

**PENCEMARAN UDARA DI RUANG PROSES PEMBATIKAN
INDUSTRI RUMAH TANGGA BATIK:
STUDI KASUS INDUSTRI RUMAH TANGGA BATIK
DI KAMPUNG TAMAN KOTAMADYA YOGYAKARTA**
*(Indoor Air Pollution in Batik-Making Workrooms of Batik Home Industry:
Case Study of Batik Home Industries in Kampung Taman Yogyakarta
Municipal City)*

Darmiyanti^{*}, Bardi Murachman^{}, Chafid Fandeli^{***}**

^{*}Teknik Kimia Tekstil Universitas Bandung Raya

^{**}Teknik Kimia Universitas Gadjah Mada

^{***}Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk menginvestigasi konsentrasi karbon monoksida, karbon dioksida, sulfur dioksida, suhu, kelembaban dan bau ruang kerja pembuatan batik sebagai akibat dari proses pembuatan batik dalam lingkungan kerja. Studi kasus dilakukan di industri rumahan (home industry) di kampung Taman Yogyakarta. Penelitian ini dilakukan dari bulan Desember 1999 sampai Januari 2000. Pengukuran parameter dilakukan dalam 2 rumah industri batik yang masing-masing menggunakan satu dan tiga kompor sebagai pemanas. Metode analisis data adalah Analisis Times Series dan Analisis Grafis. Konsentrasi karbon monoksida berkisar antara 2,00-8,66 ppm, karbondioksida berkisar antara 372,498-473,885 ppm. Sulfur dioksida berkisar antara 0,00028-0,00268 ppm. Temperatur berkisar antara 29°C-34°C, seakan kelembaban berkisar antara 50,5%-67%.

Penelitian mengindikasikan bahwa ruang kerja batik telah terkontaminasi karbon monoksida yang beresiko terhadap kesehatan para pekerja. Ruang kerja pembuatan batik tidak nyaman.

Kata kunci: Pollutan, suhu, kelembaban, ruang pembuatan batik

Abstract

This research aims to investigate the concentrations of carbon monoxide, carbon dioxide, sulfur dioxide, temperature, humidity and smells batik-making workrooms as a result of the batik-making process on work environments. A case-study of home industries was conducted in Kampung Taman Yogyakarta Municipal City. The research was conducted from Desember 1999 to January 2000. Measurement of parameters under investigation was carried out in two batik home industries, each of which used stove and three stove as heaters. Methods of analyzing the data were time series analysis, and graphics analysis. The concentrations of carbon monoxide in batik-making workrooms ranged between 2.00 ppm and 8.66 ppm Carbon dioxide ranged between 372.498 ppm and 473.885 ppm. Sulfur dioxide ranged between 0.00028 ppm and 0.00268 ppm. Temperature ranged between 29°C and 34°C. Humidity ranged from 50.5% to 67%.

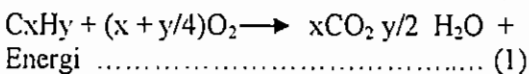
The research indicated that batik making workrooms have been contaminated by carbon monoxide which is rather risky for batik worker's health. Batik making workrooms were uncomfortable.

Key words: Pollutants, temperature, humidity, batik-making workrooms.

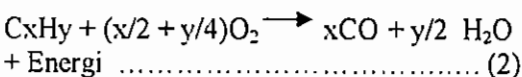
PENGANTAR

Batik adalah salah satu jenis kain tradisional yang mempunyai nilai seni luhur yang banyak diminati oleh bangsa Indonesia sendiri maupun bangsa mancanegara. Secara garis besar proses pembuatan kain batik meliputi proses persiapan, pematikan, pewarnaan, pelepasan lilin batik dan penyempurnaan. Setiap tahapan proses berpeluang menimbulkan dampak/pencemaran pada lingkungan. Pada proses pematikan yaitu peletakan lilin batik pada kain untuk menggambar motif yang dikehendaki, sumber dampak terutama disebabkan oleh uap lilin batik dan gas buang dari bahan bakar.

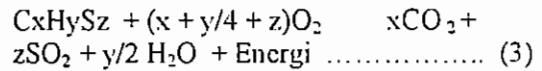
Lilin panas yang meleleh akan membentuk uap hidrokarbon (Keenam, dkk, 1985). Pelelehan lilin batik menggunakan kompor dengan bahan bakar minyak tanah. Menurut Wardhana (1995) Pembakaran yang kurang sempurna pada bahan bakar akan menimbulkan gas buang yang mengandung karbon monoksida, karbon dioksida, sulfur oksida, nitrogen oksida, karbon dan energi. Godish (1991) dalam bukunya "*Indoor Air Pollution*" menyatakan bahwa bahan bakar minyak tanah dapat menghasilkan zat pencemar udara berupa CO, CO₂, H₂S, NO_x, SO_x, formaldehid dan lain-lain peningkatan pembakaran akan mendukung peningkatan kadar berbagai polutan di udara. Menurut Sincero (1996) pada pembakaran sempurna akan terjadi reaksi sebagai berikut :



