan limbah (*end of pipe*) dengan dibangun unit-unit IPAL yang sesuai dengan jenis limbahnya.

Industri pengecoran logam yang terletak di Kecamatan Cepur, Kabupaten Klaten, Jawa Tengah, adalah salah satu contoh proses industrialisasi. Meskipun industri-industri ini secara umum merupakan industri berskala kecil dan menengah (IKM), perkembangannya yang telah berlangsung sejak zaman penjajahan Belanda dapat mampu meningkatkan kesejahteraan masyarakat di sekitarnya. Hal ini telah mengakibatkan pergeseran pola kehidupan masyarakat dari masyarakat agraris menjadi masyarakat industri.

Sejalan dengan tingginya permintaan terhadap produk-produk hasil pengecoran logam dari daerah ini, baik untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri maupun untuk diekpor, IKM-IKM ini tumbuh sangat pesat. Produk-produk utamanya berupa besi tuang, seperti produk rumah pompa, lampu seni

penerangan jalan, meja-kursi antik, komponen mesin kendaraan, blok canvas rem kereta serta produk alat-alat berat. Bertolak belakang dengan tingginya permintaan ini, sebagian besar industri-industri ini masih menggunakan teknologi konvensional.

Dengan teknologi konvensional ini, tidak dapat dihindari bahwa dari proses produksinya, industri-industri ini akan banyak dihasilkan bahan-bahan pencemar lingkungan, termasuk potensi menimbulkan pencemaran udara di sekitar wilayah industri ini.

## 1.2. Pencemaran gas Nitrogen Dioksida

Menurut undang-undang Nomor 4 Tahun 1982 tentang pokok-pokok pengelolaan lingkungan hidup, yang dimaksud dengan pencemaran udara adalah adanya atau masuknya salah satu atau lebih zat pencemar di udara, dalam jumlah dan waktu tertentu, yang dapat menimbulkan gangguan pada manusia, hewan, tumbuhan, dan benda-benda lainnya.

Nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>) adalah salah satu jenis bahan pencemar udara, disamping bahan pencemar udara lain seperti debu, NH<sub>3</sub>, Pb, CO, SO<sub>2</sub>, hidrokarbon, H<sub>2</sub>S, dll., yang secara sendiri atau bersamaan memiliki potensi membahayakan kesehatan lingkungan dan masyarakat.

Di dalam atmosfer, NO<sub>x</sub> merupakan suatu kelompok gas yang terutama terdiri dari dua komponen utama yaitu gas nitrit oksida (NO) dan nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>), serta oksida-oksida nitrogen lainnya yang sangat kecil jumlahnya. NO merupakan gas yang tidak berwarna dan tidak berbau, sebaliknya NO<sub>2</sub> berwarna coklat kemerahan dan berbau tajam. Secara umum proses pembentukan gas NO<sub>x</sub> ini mengikuti persamaan reaksi :



Sebagai bahan pencemar, sumber pencemaran gas NO<sub>x</sub> ini dapat dibagi dalam dua katagori, yaitu yang berasal dari sumber alami dan hasil aktivitas manusia.

Sumber alami pencemaran NO<sub>x</sub> banyak berasal dari aktivitas bakteri, yang sebagian besar dalam bentuk NO. Akan tetapi

emisi NO dari sumber alami ini tidak menjadi masalah terhadap penurunan kualitas lingkungan, karena gas ini dapat terdistribusi secara merata sehingga konsentrasinya didalam atmosfer sangat rendah.

Disamping sumber alami, aktivitas manusia merupakan penyebab terjadinya pencemaran udara oleh gas ini. Sumbangan terbesar dari kegiatan manusia terhadap polusi NO<sub>x</sub> bersumber dari hasil kegiatan-kegiatan yang menggunakan proses pembakaran pada temperatur yang cukup tinggi. Hal ini berkaitan dengan reaksi pembentukan gas NO<sub>x</sub> dalam atmosfer sangat dipengaruhi oleh faktor temperatur.

