

KUANTIFIKASI BAU DAN POLUSI BAU DI INDONESIA

ODOUR QUANTIFICATION AND ODOUR POLLUTION IN INDONESIA

Arief Sabdo Yuwono

Departemen Teknik Sipil dan Lingkungan - IPB

Email: arief_sabdo_yuwono@yahoo.co.id

Abstract

Odour is concerned as one of the important environmental nuisance forms in Indonesia. Its presence can be detected by means of human olfactory systems. The term of "odour" contains at least two meanings, i.e. firstly as "sense" and secondly refers to a kind of odorous chemical compound. Principally, odour can be quantified in a number of methods such as odorous gas concentration measurement, by olfactometer, by hedonism scale, as well as by indirect measurement using frequency change of a chemical sensor. Odour quantification is useful to solve the polemics on odour pollution in Indonesia. A number of odour pollution cases are originated from industrial and agricultural activities, such as municipal solid waste treatment, crumb rubber production, intensive animal husbandry, wastewater treatment plant and oil refinery. Odour quantification is a tool to solve odour pollution polemics comprehensively by involving certified independent assessor.

Keywords: odour pollution, odour quantification, odour regulation, air pollution.

1. PENDAHULUAN

Bau merupakan salah satu masalah gangguan lingkungan yang semakin besar dirasakan oleh masyarakat. Kasus-kasus polusi bau semakin bertambah seiring dengan meningkatnya kegiatan industri dan pertanian. Berbagai jenis industri telah dianggap oleh masyarakat sebagai sumber penghasil bau. Senyawa kimia berbau ini terdispersi dalam udara ambien. Pengetahuan masyarakat masih terbatas tentang bau, senyawa berbau, sumber bau, polusi bau, serta teknologi penanganan dan pengelolaan masalah bau sehingga menjadi salah satu penyebab tetap berlangsungnya polusi bau dalam udara ambien.

Tujuan penelitian ini membuat deskripsi yang berisi berbagai aspek tentang polusi bau, memaparkan hasil pengukuran langsung konsentrasi bau dari sumbernya. Selain itu penelitian ini membahas polemik polusi bau dipandang dari keluhan masyarakat dan peraturan tentang baku mutu kebauan.

2. METODOLOGI

Sebagian deskripsi dalam artikel ini dibuat berdasarkan pengukuran langsung terhadap emisi bau dari instalasi pengolahan sampah perkotaan yang berlokasi di TPA Galuga, Kabupaten Bogor, Jawa Barat. Pengukuran emisi bau juga dilakukan di sebuah industri minyak dan gas (migas) yang beroperasi di Jawa Timur. Sedangkan sebagian deskripsi lainnya didasarkan pada kajian literatur mutakhir tentang polusi bau yang berasal dari berbagai negara. Kajian terhadap sekumpulan literatur terpilih ini disajikan secara tabulasi dalam rangka menyajikan informasi yang lengkap dan komprehensif tentang polusi bau.

Pengukuran Gas Berbau di TPA Sampah

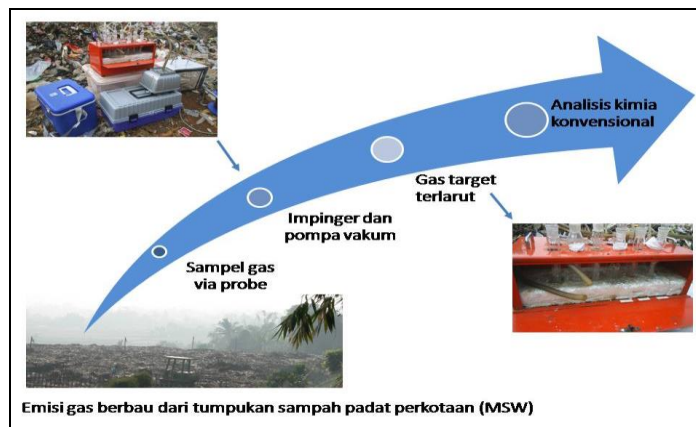
Bahan yang diperlukan untuk pengukuran gas berbau secara langsung di lapangan adalah sampel udara emisi dari TPA Galuga dan absorber senyawa target. Pengukuran terhadap emisi bau di TPA Galuga dilakukan dengan menggunakan peralatan berikut: (1) satu set *impinger* (12 tubes; diameter (\emptyset) = 3,1 cm;

tinggi (H) = 14,5 cm) untuk menangkap senyawa target, yaitu senyawa berbau, (2) pompa vakum (Shibata SIP-32; Q = 40 lpm) untuk menarik dan mengalirkan sampel udara dari permukaan atas tumpukan sampah ke *impinger*, (3) *Probe* sampel (U-Form; Ø = 1 cm) sebagai titik awal masuknya sampel udara dari lokasi asal ke tabung-tabung *impinger*, (4) Generator listrik (Krisbow Digital Generator; KW20-471) sebagai sumber energi listrik bagi pompa vakum.

Sampling senyawa gas berbau dilakukan dengan membuat lubang galian berbentuk setengah bola (Ø≈60 cm) pada permukaan atas tumpukan sampah padat perkotaan yang berbau tajam. Tumpukan sampah yang berbau

tajam ini adalah sampah yang sudah berumur lebih dari satu minggu hingga beberapa bulan. *Probe* sampel dimasukkan ke dalam lubang tersebut setelah terhubung dengan *impinger* dan pompa vakum. Emisi gas berbau dari tumpukan sampah padat kemudian disedot melalui *probe* ini dengan menggunakan pompa vakum selama satu jam. Dengan pengaliran ini senyawa target akan larut dan terakumulasi dalam larutan absorber yang berada dalam tabung *impinger*.

Analisis kimia terhadap sampel gas dilakukan di Laboratorium Kimia Terpadu, Institut Pertanian Bogor. Skema tentang proses dan peralatan yang digunakan untuk pengambilan sampel hingga analisis kimia konvensional di laboratorium disajikan pada Gambar 1.

