

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Dalam sektor transportasi tidak lepas pula terdampak dari adanya Covid-19, namun dalam hal ini dampak yang terjadi justru penurunan penggunaan kendaraan bermotor dan berkurangnya polusi, penggunaan kendaraan bermotor yang semakin bertambah semakin memperburuk keadaan udara yang bersih dan layak hirup. Indonesia memiliki Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (RAN-GRK) yang merupakan dokumen kerja penyedia landasan bagi berbagai Kementerian/Lembaga serta Pemerintah Daerah untuk pelaksanaan berbagai kegiatan yang secara langsung dan tidak langsung akan menurunkan emisi gas rumah kaca dalam kerangka penurunan laju perubahan iklim global.

Pemerintah telah mengeluarkan aturan mengenai pengurangan emisi GRK sebagaimana tercantum dalam Peraturan Presiden Nomor 61 tahun 2011 tentang Penyusunan Rencana Aksi Nasional penurunan emisi Gas Rumah Kaca (RAN-GRK). Pemerintah Indonesia berkomitmen menurunkan emisi GRK sebesar 26% dengan usaha sendiri atau 41% dengan bantuan internasional pada 2020 (Pusat Data dan Informasi Energi, 2012) dan belum terwujud.

Emisi RAD-GRK Provinsi Lampung berasal dari 3 (tiga) bidang yaitu Berbasis Lahan, Berbasis Energi dan Pengelolaan Limbah, dimana pada tahun 2010 emisi Gas Rumah Kaca (GRK) mencapai sekitar 18 juta ton CO₂-eq, menurut Potret Rencana Aksi Daerah Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (RAD-GRK).

Akibat pencemaran udara dapat menimbulkan dampak bagi kesehatan, ekosistem maupun perubahan iklim. Gangguan kesehatan sebagai akibat pencemaran udara terjadi pada saluran pernafasan dan organ penglihatan. Secara visual pencemaran udara terlihat dari asap kendaraan bermotor (Abner, 2009).

Menitikberatkan kepada salah satu emisi yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor yaitu CO, CO adalah salah satu parameter pencemar udara yang memiliki prosentase pencemaran tertinggi yang dihasilkan dari kegiatan transportasi di Provinsi Lampung, dan perlu kita lihat apakah yang terjadi pada Era *New Normal* akibat dampak dari pandemic Covid-19. Dapat dilihat besaran Kontribusi dari berbagai kegiatan yang menghasilkan Luaran Karbon Monoksida (CO).

Tabel 1. 1 Besar Kontribusi CO dari Berbagai Kegiatan

Kegiatan	Besar % CO
Transportasi	96,8
Permukiman	0,3
Persampahan	2,6
Industri	0,3

Sumber : Soedomo,2001

Berdasarkan hal tersebut, perlu dilakukan penelitian mengenai penyebaran udara ambien, terkait dengan kesehatan masyarakat, jarak aman yang dapat digunakan sebagai referensi pembangunan permukiman masyarakat dengan kualitas udara ambien yang baik.

Beberapa model yang dapat digunakan dalam memodelkan sebaran polutan antara lain adalah model *Gaussian*, model *Lagrangian*, model *Eulerian*, dan *Computational Fluid Dynamics* (CFD) (De Visscher, 2014). Namun, model Gaussian merupakan model yang paling dianggap tepat untuk melukiskan secara matematis pola 3 dimensi dari perjalanan semburan (*plume*) emisi. Model dispersi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu model dispersi gauss sumber garis (*line source*) yang polutannya berasal dari aktivitas kendaraan bermotor karena dilakukan pada ruas jalan dan bukan pada simpang.

Penelitian sebelumnya telah dilaksanakan oleh ketua peneliti pada beberapa karakteristik jalan, yaitu antara lain pada ruas jalan tol, pada titik simpang perkotaan, pada jalan yang dekan dengan stasiun penyerap Provinsi Lampung. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan pertimbangan pengambil kebijakan dan pengguna jalan sehubungan dengan meningkatnya kepemilikan kendaraan dan dampak yang ditimbulkan terkait emisi gas buang kendaraan khususnya pada Era New Normal, serta sangat pentingnya penelitian ini dilakukan sebagai masukan dalam upaya pemilihan jarak minimum aman permukiman serta mewujudkan Rencana Aksi Daerah (RAD) Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca polutan CO Provinsi Lampung.

1.2 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup yang dikaji pada penelitian ini meliputi :

1. Wilayah studi penelitian dilakukan di beberapa Ruas Jalan Perkotaan
2. Parameter yang diukur adalah konsentrasi gas karbon monoksida (CO)
3. Pengukuran CO dilakukan dengan menggunakan CO Meter
4. Analisis persebaran menggunakan *Gaussian model*
5. Kendaraan yang dihitung adalah kendaraan roda empat dan roda dua

6. Data jumlah kendaraan berdasarkan jenis bahan bakar dan jumlah total kendaraan berdasarkan studi lapangan.
7. Bahan bakar yang digunakan kendaraan yaitu Bensin (Premium, Pertalite, Pertamax) dan Solar (Pertadex).
8. Data Polutan Pencemar, Arah Angin, Temperatur didapatkan dari Dinas Lingkungan Hidup (DLH) Provinsi Lampung

