



PEDOMAN TEKNIK

**TATA CARA
PREDIKSI POLUSI UDARA SKALA MIKRO
AKIBAT LALU LINTAS**

No. 017/T/BM/1999



DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM

Diterbitkan oleh : PT. Mediatama Saptakarya (PT. Medisa)

YAYASAN BADAN PENERBIT PEKERJAAN UMUM

TERKENDALI



DEPARTEMEN PEKERJAAN UMUM

DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA

ALAMAT : JALAN PATTIMURA NO. 20 TELP. 7221950 - 7203165 - 7222806 FAX. : 7393938
KEBAYORAN BARU - JAKARTA SELATAN KODE POS 12110

KEPUTUSAN DIREKTUR JENDERAL BINA MARGA
NOMOR : **60** /KPTS/Db/1999

TENTANG

PENGESAHAN TIGA BELAS PEDOMAN TEKNIK
DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA

DIREKTUR JENDERAL BINA MARGA,

Menimbang :

- a. bahwa dalam rangka menunjang pembangunan nasional di bidang kebinamargaan dan kebijaksanaan pemerintah untuk meningkatkan pendayagunaan sumber daya manusia dan sumber daya alam, diperlukan pedoman-pedoman teknik bidang jalan;
- b. bahwa pedoman teknik yang termaktub dalam Lampiran Keputusan ini telah disusun berdasarkan konsensus pihak-pihak yang terkait, dengan memperhatikan syarat-syarat kesehatan dan keselamatan umum serta memperkirakan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi untuk memperoleh manfaat sebesar-besarnya bagi kepentingan umum sehingga dapat disahkan sebagai pedoman teknik Direktorat Jenderal Bina Marga;
- c. bahwa untuk maksud tersebut, perlu diterbitkan Keputusan Direktur Jenderal Bina Marga.

Mengingat :

1. Keputusan Presiden Nomor 44 Tahun 1974, tentang Pokok-Pokok Organisasi Departemen;
2. Keputusan Presiden Nomor 18 tahun 1984, tentang Susunan Organisasi Departemen;
3. Keputusan Presiden Nomor 278/M Tahun 1997, tentang Pengangkatan Direktur Jenderal Bina Marga;
4. Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 211/KPTS/1984 tentang Susunan Organisasi dan Tata Kerja Departemen Pekerjaan Umum;
5. Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 111/KPTS/1995 tentang Panitia Tetap dan Panitia Kerja serta Tata Kerja Standardisasi Bidang Pekerjaan Umum;
6. Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 28/KPTS/1995 tentang Pembentukan Panitia Kerja Standardisasi Naskah Rancangan SNI/Pedoman Teknik Bidang Pengairan/Jalan/ Pemukiman;

Membaca :

Surat Ketua Panitia Kerja Standardisasi Bidang Jalan Nomor 25/Pntp.PT/III/99 tanggal 3 Maret 1999 Laporan Panja Standardisasi Bidang Jalan.

MEMUTUSKAN :

Menetapkan :

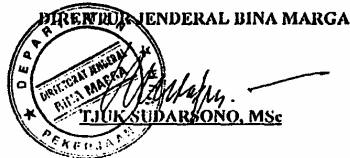
**KEPUTUSAN DIREKTUR JENDERAL BINA MARGA TENTANG PENGESAHAN
TIGA BELAS PEDOMAN TEKNIK DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA.**

- Kesatu** : Mengesahkan tiga belas Pedoman Teknik Direktorat Jenderal Bina Marga, sebagaimana tercantum dalam Lampiran Keputusan ini, yang merupakan bagian yang tak terpisahkan dari ketetapan ini
- Kedua** : Pedoman Teknik tersebut pada diktum kesatu berlaku bagi unsur aparatur pemerintah bidang kebinamargaan dan dapat digunakan dalam perjanjian kerja antar pihak-pihak yang bersangkutan dengan bidang konstruksi.
- Ketiga** : Menugaskan kepada Direktur Bina Teknik, Direktorat Jenderal Bina Marga untuk :
- a. menyebarkan Pedoman Teknik Direktorat Jenderal Bina Marga
 - b. memberikan bimbingan teknik kepada unsur pemerintah dan unsur masyarakat yang bergerak dalam bidang kebinamargaan;
 - c. menghimpun masukan sebagai akibat dari penerapan Pedoman Teknik ini untuk penyempurnaannya di kemudian hari.
- Kempat** : Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan dengan ketentuan, bahwa jika terdapat kesalahan dalam pengesahan ini, segala sesuatunya akan diperbaiki sebagaimana mestinya.

Tembusan Keputusan ini disampaikan kepada Yth. :

1. Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan PU, selaku Ketua Panitia Tetap Standardisasi.
2. Direktur Bina Teknik Direktorat Jenderal Bina Marga, selaku Ketua Panitia Kerja Standardisasi Bidang Jalan,
3. Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan, selaku Sekretaris Panitia Kerja Standardisasi Bidang Jalan.

Ditetapkan di : Jakarta
Pada tanggal : 3-2 September 1999



25/2000/0001 / 1/000000000

Lampiran Keputusan Direktur Jenderal Bina Marga
 Nomor : 60 /KPTS/Db/1999
 Tanggal : 22 September 1999

PEDOMAN TEKNIK DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA

NOMOR URUT	JUDUL PEDOMAN TEKNIK	NOMOR PEDOMAN TEKNIK
1	Pedoman Aspal Karet dalam Campuran Beraspal Secara Panas	010/T/BM/1999 -
2	Pedoman Pemilihan Tanaman untuk Mereduksi Polusi (NO _x , CO, dan SO ₂)	011/T/BM/1999 ✓
3	Metode Identifikasi dan Analisis Komponen Sosial pada Pekerjaan Konstruksi Jalan (Bagian I : Pedoman Teknik Identifikasi dan Penetapan Parameter Sosial)	012/T/BM/1999
4	Metode Identifikasi dan Analisis Komponen Sosial pada Pekerjaan Konstruksi Jalan (Bagian II : Pedoman Teknik Survei dan Pengumpulan Data)	013/T/BM/1999
5	Metode Identifikasi dan Analisis Komponen Sosial pada Pekerjaan Konstruksi Jalan (Bagian III : Pedoman Teknik Analisis dan Penanganan Dampak)	014/T/BM/1999
6	Manual Pengaturan Lalu Lintas untuk Keselamatan Selama Pekerjaan Pemeliharaan Jalan	015/T/BM/1999 ✓
7	Pedoman Pemeliharaan Perlengkapan Jalan	016/T/BM/1999 ✓
8	Prediksi Polusi Udara Skala Mikro Akibat Lalu Lintas	017/T/BM/1999 ✓
9	Jembatan untuk Lalu Lintas Ringan dengan Gelagar Baja Tipe Kabel, Tipe Asimetris Bentang 125 meter	018/T/BM/1999 ✓
10	Pedoman Perkuatan Jembatan Tipe Gelagar dengan Metode Prategang Eksternal	019/T/BM/1999 ✓
11	Jembatan Kayu Sederhana Penampang Bulat Tipe Gantung Ganda untuk Pejalan Kaki	020/T/BM/1999 ✓
12	Jembatan Kayu Sederhana Penampang Bulat Tipe Gantung Tunggal untuk Pejalan Kaki	021/T/BM/1999 ✓
13	Jembatan Kayu Sederhana Penampang Persegi Tipe Gantung Ganda untuk Pejalan Kaki	022/T/BM/1999 ✓