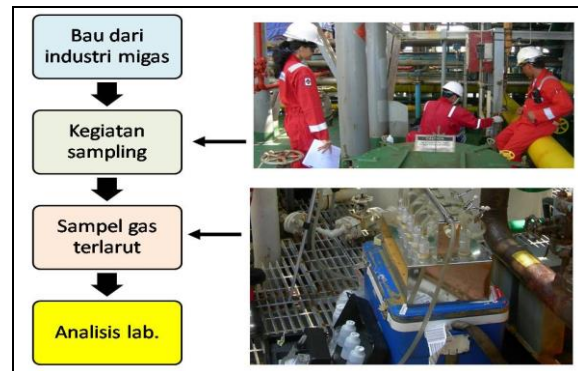


Gambar 1. Skema Sederhana Proses dan Peralatan Pengambilan Sampel di TPA Galuga.

Pengukuran Gas Berbau dalam Udara Ambien di Industri Migas

Pengukuran konsentrasi gas berbau dalam udara ambien dari sebuah industri migas dilakukan dengan mengambil dua sampel udara ambien di sekitar lokasi pengolahan industri migas tersebut. Peralatan yang digunakan untuk mengambil sampel udara sama seperti telah diuraikan dalam proses pengambilan sampel di sekitar TPA di atas. Prosedur pengambilan sampel udara juga identik kecuali pada penempatan *probe* sampel. Untuk industri migas ini, *probe* sampel ditempatkan di dua titik berbeda dalam udara ambien pada lokasi pengolahan migas. Skema prosedur pengambilan sampel dari industri migas hingga analisis

laboratoriumnya seperti yang disajikan pada Gambar 2. Analisis kimia tes sampel dilakukan di Laboratorium Analisis Bogor (BOLABS).



Gambar 2. Skema Proses Pengambilan Sampel Gas Berbau dari Industri Migas.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengertian Bau dan Polusi Bau

Dalam istilah bau terkandung dua pengertian. Pengertian pertama, yaitu kesan yang ditangkap oleh indra pembau dan yang kedua merujuk pada jenis senyawa kimia. Pengertian pertama tentang kesan muncul karena istilah bau mempunyai konotasi yang lebih cenderung negatif. Di mana pemberian istilah itu berkaitan dengan kesan yang timbul yang mengganggu kenyamanan, kesan tidak bersih, tidak dikehendaki, dan sejenisnya seperti misalnya bau amis, busuk, pesing, anyir, dan sebagainya. Kata bau akan berkesan positif bila dipakai bersama dengan kata yang berkesan positif pula. Misalnya, bau sedap, bau harum, dan seterusnya.

Pengertian kedua diterapkan pada penamaan langsung yang merujuk pada jenis senyawa yang telah dikenal secara relatif luas oleh indera pembau. Dalam hal ini, bau mempunyai pengertian sebagai senyawa kimia berupa gas yang ditangkap indera pembau dan kemudian dapat dikenali keberadaannya oleh otak. Bau akan bermakna bila keberadaannya dapat dideteksi oleh sistem indera pembau. Dengan kata lain, bau tidak akan bisa dikenali atau diketahui keberadaannya oleh makhluk hidup bila indera pemaunya tidak mampu menangkapnya. Peranan indera pembau mutlak diperlukan dalam rangka menangkap kesan adanya bau tersebut. Bau dapat membantu mengevaluasi kondisi lingkungan sekitar secara langsung. Organ pembau manusia berperan sebagai penghubung antara lingkungan dan otak.

Bau sebenarnya adalah senyawa kimia yang dalam kondisi normal berwujud gas, baik yang berasal dari uap cairan maupun hasil sublimasi padatan. Bau dapat berupa senyawa tunggal maupun berupa gabungan. Bau yang berupa senyawa tunggal seperti hidrogen sulfida (H_2S) dan amonia (NH_3). Sedangkan bau berupa senyawa gabungan berbagai senyawa, seperti bau parfum (gabungan

bermacam-macam senyawa) atau aroma kopi yang merupakan gabungan kompleks yang terdiri lebih dari 670 senyawa.

Bau termasuk senyawa kimia mudah menguap (*volatile*) dan terbawa dalam udara. Senyawa tersebut masuk sampai pada daerah olfaktori (*epithelium olfaktori*) yang berlokasi dalam rongga hidung manusia tepat di bawah dan di antara kedua mata. Agar bau dapat dideteksi oleh hidung maka bau harus memenuhi sifat-sifat molekuler tertentu. Sifat-sifat tersebut meliputi kelarutannya dalam air, tekanan uap yang cukup tinggi, polaritas yang rendah, kemampuan larut dalam lemak (*lipophilicity*), dan aktivitas permukaan. Molekul-molekul bau umumnya memiliki satu atau dua gugus fungsional dalam strukturnya. Ini yang membuat molekul tersebut bersifat lebih polar serta mengakibatkan interaksi antar molekul yang lebih kuat (Gardner dan Bartlett, 1999). Dalam Tabel 1 tertera gugus fungsional yang umum dan sering dijumpai dalam bermacam-macam senyawa bau.

