



**ESTIMASI PRODUKSI DAN DISPERSI GAS POLUTAN DARI
KEGIATAN DAUR ULANG LIMBAH ALUMINIUM**

**GENERATION ESTIMATION AND THE DISPERSION OF
POLLUTANT GASES FROM ALUMINIUM SCRAP RECYCLING**

Arief Sabdo Yuwono

*Dept. Teknik Sipil dan Lingkungan IPB
Kampus IPB Darmaga, PO Box 220 Bogor 16002 INDONESIA
E-mail: arief_sabdo_yuwono@yahoo.co.id*

ABSTRAK

Kegiatan daur ulang limbah aluminium merupakan salah satu mata rantai penting yang berperan memasok ketersediaan logam aluminium, mengurangi penambangan bauksit baru dan memurnikan kembali limbah aluminium dari kondisi awal yang tercampur benda asing. Dilain pihak, kegiatan daur ulang limbah aluminium juga menghasilkan limbah lain dalam bentuk gas-gas polutan, debu dan partikulat. Tujuan dari penelitian ini adalah membuat estimasi jumlah produksi gas polutan yang dihasilkan dari kegiatan daur ulang limbah aluminium dan memperkirakan dispersinya dalam udara ambien di sekitar lokasi daur ulang menggunakan model dispersi Gauss. Data pendukung berupa arah dan kecepatan angin berasal dari Stasiun Klimatologi terdekat dengan lokasi kegiatan. Gas polutan yang dicakup meliputi sulfur dioksida (SO₂), karbon monoksida (CO), nitrogen oksida (NO₂) dan partikulat (PM₁₀). Estimasi produksi dilakukan dengan berdasarkan pada kapasitas olah limbah aluminium sebesar 700 ton/tahun. Hasil analisis menunjukkan bahwa pada tingkat produksi tersebut akan dihasilkan limbah kerak sebesar 177 kg/hari, emisi gas SO₂ sebesar 2857 µg/s, emisi gas NO₂ sebesar 10.551 µg/s, dan emisi gas CO sebesar 2777 µg/s. Hasil simulasi dispersi polutan gas mengindikasikan bahwa semua gas polutan yang ditinjau mencapai baku mutu udara ambien nasional sesuai dengan Peraturan Pemerintah No. 41/1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara pada radius yang sangat dekat dengan sumbernya

Kata kunci: daur ulang, dispersi, estimasi produksi, gas polutan, limbah aluminiu

ABSTRACT

Aluminium scrap recycling is an important link to fulfil the aluminium stock in the market, to reduce the new bauxite mining and to purify the contaminated aluminium scrap. On the other hand, aluminium scrap recycling is also an activity generating wastes such as waste gases, dustfall as well as particulate matter. The objectives of the research were to estimate the amount of the generated waste gases resulted from aluminium scrap recycling and to study the dispersion of the emitted waste gases in the ambient air surrounding the recycling activity by using the Gaussian dispersion simulation model. Supporting data of wind speed and direction was compiled from the nearest climatology station. The waste gases under concern consist of sulphur dioxide (SO₂), carbon monoxide (CO), nitrogen oxide (NO₂) and particulate matter (PM₁₀). Generation estimation was based on recycling capacity of aluminium scrap in the order of 700 ton/year. Result of the analysis indicated that at this recycling capacity the generated slag is 177 kg/day, SO₂ gas 2857 µg/s, NO₂ gas 10.551 µg/s, and CO gas 2777 µg/s. Simulation showed that all of dispersed waste gases in the ambient air complied with the national standard according to Government Regulation No 41/1999 pertaining on Air Pollution Control.

Keywords: aluminium scrap, dispersion, pollutant gas, production estimation, recycle



PENDAHULUAN

Kegiatan daur ulang limbah (*scrap*) aluminium merupakan salah satu mata rantai penting yang berperan memasok ketersediaan logam aluminium, mengurangi penambangan bauksit baru dan memurnikan kembali limbah aluminium dari kondisi awal yang tercampur benda asing. Namun demikian, di lain pihak, kegiatan daur ulang limbah aluminium juga menghasilkan limbah lain dalam bentuk gas-gas polutan, debu dan partikulat yang berpotensi dapat menimbulkan gangguan kenyamanan lingkungan dan pengaruh negatif pada kesehatan manusia. Sumber dampak negatif tersebut bisa berasal dari proses pengolahan *scrap* aluminium karena bahan asalnya tidak murni seratus persen berisi aluminium, melainkan juga mengandung material ikutan terutama tanah. Bahan pengotor berupa tanah tersebut akan berubah menjadi debu, partikulat, kerak serta partikel debu (TSP) selama proses peleburan aluminium.