DIREKTORAT JENDERAL BINA MARGA
 M. SUSUDARSONO, MSc

DAFTAR ISI

	Hal.
Keputusan Direktur Jenderal Bina Marga No. 60/KPTS/Db/1999	
Tanggal, 22 September 1999	
DAFTAR ISI	i
BAB I	PENDAHULUAN
1.1	Latar Belakang
1.2	Maksud dan Tujuan
1.3	Ruang Lingkup
1.4	Pengertian
BAB II	KETENTUAN
2.1	Ketentuan Umum Pemodelan Polusi Udara
2.1.1	Kriteria Ruas Jalan
2.1.2	Pembagian Waktu Pemodelan
2.2	Ketentuan Teknik Pemodelan
2.2.1	Pemodelan Model Dasar
2.2.2	Ketentuan Model
2.2.2.1	Model Osaka Municipal Government (OMG)
2.2.2.2	Model Sumber Garis
2.2.3	Ketentuan Teknik Faktor Emisi
2.2.3.1	Kekuatan Emisi (Q)
2.2.3.2	Laju Emisi (q)
2.3	Parameter Perhitungan
2.3.1	Parameter-parameter Perhitungan Model Sumber Volume
2.3.2	Parameter-parameter Perhitungan Dispersi Sumber Garis
2.4	Kalibrasi Model
2.5	Identifikasi Data
2.5.1	Identifikasi Data Geometri Koridor dan Lingkungan
2.5.2	Identifikasi Data Meteorologi

	2.5.3	Identifikasi Data Lalu Lintas	15
	2.5.4	Identifikasi Data Kualitas Udara	16
	2.6	Penyajian	16
BAB III		PROSEDUR APLIKASI MODEL	18
	3.1	Proses Aplikasi Model	18
	3.2	Prosedur Identifikasi	19
	3.2.1	Identifikasi Geometrik Koridor dan Lingkungan	19
	3.2.2	Identifikasi Metereologi	19
	3.2.3	Identifikasi Lalu Lintas	20
	3.2.4	Identifikasi Kualitas Udara	20
	3.3	Prosedur Pemilihan Model	21
	3.4	Prosedur Kalibrasi	24
	3.4.1	Prosedur Kalibrasi Data Lalu Lintas	24
	3.4.2	Prosedur Kalibrasi Data Polusi Udara	24
	3.4.3	Data Metereologi	24
	3.5	Prosedur Prediksi	26
	3.6	Penyajian Hasil Prediksi	27
BAB IV		PENGONTROLAN PROSES DAN TINDAK LANJUT	28
	4.1	Pengendalian Proses	28
	4.2	Tindak Lanjut	28
LAMPIRAN B:		LAIN-LAIN	29
LAMPIRAN B1:		CONTOH PERHITUNGAN FAKTOR-FAKTOR KALIBRASI/PENGALI LAIN-LAIN	29
LAMPIRAN B2:		CONTOH TAMPILAN PADA POTONGAN MELINTANG MODEL PREDIKSI POLUSI UDARA PADA RENCANA RUAS JALAN	30
LAMPIRAN B3:		CONTOH TAMPILAN PADA POTONGAN MEMANJANG MODEL PREDIKSI POLUSI UDARA PADA RENCANA RUAS JALAN	31
LAMPIRAN C:		DAFTAR NAMA DAN LEMBAGA	

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu langkah penting yang dilakukan dalam proses studi lingkungan jalan adalah melakukan prediksi terhadap intensitas dampak suatu komponen lingkungan, baik pada saat konstruksi dilakukan maupun pada masa operasional proyek. Dalam lingkungan jalan, prediksi intensitas polusi udara umumnya dilakukan untuk memperkirakan konsentrasi polusi udara yang diterima lingkungan proyek akibat lalu lintas pada saat konstruksi maupun oleh lalu lintas rencana pada saat proyek dioperasikan.

1.2 Maksud dan Tujuan

Pedoman teknik ini dimaksudkan sebagai rujukan dalam tatacara menggunakan model kuantitatif dalam rangka penyusunan AMDAL jalan sehingga diperoleh ukuran yang jelas guna meningkatkan mutu hasil pelaksanaan studi AMDAL dalam melakukan evaluasi teknik pemodelan polusi udara. Secara khusus pedoman ini bertujuan untuk :

- 1) memberikan pedoman teknik kepada penyusun AMDAL dalam melakukan prediksi polusi udara pada rencana kegiatan;
- 2) memberikan pedoman teknik kepada tim evaluasi AMDAL pada bidang jalan dalam mengevaluasi teknik prediksi yang dilakukan oleh Konsultan Penyusun AMDAL.

1.3 Ruang Lingkup

Pedoman teknik ini memuat prosedur penghitungan intensitas polusi udara yang diakibatkan oleh lalu lintas, ketentuan-ketentuan umum maupun teknis yang berkaitan dengan penggunaan variabel-variabel perhitungan, dan faktor-faktor yang dapat dijadikan sebagai faktor

koreksi dalam penghitungan, prediksi konsentrasi polusi udara pada suatu titik observasi di sekitar jalan raya, dengan menggunakan dua model prediksi yaitu sumber garis dan sumber validasi metoda yang diterapkan untuk memudahkan pengontrolan kualitas pekerjaan Konsultan Penyusunan AMDAL.

1.4 Pengertian

1. **Intensitas Polusi Udara** adalah konsentrasi parameter polusi udara yang diterima oleh alat ukur yang telah ditentukan.
2. **Titik Observasi** adalah lokasi perletakan input alat sampling yang dianggap sebagai tempat dimana polusi udara terpapar kepada manusia.
3. **Kekuatan Sumber Emisi** adalah besarnya massa polutan yang dilepaskan ke udara oleh lalu lintas sebagai sumber polusi udara dalam satuan waktu tertentu.
4. **Laju Emisi** adalah besarnya massa polutan yang dilepaskan oleh satu kendaraan per kilometer jarak tempuh.
5. **Model Analitis Dispersi** adalah persamaan matematis yang digunakan untuk menghitung penyebaran partikel polusi udara yang merupakan solusi persamaan diffusi Fick.
6. **Segmen Koridor** adalah bagian dari ruas jalan yang merupakan hasil potongan melintang dari batas ekologi. Bagian ini merupakan lokasi dimana prediksi dilakukan dan kontur konsentrasi polusi udara digambarkan.
7. **Ruang Terbuka (*Open Space*)** adalah lokasi tinjau dimana prediksi dilakukan cukup bebas dari bangunan tinggi (>10 m) dan kerapatan bangunan relatif rendah ($<0,3$).

8. **Street Canyon** adalah lokasi prediksi dengan lingkungan tertutup (tidak memenuhi kriteria *open space*) sehingga angin tidak berhenbus secara bebas, dan akibatnya turbulensi lateral terjadi secara sempurna.

SALINAN

BAB II KETENTUAN

2.1 Ketentuan Umum Pemodelan Polusi Udara

2.1.1 Kriteria Ruas Jalan

Rencana konstruksi jalan yang memerlukan pemodelan polusi udara pada skala mikro adalah pekerjaan peningkatan jalan (betterment), dan pembangunan jalan baru.

Ruas jalan yang dimodelkan berupa:

- Jalan satu jalur atau lebih, sebidang atau tidak sebidang.
- Jumlah lajur maksimum sebidang dengan median < 10 m.

2.1.2 Pembagian Waktu Pemodelan

Pemodelan dilakukan untuk aliran lalu lintas yang memungkinkan polusi udara. Pemodelan dapat dilakukan untuk pemodelan harian dan pemodelan tahunan dengan memperhatikan kondisi lalu lintas dan meteorologi.

2.2 Ketentuan Teknik Pemodelan

2.2.1 Pemilihan Model Dasar

Pemilihan model didasarkan kepada keadaan lingkungan jalan dan geometri jalan. Untuk kepentingan tersebut, dapat digunakan Tabel 1.