Tabel 1. Gugus Fungsional dan Kelompok Senyawa Bau

Gugus fungsional	Kelompok senyawa	Formula	Contoh
Hydroxyl -OH	Alcohols	$R-O-H$	$\begin{array}{c} H & H \\ & \\ H-C & -C-O-H \\ & \\ H & H \end{array}$ <i>Ethanol</i>
Carbonyl as first or last carbon -CHO	Aldehydes	$R-\overset{O}{\parallel}C-H$	$\begin{array}{c} H & O \\ & \\ H-C & -C-H \\ \\ H \end{array}$ <i>Acetaldehyde</i>
Carbonyl as internal carbon -CO-	Ketones	$R-\overset{O}{\parallel}C-R'$	$\begin{array}{c} H & O & H \\ & & \\ H-C & -C & -C-H \\ & & \\ H & & H \end{array}$ <i>Acetone</i>
Carboxyl -COOH	Carboxylic acids	$R-\overset{O}{\parallel}C-O-H$	$\begin{array}{c} H & O \\ & \\ H-C & -C-O-H \\ \\ H \end{array}$ <i>Acetic acid</i>
Amino -NH ₂	Amines	$R-\overset{H}{ }N-H$	$\begin{array}{c} H & H \\ & \\ H-C & -N-H \\ & \\ H & H \end{array}$ <i>Methyl amine</i>
Sulfhydryl -SH	Thiols	$R-S-H$	$\begin{array}{c} H & H & H & H \\ & & & \\ O-C & -C & -C-S \\ & & \\ H & H & H \end{array}$ <i>Mercaptoethanol</i>

Kuantifikasi Bau Konsentrasi Bau

Konsentrasi bau dapat dinyatakan dalam satuan ppm (part per million) atau mg/m^3 ataupun OU (Odour Unit). Bila bau tercium pada konsentrasi 2000 OU berarti diperlukan 2000 satuan volume udara guna mengencerkan satu satuan volume senyawa bau sedemikian rupa. Sehingga bau masih dapat dideteksi oleh indera pembau manusia.

Kuantifikasi dengan Olfaktometer dan Kromatografi Gas (GC)

Dengan peralatan olfaktometer, bau diukur dengan menggunakan indera pembau manusia. Ukuran bau didasarkan pada sekelompok orang yang menjadi panelis dalam pengukuran bau. Dengan menggunakan alat ini sekelompok orang (panelis) berada di sekitar alat olfaktometer untuk bersama-sama mendeteksi adanya bau yang keluar melalui semacam pipa.

Lubang hidung setiap anggota panelis berhadapan dengan ujung pipa yang mengeluarkan bau, sementara itu tangannya memegang tombol ON/OFF. Bila anggota panelis mendapat kesan adanya bau keluar dari ujung pipa tersebut maka jarinya segera menekan tombol ON/OFF untuk menyatakan bahwa dia menangkap kesan adanya bau. Penekanan tombol itu dilakukan dengan bebas, tidak tergantung antara satu anggota panel dengan anggota yang lainnya. Dengan demikian pada saat akhir percobaan akan diperoleh data dari seluruh anggota panelis tersebut. Data ini diolah secara statistik untuk menampilkan hasil berupa konsentrasi terendah yang masih dapat dideteksi oleh indera pembau panelis yang disebut nilai ambang batas (*threshold value*). Dengan menggunakan gas kromatografi bau dideteksi oleh alat yang akan memisahkan senyawa bau sehingga diperoleh informasi senyawa-senyawa penyusun bau.

Penggunaan olfaktometer mengakibatkan kelelahan pada sistem olfaktori manusia

(*olfactory fatigue*) yang dapat membawa akibat buruk berikutnya. Penggunaan olfaktometer juga membawa kesulitan untuk membuat replikasi di tempat lain yang persis sama dengan yang telah dilakukan oleh sekelompok panelis di suatu tempat. Sistem pengukuran dengan menggunakan peralatan teknis analitis konvensional telah dikenal cukup lama namun sistem pengukuran jenis ini mahal, kompleks, dan memerlukan banyak waktu. Hal ini timbul karena harga peralatan yang cukup mahal. Kompleksitas pengukuran muncul dari kenyataan bahwa untuk mengukur bau diperlukan berbagai langkah-langkah persiapan dan pengambilan sampel bau. Waktu yang cukup panjang diperlukan untuk menganalisis sehingga diperoleh informasi senyawa-senyawa yang ada dalam suatu substansi gas berbau.

Pengukuran Bau dengan Sensor Kimia Berbasis Kuarsa Kristal

Sejak beberapa tahun terakhir berkembang suatu sistem pengukuran bau menggunakan sensor kimia. Berbagai contoh penelitian di bidang ini juga telah dipublikasikan (Chang dan Shih, 2000, Boeker *et al.*, 2000, Dickert *et al.*, 2000, Di Natale *et al.*, 2000, Yuwono, 2002, serta Yuwono dan Schulze Lammers, 2004a). Sistem ini didasarkan pada karakteristik piezo-elektrik kristal kuarsa yang digabungkan dengan elektroda (biasanya emas) serta suatu lapisan tipis (film) bahan kimia tertentu yang memungkinkan terjadinya interaksi antara molekul bau dengan molekul bahan film. Interaksi antara lapisan film dengan molekul bau mengakibatkan penambahan massa di permukaan sensor yang selanjutnya berakibat terjadinya perubahan frekuensi sensor (Cattrall, 1997). Diagram dasar sistem kerja sensor ini dapat dilihat pada Gambar 3. Perubahan massa di permukaan sensor ini kemudian dinyatakan dalam bentuk perubahan frekuensi dengan menggunakan persamaan Sauerbrey (Sauerbrey, 1959, Cattrall, 1997; Yuwono dan Schulze Lammers, 2004a) sebagai berikut:

$$\Delta f = -2.3 \times 10^6 f_0^2 (\Delta m/A)$$

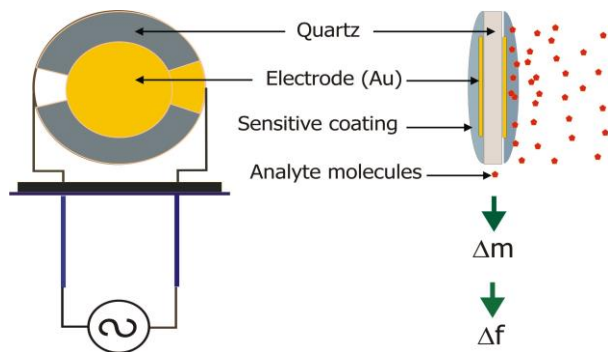
di mana:

Δf = Perubahan frekuensi sensor [Hz]

f_0 = Frekuensi osilasi kristal kuarsa [MHz]

Δm = Deposit massa bau di permukaan sensor [g]

A = Luas permukaan lapisan film sensor [cm²]



Gambar 3. Diagram Dasar Sistem Kerja Sensor Bau Berbasis Batuan Kristal Kuarsa.