1.3 Tujuan Khusus dan Urgensi Penelitian

Jumlah Kendaraan yang terus bertambah serta kurangnya kesadaran akan bahayanya zat buang kendaraan, dan adanya perubahan akibat terjadinya Pandemi Covid-19 kemudian transisi menjadi Era New Normal. Tujuan khusus dari penelitian ini adalah mendapatkan hasil model menggunakan model Gaussian kualitas udara yang berada pada lokasi ruas jalan Kota Bandar Lampung, kemudian model matematis digunakan untuk menentukan jarak minimum aman permukiman, dimana karakteristik penyebaran gas buang kendaraan yang akan berdispersi di udara ambien dan arah angin. Diharapkan luaran penelitian ini secara khusus akan memberikan informasi kepada Pemerintah tentang jarak minimum dari kualitas udara ambien yang ada dilokasi penelitian serta saran penanggulangannya, dijadikan bahan pertimbangan dalam menentukan pengendalian pencemaran CO pada lokasi penelitian serta dalam menentukan strategi yang tepat untuk mereduksi dampak pencemar CO pada saat New Normal, sehingga masyarakat dapat ikut berperan dalam mencegah dampak dari CO, dan menjadi sarana dalam pengembangan pengetahuan dan kemampuan terkait dengan pencemaran udara dan pengendaliannya.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pencemaran Udara

Faktor akibat perbuatan manusia yang pada umumnya dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu yang berasal dari sumber bergerak (kendaraan bermotor, kapal terbang, dan lain-lain) dan sumber tidak bergerak yaitu kegiatan industri.

Akibat pencemaran udara dapat menimbulkan dampak bagi kesehatan, ekosistem maupun perubahan iklim. Gangguan kesehatan sebagai akibat pencemaran udara terjadi pada saluran pernafasan dan organ penglihatan. Secara visual pencemaran udara terlihat dari asap kendaraan bermotor (Abner, 2009).

Udara di daerah perkotaan yang mempunyai banyak kegiatan industri dan teknologi serta lalu lintas yang padat, biasanya telah terjadi pencemaran udara. Zat pencemar udara yang utama biasanya berasal dari kegiatan manusia berupa gas buangan hasil pembakaran bahan bakar fosil dan industri. Perkiraan persentase komponen pencemar udara utama di Indonesia khususnya transportasi dijelaskan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Perkiraan Persentase Komponen Pencemar Udara dari Sumber Transportasi di Indonesia

Komponen Pencemar	Persentase
CO	70,50 %
NO _x	8,89 %
SO _x	0,88 %
HC	18,34 %
Partikel	1,33 %
Total	100 %

Sumber : Wardhana, 2004

Sejalan dengan pembangunan di sektor industri dan transportasi, pencemaran udara oleh gas-gas hasil pembakaran juga meningkat. Gas berbahaya bagi kesehatan tersebut adalah gas karbon monoksida (CO) yang merupakan sisa pembakaran dari bahan bakar yang mengandung karbon.

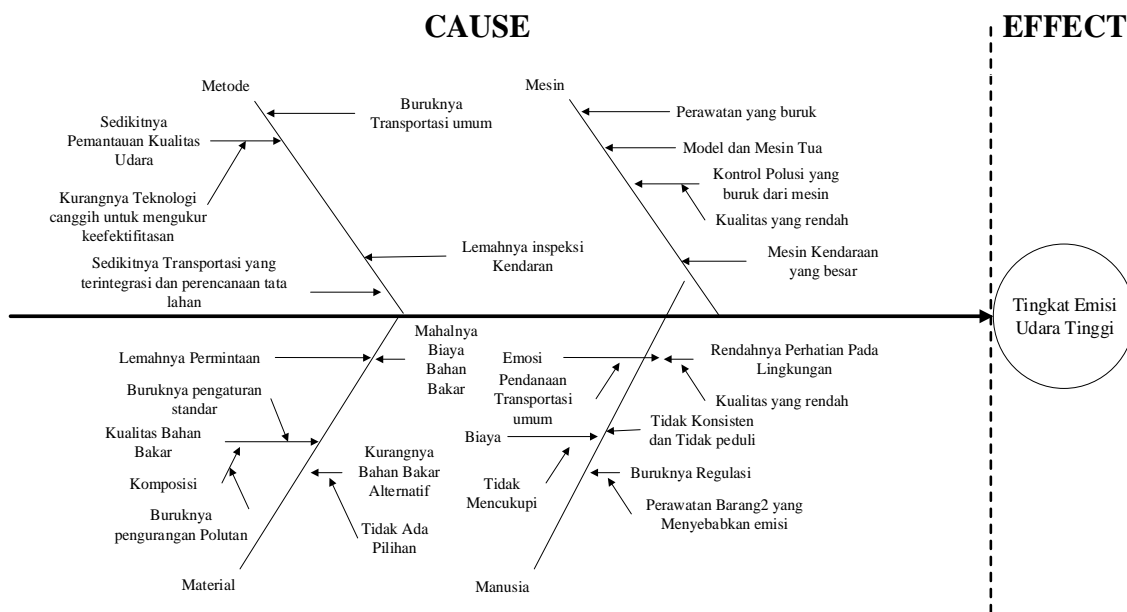
2.2 *State Of Arts* Penelitian Emisi

Penelitian tentang emisi telah banyak dilakukan sebelumnya diantaranya yang telah dilaksanakan oleh ketua peneliti yaitu antara lain penelitian tahun 2020 Pemodelan Dispersi Pencemaran Udara Ambien Polutan CO Sektor Transportasi di Kota Bandar Lampung yang

dilakukan disimpang jalan perkotaan, penelitian tahun 2019 Model Matematis Kualitas Udara Ambien di Pelabuhan yang dilakukan pada Jalan Tol Trans Sumatera.

Polusi udara terjadi pada daerah padat penduduk dengan mobilitas transportasi yang tinggi. Beberapa faktor yang menyebabkan hal tersebut antara lain adalah kurangnya kesadaran masyarakat dan pengguna kendaraan akan pentingnya kualitas udara bagi kehidupan, Kurangnya minat pejalan kaki dan juga sarana infrastruktur pendukungnya tidak memadai, Pertumbuhan kendaraan secara masif, masih digunakannya kendaraan tidak layak pakai dan mesin yang tidak ramah lingkungan serta angkutan umum yang tidak terintegrasi dengan baik yang dilakukan pada Ruas Jalan Perkotaan di Era New Normal.