Bila pembakaran tidak sempurna reaksinya adalah :



Untuk bahan bakar minyak tanah yang mengandung sulfur maka reaksinya :



Polutan-polutan tersebut dapat memberikan dampak terhadap lingkungan kerja. Lingkungan kerja disini dapat diartikan mencakup lingkungan manusia yang sedang melaksanakan pekerjaannya. Umumnya polutan di udara bersifat racun terhadap kesehatan manusia terutama pada organ pernafasan. Berdasarkan adanya kemungkinan polutan-polutan tersebut dapat mengganggu lingkungan kerja maka perlu diketahui seberapa jauh konsentrasi polutan yang teremisi di ruang proses pematikan, bagaimana pola sebarannya dan bagaimana efeknya terhadap kenyamanan kerja.

CARA PENELITIAN

Penelitian fisik dilakukan di dua industri rumah tangga batik yaitu industri milik HW yang menggunakan 3 buah kompor dan industri milik T yang menggunakan 1 buah kompor. Pengukuran parameter-parameter yang diteliti dilakukan menurut urutan sebagai berikut :

1. Pengukuran konsentrasi karbon monoksida (CO), karbon dioksida (CO₂), sulfur dioksida (SO₂), suhu, kelembaban dan bau. Pengukuran dilakukan dari pukul 7.00 sampai pukul 16.00. Pengukuran dilakukan pada satu titik antara kompor dan pematik.
2. Pengukuran konsentrasi CO pada beberapa titik untuk melihat sebaran CO di ruangan arah horizontal. Penentuan titik menggunakan metode sampel titik sistematis (Tika, 1997).
3. Pengukuran konsentrasi CO di ruangan pada tinggi yang berbeda untuk mengetahui konsentrasi CO setinggi pematik duduk (80 cm) dan setinggi orang berdiri (160 cm).
4. Pengukuran konsentrasi CO pada saat dipasang kipas angin untuk melihat efek

penurunan konsentrasi CO dibandingkan tanpa kipas angin. Penentuan titik sampel seperti pada butir 3.

Pengukuran CO dilakukan dengan alat sistem digital Monoxor II Carbon Monoxide Analyzer merk Bacharach. Caranya: Tangkai penangkap udara dari alat ini diarahkan pada titik yang disamping, tunggu sampai kurang lebih 30 detik atau sampai angka yang terbaca dilayar sensor stabil.

Pengukuran CO₂ dilakukan dengan cara titrasi. Prinsipnya CO₂ diserap oleh Ba(OH)₂ yang telah diketahui volumenya. Kemudian larutan Ba (OH)₂ dititrasi dengan HCl.

Pengukuran SO₂ dilakukan secara kolorimetri dengan metode West Gaeke. Prinsipnya SO₂ diserap dalam larutan tetra kloro merkurat sehingga terbentuk kompleks diklorosulfit merkurat. Komplek ini direaksikan dengan parosanilin metil sulfonat hingga terbentuk warna yang kemudian diukur intensitas serapannya. Hasil serapan diukur dengan spektrofotometer.

Suhu dan kelembaban diukur dengan alat thermometer. Alat dipasang pada titik pengukuran. Setelah beberapa detik jarum pada alat akan berhenti pada angka yang menunjukkan suhu dan kelembaban yang diukur.

Pengamatan bau dilakukan secara subyektif dengan alat sensor penciuman manusia oleh minimal 8 orang pengamat, dan tingkat kebauan dapat dinyatakan sebagai ambang bau bila Ambang bau dapat dideteksi oleh lebih dari 50% anggota penguji.

Hasil penelitian akan disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Untuk menguji hubungan waktu proses dengan konsentrasi polutan, suhu dan kelembaban, data hasil penelitian dianalisis dengan mengkaji bentuk grafik dan analisis rangkaian waktu dengan bantuan program Excell. Pola penyebaran polutan arah horizontal dilihat melalui pola grafis menggunakan program komputer Minitab. Konsentrasi CO pada tinggi yang berbeda dan efek penggunaan kipas angin pada pengurangan konsentrasi CO dikaji dengan analisis grafik.