Kualitas Bau

Kualitas bau dinyatakan secara deskriptif melalui kata yang menggambarkan bau tersebut. Sebagai contoh, bau busuk diperoleh dari senyawa hidrogen sulfida, bau yang pedas diperoleh dari senyawa asetaldehida, bau amis ikan diperoleh dari trimethylamine, dan sebagainya. Kompilasi berbagai macam senyawa beserta kesan bau yang yang ditimbulkan telah dilakukan (Cheremisnoff, 1992 dan Yuwono dan Schulze Lammers, 2004b). Identifikasi berbagai senyawa bau yang muncul dari beberapa macam proses juga telah dilakukan, seperti proses pengomposan (Gudladt, 2001), dan fasilitas budidaya ternak secara intensif (Janni *et al.*, 2000). Identifikasi tersebut juga muncul dari proses penanganan air limbah (Nurul Islam *et al.*, 1998 dan Huber, 2002).

Skala Hedonisme

Skala hedonisme merupakan kategori penilaian yang bersifat relatif, yaitu suka atau tidak suka dari bau yang dirasakan. Prinsip pengukurannya adalah persentasi bau yang merupakan hasil taksiran dengan skala yang

ditetapkan. Penetapan ini dilakukan mengingat beragamnya intensitas yang dirasakan dan skala hedonismenya. Skala yang ditetapkan ditujukan untuk mengindikasikan kesukaan atau ketidak-sukaan pada tiap penyajian melalui 9 angka skala hedonisme seperti ditunjukkan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Skala Hedonisme Terhadap Kesan Bau

+4 sangat sedap	+1 sedang	-2 cukup tidak sedap
+3 sedap	0 tanpa bau	-3 tidak sedap
+2 cukup sedap	-1 agak tidak sedap	-4 menyengat

Masalah Polusi Bau di Indonesia

Masalah polusi bau di Indonesia timbul sebagai akibat dari bermacam-macam kegiatan yang melepaskan berbagai senyawa berbau yang tidak disukai oleh sebagian besar masyarakat. Contoh yang umum dijumpai adalah aktifitas penanganan sampah padat perkotaan (*Municipal Solid Waste (MSW)*) di TPA (Tempat Pembuangan Akhir), pabrik karet remah, kegiatan industri peternakan, Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), industri farmasi, pabrik pupuk, dan kilang minyak bumi. Sebagian dari masalah-masalah polusi bau tersebut beserta tinjauan sekilas tentang peraturan polusi bau di Indonesia diuraikan dalam bagian berikut:

1. Peraturan Polusi Bau di Indonesia

Di Indonesia bau atau kebauan telah masuk dalam sistem peraturan tentang pengelolaan kualitas udara. Peraturan tersebut adalah Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara dan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. KEP-50/MENLH/11/1996 tentang Baku Tingkat Kebauan. Keduanya diimplementasikan guna mengatur masalah kebauan dalam lingkungan agar masyarakat mempunyai pedoman yang jelas. Pedoman ini juga bermanfaat dalam menghakimi suatu kondisi yang dianggap telah mengganggu kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan. Dalam Keputusan Menteri Negara

Lingkungan Hidup No. KEP-50/MENLH/11/1996 tentang Baku Tingkat Kebauan dinyatakan bahwa parameter kebauan meliputi lima jenis

senyawa tunggal. Kelima jenis senyawa, parameter, baku mutu, metoda pengukuran, dan peralatan analisis yang digunakan disajikan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Parameter Kebauan, Baku Mutu dan Metoda Pengukurannya

No	Parameter	Satuan	Nilai batas	Metoda pengukuran	Peralatan
1.	Amonia (NH ₃)	ppm	2,000	Indofenol	Spektrofotometer
2.	Metil merkaptan (CH ₄ S)	ppm	0,002	Absorpsi gas	Gas khromatograf
3.	Hidrogen sulfida (H ₂ S)	ppm	0,020	a. Merkuri tiosianat b. Absorpsi gas	Spektrofotometer Gas khromatograf
4.	Metil sulfida (C ₂ H ₆ S)	ppm	0,010	Absorpsi gas	Gas khromatograf
5.	Styrene (C ₈ H ₈)	ppm	0,100	Absorpsi gas	Gas khromatograf

Sumber: Himpunan Peraturan di Bidang Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Penegakan Hukum Lingkungan, KLH (anonim, 2004).

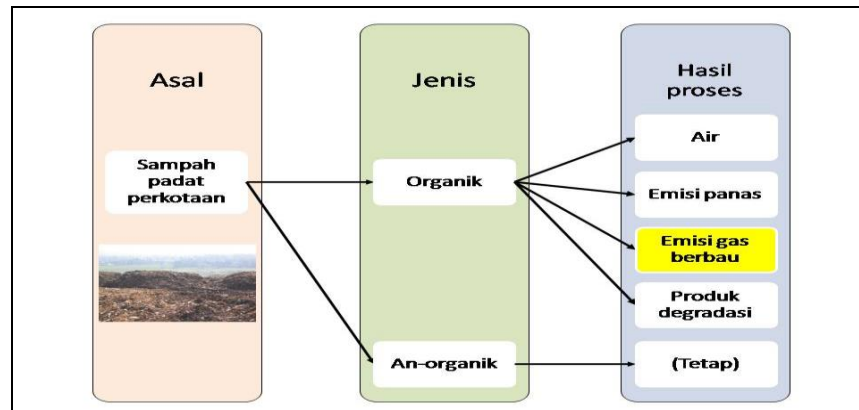
Kelima jenis senyawa bau di atas merupakan senyawa bau yang menimbulkan kesan negatif. Amonia mempunyai kesan pedas dan tajam menusuk hidung. Metil merkaptan dan metil sulfida memiliki kesan bau sayuran busuk. Hidrogen sulfida membuat kesan bau telur busuk. Styrene mempunyai kesan bau tajam dan tidak nyaman seperti bau pada pipa plastik, fiberglass, atau bahan-bahan pembuat alas kaki.