Pemerintah juga memegang peranan penting untuk turut serta dalam aksi pengurangan polusi udara sektor transportasi, kurangnya pemantauan kualitas udara disertai dengan tidak konsistennya implementasi pada regulasi yang telah ditetapkan menyebabkan pencemaran udara semakin tinggi, adapun faktor yang berpengaruh terhadap tingginya pencemaran udara, dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Cause-Effect pencemaran udara akibat emisi sektor transportasi

(Ofriat, 2019)

2.3 Indeks Standar Pencemaran Udara

Berdasarkan Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 45 tahun 1997 tentang Indeks Standar Pencemaran Udara, Pemerintah menetapkan Indeks Standar Pencemaran Udara yang merupakan angka yang tidak mempunyai satuan untuk menggambarkan kondisi

kualitas udara ambien di lokasi dan waktu tertentu yang didasarkan kepada dampak terhadap kesehatan manusia.

Tabel 2. 2 Indeks Standar Pencemar Udara

Kategori	Rentang (%)	Penjelasan
Baik	0 – 50	Tingkat kualitas udara yang tidak memberikan efek bagi kesehatan manusia atau hewan dan tidak berpengaruh pada tumbuhan, bangunan, ataupun estetika.
Sedang	51 – 100	Tingkat kualitas udara yang tidak berpengaruh pada kesehatan manusia atau hewan tetapi berpengaruh pada tumbuhan yang sensitif, dan nilai estetika.
Tidak Sehat	101 – 199	Tingkat kualitas udara yang bersifat merugikan pada manusia ataupun kelompok hewan yang sensitif atau bisa menimbulkan kerusakan pada tumbuhan ataupun nilai estetika.
Sangat Tidak Sehat	200 – 299	Tingkat kualitas udara yang dapat merugikan kesehatan pada sejumlah segmen populasi yang terpapar.
Berbahaya	300 - lebih	Tingkat kualitas udara berbahaya yang secara umum dapat merugikan kesehatan yang serius pada populasi.

Sumber : Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 45 Tahun 1997

Tabel 2. 3 Sumber dan Standar Kesehatan Emisi Gas Buang

Pencemar	Sumber	Keterangan
Karbon Monoksida (CO)	Buangan kendaraan bermotor, proses industri	Standar Kesehatan : 10 mg/m^3 (9 ppm)
Sulfur Dioksida (SO ₂)	Panas dan fasilitas pembangkit listrik	Standar kesehatan : 80 ug/m^3 (0,03 ppm)
Partikulat Matter	Buangan kendaraan bermotor, beberapa proses industri	Standar kesehatan : 50 ug/m^3 selama 1 tahun : 150 ug/m^3
Nitrogen Dioksida (NO ₂)	Buangan kendaraan bermotor, panas dan fasilitas	Standar kesehatan : 100 pg/m^3 (0,05 ppm) selama 1 jam
Ozon (O ₃)	Terbentuk di atmosfer	Standar kesehatan : 235 ug/m^3 (0,12 ppm) selama 1 jam

Sumber : Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 45 Tahun 1997

2.4 Baku Mutu Udara

Baku mutu yang digunakan untuk menetapkan prioritas penanganan pencemaran kualitas udara. Masing-masing negara mempunyai baku mutu berbeda. Baku mutu udara ambien adalah ukuran batas atau kadar zat, energi, dan atau komponen yang ada/atau seharusnya ada dan/atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam udara

ambien. Baku mutu emisi sumber tidak bergerak adalah batas kadar maksimum dan/atau beban emisi maksimum yang diperbolehkan masuk atau dimasukkan kedalam udara ambien. Emisi merupakan suatu zat, energy atau komponen lain yang dihasilkan dari suatu kegiatan yang masuk atau dimasukkannya kedalam udara ambient yang mempunyai atau tidak mempunyai potensi sebagai unsur pencemar (Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 tentang pengendalian pencemaran Udara).

Tabel 2. 4 Faktor Emisi (FE) Gas Buang Kendaraan untuk Kota Metropolitan dan Kota Besar di Indonesia yang Ditetapkan Berdasarkan Kategori Kendaraan

Kategori Kendaraan	CO (g/km)	HC (g/km)	NOx (g/km)	PM ₁₀ (g/km)	CO ₂ (g/km)	SO ₂ (g/km)
Sepeda Motor	14	5,9	0,29	0,24	3180	0,008
Mobil Pribadi (Bensin)	40	4	2	0,01	3180	0,026
Mobil Pribadi (Solar)	2,8	0,2	3,5	0,53	3172	0,44
Bus	11	1,3	11,9	1,4	3172	0,93
Angkot	43,1	5,08	2,1	0,006	3180	0,029
Truk	8,4	1,8	17,7	1,4	3172	0,82

Sumber : Kementerian Lingkungan Hidup, 2010

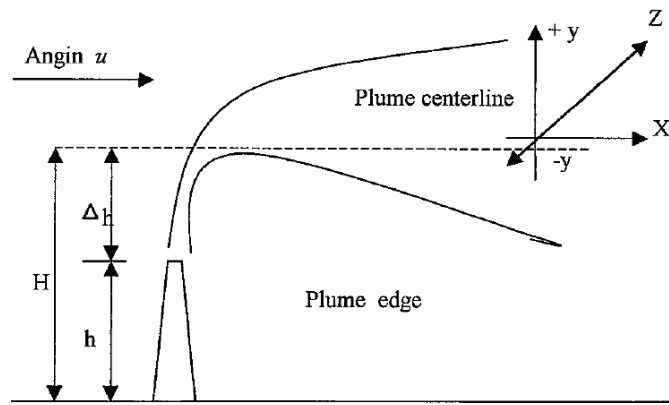
Jika faktor emisi sesuatu polutan diketahui, maka banyaknya polutan yang lolos dari proses pembakarannya dapat diketahui jumlahnya persatuan waktu. Adapun satuan yang digunakan dalam faktor emisi adalah (Ofrial, 2016):