HASIL DAN PEMBAHASAN

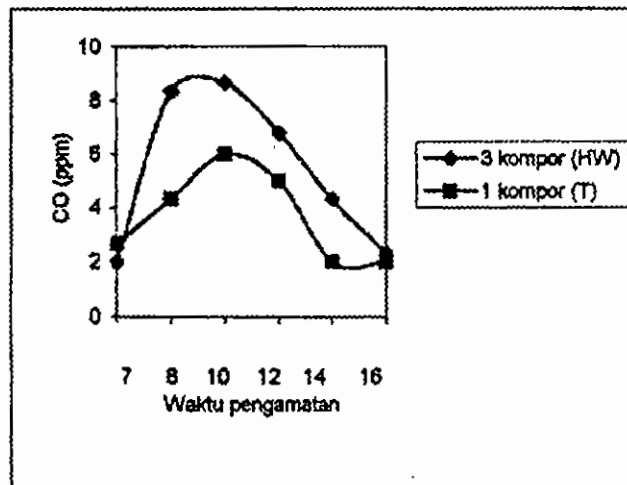
Hasil penelitian terhadap konsentrasi CO, CO₂, SO₂, suhu, kelembaban dan bau pada industri batik yang diteliti memiliki kecenderungan gejala yang relatif sama (Tabel 1, gambar 1,2,3,4 dan 5). Konsentrasi CO di ruang proses pematikan industri HW berkisar antara 2,33 ppm sampai 8,66 ppm sedang di industri T berkisar antara 2,00 ppm sampai 6,00 ppm. Sebelum proses konsentrasi CO kurang lebih 2,00 ppm. Pada waktu proses konsentrasi akan meningkat sampai batas tertentu. Jumlah kompor akan mendukung peningkatan konsentrasi CO di ruangan. Konsentrasi tertinggi dari gas CO yang teremis di udara di ruangan terjadi sekitar pukul 10.00 untuk selanjutnya secara perlahan menurun sampai proses pematikan berakhir. Setelah tidak ada kegiatan pematikan konsentrasi CO kembali mendekati kondisi sebelum proses. Penurunan CO di ruangan dapat terjadi karena adanya aliran udara dalam ruangan melalui ventilasi udara, pintu maupun jendela. Aliran udara dalam ruangan teramati dari waktu pengamatan jam 11.00 sampai sore. Konsentrasi CO pada kedua industri tersebut masih dibawah Nilai Ambang Batas yang ditentukan oleh Kep. Men Ten. Kerja No. SE 01/MEN/1997.

Konsentrasi CO₂ di ruang proses pematikan HW antara 336,088 ppm sampai 473,885 ppm. Pada industri T konsentrasi CO₂ berkisar sekitar 336,088 sampai 433,55 ppm. Konsentrasi tertinggi terjadi pada pukul 12.00 setelah itu terjadi penurunan konsentrasi sampai setelah proses pematikan berakhir. Waktu konsentrasi tertinggi yang berbeda dengan gas CO karena gas CO₂ di ruangan selain berasal dari sumber dalam ruangan juga selalu dipengaruhi oleh CO₂ dari sumber lain seperti dari hasil metabolisme manusia, dari udara ambient di luar ruangan, dan lain-lain CO₂ di dalam ruangan akan selalu mencari keseimbangan dengan CO₂ di luar ruangan.

Tabel 1. Konsentrasi CO, CO₂, SO₂ Suhu dan Kelembaban di Ruang Proses Pematikan Industri HW (3 kompor) dan Industri T (1 kompor).

Industri	HW (3 kompor)					T (1 kompor)				
Parameter	CO	CO ₂	SO ₂	Suhu	RH	CO	CO ₂	SO ₂	Suhu	RH
Jam	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(°C)	(%)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(°C)	(%)
07.00	2	349,95	0,00028	28,00	65,00	2,66	359,0	0,00022	29,00	67,00
08.00	8,33	372,498	0,00139	29,00	64,50	4,33	378,099	0,00026	29,00	65,00
10.00	8,66	436,355	0,00268	31,00	57,50	6,00	386,50	0,00047	31,50	58,00
12.00	6,8	473,885	0,00140	32,00	53,66	5,00	433,55	0,00059	32,50	55,00
14.00	4,33	418,99	0,00110	33,00	50,50	2,00	418,99	0,00033	33,50	53,50
16.00	2,33	336,088	0,00047	34,00	50,50	2,00	336,088	0,00025	34,00	52,50
NAB	25	5000	2	28	-	25	5000	2	28	-

Sumber : Data primer, 1999



Gambar 1. Konsentrasi CO di Ruang Proses Pematikan HW (3 kompor) dan Industri T (1 kompor)

Di ruang proses pematikan industri HW konsentrasi SO₂ berkisar sekitar 0,00028 ppm sampai 0,00268 ppm dengan konsentrasi tertinggi pada pukul 10.00. Di industri T konsentrasi SO₂ antara 0,00022 ppm sampai 0,00059 ppm dengan konsentrasi tertinggi pada pukul 12.00. Konsentrasi tertinggi SO₂

pada industri HW kurang lebih 4 kali lipat di industri T.

Suhu di ruang proses pematikan industri HW maupun industri T relatif sama berkisar antara 28°C sampai 24 °C. Suhu tersebut termasuk kondisi yang tidak nyaman karena melebihi suhu nikmat kerja seperti ditulis

Suma'mur (1991) yang menyatakan suhu nikmat kerja yang mempengaruhi daya kerja seseorang adalah antara 24 °C sampai 26 °C.

Hasil pengukuran kelembaban di industri HW berkisar 50,0% sampai 65% sedang di industri T antara 52,2% sampai 67%. Suhu dan kelembaban yang sama-sama tinggi akan menyebabkan ketidak nyamanan kerja. Dengan mengaplikasikan hasil pengukuran suhu dan kelembaban kedalam formulasi Thom dalam Muslim (1997) ternyata suhu dan kelembaban pada industri HW maupun industri T mencapai indeks ketidaknyamanan sebesar IT >75 (Tabel 2, gambar 6, 7) artinya dalam kondisi ini 80% orang menunjukkan rasa tidak nyaman.