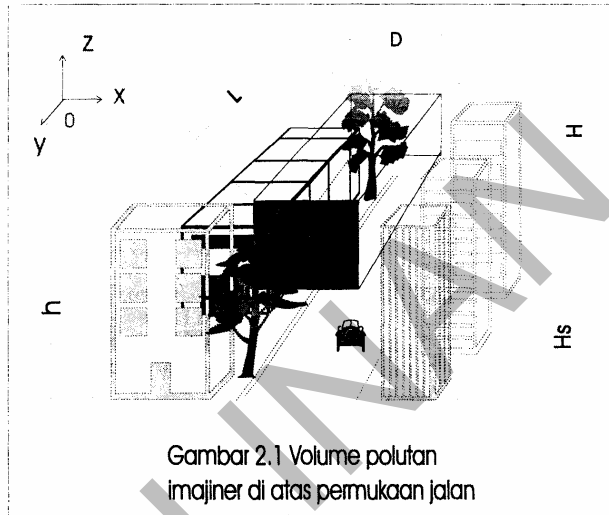
**Tabel 1 :
Kriteria Pemilihan Model**

Ketinggian Bangunan, h, (m)	Kerapatan Bangunan (BCR)	Model Dasar
< 10	< atau = 0,3	Sumber garis
> atau = 10	< atau = 0,3	Sumber garis
> atau = 10	> 0,3	OMG Vol. Source

2.2.2 Ketentuan Model

2.2.2.1 Model Osaka Municipal Government (OMG).

Model OMG menitikberatkan pemodelan pada kondisi pencampuran (mixing) udara di permukaan jalan untuk street canyon. Model ini menyebutkan adanya suatu volume imajiner yang melayang di atas permukaan jalan yang dibentuk oleh emisi kendaraan bermotor yang melintas pada ruas jalan tersebut.



Gambar 1:
Volume Polutan Imajiner di atas Permukaan Jalan

Catatan:

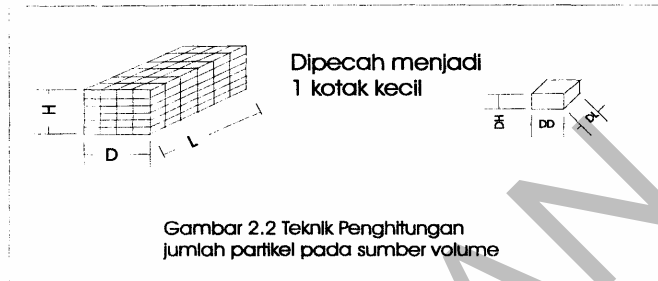
Hs = Ketinggian Batas Bawah Volume Imajiner

H = Ketinggian Volume Imajiner

D = Jarak Antar Bangunan Melintang Jalan

L = Panjang Ruas Jalan, Titik (0,0,0) terletak tepat pada batas bawah kanan dan $\frac{1}{2}$ L Volume Imaginer.

Volume tersebut dibagi atas beberapa elemen ruang kecil dengan dimensi yang seragam. Elemen ruang ini kemudian dianggap sebagai sumber titik yang didispersikan oleh angin hingga titik tinjau. Kontribusi dari seluruh elemen ruang di titik tersebut merupakan konsentrasi polutan di titik tinjau.



Gambar 2 :
Teknik Penghitungan Jumlah Elemen Ruang Kecil

Tiap kotak dianggap sebagai sumber titik dengan kekuatan emisi Q_p dan konsentrasi yang ditimbulkannya dihitung berdasarkan rumus (1) Peters dan Klinzing.

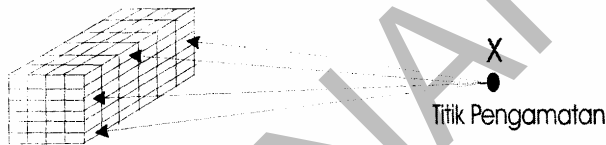
$$C = \frac{Q_p}{u} \sqrt{\frac{(m+1)(n+1)}{K_y K_z X}} \exp\left\{-\frac{u_a(m+1)y^2}{4K_y X}\right\} \times \left[\exp\left\{-\frac{u_a(n+1)(z-z')^2}{4K_z X}\right\} + \exp\left\{-\frac{u_a(n+1)(z+z')^2}{4K_z X}\right\} \right] \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{dengan } K_y &= k_1 (X/L)^m \\ K_z &= k_2 (X/L)^n \end{aligned}$$

dimana : C = konsentrasi polutan (gr.m⁻³)

Q_p = kekuatan emisi (gr.s^{-1})
 (x,y,z) = koordinat reseptor (m)
 z' = ketinggian sumber emisi (m)
 u_x = kecepatan adveksi saluran pembuangan (ms^{-1})
 K_y, K_z = konstanta difusi Eddy dalam arah y dan z (m^2s^{-1})
 L = skala parameter (10 m)
 m, n = parameter empiris, untuk model ini diambil pendekatan $m = 0,86$; $n = 1$.
 X =
 U =
 I =

Kontribusi tiap "titik" (kotak kecil) dijumlahkan untuk seluruh sumber volume guna memperoleh konsentrasi polutan di suatu titik X. Di sini diambil pendekatan bahwa panjang L dari sumber volume \gg jarak titik pengamatan ke jalan sehingga dianggap titik-titik pengamatan itu kira-kira terletak sepanjang $y = 1/2 L$ (di tengah-tengah).



Gambar 3 : Titik Diagram

Konsentrasi di titik pengamatan X dihitung dengan menjumlahkan konsentrasi sumbangan dari tiap-tiap kotak kecil.

2.2.2.2 Model Sumber Garis

Perhitungan model ini didasarkan pada asumsi bahwa emisi polutan di jalan raya adalah sebuah garis yang tak terbatas sehingga setiap titik yang memiliki jarak yang sama dari tepi jalan akan menerima polusi dengan konsentrasi yang sama.

Rumus yang digunakan adalah:

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp\left(\frac{-H^2}{2\sigma_z^2}\right) \exp\left(\frac{-y^2}{2\sigma_y^2}\right) \quad (2)$$

Catatan :

C	= konsentrasi polutan (gr.m ³)
Q	= kekuatan emisi (gr.s ⁻¹)
H	= Ketinggian sumber emisi (m)
(x,y,z)	= koordinat reseptor (m)
	= Standar deviasi
z	= 1.5 meter, dalam kasus dispersi ini dianggap
	= 0 (ground level)
y	= 0, lurus terhadap titik sumber dan $\sigma_y \approx 1$

2.2.3 Ketentuan Teknik Faktor Emisi

2.2.3.1 Kekuatan Emisi (Q)

Konsentrasi polusi udara pada suatu titik tinjau ditentukan oleh kekuatan emisi (Q) yang didispersikan oleh angin dari sumber emisi menuju titik observasi. Sumber emisi adalah lalu lintas dalam satuan jumlah kendaraan per detik, sedangkan kekuatan emisi diekspresikan sebagai satuan masa polutan yang dilepaskan per satuan waktu. Rumusnya adalah:

a. Model Sumber Volume:

$$Q = n.q.L \quad (3)$$

b. Model Sumber Garis:

$$Q = n.q \quad (4)$$

dimana:

Q = Kekuatan Emisi, gr/det atau gr/det.m
n = jumlah kendaraan per detik
q = laju emisi, gr/ km.
L = Panjang ruas jalan, m.

Jumlah kendaraan per satuan waktu (n) dihitung berdasarkan volume lalu lintas rata-rata selama tiga jam pengukuran untuk kategori sepeda motor, kendaraan penumpang, dan kendaraan berat yang dinormalisasikan dengan faktor berikut:

Tabel 2 :
Faktor Pengali untuk menormalisasi volume kendaraan untuk menjadi satuan mobil penumpang (smp) per satuan waktu.

a. NO_x

Jenis Kendaraan	Faktor Pengali Emisi NO _x			
	Metro-politan	Kota Besar	Kota Sedang	Lain-lain
Sepeda Motor	0,6	0,6	0,60	0,60
Kendaraan Penumpang	1	0,81	0,84	0,81
Kendaraan Berat	1,45	1,46	1,45	1,45

b.CO

Jenis Kendaraan	Faktor Pengali Emisi CO			
	Metro-politan	Kota Besar	Kota Sedang	Lain-lain
Sepeda Motor	0,6	0,6	0,60	0,60
Kend. Penumpang	1	0,76	0,80	0,76
Kendaraan Berat	1,97	1,93	1,95	1,93

Sumber: IGW Sami dkk., Laporan Penelitian Model Prediksi Polusi Udara 1997-1998, Puslitbang Jalan PU, Bandung.