1. Gram/kilometer (g/km)
2. Gram/kilogram (g/kg)
3. Gram/jam (g/jam)

2.5 Model Dispersi Polutan

2.5.1 Pengertian Dispersi

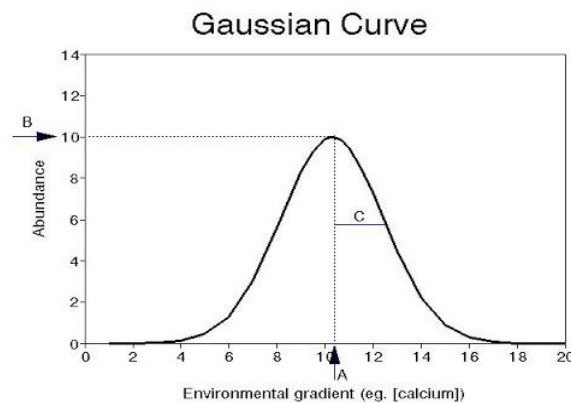
Apabila aliran polutan yang kontinyu terlepas dari sumbernya dan tertiuip angin yang tetap di atmosfer terbuka, maka pertama-tama polutan tersebut naik ke atas lubang sumber (cerobong), kemudian membelok kebawah dan terus bergerak sesuai dengan arah rata-rata angin yang mampu mengencerkan polutan dan membawanya menjauh dari sumbernya. Bentuk polutan (*plume*) juga menyebar atau terdispersi dalam arah vertikal dan horizontal terhadap garis pusat (*centerline*) *plume*. Gambar skematik *plume* polutan yang keluar dari cerobong dengan tinggi cerobong ($H = h + \Delta h$) ditunjukkan dalam gambar 2.2



Gambar 2.2 *Plume Rise*

2.5.2 Gaussian Model

Distribusi Gaussian atau normal sering dihasilkan dari proses acak. Dalam distribusi normal model Gaussian yang bentuk kurva penyebaran dianggap seperti bel, seperti terlihat dalam gambar 2.3



Gambar 2.3 *Gaussian Model*

Model Dispersi Gauss merupakan salah satu model perhitungan yang banyak digunakan untuk mensimulasikan pengaruh emisi terhadap kualitas udara. Model Dispersi Gauss merupakan bentuk persamaan matematika yang dapat dimasukkan ke dalam perhitungan variabel dan diberikan informasi yang lebih detail mengenai sumber cemaran pada suatu daerah yang diteliti.

2.5.3 Persamaan Difusi Pencemaran

Model Dispersi Gauss sumber bergerak adalah perkembangan dari *Gauss plume* dengan mengasumsikan bahwa sebuah deretan yang *mutually independent*, masing – masing menghasilkan kepulan polutan. Sehingga konsentrasi pada suatu titik di jalan dihitung sebagai jumlah konsentrasi titik-titik sumber pada jalan

tersebut. Konsentrasi x dari gas pada x,y,z dari sumber kontinyu dengan tinggi emisi efektif H dan Z =0, diberikan rumus sebagai berikut :

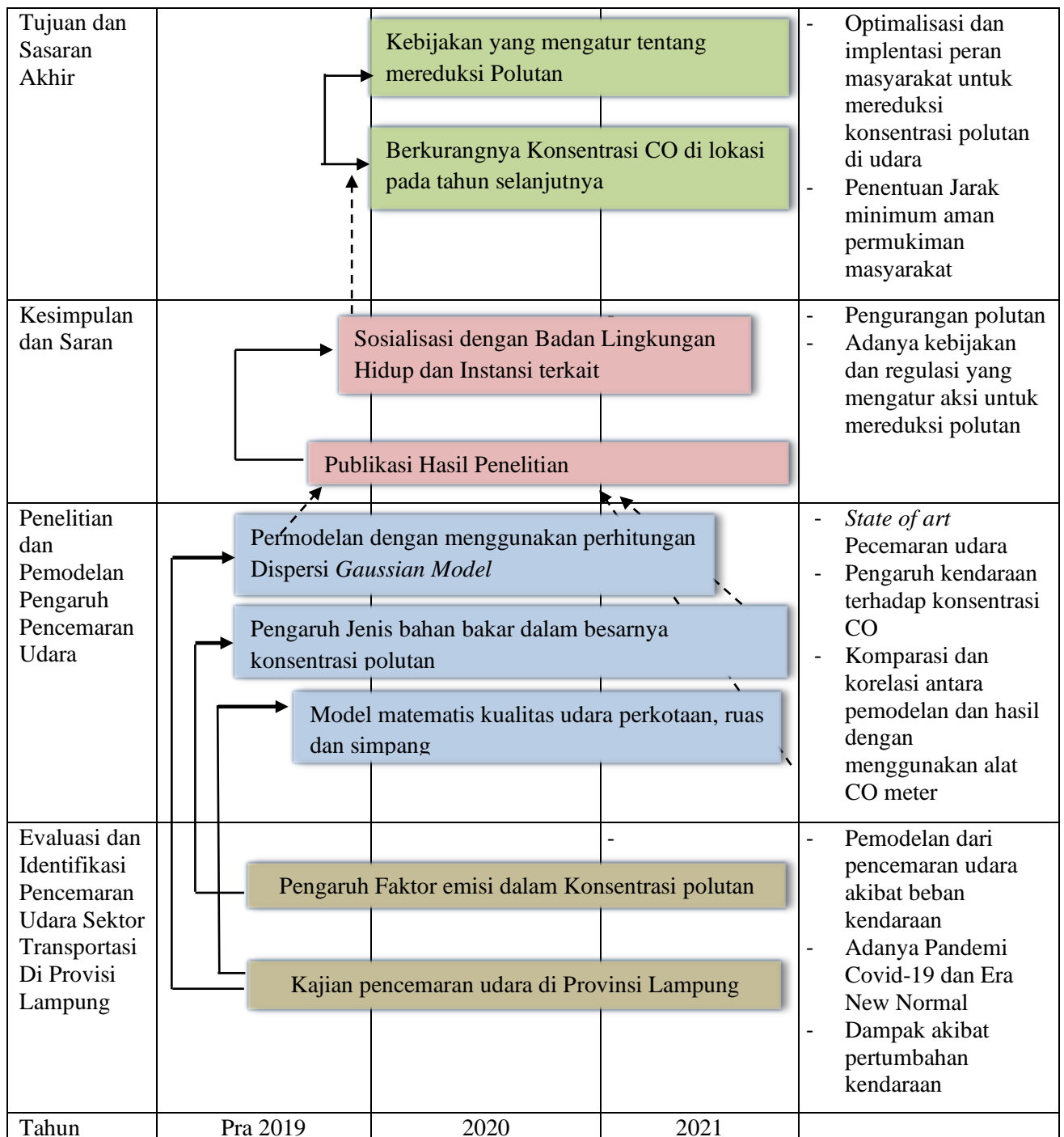
$$C_{(x, 0, 0)} = \frac{2q}{(2\pi)^{\frac{1}{2}}\sigma_z U} \exp \left[-\frac{1}{2} \left(\frac{H}{\sigma_z} \right)^2 \right] \dots\dots\dots(2.3)$$