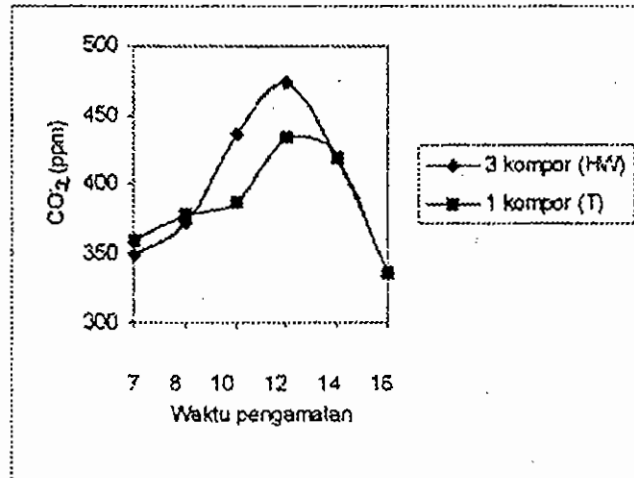
Hasil pengamatan oleh 10 orang anggota penguji bukan pembatik menunjukkan bahwa lebih dari 5% anggota penguji dapat mendeteksi bau pedas/menyengat di ruang proses pematikan (Tabel 3).

Penyebaran CO di ruangan dipengaruhi letak sumber, ventilasi, jarak sumber dengan ventilasi, luas ruangan. Sebaran CO di ruang proses pematikan industri HW dan industri

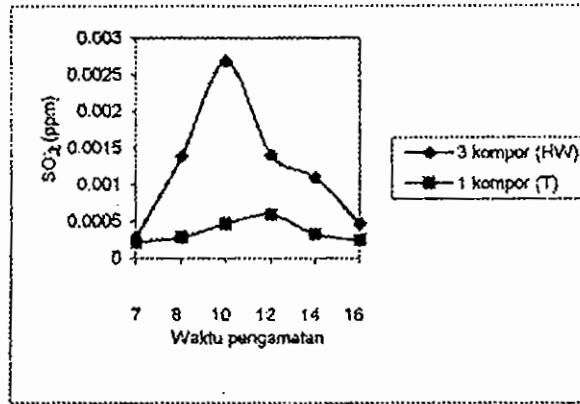
T (Tabel 4 dan gambar 8,9) menunjukkan bahwa CO akan terakumulasi pada bagian yang jumlah kompornya lebih banyak dan kurang teraliri udara. Pada bagian ruang yang teraliri udara seperti dekat pintu, jendela, ventilasi konsentrasi CO lebih rendah. Pada pola yang meruncing menunjukkan arah aliran udara.

Konsentrasi CO banyak terakumulasi pada bagian atas ruangan (Tabel 5, gambar 10, 11) karena CO dari sumber emisi cenderung akan bergerak keatas oleh adanya perbedaan suhu dan pada bagian atas gas CO tertahan dinding ruangan. Menurut Holman (1988) perpindahan massa juga dapat terjadi karena konveksi alamiah seperti adanya proses pemanasan yang mendorong terjadi perubahan densitas sehingga masa bergerak naik.

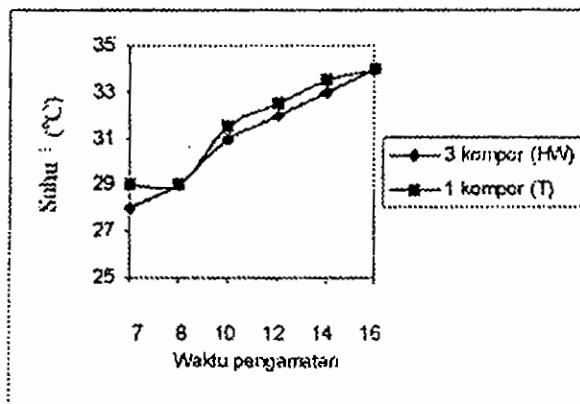
Dari pengukuran konsentrasi CO tanpa dipasang kipas angin dan membandingkan dengan saat dipasang kipas angin ternyata kipas angin relatif dapat mengurangi konsentrasi CO di ruangan proses pematikan (Tabel 6, gambar 12, 13).



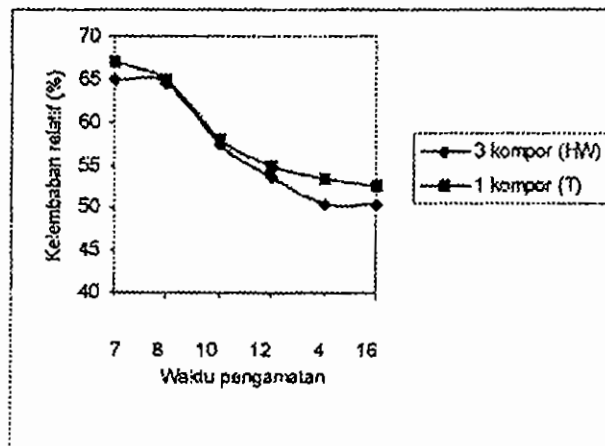
Gambar 2. Konsentrasi CO₂ di Ruang Proses Pematikan Industri HW dan Industri T.