2.2.3.2 Laju Emisi (q)

Laju emisi q, yang digunakan dalam perhitungan diambil dari hasil studi Puslitbang Jalan. Laju emisi didapatkan dengan memasukkan variabel kecepatan kendaraan rata-rata pada ruas jalan yang diprediksi pada persamaan berikut:

$$\begin{aligned} q_{CO} &= 867,92 \cdot V^{-0,8648} \\ q_{NOx} &= 0,0005 V^2 - 0,0656 V + 3,6586 \end{aligned} \quad (5)$$

dimana:

q = Laju Emisi (gr/km)
 V = Kecepatan Rata-rata Kendaraan (km/jam).

Persamaan di atas dapat dipergunakan untuk menghitung laju emisi kendaraan dengan kapasitas pembakaran tertentu kecuali HC hingga kecepatan tertinggi 60 km/jam.

2.3 Parameter Perhitungan

2.3.1 Parameter-parameter Perhitungan Model Sumber Volume

a. Perhitungan dimensi sumber volume

Tebal dari sumber volume (H) dan tinggi batas bawahnya (H_s) bergantung pada rasio bangunan ke tanah (δ). Secara umum dapat dikatakan bahwa jika kerapatan bangunan tinggi ($\rho \geq 1$) maka $H_s \equiv h$ dan $H \equiv h$ (tinggi batas bawah sumber volume = tinggi bangunan H_b , dan tebal sumber volume juga = tinggi bangunan h). Berikut ini adalah nilai-nilai numerik yang dipergunakan dalam program Kono & Ito :

Tabel 3 :
Nilai Numerik dalam Program Kono & Ito

δ	A_h	B_h
$\delta > 0,7$	1,0	1,0
$0,5 \leq \delta \leq 0,7$	0,9	0,9
$0,4 \leq \delta < 0,5$	0,8	0,6
$0,3 \leq \delta < 0,4$	0,7	0,4
$\delta < 0,3$	0,5	0,4

Sumber : OMG Volume Source Program Code, T Hoshino, 1992.

dengan A_h dan B_h didefinisikan sebagai berikut :

$$H = A_h h$$

$$H_s = B_h h$$

Untuk menghitung rasio bangunan terhadap tanah dapat dipakai foto udara lokasi yang diamati atau dengan memperkirakannya berdasarkan pengamatan terhadap lokasi. Luas jalan yang menjadi sumber polusi tak masuk dihitung. Lebar dari sumber volume D, adalah sama dengan lebar jalan.

b. Difusifitas Eddy K_y dan K_z

Besarnya konstanta difusifitas Eddy secara umum ditentukan oleh kecepatan angin u dan kriteria stabilitas pasquill. Pada dasarnya rumus bagi K_z dan K_y dibagi 2 wilayah yaitu untuk $u \geq 1$ dan $u < 1$

Bila $u \geq 1$ (m/s) $\rightarrow K_z = (Bu_d) (x/L)$, dimana B = konstanta empiris

$u \geq 1$ (m/s) $\rightarrow K_z = k (x/L)$, dimana k = konstanta empiris

Rumus bagi K_y diberikan oleh :

$$y = \frac{\sigma_v^2}{u_n} \times 0.86 \quad (6)$$

$$\text{Jika } u < 1 \text{ (m/s)} \rightarrow \frac{\sigma_v}{u_n} = 0.56 u_n^{-0.82} \quad (7)$$

Sedangkan,

$$u \geq 1 \text{ (m/s)} \rightarrow \frac{\sigma_v}{u_n}, \text{ bergantung pada kriteria stabilitas Pasquill.}$$

Tabel 4 :

Parameter K_z dan K_y pada Perhitungan Peters and Klinzing

Kecepatan angin u (m/s)	K_z		K_y	
	B $u \geq 1$	k_z $u < 1$	σ_v/u $u \geq 1$	σ_v/u < 1
A ~ B	0,76	1,6	0,59	0,56 $u_n^{-0.82}$
BC ~ D	0,27	0,33	0,43	
E ~ G	0,17	0,31	0,39	

Sumber : Kono H., Shozo Ito, *OMG Volume Source Model*, 1993

2.3.2 Parameter-parameter Perhitungan Dispersi Sumber Garis

Harga σ_z pada persamaan dispersi sumber garis dihitung dengan persamaan berikut:

$$\sigma_z = cx^d + f$$

$$\sigma_y = ax^{0.948}$$

(8)

$\sigma_{z,y}$ = Standar deviasi sebaran pada arah z dan y

Nilai konstanta a, c, d, f, ditentukan berdasarkan stabilitas atmosfer dikaitkan dengan jarak jalan dari reseptor (x_r). Nilai konstanta tersebut dirumuskan oleh D.O. Martin berdasarkan beberapa rangkaian percobaan seperti tabel berikut :

Tabel 5 :
Nilai Konstanta Penentu Standard Deviasi

Stabilitas	$x_r < 1$ km				$x_r > 1$ km		
	a	c	d	F	c	d	f
A	213	440,8	1,941	9,27	459,7	2,094	-9,6
B	156	106,6	1,149	3,3	108,2	1,098	2,0
C	104	61,0	0,911	0	61,0	0,911	0
D	68	33,2	0,725	-1,7	44,5	0,516	-13,0
E	50,5	22,8	0,678	-1,3	55,4	0,305	-34,0
F	34	14,35	0,740	-0,35	62,6	0,180	-48,0

Sumber: D.O. Martin, J., *Air Pollution Control Association*, 26, No.2, (1976);145

Cara lain yang lebih mudah dilakukan adalah dengan mengestimasi jarak berdasarkan kelas Stabilitas Atmosfir (D.B.Turner). Cara ini sedikit lebih kasar, tetapi sangat membantu. Berikut adalah tabel yang dapat digunakan untuk itu.

Tabel 6 :
Perkiraan Nilai σ_z sebagai Fungsi dari Jarak
pada Arah Angin dan Klas Stabilitas Atmosfir

Jarak (x) (Km)	Kelas Stabilitas dan nilai σ_z					
	A	B	C	D	E	F
0,1	27	19	13	8	6	4
0,2	50	36	23	15	11	8
0,4	94	67	44	29	21	14
0,7	155	112	74	48	36	24
1,0	215	155	105	68	51	34
2,0	390	295	200	130	96	64
4,0		550	370	245	180	120
7,0		880	610	400	300	200
,0		1190	840	550	420	275
20,0		2150	1540	1000	760	500

Sumber: D.B. Turner, *Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates*, Washington, D.C; HEW, Rev, 1969

2.4 Kalibrasi Model

Penggunaan faktor empiris dalam persamaan dispersi dan faktor emisi yang dikelompokkan, besar kemungkinannya menghasilkan nilai prediksi yang kurang akurat. Untuk mengeliminasi kesalahan yang terjadi, diperlukan kalibrasi terhadap persamaan untuk koridor yang diukur.

Kalibrasi persamaan harus dilakukan untuk pekerjaan peningkatan jalan pada ruas jalan yang sudah ada. Untuk pembangunan jalan baru, kalibrasi tidak diperlukan pada ruas tersebut, dan angka kalibrasi yang dipergunakan mengacu pada daerah-daerah yang dianggap memiliki kondisi atmosfer dan meteorologi yang sama.

Kalibrasi dilakukan terhadap faktor emisi dan akurasi faktor geometris pada persamaan dispersi pada hasil pengukuran tepian jalan (*road side*) dan ambient (lihat Gambar 7). Kemudian bandingkan hasil pengukuran

dalam bentuk grafik antara hasil pengukuran dengan hasil perhitungan dengan rumus perhitungan kekuatan emisi dan perhitungan persamaan dispersi. Hasil perhitungan kekuatan emisi dipadankan dengan hasil pengukuran tepat di tepi jalan, sedangkan perhitungan dispersi dipadankan dengan pengukuran ambient.