Dimana :

- X = konsentrasi gas gr/m³
- Q = flow rate dari stack g/s
- σ_y = standar deviasi tegak lurus arah angin
- σ_z = standar deviasi vertikal
- u = kecepatan angin m/s
- H = tinggi stack efektif

2.6 Roadmap Penelitian

Evaluasi kualitas udara di Provinsi Lampung yang tinggi aktivitas transportasi sangat urgen untuk dilakukan. Masyarakat dan pemangku kepentingan harus mengetahui besaran kualitas hirup udara. Untuk mencapai tujuan tersebut maka perlu dilakukan penelitian secara bertahap dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Roadmap Penelitian (Peneliti, 2021)

2.7 Referensi dan Penelitian Terdahulu

Beberapa referensi dan penelitian terdahulu yang menunjang acuan bagi penelitian penulis adalah sebagai berikut dapat dilihat pada Tabel 2.5

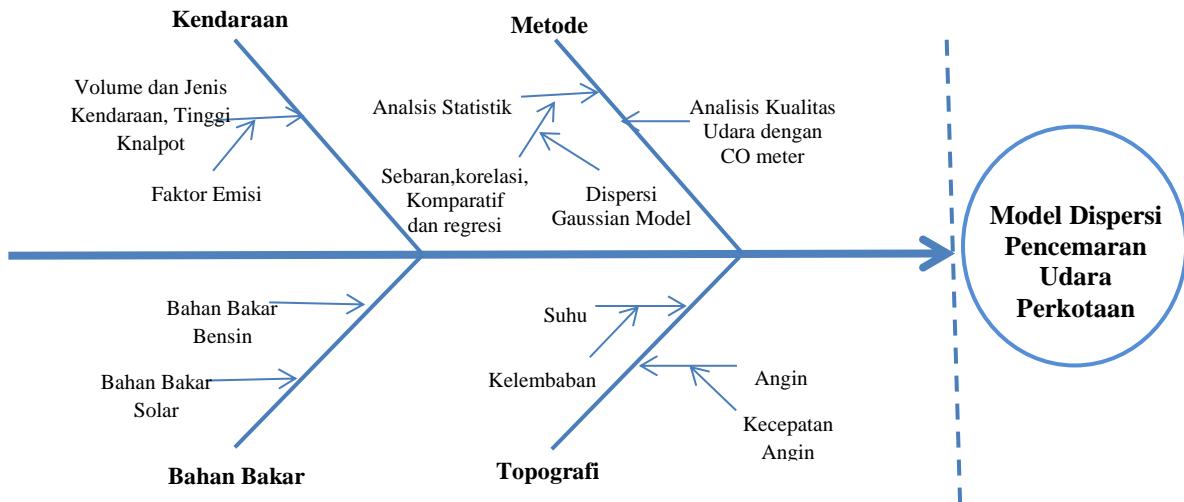
Tabel 2.5 Referensi dan Penelitian Terdahulu Sebagai Literatur Penelitian

No	Nama	Topik	Rekomendasi
1.	Padet Pradiphet, 2009, National Centre of Excellence for Environmental and Hazardous Waste Management, Chulalongkorn University, Thailand	Aplikasi Pencegahan Polusi Udara untuk Sektor Transportasi dengan Mengintegrasikan Model Transportasi Kota dan Emisi Kendaraan dengan Studi Kasus Bangkok, Thailand	Aplikasi pencegahan polusi udara untuk transportasi daerah perkotaan yang bertujuan meminimalkan polusi dan memenuhi standar kualitas udara ambien yang memperhitungkan perubahan polusi udara yang dihasilkan dari strategi pencegahan.
2.	Dr. Tom V. Mathew, 2012, IIT Bombay	Konsumsi Bahan Bakar dan Studi tentang Emisi (<i>Fuel Consumption and Emission Studies</i>)	Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi perlunya memahami dampak polusi kendaraan terhadap lingkungan, dalam rangka mengurangi kebutuhan bahan bakar kendaraan, dan emisi yang dikeluarkan.
3.	Siti Anugrah Mulya Putri Ofrial, 2016 Teknik Sipil dan Perencanaan. Manajemen Rekayasa Transportasi, ITS Surabaya	Analisis Pengaruh Jumlah Kendaraan Pada Simpang Bersinyal Terhadap Emisi Polutan Karbon Monoksida (CO) Sektor Transportasi (Studi Kasus simpang JL. Dr. Ir. Soekarno – MERR dan Jl. Semolowaru, Surabaya)	Konsentrasi CO lebih tinggi terjadi pada pagi hari dibandingkan dengan konsentrasi CO pada siang hari, Jumlah kendaraan di Indonesia semakin bertambah setiap tahunnya ,begitu pula dengan konsentrasi CO
4.	Siti Anugrah Mulya Putri Ofrial, 2019 Teknik Sipil Universitas Lampung, Lampung	Model Matematis Kualitas Udara Ambien di Pelabuhan (Studi Kasus Pelabuhan Bakauheni Provinsi Lampung)	Penentuan Jarak minimum aman permukiman agar terhindar dari emisi kendaraan. Survey dilapangan dan dikomparasi dengan hasil menggunakan alat CO meter pada Pelabuhan akibat aktivitas transportasi yaitu pada gerbang Tol Trans Sumatera Bakauheni Provinsi Lampung.