Gambar 3. Konsentrasi SO₂ di Ruang Proses Pematikan Industri HW (3 kompor) dan Industri T (1 kompor).



Gambar 4. Suhu di Ruang Proses Pematikan Industri HW (3 kompor) dan Industri T (1 kompor).



Gambar 5. Kelembaban di Ruang Proses Pematikan Industri HW (3 kompor) dan Industri T (1 kompor).

Tabel 2. Indeks Ketidaknyaman di Ruang Proses Pematikan Industri HW dan Industri T dari Hasil Pengukuran Suhu dan Kelembaban

Industri HW				Industri T			
Jam	Suhu °C(°F)	RH (%)	IT _i	Jam	Suhu °C(°F)	RH (%)	IT _i
07.00	28 (82,4)	65	77,70	07.00	29(84,2)	67	79,69
08.00	29 (84,2)	64	79,01	08.00	29(84,2)	65	79,58
10.00	31 (88,7)	57,5	78,93	10.00	31,5(88,7)	58	81,63
12.00	32 (89,6)	54	81,60	12.00	32,5(90,5)	55	84,19
14.00	33 (91,4)	50,5	79,09	14.00	33,5(92,3)	53,5	82,42
16.00	34 (93,2)	50,5	80,44	16.00	34(93,2)	52,5	83,33

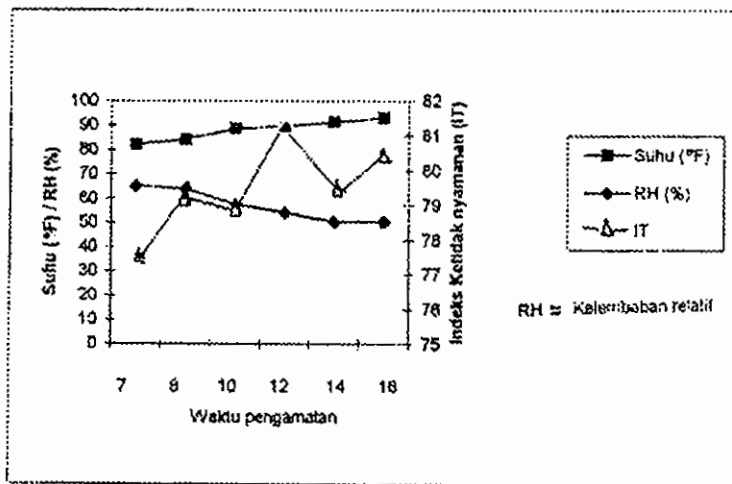
Sumber : Data Primer, 1999

Note : $IT = T - 0,55 (1 - 0,01RH)(T - 58)$

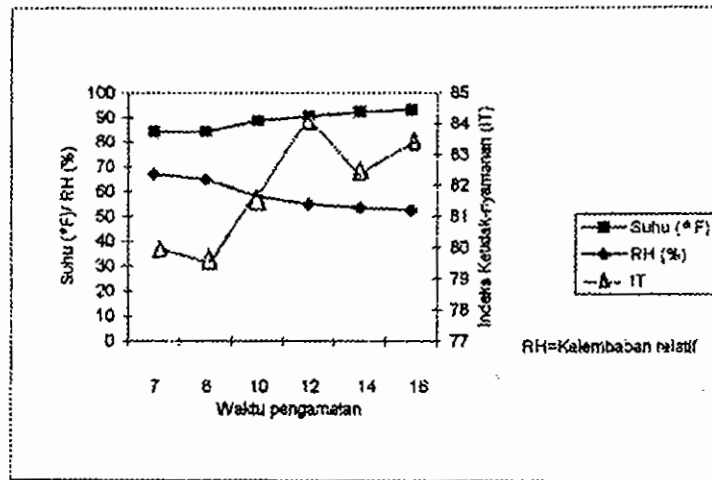
IT = Indeks ketidak nyamanan

T = Suhu (°F)

RH = Kelembaban (%)



Gambar 6. Indeks Ketidak Nyamanan di Ruang Proses Pematikan HW



Gambar 7. Indeks Ketidak Nyamanan di Ruang Proses Pematikan Industri T

Tabel 3. Hasil Pengamatan Bau Dalam Ruangan Pematikan Oleh 10 Orang Pengamat Bukan Pematik.