Jika memungkinkan, setiap segmen diharapkan memiliki kalibrasi tersendiri. Jika tidak, setiap lokasi sampling pada koridor diharapkan memiliki kurva kalibrasi.

2.5 Identifikasi Data

Data yang dibutuhkan untuk pemodelan ini terdiri atas:

- Data geometri jalan dan lingkungannya,
- Data meteorologi dan data lalu lintas.

Ketentuan itu adalah sebagai berikut:

2.5.1 Identifikasi Data Geometri Koridor dan Lingkungan

Identifikasi geometri dilakukan dengan melaksanakan penyusunan tapak koridor, mengamati lingkungan koridor, dan mencatat keadaan geometri jalan yang ada dan lingkungannya. Untuk perkotaan yang telah memiliki peta foto udara, penyusunan dapat dilakukan dengan berbekalkan peta foto udara koridor, sehingga perubahan-perubahan geometri lingkungan dapat dengan mudah diidentifikasi dengan memberikan catatan pada peta foto udara yang ada. Jika peta foto udara tak tersedia, penyusunan tapak sekurang-kurangnya berbekalkan pada tata guna lahan dan peta topografi.

Pada identifikasi geometri dilakukan pemilihan segmen dan lokasi sampling tahap awal. Untuk itu harus diberikan tanda pada peta:

- 1) Lahan dengan tata guna lahan homogen,
- 2) Lokasi dengan ketinggian bangunan yang relatif homogen,
- 3) Lokasi-lokasi dengan Building Coverage Ratio (BCR) yang sama.

Penandaan yang paling mudah adalah dengan memberikan arsiran yang berbeda untuk kehomogenan tata guna lahan, ketinggian bangunan, dan *Building Coverage Ratio* (BCR). Dengan teknik tumpang tindih, akan dapat ditemukan lokasi-lokasi dengan tingkat kehomogenan tiga parameter di atas.

2.5.2 Identifikasi Data Meteorologi

Data meteorologi untuk keperluan pemodelan adalah statistik cuaca tahunan yang diterbitkan oleh Pos Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) setempat, meliputi:

- a. Data hembusan angin tahunan, menyangkut pola hembusan (arah angin) serta kecepatan angin rata-rata dan ekstrim di lokasi tersebut.
- b. Data pola penyinaran matahari tahunan, termasuk kekuatan penyinaran.
- c. Pola dan sifat hujan, termasuk tinggi curah hujan.

Untuk keperluan kalibrasi, data yang dibutuhkan adalah data harian (pada saat pengukuran lalu lintas dan polusi udara dilakukan). Pengukuran dilakukan dengan prosedur standar pengukuran meteorologi. Lama pengukuran mengikuti lama sampling polusi udara di lokasi yang bersangkutan.

- 1) Pengukuran kecepatan dan arah angin pada ketinggian 10 m di atas permukaan tanah,
- 2) Kekuatan radiasi matahari, diukur pada tempat terbuka.

2.5.3 Identifikasi Data Lalu Lintas

Identifikasi data lalu lintas dimaksudkan untuk mengetahui terjadinya perubahan karakteristik dan komposisi lalu lintas pada koridor dengan melakukan pengamatan lapangan dan *traffic counting* (TC). Lama TC sekurang-kurangnya tiga jam pada kondisi yang diwakili oleh periode TC tersebut. Setiap jam, dilakukan perhitungan sekurang-kurangnya $\frac{1}{2}$ jam.

Karakteristik lalu lintas yang diamati pada koridor meliputi:

- a. Jam-jam sibuk.
- b. Titik-titik rawan kemacetan, dan luas pengaruh kemacetan.

- c. Kemungkinan terjadinya detour dan arah detour, bila terjadi
- d. Volume dan komposisi lalu lintas meliputi:
 - Sepeda motor/kendaraan ringan (LV),
 - Kendaraan Penumpang: sedan, mini bus, pick up, jeep < 2800 cc (PC),
 - Kendaraan berat, jeep > 300 cc, bus, truck (HV).
- e. Termasuk waktu tempuh rata-rata per kilometer setiap jenisnya.
- f. Volume kaki-kaki persimpangan dan akses-akses yang berhubungan dengan koridor.

Untuk keperluan pemodelan, selain data lalu lintas yang ada, akan sangat diperlukan perkiraan lalu lintas rencana dan perkiraan lalu lintas pada saat pelaksanaan konstruksi.

2.5.4 Identifikasi Data Kualitas Udara

Data kualitas udara yang diperlukan adalah data hasil monitoring polusi udara setempat, isopeth (jika ada), ataupun data lalu lintas udara lokal. Rona koridor akan diukur setelah lokasi sampling ditentukan. Semakin lengkap parameter pantau, akan semakin baik bagi pemodelan. Demikian pula dengan frekwensi pemantauan tahunan. Semakin banyak frekwensi pemantauan dalam setahun, data akan makin baik. Selain itu, hal-hal yang diperlukan perlu diperhatikan dalam melakukan identifikasi kualitas udara adalah:

- a) Ada tidaknya sumber-sumber emisi lain yang berpengaruh pada koridor. Jika ada, sangat perlu diketahui kekuatan sumber emisi tersebut.
- b) Ada tidaknya jalan-jalan dengan hirarki yang lebih tinggi yang mungkin akan menjadi sumber gangguan bagi koridor. Jika ada, data kualitas udara pinggir jalan atau data lalu lintas pendukung untuk jalan-jalan tersebut akan sangat diperlukan.

2.6 Penyajian

Model disajikan dalam dua tampilan, yaitu :

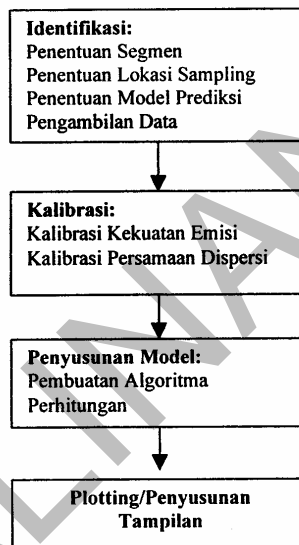
- a. Denah (*plan*) secara tumpang tindih dengan denah rencana lokasi. Penyajian konsentrasi dapat diwujudkan dalam bentuk kontour tiga dimensi, atau pun gradasi warna pada denah dua dimensi. Untuk dapat mewujudkan tampilan ini, perlu dilakukan pembatasan terhadap ketinggian prediksi (reseptor penerima). Disarankan, ketinggian reseptor selalu sama untuk setiap segmen. Apabila ternyata keadaan tersebut tidak sesuai dengan kondisi lapangan, perubahan ketinggian pada segmen yang lain dapat dilakukan.
- b. Potongan melintang pada lokasi-lokasi yang dianggap kritis berdasarkan hasil perhitungan dan tingkat papar polutan. Lokasi-lokasi yang dianggap cukup rawan adalah lokasi yang merupakan pusat kegiatan/keramaian dengan waktu yang relatif lama (8 s.d. 24 jam). Pemodelan pada titik-titik ini secara khusus dihitung sehingga dapat dibentuk kontour konsentrasi polusi udara pada bidang dua dimensi x,y .

Ilustrasi penyajian sesuai penjelasan di atas dapat dilihat pada Lampiran.

BAB III PROSEDUR APLIKASI MODEL

3.1 Proses Aplikasi Model

Proses pemodelan polusi udara ini akan terdiri atas beberapa tahapan pekerjaan. Tahapan tersebut merupakan kegiatan yang berurutan. Ilustrasi proses tersebut mengikuti bagan alir seperti Gambar 4 berikut.