Sumber : Peneliti, 2021

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Prosedur Penelitian



Gambar 3.1 *Fishbone* Diagram Tahapan Penelitian

3.2. Studi literatur

Studi literatur dilakukan dengan melakukan pencarian terhadap berbagai sumber tertulis, Informasi yang didapat dari studi kepustakaan kemudian dijadikan rujukan untuk memperkuat argumentasi dan analisis yang ada. Studi literatur dilakukan oleh peneliti setelah menentukan topik penelitian dan menetapkan rumusan permasalahan, sebelum terjun ke lapangan untuk mengumpulkan data yang diperlukan. Pelaksana tugas, Ketua dan anggota dengan porsi kerja yang sudah ditentukan.

3.3 Studi Penelitian

Penelitian mengenai pengaruh kegiatan transportasi dan beban emisi terhadap konsentrasi CO di udara ambien ini menggunakan pendekatan kuantitatif, yaitu untuk melihat hubungan antara beban emisi kendaraan bermotor terhadap konsentrasi CO, pengaruh jumlah kendaraan bermotor terhadap konsentrasi CO dan pengaruh antara Jenis bahan bakar kendaraan terhadap konsentrasi CO. Untuk pengambilan data primer menggunakan metode purposive sampling dengan mempertimbangkan kriteria kualitas udara, jumlah kendaraan tertinggi, dan arah angin. Data-data yang diperoleh dalam penelitian ini dianalisis dengan analisis deskriptif, statistik dan komparatif.

3.4 Lokasi dan Waktu

Lokasi penelitian ini berada pada ruas jalan Kota Bandar Lampung, Pengambilan Lokasi adalah yang Padat kendaraan serta terjadi antrian kendaraan, kemudian diambil segmen terdekat yaitu 200 meter.

Penelitian dilakukan selama 1 hari, pada pagi hari, siang hari, sore hari. Dilakukan pengambilan sampel sebanyak 3 (tiga) data pengukuran setiap harinya, yaitu Posisi alat untuk pengambilan sampel karbon monoksida (CO) .

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Pengambilan Sampling

No.	Lokasi	Waktu	Variabel yang Diukur
1.	Ruas jalan Perkotaan Bandar Lampung	07:00– 08:00 WIB 12:00 – 13:00 WIB 15:30 – 16:30 WIB	-Konsentrasi CO -Jumlah Kendaraan Bermotor -Arah dan Kecepatan Angin, Suhu dan Kelembaban

3.5 Metode Pengukuran Data

1. Data Primer

- a. Data hasil konsentrasi gas CO di titik pengukuran.
- b. Data kecepatan angin di titik pengukuran.
- c. Data kelembaban di titik pengukuran.
- d. Data suhu di titik pengukuran.
- e. Data jumlah kendaraan bermotor dan jenis bahan bakar pada saat melakukan sampling udara ambien.

2. Data Sekunder

- a. Data faktor meteorologi (suhu, arah dan kecepatan angin, kelembaban)
- b. Data kualitas udara DLH Provinsi Lampung

3. Pengukuran Jumlah Kendaraan dan Jenis Bahan Bakar Kendaraan

Pengukuran total jumlah kendaraan dan kendaraan berdasarkan jenis bahan bakar dilakukan *counting* manual. Pengambilan sampel dilakukan setiap 1 (satu) jam pengukuran di setiap titik yang telah ditetapkan.

4. Pengukuran Konsentrasi CO

Pengukuran konsentrasi CO di lapangan menggunakan CO Meter dengan menggunakan pengambilan sampel pada kendaraan dengan ketinggian sumber tertentu. Pengambilan sampel CO dilakukan dengan mendekati alat berupa CO

meter dengan jarak ± 0.5 meter – 1 meter dengan ketinggian max 2 meter dari sumber pencemar yang dalam hal ini berasal dari knalpot Kendaraan, kemudian dilakukan pencatatan tiap 10 menit dilakukan untuk sampel kendaraan ringan sebagai perwakilan kendaraan menggunakan bahan bakar Bensin dan kendaraan berat sebagai perwakilan kendaraan menggunakan bahan bakar Solar.

5. Perhitungan Beban Emisi

Perhitungan beban pencemar untuk suatu polutan dari kendaraan bermotor pada suatu segmen jalan menggunakan metode pendekatan jarak tempuh kendaraan yang dilewati dan volume kendaraan berdasarkan katagori jenis kendaraan yang melintas.

6. Pengukuran Faktor Meteorologi

Parameter faktor meteorologi yang dihitung pada penelitian ini adalah suhu, arah dan kecepatan angin, dan kelembaban.

3.6 Metode Analisis Data

Data-data yang didapat dari hasil pengukuran dianalisis dengan metode deskripsi data. Untuk melihat hubungan antara jumlah total kendaraan dengan konsentrasi polutan CO. Analisis data yang dilakukan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Analisis Deskriptif

Data jumlah kendaraan, konsentrasi CO di udara ambien, hasil perhitungan beban emisi dimuat dalam bentuk tabel dan grafik, serta ringkasan statistik menggunakan microsoft excel .

