

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tinjauan Umum Udara

2.1.1. Pengertian

Udara adalah faktor penting dalam kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya. Udara sebagai komponen lingkungan yang perlu dipelihara dan ditingkatkan kualitasnya sehingga dapat memberikan daya dukungan bagi makhluk hidup untuk hidup secara optimal (Nugroho, 2009).

Berdasarkan peraturan pemerintah No. 12 tahun 2010 udara ambien adalah udara bebas di permukaan bumi pada lapisan troposfir yang berada di dalam wilayah yurisdiksi Republik Indonesia yang dibutuhkan dan mempengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup dan unsur lingkungan hidup lainnya (Depkes RI, 2010).

2.1.2. Pencemaran udara

Keputusan Menteri Negara Kependudukan dan lingkungan Hidup yang menyatakan bahwa “pencemaran udara adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi dan atau komponen lain ke dalam udara oleh kegiatan manusia atau proses alam, sehingga kualitas udara turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya (Depkes RI, 2010).

2.2. Gas Karbon monoksida (CO)

Karbon monoksida adalah gas beracun, tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak berasa. Karena sifatnya yang tidak berbau, CO biasanya bercampur dengan gas-gas lain yang berbau sehingga CO dapat terhirup bersamaan dengan gas lain yang berbau. CO merupakan salah satu polutan yang terdistribusi paling luas di udara. Di daerah dengan populasi tinggi, rasio *mixing* CO bisa mencapai 1 hingga 10 ppm (LAPAN, 2010).

2.2.1. Nilai Ambang Batas (NAB) Gas CO

Berdasarkan peraturan menteri Negara Lingkungan Hidup No.5 tahun 2006 tentang ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor, tertera pada Tabel 2.1. nilai ambang batas gas CO di tempat kerja (di dalam ruangan) berdasarkan Peraturan Menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi nomor PER.13/Men/X/2011 tahun 2011 tentang nilai ambang batas fisika dan faktor kimia di tempat kerja, antara lain gas CO dengan nilai ambang batas (NAB) adalah 29 mg/m^3 (29.000 mg/L).

Tabel 2.1 Nilai Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor

No.	Kategori Kendaraan bermotor	Tahun Pembuatan	Nilai Ambang Batas Kadar Gas CO
1	Sepeda Motor 2 Langkah	<2010	4,5 % (45.000 mg/L)
2	Sepeda Motor 4 Langkah	<2010	5,5 % (55.000 mg/L)
3	Sepeda Motor 2 dan 4 Langkah	≥ 2010	4,5 % (45.000 mg/L)
	Kendaraan Bermotor Mobil berbahan bakar bensin	<2007	4,5 % (45.000 mg/L)
		≥ 2007	1,5 % (15.000 mg/L)

Sumber : Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 5, 2006

Polutan yang dikeluarkan oleh kendaraan bermotor antara lain karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO_x), hidrokarbon (HC), Sulfur dioksida (SO₂), timah hitam (Pb) dan karbon dioksida (CO₂). Polutan yang dihasilkan dari

pembakaran kendaraan bermotor sangat banyak, namun karbon monoksida (CO) merupakan salah satu polutan yang paling banyak (70%) dihasilkan oleh kendaraan bermotor (Sengkey, 2011).

2.2.2. Sumber Karbon monoksida

Sumber gas CO berasal dari sumber alami dan sumber tidak alami (antropogin). Sumber alami gas CO antara lain dari letusan gunung berapi. Sumber antropogin gas CO berasal dari pembakaran bahan organik. Pembakaran bahan organik ini untuk mendapatkan energi kalor yang kemudian digunakan untuk berbagai keperluan, antara lain: transportasi, pembakaran batu bara, asap tembakau. Namun sumber yang paling umum berupa residu pembakaran mesin (Handayani, 2006).

2.2.3. Toksisitas gas karbon monoksida

Batas paparan karbon monoksida yang diperbolehkan oleh OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*) adalah 35 ppm untuk waktu 8 jam/hari kerja, sedangkan yang diperbolehkan oleh ACGIH TLV-TWV adalah 25 ppm untuk waktu 8 jam. Kadar yang dianggap berbahaya bagi kesehatan adalah 1500 ppm (0,15%). Paparan dari 1000 ppm (0,1%) selama beberapa menit dapat menyebabkan 50% kejenuhan dari karboksi hemoglobin dan dapat berakibat fatal.