Pada suhu kamar, pembentukan NO yang dihasilkan dari reaksi antara gas oksigen dan gas nitrogen akan berlangsung sangat lambat. Berbeda dengan hal ini, pada temperatur diatas 1200°C, gas oksigen dan gas nitrogen akan bereaksi sangat cepat untuk menghasilkan nitrit oksida.

Dengan kandungan udara yang terdiri dari 79% gas nitrogen, 20% gas oksigen dan 1% gas-gas yang lain, maka pada proses pembakaran pada kegiatan industri maupun pada kendaraan bermotor, akan terjadi proses reaksi yang menghasilkan NO<sub>x</sub> sesuai dengan persamaan reaksi (1) dan (2) di atas. Sehingga emisi NO<sub>x</sub> dari hasil pembakaran tidak tergantung pada kualitas bahan baku yang digunakan, tetapi sangat tergantung pada tinggi rendahnya temperatur pembakaran.

Berbeda dengan sumber pencemar NO<sub>x</sub> yang bersifat alami, sumber pencemar dari hasil aktifitas manusia ini cenderung terkonsentrasi pada daerah tertentu, sehingga emisi gas ke dalam atmosfer juga akan terakumulasi pada daerah tersebut dan daerah sekitarnya, seperti pada daerah perkotaan dan daerah industri.

Konsentrasi NO<sub>x</sub> di udara pada daerah perkotaan biasanya mencapai 0,5 ppm, atau 10-100 kali lebih tinggi daripada udara di daerah pedesaan.

Pencemaran NO<sub>x</sub> di udara mempunyai dampak terhadap lingkungan, baik langsung maupun tidak langsung.

Dampak langsung dari pencemaran udara ini adalah terjadinya hujan asam yang dapat menyebabkan berbagai kerugian dan kerusakan, baik pada tanaman, bangunan dll. Disamping itu, polusi NO<sub>x</sub> ini dapat

berdampak terhadap kesehatan manusia, seperti bronhitis dan asma.

Menurut WHO pengaruh NO<sub>2</sub> ini terhadap kesehatan manusia dapat dibagi dalam 3 (tiga) kelompok<sup>(1-3)</sup>, yaitu :

- a. Pada paparan dalam waktu singkat (10-15 menit) dengan konsentrasi 3.000 s/d 9.000 µg NO<sub>2</sub> per m<sup>3</sup> (1.6 – 5 ppm), dapat menyebabkan terjadinya perubahan pada fungsi paru untuk subyek yang normal dan bronhitis.
- b. Pada paparan selama 10 menit dengan konsentrasi 1300 µg/m<sup>3</sup> (0.7 ppm) akan menyebabkan terjadinya perubahan fungsi, Sebagai penyebab terjadinya perubahan fungsi *pharmacological bronchoconstrictor* untuk subyek asma.
- c. Pada paparan selama 1 jam pada konsentrasi 190 µg/m<sup>3</sup> (0.1 ppm) akan menambah perubahan *pharmacological bronchoconstrictor* untuk subyek asma.

Disamping hasil penelitian di atas, beberapa peneliti<sup>(4-5)</sup> melaporkan terjadinya *on airway resistance* dan kelainan fungsi tenggorokan yang ditimbulkan oleh NO<sub>2</sub> atau *bronchoconstricting agent*, pada kadar 190-850 µg/m<sup>3</sup> (0.1-0.45 ppm) NO<sub>2</sub>.

Disamping dampak langsung yang disebabkan oleh polusi gas ini, peranan NO<sub>x</sub> dalam proses pembentukan oksidan fotokimia di udara, juga merupakan bahaya yang perlu memperoleh perhatian.