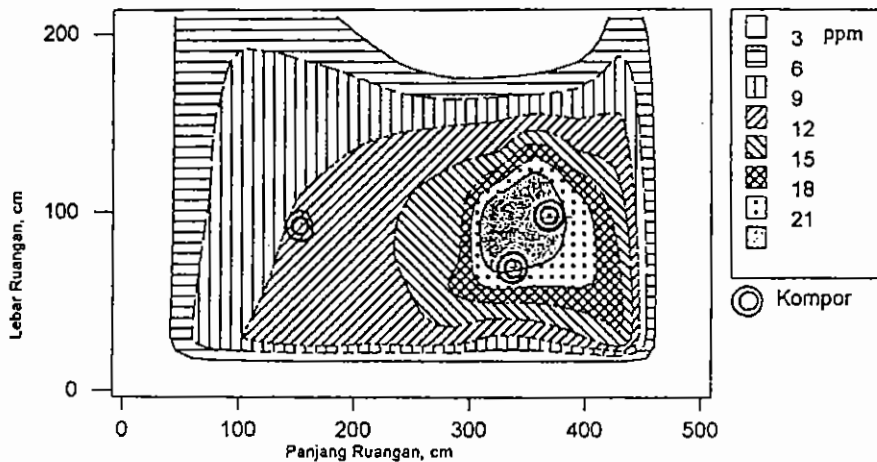
No. Penguji	Derajat bau				Klasifikasi bau			
	Tidak bau	Agak bau	bau	Sangat bau	Asam	Wangi	Pedas	Apek
1			+	11		Cp	+	
2			+				+	
3			+				+	
4		+					+	
5			+				+	
6			+				+	
7			+				+	
8			+				+	
9		+					+	
10			+				+	

Sumber : Data Primer, 1999

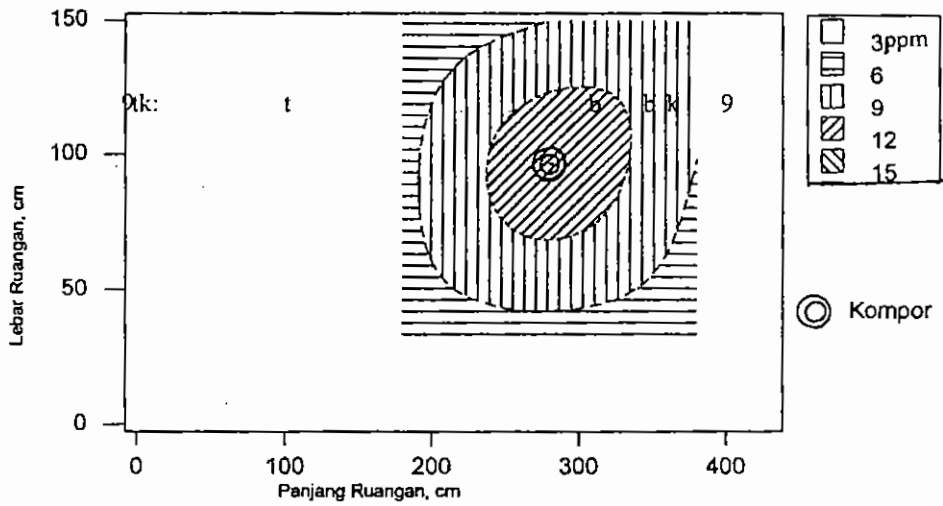
Tabel 4. Angka Rerata Sebaran CO Arah Horizontal pada Ketinggian 160 cm di Ruang Proses Pematikan pada Pukul 10.00.

Nomor	Industri HW		Industri T	
	Koordinat (Xn, Yn)	CO (ppm)	Koordinat (Xn, Yn)	CO (ppm)
1	(50,30)	6,30	(180,30)	3,33
2	(150,30)	10,33	(280,30)	4,00
3	(250,30)	10,66	(380,30)	3,00
4	(350,30)	9,00	(180,90)	5,00
5	(450,30)	15,33	(280,90)	10,00
6	(50,90)	5,00	(380,90)	5,66
7	(150,90)	9,33	(120,150)	3,00
8	(250,90)	-	(280,150)	6,00
9	(350,90)	23,66	(380,150)	8,00
10	(450,90)	12,00		
11	(50,200)	5,00		
12	(150,200)	6,33		
13	(250,200)	5,33		
14	(350,200)	2,33		
15	(450,200)	8,33		

Sumber : Data Primer, 1999



Gambar 8. Pandangan Atas Sebaran CO di Ruang Proses Pematikan Industri HW pada Ketinggian 160 cm.