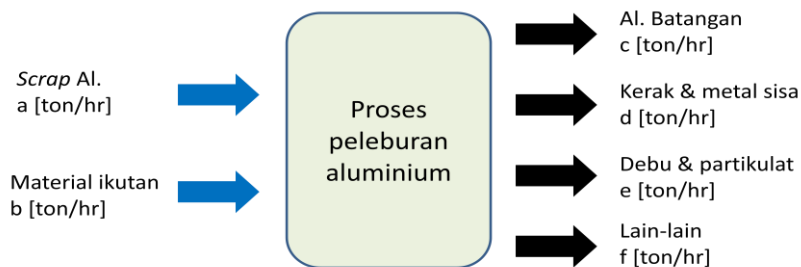
Tujuan dari penelitian ini adalah membuat estimasi jumlah produksi gas polutan yang dihasilkan dari kegiatan daur ulang limbah aluminium dan memperkirakan dispersinya dalam udara ambien di sekitar lokasi daur ulang menggunakan model dispersi Gauss.

BAHAN DAN METODA

Penelitian dilakukan di sebuah industri daur ulang limbah aluminium (PT. X) di Kab. Karawang, Jawa Barat. Komponen (bahan) yang diamati adalah limbah (*scrap*) aluminium yang diterima dari sebuah pabrik perakitan sepeda motor di Karawang, bahan atau material ikutan (terutama tanah) yang menempel pada limbah aluminium, aluminium batangan hasil peleburan dan kerak sisa peleburan.

Pengumpulan data dilakukan secara langsung di lokasi industri dengan pengamatan terhadap objek dan dilengkapi dengan data hasil wawancara dengan petugas peleburan aluminium. Hasil pengamatan di lapangan dan wawancara dituangkan dalam **Tabel 1**.

Gas polutan yang dibahas dibatasi pada polutan gas utama, yaitu sulfur dioksida (SO_2), karbon mono-oksida (CO), nitrogen dioksida (NO_2) dan partikulat (PM_{10}). Kuantitas tiga polutan parameter pertama (SO_2 , CO dan NO_2) yang dihasilkan dari pemrosesan limbah aluminium diperkirakan dengan cara mengalikan jumlah bahan bakar (*sludge oil*) yang dikonsumsi pada proses peleburan dengan faktor emisinya. Sedangkan jumlah debu dan partikulat yang dihasilkan dihitung dengan berdasarkan neraca massa proses peleburan limbah aluminium (**Gambar 1**). Faktor emisi yang menjadi acuan adalah faktor emisi yang dikompilasi oleh US-EPA (United States Environmental Protection Agency).

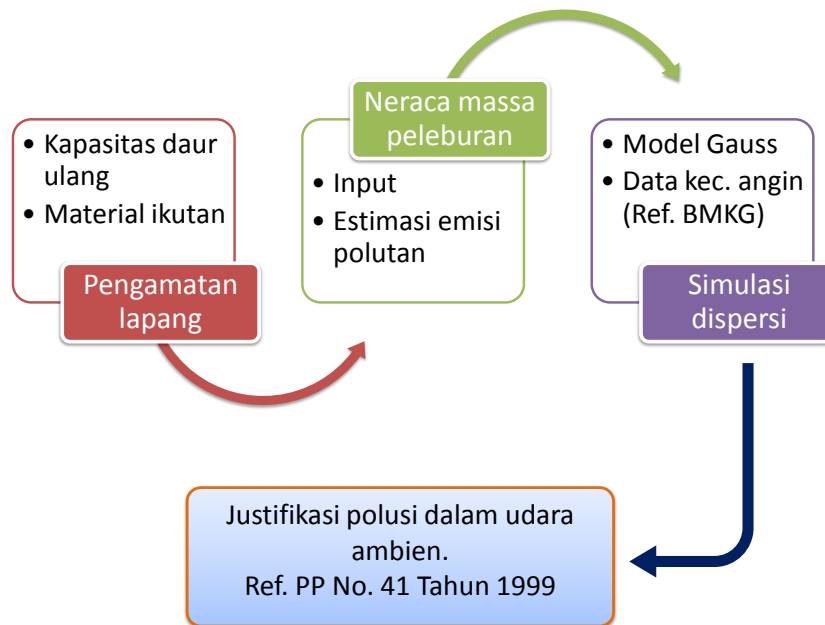


Kesetimbangan massa:
 $(a + b) = (c + d + e + f)$

Gambar 1. Skema neraca massa proses daur ulang *scrap* aluminium.