Secara umum, oksidan fotokimia ini terbentuk dari siklus reaksi sesuai tahapan-tahapan sebagai berikut :

- NO<sub>2</sub> mengabsorpsi energi dalam bentuk sinar ultraviolet dari matahari.
- Energi yang diabsorpsi tersebut digunakan untuk memecah molekul molekul NO dan atom atom oksigen (O). atom oksigen yang terbentuk sangat reaktif.
- Atom atom O akan bereaksi dengan oksigen di atmosfer (O<sub>2</sub>) membentuk ozon (O<sub>3</sub>) yang merupakan polutan sekunder.
- Ozon akan beraksi dengan NO membentuk NO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub> sehingga reaksi menjadi lengkap.

Pengaruh dari siklus tersebut diatas adalah terbentuknya O<sub>3</sub> dan photochemical

oksidan yang berlebihan pada lapisan atmosfer yang dibentuk karena reaksi sinar matahari dan NO<sub>2</sub>. Tingginya kadar O<sub>3</sub> pada lapisan atmosfer dapat meningkatkan tingkat keracunan pada manusia.

Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan level 200 µg/m<sup>3</sup> (0.1 ppm) atau lebih rendah lagi, pencemaran O<sub>3</sub> dapat menyebabkan iritasi mata akut untuk waktu yang singkat. Lebih lanjut, hasil studi epidemiological pada anak menunjukkan penurunan (*decrements*) fungsi paru karena konsentrasi ozon 220 µg/m<sup>3</sup> (0.11ppm); Studi yang lain menunjukkan perubahan fungsi paru pada anak atau asma karena ozon dengan konsentrasi 160-340 µg/m<sup>3</sup> (0.08-0.17 ppm)<sup>(6)</sup>.

Beberapa contoh dampak pencemaran NO<sub>2</sub> diatas, menuntut pentingnya upaya pencegahan dan pengendalian pencemaran udara pada umumnya dan pencemaran NO<sub>2</sub> pada khususnya.

### 1.3. Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji pengaruh industri-industri pengecoran logam yang terdapat di Kecamatan Ceper terhadap pencemaran gas NO<sub>2</sub> pada wilayah tersebut dan wilayah sekitarnya.

## 2. METODE PENELITIAN

### 2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di 3 (tiga) Desa pada kecamatan Ceper, yaitu Desa Tegalrejo (4 titik sampling), Desa Ngawonggo (1 titik sampling), dan Desa Ceper (2 titik sampling), serta daerah lain diluar daerah industri masing-masing Dusun Ndoyo (1 titik sampling), dan Kecamatan Delanggu (1 titik sampling). Peta lokasi dapat dilihat pada Gambar 1.

### 2.2. Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada tanggal 6 Juli 2001 sampai dengan 8 Juli 2001. Pengambilan sampel dilakukan secara kontinyu dari titik sampling yang satu ke titik sampling yang lain, masing-masing 2 (dua) kali pengulangan.