2. Polusi Bau dari Sampah Padat Perkotaan

Masalah bau dari kegiatan pengelolaan sampah padat perkotaan (MSW) timbul karena sampah yang umumnya mengandung bahan organik mengalami proses degradasi (biodegradasi). Pada proses ini bahan organik dirombak oleh mikroorganisme terutama bakteri menjadi bahan yang lebih stabil. Selama proses biodegradasi dihasilkan energi, uap air, gas CO₂, CH₄ (metan) dan berbagai senyawa yang berbau. Senyawa tersebut yang kelak terlepas ke udara bebas dari tumpukan sampah, kemudian terdeteksi oleh hidung manusia serta dikenal sebagai bau sampah. Beberapa penelitian terkait hal ini juga telah dilakukan (Gudladt, 2001, Yuwono *et al.*, 2003a; 2003b, dan Hamacher, 2004). Proses biodegradasi

bahan organik yang terkandung dalam sampah padat perkotaan pada dasarnya adalah proses pengomposan. Pada proses pengomposan terjadi penurunan kadar air dan volume bahan dasar secara signifikan dan disertai dengan pelepasan gas-gas CO₂, CH₄ serta gas-gas berbau seperti H₂S dan NH₃. Ditinjau dari proses degradasi, timbulnya bau busuk sampah dapat digambarkan dalam sebuah skema (Gambar 4).

Contoh masalah polusi bau dari aktifitas pengelolaan sampah di Indonesia terjadi pada tahun 2003. Pada tahun tersebut ratusan warga Bantar Gebang Bekasi melakukan aksi protes perpanjangan kerjasama antara Pemda DKI dan Pemkot Bekasi tentang pengelolaan TPA Bantar Gebang. Masalah ini dipicu antara lain oleh polusi bau yang telah lama berlangsung di sekitar lokasi TPA. Kejadian serupa mengenai polusi bau juga terjadi di Kota Bandung saat kota tersebut mendapat julukan "Bandung Lautan Sampah" tahun 2005-2006. Julukan ini muncul karena tidak tersedianya tempat penampungan sampah yang berasal dari kota tersebut menyusul bencana runtuhnya TPA Leuwigajah. Sehingga sampah padat perkotaan menumpuk di lokasi asalnya dan menimbulkan bau busuk yang sangat menyengat.



Gambar 4. Emisi Gas Berbau Merupakan Salah Satu Hasil Proses Degradasi Sampah Organik.

Salah satu contoh terbaru kasus polusi bau dari aktifitas pengelolaan sampah terjadi pada akhir tahun 2008 di Bogor, Jawa Barat. TPA Galuga yang berlokasi di wilayah administratif Kabupaten Bogor merupakan lokasi penanganan sampah padat perkotaan yang sebagian besar berasal dari Kota Bogor. Penumpukan sampah diduga telah menimbulkan pencemaran air tanah di sekitar lokasi TPA (Syahrulyati *et al.*, 2007). Timbulan bau busuk yang menyebar ke wilayah sekitar TPA telah menimbulkan keresahan masyarakat di lokasi tersebut.

3. Polusi Bau dari Pabrik Karet Remah

Pabrik karet remah adalah pabrik yang mengolah lembaran karet mentah (*slab*) menjadi karet remah. Pabrik karet remah di Indonesia dapat dijumpai pada unit kerja beberapa PTPN (PT. Perkebunan Nusantara).

Pada proses produksi karet remah lembaran karet mentah dicuci, dipotong-potong, digiling, kemudian dipanaskan serta dicetak dalam ukuran tertentu. Selanjutnya lembaran karet ini diberi label sehingga memenuhi standar perdagangan karet alam dunia.

Selama proses pemanasan dilepaskan berbagai macam senyawa berbau tajam dari karet alam tersebut. Selain itu,

senyawa gas berbau juga dihasilkan dari proses biodegradasi bahan olah karet oleh bakteri menghasilkan amonia dan sulfida (Solichin dan Tedjaputra, 2008). Senyawa berbau jenis ini bisa menyebabkan rasa mual, pusing serta menurunkan nafsu makan. Senyawa berbau dari industri ini termasuk dalam kelompok amina, aldehida, keton, fenol dan alkohol (Cheremisinoff, 1992).

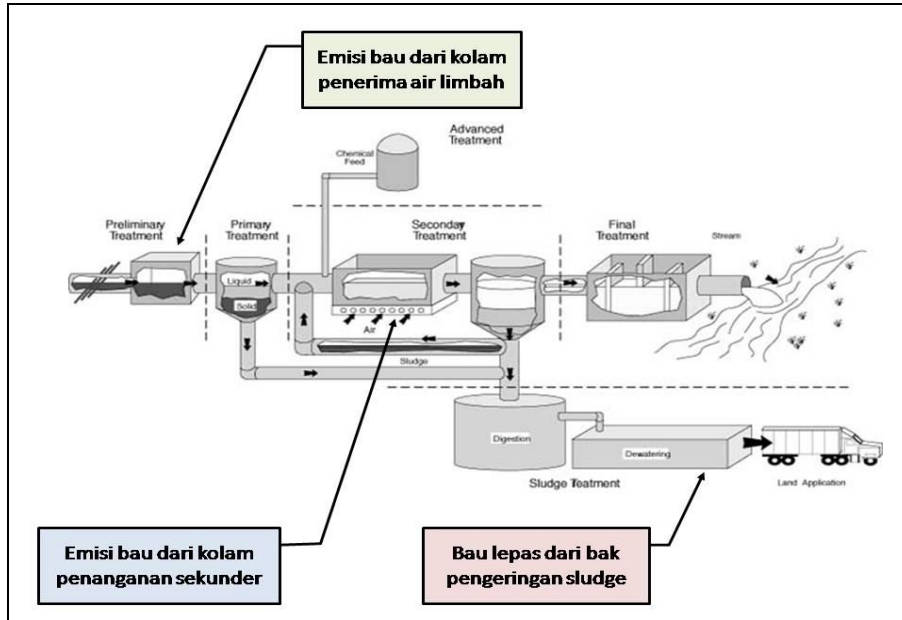
Sebuah solusi untuk mengatasi masalah bau dari industri karet remah telah ditawarkan oleh kelompok peneliti dari Balai Penelitian Sembawa, di Banyuasin, Sumatra Selatan. Kelompok ini bekerjasama dengan pihak swasta. Hasilnya berupa produk asap cair dengan nama dagang “*Deorub*”. Aplikasi produk ini pada proses pengolahan karet remah tidak menyebabkan karet berbau menyengat. Selain itu juga tidak mengurangi mutu karet, yaitu nilai plastisitasnya (Solichin dan Tedjaputra, 2008).