Gambar 4:
Proses Pemodelan Polusi Udara Skala Mikro

3.2 Prosedur Identifikasi

3.2.1 Identifikasi Geometrik Koridor dan Lingkungannya

Identifikasi geometrik dilakukan dengan melaksanakan penyusuran tapak koridor, mengamati lingkungan koridor, dan mencatat keadaan geometri jalan yang ada dan lingkungannya. Untuk perkotaan yang telah memiliki peta foto udara, penyusuran dapat dilakukan dengan berbekalkan peta foto udara koridor sehingga perubahan-perubahan geometri lingkungan dengan mudah diidentifikasi dengan memberikan catatan pada peta foto udara yang ada. Jika peta foto udara tak tersedia, penyusuran tapak sekurang-kurangnya berbekalkan peta tata guna lahan dan peta topografi.

Pada identifikasi geometri dilakukan pemilihan segmen dan lokasi sampling tahap awal. Untuk itu harus diberikan tanda pada peta:

- Lahan dengan tata guna lahan yang homogen,
- Lokasi dengan ketinggian bangunan yang relatif homogen, dan
- Lokasi-lokasi dengan *Building Coverage Ratio* (BCR) yang sama.

Penandaan yang paling mudah adalah dengan memberikan arsiran yang berbeda untuk kehomogenan tata guna lahan, ketinggian bangunan, dan BCR. Dengan teknik tumpang tindih, akan dapat ditemukan lokasi-lokasi dengan tingkat kehomogenan yang sama.

Pemilihan lokasi sampling diharapkan mempertimbangkan kehomogenan ke tiga parameter di atas.

3.2.2 Identifikasi Meteorologi

Data meteorologi untuk keperluan pemodelan diambil dari statistik cuaca tahunan yang diterbitkan oleh pos Badan Meteorologi dan Geofisika (BMG) setempat. Identifikasi dilakukan untuk mendapatkan:

- a. Data hembusan angin tahunan, menyangkut pola hembusan (arah angin) serta kecepatan angin rata-rata dan paling tinggi di lokasi tersebut.
- b. Data Pola penyinaran matahari tahunan, termasuk kekuatan penyinaran.
- c. Pola dan sifat hujan, termasuk tinggi curah hujan.

Untuk keperluan kalibrasi, data yang dibutuhkan adalah data harian (pada saat pengukuran lalu lintas dan polusi udara dilakukan). Pengukuran dilakukan dengan prosedur standar pengukuran meteorologi. Lama pengukuran mengikuti lama sampling polusi udara di lokasi yang bersangkutan.

- Pengukuran kecepatan dan arah angin pada ketinggian 10 m di atas permukaan tanah,
- Kekuatan radiasi matahari, diukur pada tempat terbuka.

3.2.3 Identifikasi Lalu Lintas

Identifikasi lalu lintas dilakukan dengan pengamatan lapangan dan *traffic counting* (TC). Lama TC sekurang-kurangnya tiga jam pada kondisi yang diwakili oleh periode TC tersebut. Setiap jam, dilakukan penghitungan selama sekurang-kurangnya $\frac{1}{2}$ jam.

Karakterisasi lalu lintas dilakukan terhadap:

- a. Sepeda motor / kendaraan ringan (LV).
- b. Kendaraan penumpang; sedan, minibus, pickup, jeep < 2800 cc (PC).
- c. Kendaraan berat; jeep > 3000 cc, Bus, Truck (HV).

Untuk keperluan pemodelan, selain data lalu lintas yang ada, akan sangat diperlukan perkiraan lalu lintas rencana dan perkiraan lalu lintas pada saat pelaksanaan konstruksi.

3.2.4 Identifikasi Kualitas Udara

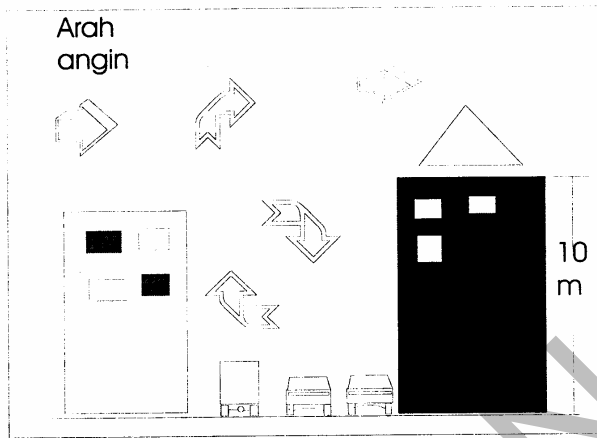
Data kualitas udara yang diperlukan adalah data hasil monitoring polusi udara setempat, isopeth (jika ada), atau data kualitas udara lokal. Rona koridor diukur setelah lokasi sampling ditentukan. Semakin lengkap parameter pantau, akan semakin baik bagi pemodelan.

Demikian pula dengan frekwensi pemantauan tahunan. Semakin banyak frekwensi pemantauan dalam setahun, data akan makin baik. Selain itu, hal-hal yang perlu diperhatikan dalam melakukan identifikasi kualitas udara adalah:

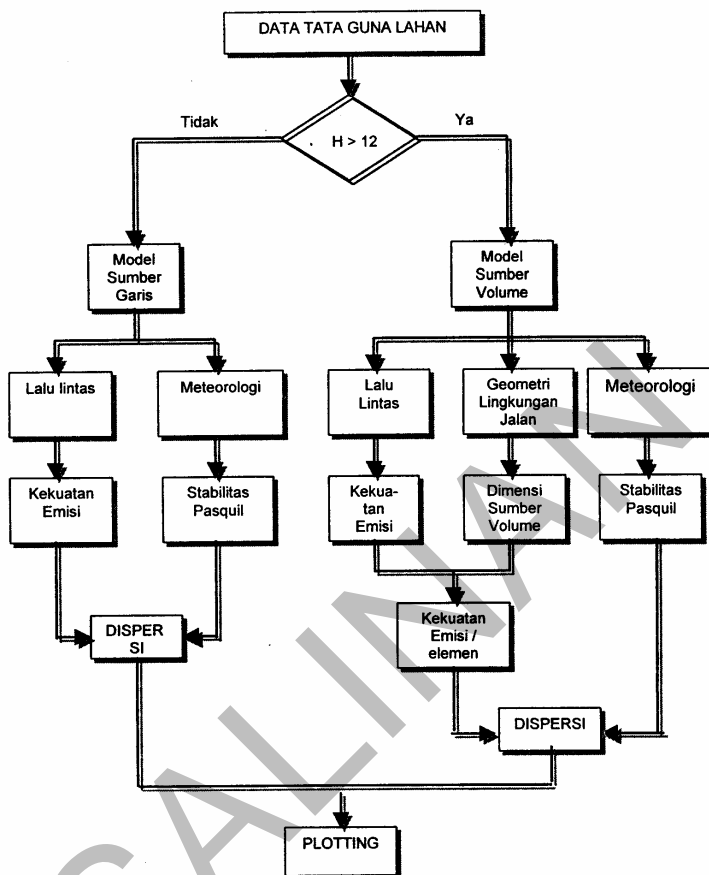
- a. Ada tidaknya sumber-sumber emisi lain yang berpengaruh pada koridor. Jika ada, sangat perlu diketahui kekuatan sumber emisi tersebut.
- b. Ada tidaknya jalan-jalan dengan hirarki yang lebih tinggi yang mungkin akan menjadi sumber gangguan bagi koridor. Jika ada, data kualitas udara pinggir jalan atau data lalu lintas pendukung untuk jalan-jalan tersebut akan sangat diperlukan.