### 2.3. Metoda

#### Pengambilan Sampel

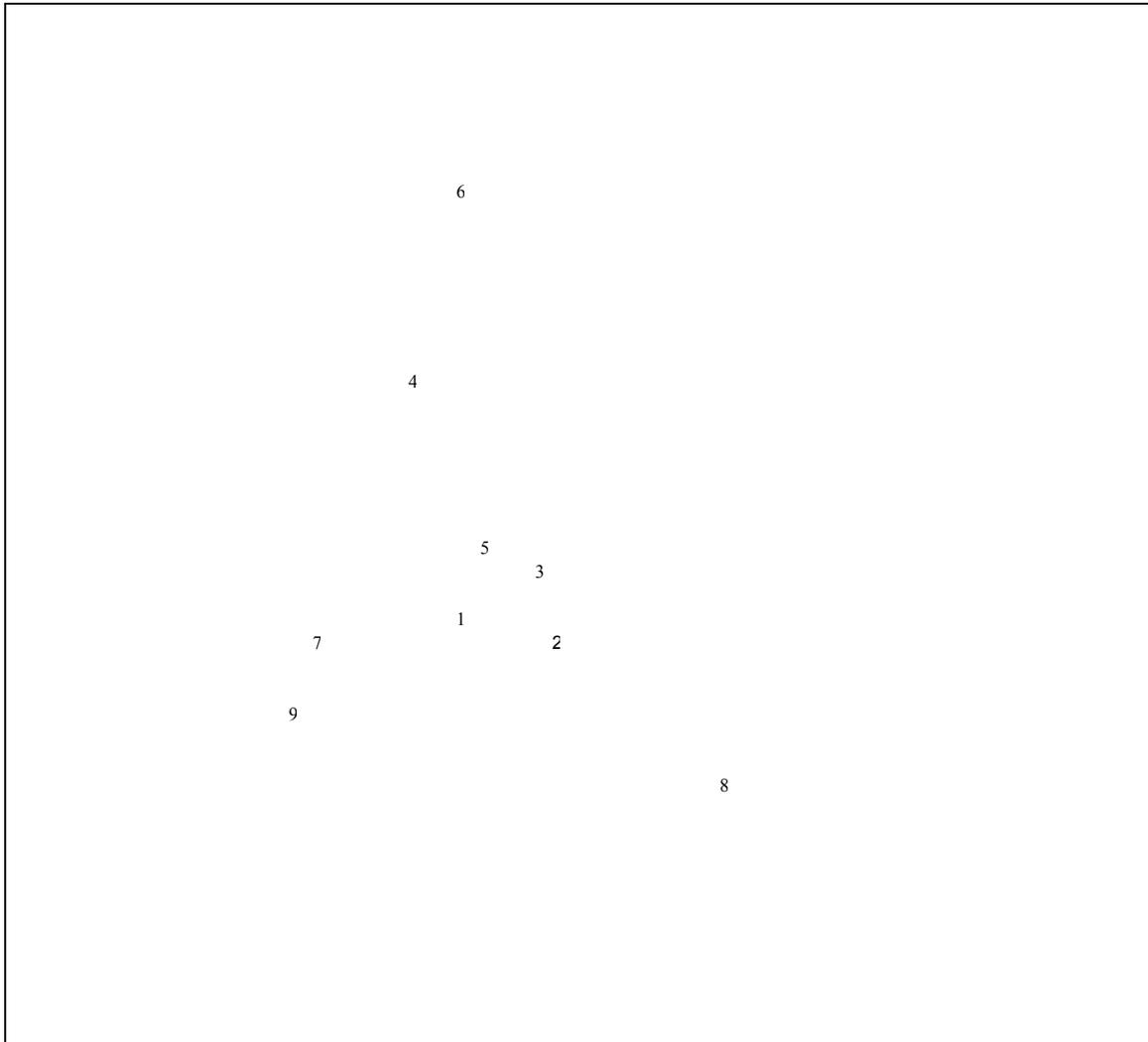
Untuk pengambilan sampel digunakan peralatan impinger yang mengandung larutan penyerap (*absorption solution*). Pengambilan sampel dilaksanakan selama 2 jam dengan kecepatan 0.6 liter/menit. Dasar pengambilan sampel ini adalah reaksi pembentukan kompleks berwarna pada metode Satzman.

Pada metode Satzman ini,  $\text{NO}_2$  diubah menjadi ion nitrit oleh larutan penyerap, yang selanjutnya akan direaksikan dengan pereaksi kopleng untuk membentuk senyawa azo berwarna yang terbentuk dari ion nitrit dengan pereaksi kopleng berwarna yang digunakan.

Untuk gas NO diukur sebagai  $\text{NO}_2$  setelah dioksidasi menjadi dengan menggunakan kromat yang telah dikayakan pada batu bata.

Untuk pengambilan sampel ini, dilakukan langkah-langkah sebagai berikut :

1. Isi botol impinger pertama dengan 50 ml larutan penyerap.
2. Sambungkan impinger dengan pompa vakum, dan selanjutnya udara dengan kecepatan 0,6 liter/menit dipompakan kedalam botol impinger selama 2 jam.
3. Sampel siap dianalisa sesuai dengan prosedur analisa sampel selanjutnya.