2.3. Zeolit

Zeolit merupakan material yang memiliki banyak kegunaan. Antara lain sebagai adsorben, penukar ion, dan katalis. Zeolit adalah mineral kristal alumina silika tetrahidrat berpori yang mempunyai struktur kerangka tiga dimensi, terbentuk oleh tetrahedral $[\text{SiO}_4^{4-}]$ dan $[\text{AlO}_4^{5-}]$ yang saling terhubung oleh atom-atom oksigen sedemikian rupa, sehingga membentuk kerangka tiga dimensi terbuka yang mengandung rongga-rongga, yang didalamnya terisi oleh ion-ion logam, seperti logam-logam alkali atau alkali tanah dan molekul air yang dapat bergerak bebas (Lestari, 2010).

2.3.1. Struktur Zeolit

Menurut Hasibuan (2012) Secara umum karakteristik struktur zeolit adalah sebagai berikut :

- Sangat berpori, karena kristal zeolit merupakan kerangka yang terbentuk dari jaring tetrahedral SiO_4^{4-} dan AlO_4^{5-} .
- Pori-porinya berukuran Molekul, karena pori Zeolit terbentuk dari tumpukan cincin beranggotakan 6, 8, 10, atau 12 tetrahedral.
- Dapat menukarkan kation, karena perbedaan muatan Al^{3+} dan Si^{4+} menjadikan atom Al dapat kerangka kristal bermuatan negatif dan membutuhkan kation penetral. Kation penetral yang bukan menjadi bagian ini mudah diganti dengan kation lainnya.
- Mudah dimodifikasi karena setiap tetrahedral dapat dikontakkan dengan bahan-bahan pemodifikasi.

2.3.2. Sifat Zeolit

a. Dehidrasi

Sifat dehidrasi zeolit berpengaruh terhadap sifat jerapannya. Keunikan zeolit terletak pada struktur porinya yang spesifik. Pada zeolit alam didalam pori porinya terdapat kation-kation atau molekul air.

b. Penjerapan/Adsorpsi

Dalam keadaan normal ruang hampa dalam kristal zeolit terisi oleh molekul air yang berada disekitar kation. Zeolit yang telah dipanaskan dapat berfungsi sebagai penjerap gas atau cairan.

c. Penukar Ion

Ion-ion pada rongga berguna untuk menjaga kenetralan zeolit. Ion-ion ini dapat bergerak bebas sehingga pertukaran ion yang terjadi tergantung dari ukuran dan muatan maupun jenis zeolitnya.

d. Katalis

Zeolit sebagai katalis hanya mempengaruhi laju reaksi tanpa mempengaruhi kesetimbangan reaksi karena mampu menaikkan perbedaan lintasan molekular dari reaksi. Katalis berpori dengan pori-pori sangat kecil akan memuat molekul molekul kecil tetapi mencegah molekul besar masuk.

e. Penyaring/pemisah

Zeolit sebagai penyaring molekul maupun pemisah didasarkan atas perbedaan bentuk, ukuran, dan polaritas molekul yang disaring. Sifat ini disebabkan karena zeolit mempunyai ruang hampa yang cukup besar (Srhipasari, 2006).

2.3.3. Macam-macam zeolit

Menurut Hartini (2011) Zeolit ada beberapa macam diantaranya yaitu :

a. Zeolit Alam

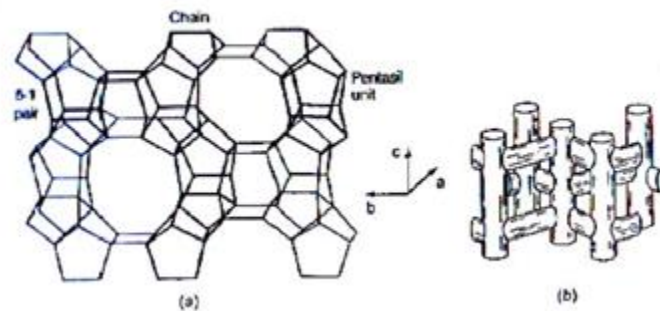
Secara alami zeolit dihasilkan dari proses hidrotermal pada batuan beku basa. Zeolit alam terbentuk karena adanya perubahan alam (zeolitisasi) dari bahan vulkanik. Komposisi kimia zeolit bergantung pada suhu tekanan uap air setempat dan komposisi air tanah lokasi kejadiannya. Contoh zeolit alam adalah *clinoptilolite*, *chabazite*, *philipsite*, *erionite*, *analcime* dan *ferrierite*.

b. Zeolit sintetis

Zeolit mempunyai sifat yang unik sehingga banyak yang melakukan pembuatan sintetis zeolit dengan memodifikasi aluminium dan silika dalam zeolit menggunakan proses kimia tertentu. Zeolit sintesis memiliki kemurnian yang lebih tinggi dibandingkan zeolit alam dan memiliki rasio Si/Al yang dapat disusun sesuai kebutuhan.