3.3 Prosedur Pemilihan Model

1. Pertimbangan utama pemilihan model didasarkan pada kondisi geometrik lingkungan jalan (kerapatan bangunan dan ketinggian bangunan).
2. Pada dasarnya persamaan sumber garis hanya dapat dipergunakan pada lokasi dengan lingkungan terbuka (ketinggian bangunan rata-rata < 10 m, dan kerapatan (BCR) $< 0,3$).
3. Kondisi di luar ketentuan tersebut, dianggap bahwa jalan telah terbentuk sebagai street canyon (lembah jalan), dimana terjadi turbulensi angin di antara kedua sisi jalan akibat ketinggian gedung yang menghambat hembusan angin (lihat Gambar 5).
4. Gambaran langkah pemilihan model dispersi yang digunakan dalam pemodelan dapat dilihat pada bagan alir (lihat Gambar 6).



Gambar 5 :
Pergerakan Angin pada Street Canyon



Gambar 6 :
Bagan Alir Pemilihan Model

3.4 Prosedur Kalibrasi

Kalibrasi dilakukan sesuai dengan aliran kerja pada Gambar 7, dan mengikuti ketentuan 2.5. Data dan Proses Analisis yang dibutuhkan untuk melakukan kalibrasi adalah:

3.4.1 Prosedur Kalibrasi Data Lalu Lintas

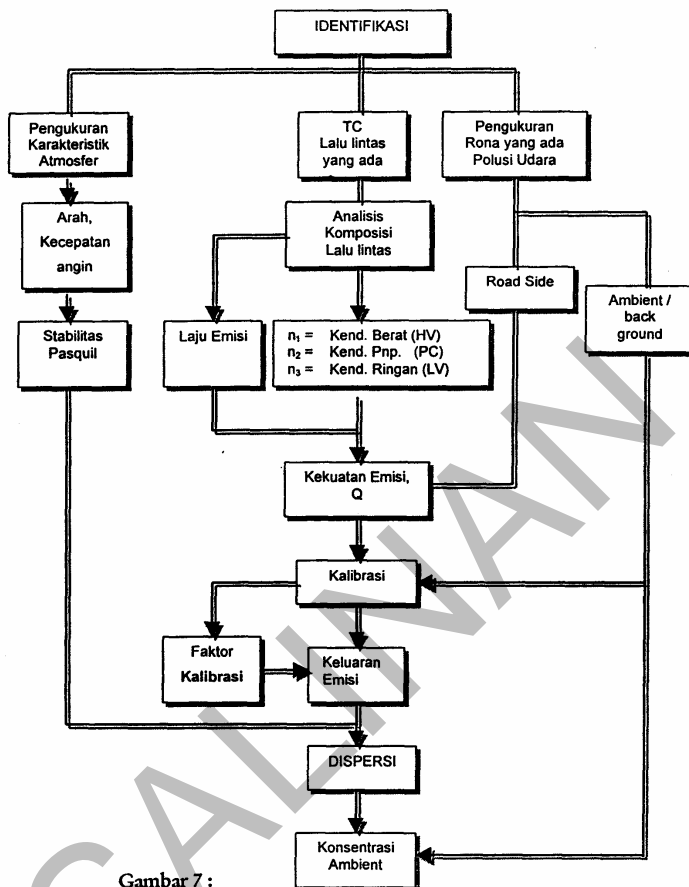
1. Ambil data volume lalu lintas rata-rata selama tiga jam bersamaan dengan sampling polusi udara.
2. Komposisikan sesuai dengan jenisnya yaitu kendaraan berat (HV), kendaraan penumpang (PC), dan kendaraan ringan (LV).
3. Ambil data kecepatan rata-rata masing-masing jenis kendaraan tersebut dengan mengambil titik ukur pada lokasi yang paling mewakili.
4. Lakukan pengukuran secara spot dengan menggunakan radar speed gun atau pengukuran waktu tempuh jarak 25 m.

3.4.2 Prosedur Kalibrasi Data Polusi Udara

1. Secara kontinu ambil data CO, HC, NO_x, dan CO₂.
2. Jika pengambilan data menggunakan metoda basah, pengambilan pada setiap jam dengan sekurang-kurangnya masa papar 15 menit terhadap absorbant.
3. Untuk penggunaan kantung sampling (*sampler bag*), masa papar 2 x 5 menit dan masa papar 1 jam penuh untuk sampling kontinu.

3.4.3 Data Metereologi

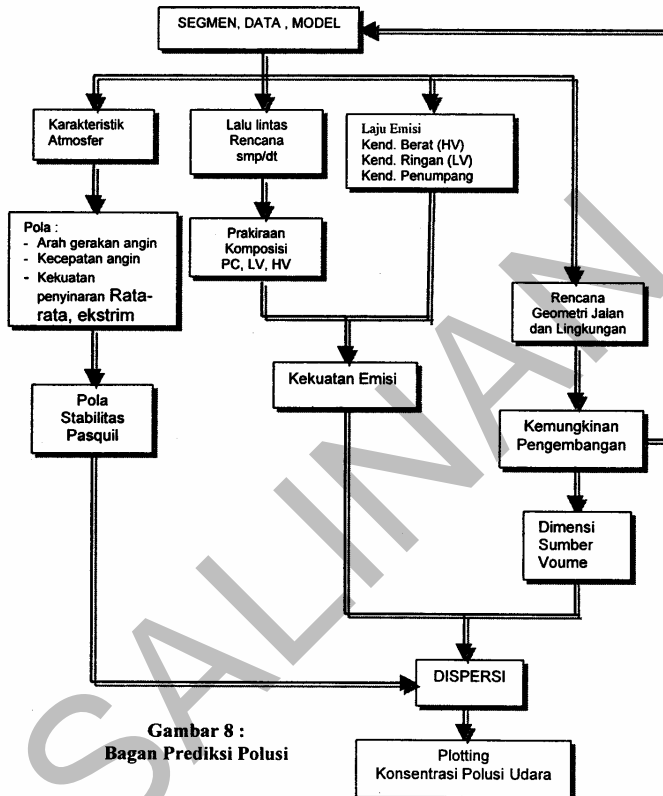
1. Catat data kecepatan angin rata-rata per jam, 10 m di atas permukaan tanah pada saat dilakukan pengukuran kualitas udara dan perhitungan lalu lintas (TC).
2. Catat data arah angin rata-rata pada jam pengambilan sampel.
3. Catat data penyinaran matahari pada saat pengambilan sampel.



Gambar 7 :
Bagan Alir Kalibrasi

3.5 Prosedur Prediksi

1. Tentukan segmen yang akan diprediksi.
2. Hitung polusi udara yang mungkin terjadi pada segmen tersebut.
3. Teknik perhitungan, mengikuti pola yang diilustrasikan pada Gambar 8.



Gambar 8 :
Bagan Prediksi Polusi

3.6 Penyajian Hasil Prediksi

Penyajian pada potongan melintang dibuat untuk menggambarkan kurva konsentrasi polutan padat titik-titik yang ingin ditinjau pada seksi tersebut, sebagai berikut :

1. Tentukan titik-titik (rawan) yang akan diprediksi pada seksi tersebut.
2. Lakukan perhitungan konsentrasi.
3. Tuliskan nilai yang didapat.
4. Jika perhitungan dilakukan dengan komputasi, maka
 - Tetapkan nilai ekstrim konsentrasi.
 - Tetapkan interval konsentrasi.
5. Lakukan perhitungan terbalik untuk mendapatkan nilai x dari konsentrasi yang sama.
6. Hubungkan nilai konsentrasi yang sama dengan garis kontour.

Penyajian pada peta lateral dibuat sebagai berikut :

1. Hitung nilai konsentrasi pada ketinggian rata-rata 1,5 m di atas permukaan tanah.
2. Hitung konsentrasi polutan pada jarak 10, 20, 40, 80, dan 160 m dari sumber (tepi jalan).
3. Gambarkan nilai konsentrasi pada setiap segmen dengan interval jarak memanjang 50 m (lihat lampiran B).

BAB IV

PENGONTROLAN PROSES DAN TINDAK LANJUT

4.1 Pengendalian Proses

Pengendalian proses dapat dilakukan pada tahapan pekerjaan antara lain :

- a. Penentuan segmen
- b. Penentuan lokasi sampling
- c. Pemilihan model untuk setiap segmen
- d. Prakiraan rencana pengembangan lingkungan jalan
- e. Tampilan pemodelan.