2. Analisis Statistik

a. Uji Distribusi Normal Kolmogrov-Sminov

Uji normalitas Kolmogorov-Smirnov adalah uji yang bertujuan untuk mengetahui apakah data dalam variabel yang dianalisis berdistribusi normal.

b. Uji Korelasi Antar Dua Variabel

1) Uji Korelasi antara Jumlah Kendaraan terhadap Konsentrasi CO

2) Uji Korelasi antara Jumlah Kendaraan berdasarkan Jenis Bahan Bakar Kendaraan terhadap Konsentrasi CO.

3) Uji Korelasi antara Beban Emisi Kendaraan dengan Konsentrasi CO

c. Uji Regresi Sederhana

1) Uji Regresi antara Jumlah Kendaraan terhadap Konsentrasi CO

2) Uji Regresi antara Jumlah Kendaraan berdasarkan Jenis Bahan Bakar

Kendaraan terhadap Konsentrasi CO

3) Uji Regresi antara Beban Emisi Kendaraan dengan Konsentrasi CO

d. Menghitung dispersi

Dispersi (penyebaran) ditentukan oleh faktor meteorologi, seperti kecepatan angin, suhu, kelembaban, yang dinyatakan dalam kelas stabilitas atmosfer, kemudian dilakukan persamaan dengan menggunakan *Gaussian Model (line source)* karena dilakukan pada Ruas Jalan .

3.7 Pelaporan dan Publikasi

Semua hasil pengujian dan pengamatan dicatat dan dilaporkan dalam sebuah laporan penelitian. Laporan penelitian akan dilengkapi dengan analisis biaya dan kelayakan.. Tugas terakhir ini menjadi kewajiban bersama ketua dan anggota penelitian. Publikasi yang akan dilakukan adalah minimal Prociding pada Internasional Seminar. Luaran yang ditargetkan dalam penelitian ini adalah artikel ilmiah yang telah berstatus *accepted* di Jurnal Internasional terindeks SCOPUS, artikel yang dipresentasikan dalam pertemuan ilmiah yang diselenggarakan LPPM Universitas Lampung, makalah yang dipresentasikan dalam pertemuan ilmiah internasional.

BAB 4. HASIL DAN ANALISIS

4.1. DATA HASIL PENELITIAN

Lokasi penelitian dilakukan di Jalan RA Kartini. Survey dilakukan pada waktu pagi dan sore hari. Dari penelitian yang telah dilakukan maka didapat hasil survey sebagai berikut.

Tabel 4.1. Hasil survey tingkat emisi CO satu kendaraan (qc).

Periode Perhitungan (Interval 15 menit)	Total Kendaraan	
	Bensin	Solar
07.00 - 07.15	88	89
07.15 - 07.30	64	96
07.30 - 07.45	82	145
07.45 - 08.00	66	152
08.00 - 08.15	91	150
08.15 - 08.30	99	112
08.30 - 08.45	99	156
08.45 - 09.00	87	226
16.00-16.15	94	143
16.15-16.30	112	139
16.30-16.45	127	116
16.45-17.00	85	138
17.00-17.15	122	169
17.15-17.30	185	284
17.30-17.45	146	259
17.45-18.00	93	310

Kemudian data hasil survey tersebut digunakan untuk mencari nilai beban emisi dengan menggabungkan data hasil survey dengan faktor emisi (FE) gas buang kendaraan seperti yang telah diketahui pada Tabel.2.4 Faktor Emisi (FE) Gas Buang Kendaraan untuk Kota Metropolitan dan Kota Besar di Indonesia yang Ditetapkan Berdasarkan Kategori Kendaraan. Dari faktor emisi tersebut maka dapat dihitung beban emisi dengan menggunakan rumus umum seperti berikut (Kementrian Lingkungan Hidup, 2010)

Beban emisi = Jumlah kendaraan (Kend/jam) x Faktor emisi x panjang jalan = (g/jam)

Untuk volume kendaraan diramalkan dalam waktu 24 jam, dan digunakan rumus seperti berikut :

$$Q_n = Q_0 (1 + i)^n$$

Dimana :

Q_n = Volume kendaraan n jam (kendaraan/jam)

Q_0 = Volume kendaraan saat ini (kendaraan/jam)

i = Faktor pertumbuhan lalu lintas saat ini (%/jam)

n = Jumlah jam rencana (jam)

Dintinjau dari hasil survey yang telah dilakukan maka perhitungan beban emisi memiliki beberapa hasil seperti pada table dibawah ini.

Table.4.2. Perhitungan beban emisi

	Jumlah Kendaraan (kend/jam)	Jumlah Kendaraan 24 jam (kend/jam)	Faktor Emisi (FE)(g/kg/kend)	Panjang Jalan (Km)	Beban Emisi 24 Jam (g/jam)
Senin (New Normal)					
Bensin	16598	119501	40	0.1	478004
Solar	397	417	11	0.1	459
Sabtu (New Normal)					
Bensin	16656	120709	40	0.1	482835
Solar	448	474	11	0.1	521
Senin (Normal)					
Bensin	32112	1245540	40	0.1	4982159
Solar	120	122	11	0.1	134
Sabtu (Normal)					
Bensin		0	40	0.1	0
Solar		0	11	0.1	0

4.2. MODEL FAKTOR EMISI

Emisi diperkirakan dengan menggunakan persamaan (Mathew, 2012)

$$ER_n = FE \times A$$

Dimana :

ER_n = emisi dalam satuan polutan per unit waktu

FE = Faktor emisi, dalam satuan per unit berat, volume, jarak atau durasi

A = Bensin (0,63 Kg/l); Solar (0,7 kg/l)

Melihat kendaraan yang ditinjau maka faktor emisi yang dihitung yaitu faktor emisi dari kendaraan pribadi berbahan bakar bensin dan kendaraan berat berbahan bakar solar

Sehingga didapat :

$ER_n = 40 \times 0,63 = 25,2$ untuk kendaraan berbahan bakar bensin sedangkan untuk kendaraan berbahan bakar solar dihitung sebagai berikut, $ER_n = 11 \times 0,7 = 7,7$.