### Analisa Sampel

Analisa sampel dilakukan dengan menggunakan metode kolorimetrik guna mengukur kadar senyawa azo berwarna yang terbentuk. Metoda ini cukup sensitif karena dapat mengukur kadar NO<sub>2</sub> dalam interval konsentrasi beberapa µg/m<sup>3</sup> sampai dengan 9.400 µg/m<sup>3</sup> (5 ppm).

Untuk analisa sampel, digunakan larutan standar natrium nitrit (NaNO<sub>2</sub>), 0,74 M yang setara dengan dengan NO<sub>2</sub>, 1 M.

### Pembuatan kurva kalibrasi.

1. Pipet sebanyak 0,1 ml; 0,2 ml; 0,3 ml; 0,4 ml; 0,5 ml; 0,6 ml larutan natrium nitrit standar masing masing ke dalam labu ukur 100 ml.
2. Encerkan masing-masing sampai 100 ml dengan menggunakan larutan penyerap.
3. Kocok dan biarkan selama 15 menit sehingga terbentuk senyawa azo berwarna.
4. Tentukan absorbansi masing-masing larutan dengan menggunakan aquades sebagai larutan blanko.
5. Plot absorbansi (A) dan transmitansi (T) yang diperoleh terhadap masing-masing konsentrasi nitrit dalam larutan standar pada panjang gelombang 550 nm.
6. Tentukan kemiringan kurva kalibrasi NaNO<sub>2</sub> yang diperoleh (absorbansi tiap µg/ml)

Konsentrasi konsentrasi gas NO<sub>2</sub> dihitung berdasarkan persamaan :

$$\text{NO}_2 \text{ (}\mu\text{g/m}^3\text{)} = \frac{(A) (Y) (46,0)}{(S) (V_r) (69,0)}$$

$$= \frac{(0,901) (A)}{(Y)}$$

dimana :

- A = Absorbansi sampel
- Y = Volume larutan penyerap (ml)
- S = Kemiringan kurva kalibrasi NaNO<sub>2</sub> (absorbansi tiap µg/ml)

V<sub>r</sub> = Volume udara terkoreksi pada 25°C dan 760 mmHg, (M<sup>3</sup>)

46,0 = berat molekul NO<sub>2</sub>

69,0 = berat molekul NaNO<sub>2</sub>

0,74 = Faktor empiris

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Data hasil pengukuran kadar NO<sub>2</sub> disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengukuran Kadar NO<sub>2</sub> Ambien pada Wilayah Industri Pengecoran Logam Ceper.

| Lokasi (No. Lokasi)     | Kadar NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> ) |             |
|-------------------------|--|-------------|
|                         | Sampling I                                 | Sampling II |
| Desa Tegalrejo (1)      | 10,61                                      | 8,37        |
| Desa Tegalrejo (2)      | 12,24                                      | 7,73        |
| Desa Tegalrejo (3)      | 7,11                                       | 8,08        |
| Desa Tegalrejo (5)      | 10,30                                      | 9,69        |
| Desa Ngawonggo (4)      | 14,76                                      | 0,64        |
| Desa Ceper (7)          | 13,48                                      | 6,78        |
| Desa Ceper (9)          | 9,35                                       | 8,71        |
| Desa Cetan* (8)         | 8,63                                       | 9,35        |
| Kecamatan Delanggu* (6) | 6,14                                       | 5,49        |

Keterangan : \* diluar wilayah industri pengecoran logam Ceper

Hasil sampling I dan hasil sampling II tidak memberikan nilai rata-rata pada lokasi yang sama, mengingat waktu pengambilan sampel dilaksanakan secara acak.