Proses ini dapat diikuti dengan mengisi formulir sebagaimana dalam lampiran. Secara administratif, berkas-berkas yang berkaitan dengan proses sampling, pengambilan data administratif, dan kompilasi data identifikasi dapat dikumpulkan untuk dievaluasi ulang, baik oleh tim penyusun model maupun tim teknik AMDAL Bina Marga.

Pekerjaan pemodelan ini dianggap selesai apabila laporan pemodelan telah mendapatkan pengesahan dari komisi teknik AMDAL Bina Marga, dan dilampiri dengan pedoman teknik/manual penggunaan model.

4.2 Tindak Lanjut

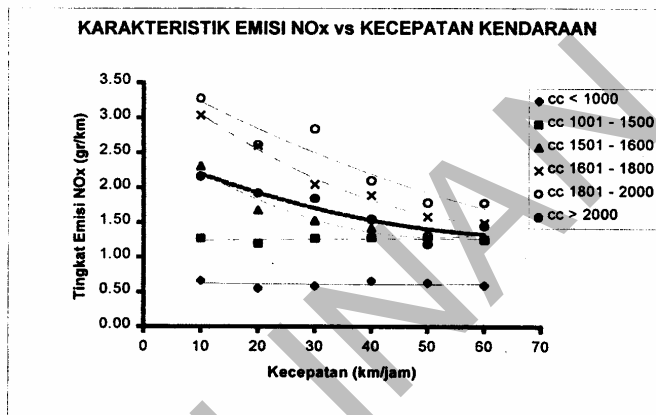
Tindak lanjut pemodelan ini adalah melakukan analisis kondisi polusi udara pada koridor dan lingkungan proyek. Analisis meliputi :

- 1) Analisis Rona Awal (Hasil Prediksi/Pengukuran Pra Konstruksi)
- 2) Analisis Masa Konstruksi
- 3) Analisis Masa Operasional Proyek tanpa Mitigasi
- 4) Analisis Masa Operasional dengan Mitigasi.

LAMPIRAN B
LAIN - LAIN

LAMPIRAN B1:

CONTOH PERHITUNGAN
FAKTOR-FAKTOR KALIBRASI/PENGALI
LAIN-LAIN

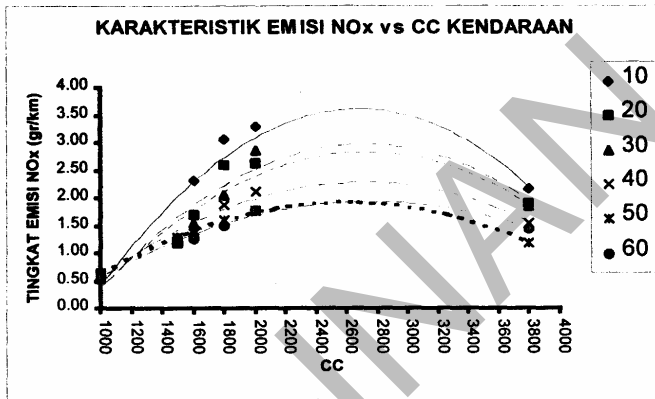


LAMPIRAN B2:

CONTOH TAMPILAN
PADA POTONGAN MELINTANG MODEL PREDIKSI POLUSI
UDARA
PADA RENCANA RUAS JALAN

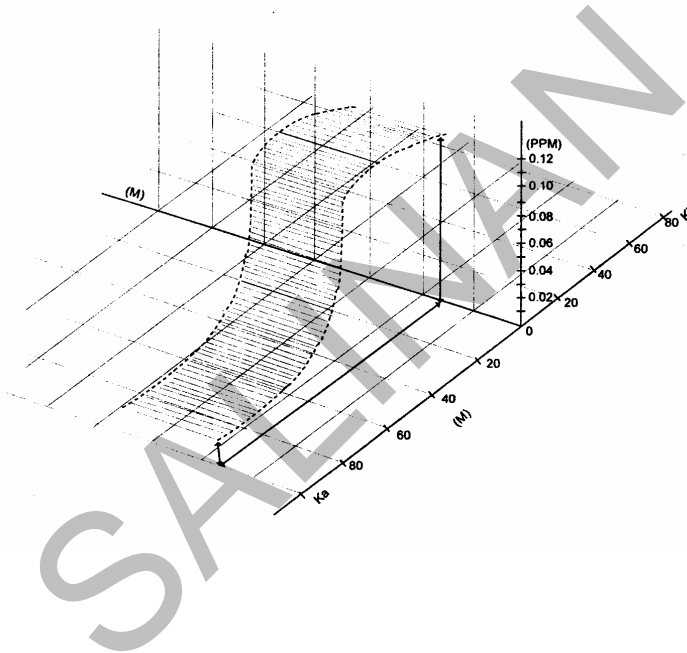
LOKASI : STASIUN :

PARAMETER : NO_x



LAMPIRAN B3:
CONTOH TAMPILAN
PADA POTONGAN MEMANJANG MODEL PREDIKSI POLUSI
UDARA
PADA RENCANA RUAS JALAN

LOKASI : STASIUN :
PARAMETER : NO_x
KETINGGIAN RESEPTOR 1,5 M



SALINAN

DAFTAR NAMA

Pemrakarsa :	
• Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan, Badan Penelitian dan Pengembangan	
• Direktorat Bina Teknik, Direktorat Jenderal Bina Marga	
Penyusun :	
Ir. IGW Samsi Gunarta	Pusat Litbang Jalan
Tim Pembahas :	
Ir. Sukawan Mertasudirna, M.Sc	Ditjen Bina Marga
DR. Ir. I.F. Poernomosidhi P., M.Sc	Pusat Litbang Jalan
Ir. Joko Harsono, M.Eng.Sc	Ditjen Bina Marga
Ir. Siti Mardiyah	Ditjen Bina Marga
Ir. Yayah Sumardiayah	Pusat Litbang Jalan
Ir. Agus Ban Syalendina, M.Sc	Pusat Litbang Jalan
Ir. Panca Dharmia Oc., M.Eng.Sc	Pusat Litbang Jalan
Ir. Subagus Dewunirjaya, M.Sc	Pusat Litbang Jalan
Inam Santoso, BE	Pusat Litbang Jalan
Jhonatan Saragih, ST	Pusat Litbang Jalan
Ir. Erwin Kusnandar	Pusat Litbang Jalan
Harlan Pangihutan, SE	Pusat Litbang Jalan
Landiyawati, BE	Pusat Litbang Jalan
Ir. Kurniaji M.Sc	Pusat Litbang Jalan
Ir. Budi Hermawan	Pusat Litbang Jalan
Ir. IGW Samsi Gunarta	Pusat Litbang Jalan
Ir. Willy Turnewu, M.Sc	Institut Teknologi Bandung

DAFTAR NAMA DAN LEMBAGA

Pemrakarsa :

- Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan, Badan Penelitian
- Direktorat Bina Teknik, Direktorat Jenderal Bina Marga

- Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan, Badan Penelitian dan Pengembangan PU.

- Pusat Penelitian dan Pengembangan Jalan, Badan Penelitian dan Pengembangan PU.
- Direktorat Bina Teknik, Direktorat Jenderal Bina Marga

Ir. IGW Samsi Gunarta
Pusat Litbang Jalan

Pusat Litbang Jalan

Ir. Sukawan Mertasudina, M.Sc

Ditjen Bina Marga

- [illegible]

Ketua:

Ketua:

Ir. Sukawan Mertasudina, M.Sc

Wakil Ketua:

DR. Ir. I.F. Poemomosidhi P., M.Sc
 Ir. Nany Kusminingrum

Ir. Hartom, M.Sc
Ditjen Bina marga

- [illegible]