4. Polusi Bau dari Penanganan Air Limbah

Salah satu bagian dalam proses penanganan air limbah merupakan proses biologis menggunakan lumpur aktif (*activated sludge process*). Dalam proses ini padatan yang terkandung dalam air limbah didegradasi oleh mikroorganisme (terutama bakteri) menjadi biomas dan berbagai macam

gas. Gas berbau merupakan bagian dari emisi gas hasil proses degradasi tersebut. Gas berbau yang paling utama timbul adalah hidrogen sulfida (Van

Durme, 1998). Skema instalasi pengolahan air limbah beserta bagian-bagian yang berpotensi menghasilkan gas berbau disajikan dalam Gambar 5.



Gambar 5. Emisi Gas Berbau dari Beberapa Titik dalam Instalasi Penanganan Air Limbah.

5. Polusi Bau dari Industri Minyak dan Gas

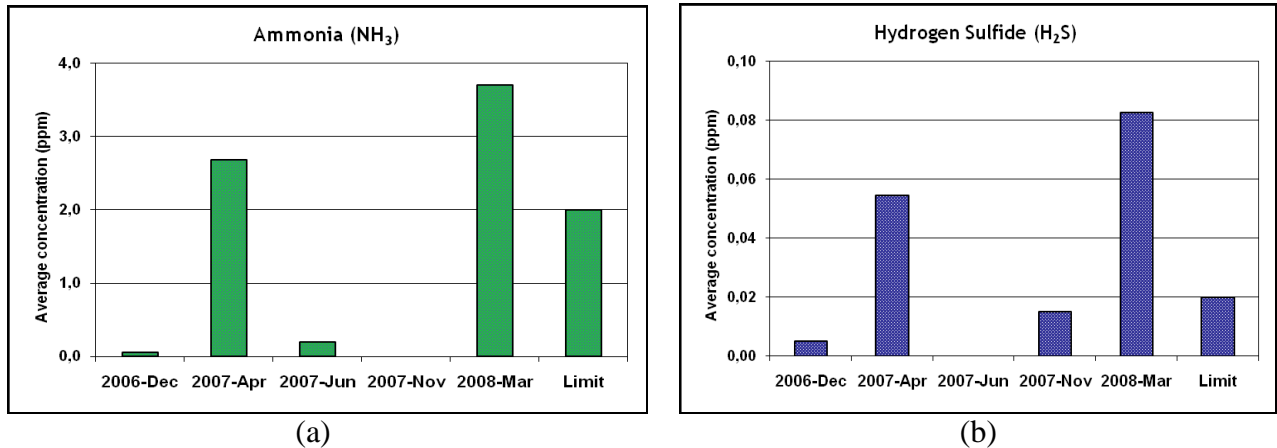
Tahapan proses produksi minyak dan gas yang berupa pengilangan minyak, pengemasan gas LPG (*Liquefied Petroleum Gas*), sumur minyak, dan sumur gas memberi kontribusi pada polusi bau di lingkungan. Kilang minyak mengolah minyak mentah menjadi produk-produk turunan seperti bensin, avtur, minyak tanah, aspal, dan lainnya. Selama proses pengilangan akan dilepaskan bermacam-macam jenis gas termasuk gas yang mudah menguap serta berbau dari golongan sulfida dan merkaptan. Proses pengemasan gas LPG atau LNG (*Liquified Natural Gas*) memerlukan gas penanda kelompok merkaptan, disulfida, atau thioether (Katz dan Lee, 1990). Hal ini digunakan sebagai salah satu upaya penyelamatan bila terjadi kebocoran. Pada tahap ini terjadi pelepasan senyawa bau tersebut ke dalam udara ambien.

Selain mengeluarkan minyak dan gas, sumur minyak dan sumur gas juga membawa produk ikutan berupa senyawa gas berbau. Dua kelompok gas alam diberi istilah berdasarkan kandungan gas berbau (H_2S) dan CO_2 didalamnya. *Sweet gas* adalah gas alam yang tidak mengandung H_2S dan CO_2 . Sedangkan *sour gas* adalah gas alam yang mengandung H_2S dan CO_2 . Contoh batasan *sour gas* adalah apabila gas alam mengandung H_2S melebihi 0,25 grains setiap 100 kaki kubik (*cubic feet*). Satu grain setara dengan 0,06479 g (Katz dan Lee, 1990).

Beberapa perusahaan migas yang beroperasi di Indonesia menunjukkan bahwa dari sumur-sumur di lokasi usaha mereka juga dihasilkan senyawa gas berbau. Sebuah contoh terdeteksinya senyawa gas berbau dalam udara ambien, yaitu amonia dan hidrogen sulfida disajikan dalam Gambar 6.