Hasil perhitungan jumlah polutan gas yang dihasilkan dari proses peleburan *scrap* aluminium kemudian menjadi dasar bagi penyusunan simulasi dispersi polutan gas dalam

udara ambien. Dengan menggunakan model dispersi Gauss (Gaussian dispersion model) laju emisi menjadi salah satu masukan (input) selain data iklim lokasi setempat yang diperoleh dari BMKG. Dengan asumsi tinggi cerobong sebesar 20 m dari permukaan tanah dapat diprakirakan konsentrasi parameter polutan gas dalam udara ambien. Skema metode secara umum ini disajikan dalam **Gambar 2**.



Gambar 2. Skema umum metode penelitian.

Model simulasi dispersi yang digunakan adalah model yang dikembangkan oleh Gauss atau *Gaussian Dispersion Model* ((Peavy *et al.*, 1985; de Nevers, 1995; Kiely, 1998; LaGrega *et al.*, 2001) dimana untuk konsentrasi polutan di permukaan tanah berbentuk sebagai berikut:

$$C_{(x,y,z)} = \frac{Q}{\pi\sigma_y\sigma_zU} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{H}{\sigma_z}\right)^2\right]$$

Keterangan:

$C_{(x,y,z)}$ = konsentrasi gas pada suatu tempat berkoordinat (x,y,z) [g/m³]

Q = laju emisi *stack* [g/s]

σ_y ; σ_z = koefisien dispersi sesuai dengan kurva Pasquill-Gifford [m]

U = kecepatan angin [m/s]

H = tinggi *plume* dari permukaan tanah [m].

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan massa sebelum (input) dan sesudah proses daur ulang (output) disajikan dalam bentuk tabulasi (**Tabel 1**). Tabulasi hasil ini didasarkan pada pengukuran secara langsung di lapangan dan hasil kompilasi data yang dimiliki oleh industri yang bersangkutan.

Tabel 1. Tabulasi neraca massa pelepasan *scrap* aluminium

INPUT	Satuan	Berat	%
Scrap Aluminium*	[ton/tahun]	700	-



INPUT	Satuan	Berat	%
	[ton/hari]	1,92	97,32
Flux*	[ton/hari]	0,003	0,14
Material ikutan	[ton/hari]	0,05	2,54
Jumlah	[ton/hari]	1,97	100,0
OUTPUT	Satuan	Berat	%
Aluminium batangan	[ton/hari]	1,773	90
Kerak dan metal sisa	[ton/hari]	0,177	9
Debu	[ton/hari]	0,006	0,3
Partikulat	[ton/hari]	0,004	0,2
	[µg/s]	45.615	-
Lain-lain (kertas, plastik)	[ton/hari]	0,010	0,5
Jumlah	[ton/hari]	1,97	100,0

* Hasil pengamatan langsung di PT. X

Berdasarkan tabulasi diatas maka konsentrasi debu (dustfall), partikulat (PM) dan partikel debu (TSP) dalam udara ambien dapat diprakirakan. Kuantitas tersebut juga menjadi dasar penentuan (justifikasi) terjadi atau tidaknya polusi dalam udara ambien, yaitu dengan cara membandingkan konsentrasi hasil prakiraan dengan konsentrasi yang ditetapkan dalam baku mutu. Hasil perhitungan perkiraan jumlah polutan yang dihasilkan dari proses daur ulang *scrap* aluminium disajikan dalam **Tabel 2**.