2.3.4. Zeolit ZSM-5

ZSM-5 (*Zeolite Socony Mobile -5*) diproduksi pertama kali pada tahun 1972 dengan hasil berupa padatan, diameter pori sekitar 5 Angstrom dan perbandingan Si/Al sebagai parameter kristal zeolit yang selalu di atas 5. ZSM-5 merupakan mineral aluminosilikat zeolit yang mempunyai rumus kimia $\text{Na}_n\text{Al}_n\text{Si}_{96-n}\text{O}_{192}16\text{H}_2\text{O}$, dan terdiri dari beberapa unit pentasil yang membentuk rantai pentasil dengan dihubungkan oleh oksigen. ZSM-5 mempunyai pori sekitar $5,1 \times 5,5 \text{ \AA}$ dan $5,4 \times 5,6 \text{ \AA}$ (Ulinuha dkk., 2015).



Gambar 2.1 Kerangka dan struktur channel ZSM-5 (Ulinuha dkk, 2015).

Zeolit ZSM-5 mempunyai luas permukaan yang besar dan mempunyai saluran yang dapat menyaring ion atau molekul. Manfaat zeolit yaitu dapat sebagai; Penyaring molekul, penukaran ion, penyaring bahan, katalisator (Nurropiah, 2015).

2.3.5. Sintesis Zeolit ZSM-5 metode suhu rendah.

Fyfe dkk (2011) telah mensintesis zeolit dengan kandungan silika tinggi pada suhu kurang dari 100°C, dan menggunakan reaktor polipropilen sehingga lebih efisien, dan harga lebih murah.

2.3.6. Membran Zeolit ZSM-5

Membran zeolit ZSM-5 adalah membran yang mengandung lapisan zeolit ZSM-5. Katoda yang digunakan dapat berupa logam yang bersifat inert, misalnya logam platina (Pt) dan anoda yang digunakan adalah karbon, logam Cu, Zn, Fe, atau *Stainless steel*. Katoda dan anoda yang digunakan juga dapat dari bahan yang sama misalnya kasa *Stainless steel* (Tatlier dkk., 2005).

2.3.7. Sintesis Membran Zeolit ZSM-5

Beberapa studi melaporkan bahwa struktur fisik dan susunan kimia penyangga sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan membran zeolit, (Gao dkk., 2011). Pemilihan penyangga sangat penting dengan mempertimbangkan harga, konduktivitas termal, kualitas anti korosi, dan kekuatan mekanik. Bahan kasa *stainless steel* sangat dipromosikan sebagai penyangga untuk membran mikropori, karena *stainless steel* merupakan logam paduan dari beberapa unsur logam, sifat tahan korosi, kuat dan tahan terhadap reaksi oksidasi dan merupakan bahan yang ramah lingkungan (Holmbergh, 2008).

2.3.8. Sintesis Membran Zeolit ZSM-5 secara *coating*

Sintesis membran zeolit ZSM-5 pada suhu rendah (90°C) dilakukan secara *coating*. Larutan prekursor zeolit ZSM-5 merupakan campuran beberapa bahan dengan rasio mol $\text{Si/Al} = 100$; $\text{H}_2\text{O/SiO}_2 = 7,79$; $\text{NaOH/Si} = 0,035$ dan $\text{TPABr/SiO}_2 = 0,066$. Kasa *stainless steel* dengan ukuran tertentu dibenamkan di dalam larutan prekursor yang berada di dalam reaktor polipropilen, kemudian reaktor tersebut dipanaskan di dalam oven pada suhu 90°C selama beberapa hari. Produk membran ZSM-5 yang dihasilkan dicuci dengan air dan dikeringkan pada 60°C dan dikalsinasi pada suhu 550°C di dalam muffle furnace (Tatlier dkk., 2005).