Berdasarkan data yang terlihat pada Tabel 1, dapat diketahui bahwa secara umum hasil pengukuran kadar gas NO<sub>2</sub> ambien di wilayah industri pengecoran logam Ceper dan sekitarnya masih dibawah nilai baku mutunya yang ditentukan berdasarkan Peraturan Pemerintah RI Nomor 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara<sup>(7)</sup>, yaitu 400 µg/m<sup>3</sup>. Kadar gas NO<sub>2</sub> terendah diperoleh pada pengambilan sampling II di Desa Ngawonggo (lokasi 4), sebesar 0,64 µg/m<sup>3</sup> dan tertinggi di lokasi 4 yang sama pada pengambilan sampling I, yaitu 14, 76 µg/m<sup>3</sup>.

Dari data tersebut, secara umum dapat dinyatakan bahwa hasil sampling I lebih tinggi dibanding dengan hasil sampling II. Hal ini disebabkan karena pada sampling I selalu dilaksanakan pada pagi/siang hari, sedangkan sampling II dilaksanakan pada

sore/malam hari. Pada siang hari industri biasanya beroperasi, sehingga polutan yang dihasilkan oleh industri mencapai puncaknya pada pagi/siang hari. Hal ini lebih diperkuat dengan emisi polutan yang berasal dari aktivitas transportasi.

Hasil penelitian ini memberikan kecenderungan yang sama dengan hasil penelitian kadar  $\text{SO}_2$  pada wilayah dan lokasi yang sama<sup>(8)</sup>, tetapi memberikan kecenderungan yang berbeda terhadap pola pencemaran debu. Pada penelitian kadar debu, menunjukkan bahwa aktivitas pengecoran logam ini telah menimbulkan dampak pencemaran yang cukup tinggi untuk beberapa lokasi di wilayah pengecoran logam ini<sup>(9)</sup>.

Berdasarkan data yang diperoleh, memberikan gambaran bahwa aktivitas pengecoran logam di ceper belum berdampak langsung terhadap tingkat pencemaran  $\text{NO}_2$  di wilayah sekitarnya.

Rendahnya tingkat pencemaran  $\text{NO}_2$  ini sangat dipengaruhi oleh pendeknya waktu tinggal rata-rata  $\text{NO}_2$  di atmosfer rata-rata 3 hari, dan waktu tinggal  $\text{NO}$  rata-rata 4 hari, sebagai akibat terbentuknya reaksi fotokimia yang mengakibatkan hilangnya  $\text{NO}$  tersebut, disamping pembentukan asam nitrat yang kemudian diendapkan sebagai garam nitrat di dalam air hujan atau debu.

Dengan mempertimbangkan pesatnya laju pertumbuhan industri pengecoran logam dari hari-ke hari di wilayah ceper ini, dimasa depan perlu secara dini diantisipasi kemungkinan terjadinya pencemaran udara yang dapat menurunkan kualitas lingkungan.

Dari pengamatan terhadap beberapa aktivitas pengecoran logam ini, diketahui bahwa sebagian besar industri masih menggunakan teknologi yang sangat konvensional, sehingga berpotensi menimbulkan pencemaran udara, termasuk pencemaran  $\text{NO}_2$ . Oleh karena itu, dimasa depan perlu adanya upaya mengontrol pencemaran  $\text{NO}_x$  meliputi :

- Upaya modifikasi pembakaran guna menekan jumlah emisi  $\text{NO}_x$  yang dihasilkan.
- Menghilangkan  $\text{NO}_x$  dari gas buang.

Mendukung upaya ini, dua hal yang perlu memperoleh perhatian adalah : kontrol suhu pembakaran, jumlah udara yang digunakan

dan waktu tinggal reaktan dalam tungku pembakaran.

Semakin tinggi suhu pembakaran akan menghasilkan lebih banyak  $\text{NO}_x$ . Kelebihan udara dalam proses pembakaran (rasio udara dalam bahan bakar berlebihan) akan menghasilkan lebih banyak  $\text{NO}_x$ .