Tabel 2. Perhitungan jumlah emisi polutan

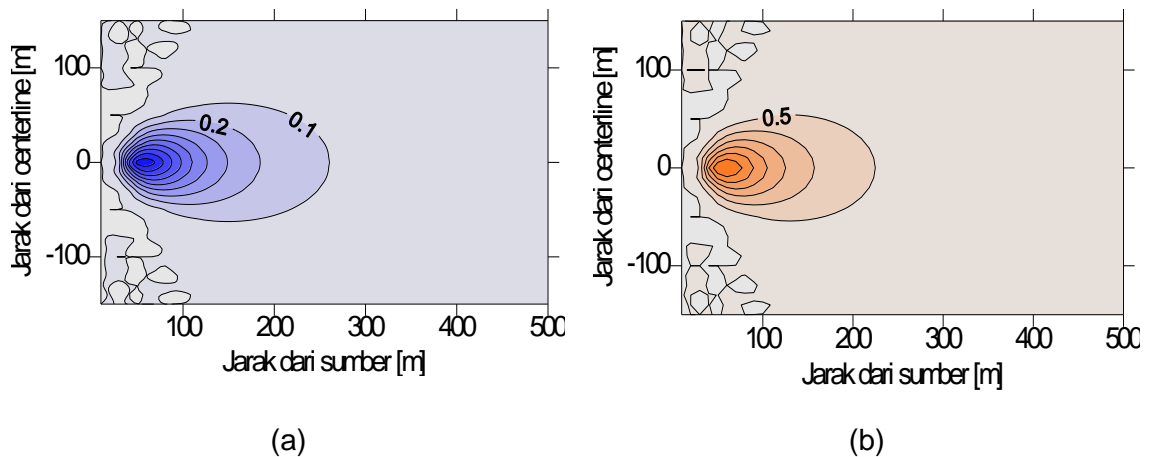
Polutan dari sludge oil					
Jumlah <i>sludge oil</i> yg dibakar	[drum]	2,0			
	[liter/hari]	400			
	[10 ³ gal/hari]	0,10568			
Besaran	Satuan	SO ₂ **	NO ₂	CO	PM ₁₀
Faktor emisi *	[lb/10 ³ gal]	5,145	19	5	51
Laju emisi	[lb/day]	0,5	2,0	0,5	5,4
	[µg/s]	2.857	10.551	2.777	28.321
Laju emisi polutan total					
Besaran	Satuan	SO ₂	NO ₂	CO	PM ₁₀
Dari pembakaran <i>sludge oil</i>	[µg/s]	2.857	10.551	2.777	28.321
Dari peleburan <i>scrap</i> Al.	[µg/s]	0	0	0	45.615
Total laju emisi	[µg/s]	2.857	10.551	2.777	73.935

* = US-EPA Standard, AP-42; Chapter 1.External Combustion Sources; 1.11. Waste Oil Combustion

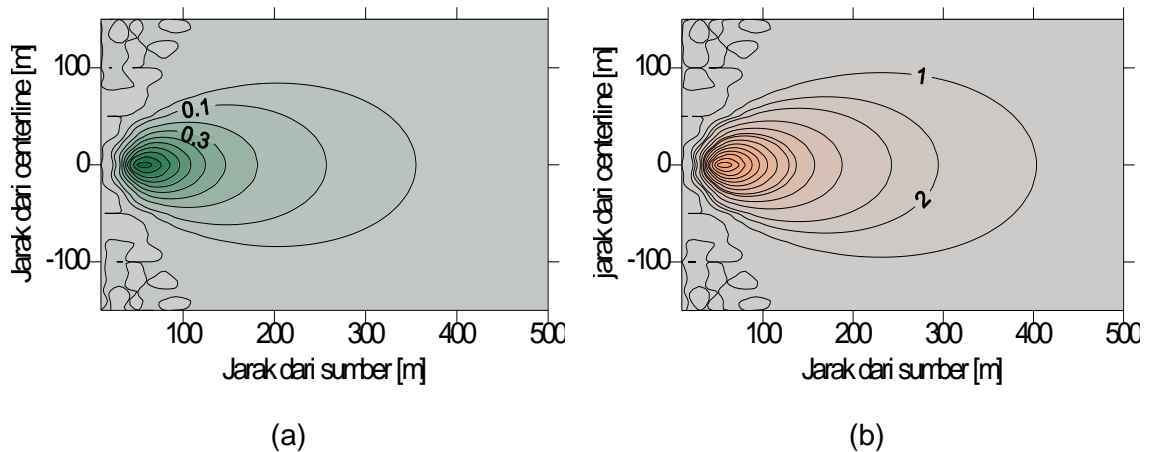
** Emission factor (e) = 147*S; Bila S = Sulfur Content = 3,5%, e = 147*0,035 = 5,145

Hasil perhitungan ini menunjukkan bahwa laju emisi SO₂ dari kegiatan ini adalah sebesar 2271 µg/s, NO₂ sebesar 8388 µg/s, CO sebesar 2207 µg/s. Ketiganya hanya berasal dari satu (1) sumber saja sedangkan PM₁₀ berasal dari dua (2) sumber, yaitu dari pembakaran *sludge oil* dan dari sisa proses peleburan *scrap* aluminium. Peleburan *scrap* menghasilkan partikulat (PM) karena bahan baku proses peleburan bukan bahan murni aluminium, melainkan bercampur dengan debu atau tanah.