2.4. Tipe kasa *stainless steel*

Ada beberapa tipe kasa *stainless steel* (baja tahan karat), diantaranya 304 dan AISI 316. Kasa *stainless steel* tipe AISI 316 lebih baik daripada 304, karena AISI 316 mengandung unsur krom minimal 10,5%, sehingga ketahanan terhadap korosi lebih meningkat dengan membentuk film oksida krom (Cr_2O_3), berupa

lapisan tipis yang dapat melindungi diri dan disebut *protective layer*. Kandungan logam yang lain adalah Molibdeum (Mo), sehingga lebih tahan korosi terutama dilingkungan klorida. Komposisi kimia *stainless steel* tipe 304 (Murniati, 2012;Holmbergh, 2008) dan AISI 316 (Louis dkk., 2001) tertera pada Tabel 2.2

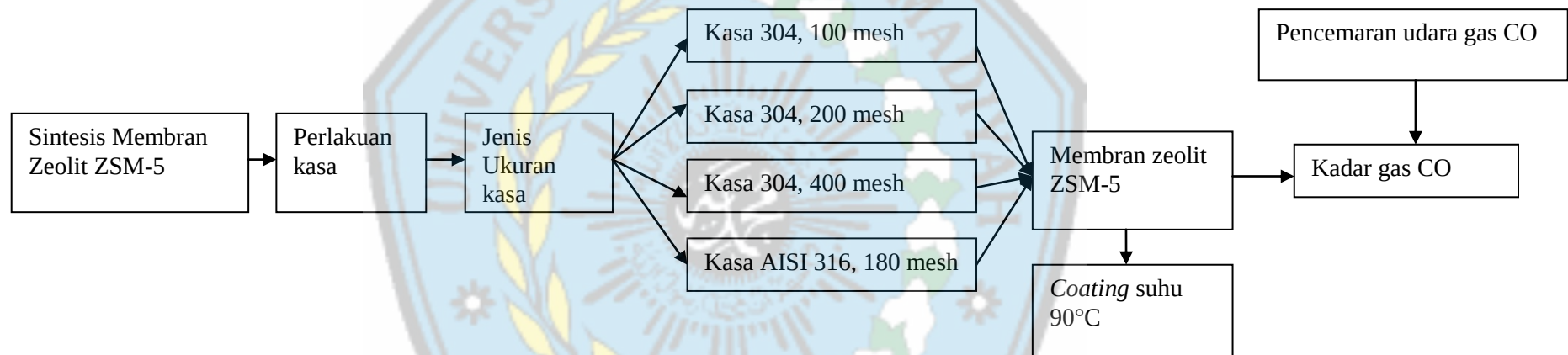
Tabel 2.2 Komposisi kimia kasa tipe 304 dan kasa *stainless steel* AISI 316

Komposisi kimia (%)	AISI 316	304
C	≤ 0,080	≤ 0,60
Si	≤ 1,00	≤ 1,00
Mn	≤ 2,00	≤ 2,00
P	≤ 0,045	≤ 0,045
S	0,03	0,03
Cr	18 - 20	8 - 10
Ni	19 - 22	8 - 10
Mo	2,00 - 3,00	-

AISI 316 yang disuplai oleh Haver dan Becker (Jerman) mengandung Cr 16,5–18,5%; Ni 11-14 % (>10%); Min 2–25% dan Fe 65–70% (Louis dkk., 2001).

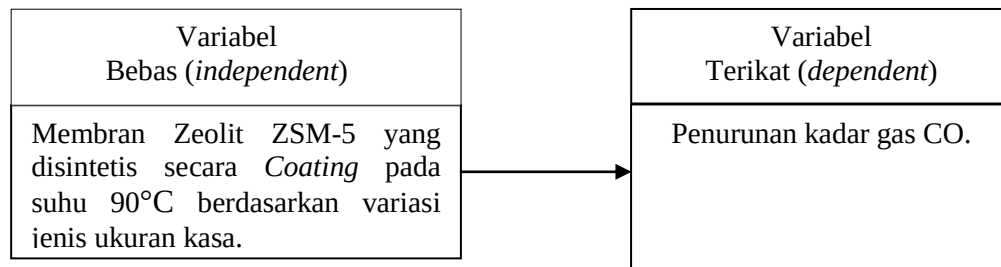
Teknik proses preparasi membran zeolit dalam 4 kategori salah satunya yaitu *pre-treatment* penyangga. Perlakuan terhadap *stainless steel* sebelum digunakan sebagai penyangga yaitu direndam pada larutan NaOH 15%, HCl 15% dan *ultrasonic cleanser* kemudian di elektro-oksidasi dengan H₂SO₄ 20% dengan voltase konstan 3-5 V; dan kuat arus 0,01 A lalu dikeringkan pada suhu 110°C (Gao dkk., 2011).

2.5. Kerangka Teori



Gambar 2.2 Kerangka teori

2.6. Kerangka konsep



Gambar 2.3 Kerangka konsep

2.7. Hipotesis

Ha = ada pengaruh membran zeolit ZSM-5 yang disintesis secara *coating* pada suhu 90°C berdasarkan variasi jenis ukuran kasa dan kapasitas adsorpsi membran zeolit ZSM-5 dalam menurunkan kadar gas CO.