Sampel udara ambien ini diambil di sekitar lokasi proses dari sebuah perusahaan migas yang beroperasi dalam wilayah administratif Provinsi Jawa Timur. Berdasarkan Gambar 6,

dua dari lima periode pemantauan (Desember 2006 hingga Maret 2008) menunjukkan bahwa konsentrasi gas berbau dua jenis senyawa tersebut melebihi baku mutu.



Gambar 6. Konsentrasi Gas Amonia (a) dan Hidrogen Sulfida (b) dalam Udara Ambien di Sekitar *Process Area* dari Sebuah Perusahaan Migas di Indonesia.

6. Polusi Bau dari Kegiatan Peternakan

Sumber senyawa gas berbau pada kegiatan bididaya ternak dihasilkan oleh *feces* hewan ternak, pakan segar, serta proses degradasi sisa pakan dan *feces*. Budidaya ternak secara intensif memberi pengaruh besar terhadap produksi bau karena kepadatan jumlah ternak pada setiap satuan luas kandang. Dengan demikian, jumlah feces serta pakan yang diperlukan oleh budidaya ternak juga menjadi lebih besar. Kondisi ini menyebabkan produksi bau juga semakin meningkat.

Selain menghasilkan emisi gas berbau ke dalam udara ambien kegiatan peternakan dengan sistem budidaya dalam kandang secara intensif juga menimbulkan keluhan masyarakat (Amon *et al.*, 1997). Salah satu bentuk penyelesaian untuk mengurangi intensitas masalah tersebut adalah dengan melakukan pengomposan feses ternak. Apabila masih memungkinkan, salah satu cara yang dapat ditempuh adalah dengan menempatkan lokasi budidaya yang relatif jauh dari

pemukiman penduduk. Dengan demikian, produksi bau yang dihasilkan dapat terdispersi dengan lebih sempurna dalam udara ambien. Kemudian terjadi penurunan konsentrasi bau yang sampai ke wilayah pemukiman warga secara signifikan.

Polemik tentang Polusi Bau

Polemik tentang polusi bau seringkali terjadi di masyarakat terkait dengan fakta bahwa banyak di antara warga masyarakat telah merasakan kehadiran bau yang mengganggu. Sedangkan di pihak lain terdapat unit usaha atau kegiatan yang dianggap sebagai sumber bau namun emisi gasnya tidak melanggar peraturan. Contoh masalah demikian bisa terjadi pada daerah-daerah industri yang padat penduduk. Di mana terdapat banyak industri atau kegiatan yang memang mengeluarkan berbagai macam senyawa berbau. Daerah ini sekaligus menjadi pemukiman warga yang tidak selalu terkait atau terlibat langsung dalam kegiatan industri.

Sebuah contoh tentang polemik polusi bau disajikan dalam Tabel 4. Hasil pengukuran bau pada Tabel 4 menunjukkan bahwa konsentrasi

gas amonia, hidrogen sulfida, dan styrene berada di bawah baku mutu. Namun demikian, hidung manusia menangkap bahwa gas-gas tersebut sangat mengganggu dan menyatakannya sebagai polusi.

Tabel 4. Hasil Pengukuran Bau di TPA Galuga, Bogor.

Parameter	Hasil		Standar*	Satuan
	Galuga 1	Galuga 2		
Amonia (NH ₃)	0,0080	0,1760	2,000	ppm
Hidrogen Sulfida (H ₂ S)	0,0170	0,0170	0,0200	ppm
Styrene	<0,0001	<0,0001	0,1000	ppm

* Kep.Men LH No. KEP-50/MENLH/11/1996 tentang Baku Tingkat Kebauan

Polemik terjadi dalam konteks sebagai berikut: (1) warga masyarakat sudah merasakan dengan jelas kehadiran bau yang mengganggu dan menduga bahwa bau tersebut berasal dari suatu industri atau kegiatan tertentu di daerahnya, (2) penanggung jawab industri atau kegiatan telah melakukan pengambilan sampel udara ambien yang diduga berbau dan mengukur dengan metoda standar, (3) hasil yang diperoleh dari analisis laboratorium menunjukkan bahwa konsentrasi gas berbau masih berada dibawah baku mutu seperti ditetapkan dalam Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. KEP-50/MENLH/11/1996 tentang Baku Tingkat Kebauan, (4) polemik tetap berlangsung karena warga masyarakat merasa terganggu oleh kehadiran bau yang tidak disukai sementara pihak industri tidak melanggar peraturan.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat ditarik dari deskripsi di atas adalah sebagai berikut: (1) bau minimal mempunyai dua pengertian, yaitu sebagai kesan yang ditangkap oleh indra pembau serta jenis senyawa kimia yang menyebabkan timbulnya bau, (2) bau dapat dikuantifikasi secara langsung dalam bentuk konsentrasi senyawa berbau, dengan *odour*

unit (OU) atau skala hedonisme maupun secara tidak langsung dengan mengukur perubahan frekuensi sensor akibat interaksi antara sensor dan molekul bau, (3) bau merupakan sebuah bentuk gangguan lingkungan atau polusi udara, (4) kasus-kasus polusi bau di Indonesia terjadi sebagai akibat dari aktifitas industri dan pertanian yang melepaskan emisi gas berbau ke lingkungan, (5) polemik polusi bau tetap berlangsung karena masyarakat merasa terganggu oleh kehadiran bau yang tidak disukai sedangkan hasil analisis laboratorium menunjukkan bahwa konsentrasinya masih di bawah baku mutu.

Saran yang dapat diajukan berdasarkan masalah yang telah dilukiskan di atas adalah: (1) perlu ditambahkan aturan yang memuat kuantifikasi bau berdasarkan sampel udara, analisis kimia konvensional, dan kuantifikasi bau dengan menggunakan hidung manusia yang tersertifikasi, (2) perlu dibangun sistem berisi kelompok-kelompok panel independen yang memberi penilaian terhadap terjadinya kasus pencemaran bau untuk mewujudkan saran sesuai dengan butir (1), (3) perlu dilakukan penguatan fungsi institusi yang mempunyai otoritas dalam bidang kualitas udara dengan cara melakukan sertifikasi terhadap anggota panel independen di bawah koordinasi Kementerian Negara Lingkungan Hidup.