Hasil simulasi dispersi gas polutan (SO₂, NO₂, CO dan partikulat) dengan menggunakan model dispersi Gauss disajikan dalam **Gambar 3** dan **Gambar 4**. Simulasi dispersi ini dibuat berdasarkan asumsi kecepatan angin rata-rata di lokasi tersebut sebesar 1,4 m/s (BMKG).



Gambar 3. Simulasi dispersi SO₂ (a) dan NO₂ (b) dalam udara ambien.



Gambar 4. Simulasi dispersi CO (a) dan PM₁₀ (b) dalam udara ambien.

Hasil simulasi dispersi diatas memberi indikasi bahwa tidak ada parameter gas polutan dalam udara ambien yang melebihi baku mutunya masing-masing sesuai dengan Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara. Bahkan, konsentrasi masing-masing polutan tersebut jauh berada dibawah baku mutunya.

Pada gas SO₂ misalnya, baku mutu untuk parameter ini dalam udara ambien adalah sebesar 365 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ sedangkan konsentrasi maksimumnya di sekitar sumber tidak melebihi 10 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Demikian juga untuk parameter NO₂, dimana baku mutunya sebesar 150 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ sedangkan konsentrasi maksimumnya di sekitar sumber juga kurang dari 10 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$. Tinjauan terhadap parameter CO dan PM₁₀ juga akan menghasilkan kondisi sejenis, yaitu konsentrasi dalam udara ambien di sekitar sumber (source) jauh berada dibawah baku mutunya.

Bila ditinjau dari aspek opasitas (opacity) asap yang keluar dari sisa pembakaran *sludge oil*, maka terlihat bahwa pada saat proses peleburan dimana pada saat bersamaan berlangsung proses pembakaran *sludge oil* ditemui kondisi opasitas asap dari gas buang yang pekat yang melebihi baku mutu emisi. Baku mutu opasitas untuk kegiatan ini adalah 35% sesuai dengan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 13 Tahun 1995 tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak. Hasil pengamatan ini seiring dengan hasil perhitungan jumlah emisi polutan seperti disajikan dalam Tabel 2 dimana



konsentrasi partikulat (PM) sangat tinggi dibandingkan dengan konsentrasi parameter gas yang lain. Pada umumnya asap yang pekat mengandung partikulat atau bahan padat lainnya dalam jumlah yang juga relatif besar.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang dapat ditarik dari studi ini adalah sebagai berikut:

1. Gas polutan yang dihasilkan dari proses daur ulang limbah (scrap) aluminium pada tingkat pengolahan 700 ton/tahun adalah sebesar 2857 $\mu\text{g/s}$ SO_2 , 10.551 $\mu\text{g/s}$ CO , 2.777 $\mu\text{g/s}$ NO_2 dan 73.935 $\mu\text{g/s}$ PM_{10} .
2. Hasil simulasi dengan model dispersi Gauss menunjukkan bahwa konsentrasi keempat parameter gas polutan tersebut dalam udara ambien berada dibawah baku mutunya masing-masing sesuai dengan Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara.

DAFTAR PUSTAKA

- US-EPA. 1983. Standard AP-42. Chapter 1 External Combustion Sources. 1-11 Waste Oil Combustion.
- Kiely, G. 1998. *Environmental Engineering*. McGraw-Hill International Editions. Singapore.
- Peavy, H.S., Rowe, D.R., dan Tchobanoglous, G. 1985. *Environmental Engineering*. McGraw - Hill International Editions. Mc Graw – Hill, Inc. Singapore.
- De Nevers, N. 1995. *Air Pollution Control Engineering*. McGraw-Hill Book Co. International Edition.
- LaGrega, M., Buckingham, P., and Evans, J.C. 2001. *Hazardous Waste Management*. McGraw-Hill International Edition. McGraw-Hill Co, Inc. Singapore.