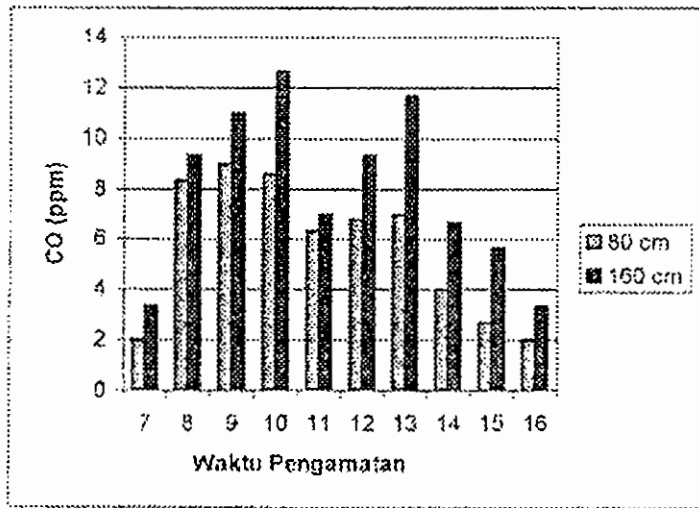


Gambar 9. Pandangan Atas Sebaran CO di Ruang Proses Pembatikan Industri T pada Ketinggian 160 cm

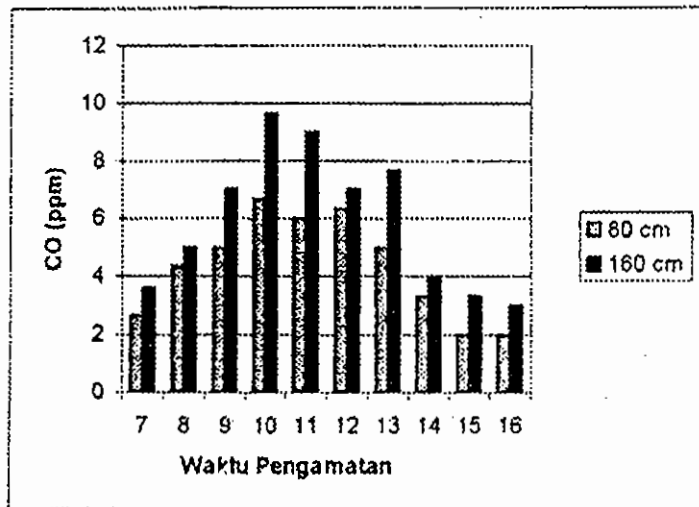
Tabel 5. Rerata CO di Ruang Proses Pembatikan Industri HW dan Industri T pada Ketinggian 80 cm dan 160 cm.

Industri	HW		T	
	CO (ppm)		CO (ppm)	
Parameter	80 cm	160 cm	80 cm	160 cm
Ketinggian	80 cm	160 cm	80 cm	160 cm
Jam				
07.00	2,00	3,33	2,66	3,66
08.00	8,33	9,33	4,33	5,33
09.00	9,00	11,00	5,00	7,00
10.00	8,66	12,66	6,66	9,66
11.00	6,33	7,00	6,00	9,00
12.00	6,80	9,33	6,33	7,16
13.00	7,00	11,66	5,00	7,66
14.00	4,33	6,66	3,33	4,50
15.00	2,66	5,66	2,00	3,33
16.00	2,33	3,33	2,00	3,00

Sumber : Data Primer, 1999



Gambar 10. Konsentrasi CO di Ruang Proses Pembatikan Industri HW pada Ketinggian 80 cm dan 160 cm pada Kordinat (150,90) dari Sudut Ruang (0,0) Pandangan Atas.

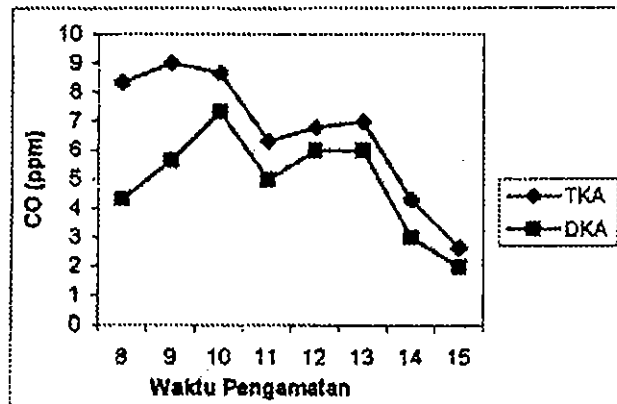


Gambar 11. Konsentrasi CO di Ruang Proses Pembatikan Industri T pada Ketinggian 80 cm dan 160 cm pada Kordinat (280,90) dari Sudut Ruang (0,0) Pandangan Atas.

Tabel 6. Rerata Karbon Monoksida di Ruang Proses Pematikan Industri HW Tanpa Kipas Angin dan Dengan Kipas Angin.