DAFTAR PUSTAKA

- Amon, M., Dobeic, M., Sneath, W., Phillips, V.R., Misselbrook, T.H., dan Pain, B.F. (1997). A Farm-scale Study on the Use of Clinoptilolite Zeolite and De-Odorase (R) for Reducing Odour and Amonia Emissions from Broiler Houses. *Bioresource Technology*. 61. 229-237.
- Anonim (2004). Himpunan Peraturan di Bidang Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Penegakan Hukum Lingkungan. Kementerian Negara Lingkungan Hidup, Jakarta.

- Boeker, P., Horner, G., dan Roesler, S. (2000). Monolithic sensor array based on a quartz microbalance transducer with enhanced sensitivity for monitoring agricultural emissions. *Sensors and Actuators*. B 70. 37-42.
- Cattrall, R.W. (1997). *Chemical Sensors*. Oxford University Press, Oxford.
- Chang, P. dan Shih, J.S. (2000). Multi-channel piezoelectric quartz crystal sensor for organic vapours. *Analytica Chimica Acta*. 403: 39-48
- Cheremisinoff, P.N. (1992). *Industrial Odour Control*. Butterworth Heinemann, Ltd. Oxford.
- Di Natale, C., Macagnano, A., Paolesse, R., Tarizzo, E., Mantini, A. dan D'Amico, A. (2000). Human skin odor analysis by means of an electronic nose. *Sensors and Actuators*. B 65. 216-219.
- Dickert, F.L., Reif, M., dan Sikorski, R. (2000). Chemical sensors for solvent vapors: Enthalpic and entropic contributions to host-guest interactions. *Journal of Molecular Modelling*. 6. 446-451.
- Gardner, J.W. dan Bartlett, P.N. (1999). *Electronic Noses Principles and Application*. Oxford University Press, Oxford.
- Gudladt, U. (2001). Emissionsminderungspotentiale prozessintegrierter Maßnahmen bei der Kompostierung von Bioabfall. Diss. University of Kiel, Kiel, Germany.
- Hamacher T., Haas, T., Boeker P., Schulze Lammers P., dan Diekmann B. (2004). Sensorsystem zur Geruchsmessung. Poster *Frühjahrstagung 2004 der Deutschen Physikalischen Gesellschaft*, München
- Huber, C.V. (2002). Factors for achieving successful and cost effective odor abatement. *Proceeding of Odor and Noise Speciality Conference*, Atlanta, GA, February 21, 2002.
- Janni, K., Jacobson, L., Bicudo, J., Schmidt, D., Guo, H., dan Koehler, B. (2000). *Livestock and Poultry Odor Workshop I Emissions, Measurement, Control, and Regulation*. Dept. of Biosystems and Agricultural Engineering University of Minnesota, USA.
- Katz, D.L. dan Lee, Robert L. (1990). *Natural Gas Engineering Production and Storage*. McGraw-Hill International Editions, Singapore.
- Nurul Islam, A.K.M., Hanaki, K., dan Matsuo, T. (1998). Fate of dissolved odorous compounds in sewage treatment plants. *Water Science and Technology*. 38 (3 pp). 337-344.
- Sauerbrey, G. (1959). Verwendung von Schwingquarzen zur Wägung dünner Schichten und zur Mikrowägung. *Zeitschrift für Physik*. 155. 206-222.
- Solichin, M. dan Tedjaputra, N. (2008). *Asap Cair "Deorub" Menjadi Lokomotif Industri*. Gema Industri Kecil Edisi XXI, Maret 2008. Direktorat Jenderal Industri Kecil dan Menengah, Departemen Perindustrian
- Syahrulyati, T., Sutjahjo, S.H., dan Hardjoamidjojo, S. (2007). Pemetaan Isophreatic Kontur untuk Menduga Arah Aliran Cemar Lindi di Bawah Permukaan Tanah. *Jurnal Keteknik Pertanian*. 21 (3).
- Van Durme, G.P. (1998). In Rafson, H.J. (ed.) *Odor and VOC Control Handbook*. McGraw-Hill, Co. New York.
- Yuwono, A.S., Hamacher, T., Niess, J.,

- Boeker, P., dan Schulze Lammers, P. (2002). Odour measuring system using a mass sensitive sensor array and its performance improvement. Proceeding of *The 2nd World Engineering Congress*, Kuching-Malaysia, 22-25 July 2002.
- Yuwono, A.S. (2002). Aplikasi sensor kuartz dalam pengukuran emisi bau biogenik. Proceeding *Simposium Fisika Nasioanke-19*. Denpasar, Indonesia, July 30-31, 2002.
- Yuwono, A.S., Boeker, P., Schulze Lammers, P (2003a). Detection of odour emissions from a composting facility using a QCM sensor array. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. **375**: 1045 – 1048
- Yuwono, A.S., Hamacher, T., Niess, J., Boeker, P., dan Schulze Lammers, P. (2003b). Implementation of a quartz microbalance (QMB) sensor array-based instrument and olfactometer for monitoring the performance of an odour biofilter. Proceeding of *2nd International Workshop & Conference on Odour & VOCs*, Singapore, September 14-27, 2003.
- Yuwono, A.S. dan Schulze Lammers, P. (2004a). Performance test of a sensor array – based odour detection instrument. *Agricultural Engineering International: The CIGR Journal of Scientific Research and Development*. Manuscript Number BC 03 009.
- Yuwono, A.S. dan Schulze Lammers, P. (2004b). Overview paper: Odour pollution in the environment and the detection instrumentation. *Agricultural Engineering International: The CIGR Journal of Scientific Research and Development*. Invited Overview Paper. VI.