Untuk menghilangkan  $\text{NO}_x$  dari gas buang, dapat dilakukan dengan menggunakan reaktor katalitik atau sistem absorpsi. Penggunaan katalis untuk mengubah  $\text{NO}_x$  menjadi  $\text{N}_2$  merupakan pemecahan masalah dalam mengatasi emisi  $\text{NO}_x$ , hal yang sudah sangat lazim digunakan pada kendaraan bermotor. Biasanya, dengan reaktor katalitik ini dapat sekaligus diatasi permasalahan pencemaran udara lainnya, yaitu pencemaran  $\text{CO}$ ,  $\text{HC}$  dan  $\text{NO}_x$ . Pada sistem ini berlangsung proses reaksi oksidasi-reduksi, dimana katalis pengoksidasi akan mengubah  $\text{CO}$  dan  $\text{HC}$  menjadi  $\text{CO}_2$  dan Air, sedangkan katalis pereduksi akan mengubah  $\text{NO}_x$  menjadi  $\text{N}_2$ .

Metode adsorpsi sangat efektif digunakan untuk mengadsorpsi gas yang keluar dari cerobong asap. Pada metode ini, gas yang keluar dari cerobong dilewatkan melalui adsorber padat atau cair dimana  $\text{NO}_x$  akan tertahan. Dengan sistem ini, sekaligus digunakan untuk menghilangkan  $\text{NO}_2$  dan sulfur oksida ( $\text{SO}_x$ ).

#### 4. KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dikemukakan diatas, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Kadar gas  $\text{NO}_2$  ambien di wilayah industri pengecoran logam Ceper dan sekitarnya masih dibawah nilai baku mutu ditentukan. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa aktivitas pengecoran logam di Ceper belum berdampak langsung terhadap tingkat pencemaran  $\text{NO}_2$  di Wilayah sekitarnya
2. Dengan melihat perkembangan jumlah industri dan jenis teknologi yang digunakan, perlu adanya upaya dini pencegahan pencemaran  $\text{NO}_x$ .

Dari hasil penelitian ini direkomendasikan perlunya perbaikan teknologi yang digunakan dengan tujuan untuk :

- Memodifikasi pembakaran guna menekan jumlah emisi NO<sub>x</sub> yang dihasilkan.
- Menghilangkan NO<sub>x</sub> dari gas buang.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Anonim, *Oxydes of Nitrogen*, World Health Organization, Geneva, 1977 (Environmental Health Criteria No. 4)
2. Anonim, *Air Quality Criteria For Oxydes Of Nitrogen*, Research Triangle Park, NC, US-EPA, 1982 (Report No. EPA-600/8/82/026F).
3. Anonim, *Maximum Emision Concentration For Nitrogen Diokside*, Dusseldorf, Verein Deutscher Ingenieur, 1985 (VDI 2310, Part 12)
4. Bauer,M.A, *0.30 Ppm Nitrogen Dioxide Inhalation Potentiates Exercise-Induced Brocho-Spasm In Ashmatic*, American review of respiratory disease, 1984, hal 129-151
5. Ahmed, *Effect Of 0.1 Ppm NO2 On Bronchial Reactivity In Normals And Subject With Bronchial Asthma*, American review of respiratory disease, 1982, hal 125-152
6. Anonim, *Air Quality Guidelines for Europe*, WHO Regional Publications, European Series No.23, 1987
7. Peraturan Pemerintah RI Nomor 41 Tahun 1999 tentang *Pengendalian Pencemaran Udara*.
8. Wiharja, *Identifikasi Kualitas Gas SO<sub>2</sub> di Daerah Industri Pengecoran Logam Ceper*, Jurnal Teknologi Lingkungan, Vol. 3 No. 3, Jakarta 2002.
9. Prayudi.T, Susanto.J.P, *Kualitas Debu Dalam Udara Sebagai Dampak Industri Pengecoran Logam Ceper*, Jurnal Teknologi Lingkungan, Vol. 2 No. 3, Jakarta 2001.