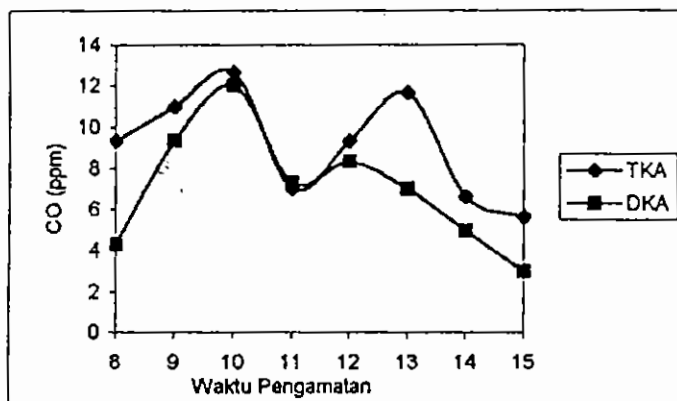
Tinggi titik pengukuran	80 cm		160 cm	
	Tanpa kipas angin	Dengan kipas angin	Tanpa kipas angin	Dengan kipas angin
Jam				
07.00	2	2,33	3,00	2,33
08.00	8,33	4,33	9,33	4,33
09.00	9	5,66	11,00	9,33
10.00	8,66	7,33	12,66	12,00
11.00	6,33	5,00	7,00	6,33
12.00	6,80	6,00	9,33	8,33
13.00	7,66	6,00	11,66	7,00
14.00	4,33	4,00	6,66	5,00
15.00	2,66	2,00	5,66	3,00
16.00	2,33	2,00	3,33	2,00

Sumber : Data Primer, 1999



Ket. TKA = Tanpa kipas angin, DKA = Dengan kipas angin
Titik sampel : Pada koordinat (150,90) dari sudut ruangan (0,0) pandangan atas.

Gambar 12. Karbon Monoksida di Ruang Proses Pematikan Industri HW Tanpa dan Dengan Kipas Angin pada Ketinggian 80 cm.



Ket. TKA = Tanpa kipas angin, DKA = Dengan kipas angin
Titik sampel : Pada koordinat (150,90) dari sudut ruangan (0,0) pandangan atas.

Gambar 13. Karbon Monoksida di Ruang Proses Pembatikan Industri HW Tanpa dan Dengan Kipas Angin pada Ketinggian 160 cm.

KESIMPULAN

1. Dari kegiatan pembatikan teremis polutan CO, CO₂, SO₂ di ruang proses pembatikan namun konsentrasinya masih dibawah nilai Ambang Batas yang ditentukan dalam Keputusan Menteri Tenaga Kerja SE 01/MEN/1997. Suhu, kelembaban dan bau menyebabkan kondisi kerja tidak nyaman.
2. Penyebaran polutan karbon monoksida dipengaruhi oleh tempat sumber emisi, ventilasi, dan luas ruangan. Konsentrasi CO setinggi orang berdiri (160 cm) lebih besar dari pada setinggi pembatik duduk (80 cm).
3. Penggunaan kipas angin relatif mengurangi polutan di ruang proses pembatikan.

Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan ternyata kegiatan pembatikan memberikan dampak terhadap polusi dalam ruangan maka sebaiknya ruang proses pembatikan tidak menjadi satu dengan ruang keluarga. Akan lebih baik bila selama bekerja dipasang kipas

angin atau alat pelindung kerja untuk melindungi dampak polutan terhadap kesehatan dan kenyamanan kerja pada pembatik. Ruang proses pembatikan sebaiknya dilengkapi ventilasi pada dinding ruangan bagian atas atau atap ruangan tidak menggunakan eternit agar polutan tidak tertahan dalam ruangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Crusler, EL, 1984, *Diffusion, Mass Transfer in Fluid System*, Cambridge University Press, New York, USA, 216.
- Gammage, Richard. R dan Kaye, Stephen. V, 1985, *Indoor Air and Human Health*, Lewis Publishers. Inc, Chelsea, Michigan, USA, 262.
- Godish, Thad, 1991, *Indoor Air Pollution Control*, Lewis Publishers. Inc. Michigan, USA, 23.
- Holman, J.P., alih bahasa: Jasfiji. E, 1988, *Perpindahan Kalor*, Penerbit Erlangga, Jakarta, 532.
- Kasim, Amiruddin, 1997, Kadar Karbon Monoksida Ruang Parkir Bawah Tanah di Kotamadya Yogyakarta. *Tesis*,

- Program Pasca Sarjana UGM, Yogyakarta (tidak dipublikasikan), 17-18.
- Keenam, C.W, Kleinfelter, D.C, Wood, Y.H. alih bahasa Pujaatmaka, A.H, 1989. *Kimia Untuk Universitas*. Penerbit Erlangga, Jakarta, 329.
- Muslim, Burhan, 1997, Kadar Karbon Monoksida Di Dalam dan Di Luar Bangunan Toko di Kotamadya Yogyakarta. *Tesis*, Program Pasca Sarjana UGM, Yogyakarta (Tidak dipublikasikan). 13, 20.
- Pabunda, Tka M, 1997, *Metode Penelitian Geografi*. PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta, 50-51.
- Riyadi, 1984, *Kesehatan Lingkungan dalam konteks Perkembangan Lingkungan Dewasa Ini*. Penerbit Karya Anda, Surabaya, 106.
- Sincero, Arcadio P, 1996, *Environmental Engineering: A Design Approach*. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA, 467-469, 645.
- Suma'mur, 1991, *Higene Perusahaan dan Kesehatan Kerja*. Cetakan Ketujuh. CV. Haji Masagung, Jakarta, 101.
- Wardhana, Wisnu Arya. 1995. *Dampak Pencemaran Lingkungan*. Penerbit Andi Offset, Yogyakarta, 27.