Sehingga didapat nilai dari faktor emisi untuk kendaraan berbahan bakar bensin sebesar 25,2 dan untuk kendaraan berbahan bakar solar sebesar 7,7.

4.3. Kualifikasi Elemen Pemodelan

Berdasarkan dari data hasil survey yang telah dilakukan jumlah kendaraan yang menghasilkan CO, maka dihitung sebagai tingkat emisi CO untuk keseluruhan kendaraan. Tingkat emisi CO dihitung per satu kendaraan ditinjau dari volume lalu lintas. Konsentrasi total emisi CO dari kendaraan dinyatakan dalam persamaan (1) yang dikembangkan oleh Tuner (1995) sebagai berikut:

$$C_x = \frac{Q}{\pi \sigma_y \sigma_z U} e^{-1/2 \left(\frac{H}{\sigma_z} \right)^2} e^{-1/2 \left(\frac{y}{\sigma_y} \right)^2} \dots \dots \dots (1)$$

Lalu untuk mencari besar tingkat emisi CO total sebuah kendaraan, maka harus mempertimbangkan kapasitas jalan atau volume lalu lintas maksimum, yang dinyatakan dalam persamaan (2) dan (3)

$$Q = (RC).q_c \dots \dots \dots (2)$$

$$RC = \left[\frac{(W.L_p)/V_t}{C_m} \right] \dots \dots \dots (3)$$

Dimana:

Q = Jumlah emisi CO dari laju kendaraan (*Quantity*)

RC = Kapasitas jalan (*Road Capacity*)

q_c = Tingkat emisi rata-rata CO untuk satu kendaraan

W = Lebar jalan berdasarkan tipe jalan (m)

L_p = Panjang jalan yang dilalui kendaraan

C_m = Rata-rata luas penampang satu kendaraan (m^2)

V_t = kecepatan rata-rata kendaraan berdasarkan tipe jalan (m/s)

Kemudian nilai yang telah diketahui dimasukkan kedalam persamaan (2) dan (3) tersebut sehingga didapat jumlah emisi CO dari jumlah laju kendaraan dan juga nilai kapasitas jalan, yang dibedakan dari kendaran berbahan bakar bensin dan kendaraan berbahan bakar solar. Berdasarkan dari data penelitian yang telah dilakukan maka nilai RC dibedakan menjadi kendaraan berbahan bakar bensin dan kendaraan berbahan bakar solar yang menuju pintu masuk pelabuhan Bakauheni dan kendaraan berbahan bakar bensin dan kendaraan berbahan bakar solar yang menuju pintu keluar pelabuhan Bakauheni seperti ditunjukkan dalam table berikut.

Tabel.4.3. Perhitungan besar kapasitas jalan

	Kapasitas Jalan (RC)	
	Kendaraan Berbahan Bakar Bensin	Kendaraan Berbahan Bakar Solar
$RC = \left(\frac{(WL_r)}{C_m} / V_t \right) (3)$		
SENIN (NEW NORMAL)	0.8204	0.9645
SABTU (NEW NORMAL)	0.8304	0.8972
SENIN (NORMAL)	0.3942	0.6167
Rata-Rata	0.6817	0.8261

Setelah mendapat hasil dari persamaan (2) tersebut, maka hasil tersebut dapat dimasukkan kembali kedalam persamaan selanjutnya yaitu persamaan (3) yang dapat dilihat melalui tabel berikut.

Tabel.4.4. Perhitungan besar jumlah emisi CO dari laju kendaraan

$Q = (RC)q_c (2)$	Jumlah Emisi CO dari Laju Kendaraan
Kendaraan Berbahan Bakar Bensin	69.8702
Kendaraan Berbahan Bakar Solar	138.5837

Dilihat dari hasil yang telah didapat melalui perhitungan persamaan (2) dan (3) dapat disimpulkan bahwa kendaraan berbahan bakar bensin memiliki jumlah emisi CO lebih besar yaitu 69,8702 ppm sedangkan jumlah emisi CO kendaraan berbahan bakar solar hanya memiliki nilai sebesar 138,5837 ppm.

Jarak komputasi munculnya CO ditunjukkan dengan kendaraan transportasi (Δh), yang kemudian dikembangkan melalui persamaan (4) dan persamaan (5) sebagai berikut (Wayson, 2000)

$$\Delta h = 1,6 \left[\frac{F_o t^2}{U} \right]^{1/3} \dots \dots (4)$$

$$F_o = g v_s r_s^2 \left[1 - \left(\frac{T_a}{T_s} \right) \right] \dots (5)$$

Dimana;

Δh = Peningkatan jarak (m)

F_o = *Buoyancy factor* (m^4/s^3)

T = waktu (s)

U = Kecepatan angin horisontal udara ambient (m/s)

g = Konstanta gravitasi = 9,81 m/s^2

V_s = Kecepatan gas buang kendaraan (m/s)

r_s = Radius gas buang kendaraan (m)

T_a = Temperatur ambient ($^{\circ}C$) dan

T_s = Temperatur gas buang kendaraan (K)

Maka bila nilai yang telah diketahui dimasukkan ke dalam persamaan (5) menjadi:

$$F_o = g v_s r_s^2 \left[1 - \left(\frac{T_a}{T_s} \right) \right]$$

$$F_o = 9.81 \cdot 0,4 \cdot 0,5^2 \left[1 - \left(\frac{27,85}{121,85} \right) \right]$$

$$= 0,7568 \text{ m}^4/\text{s}^3$$

Setelah hasil dari *Buoyancy factor* (F_0) diketahui maka, data tersebut di masukkan ke dalam persamaan (4) untuk mendapatkan jarak komputasi munculnya CO yang ditunjukkan oleh kendaraan transportasi sebagai berikut:

$$\Delta h = 1,6 \left[\frac{F_0 t^2}{U} \right]^{1/3}$$

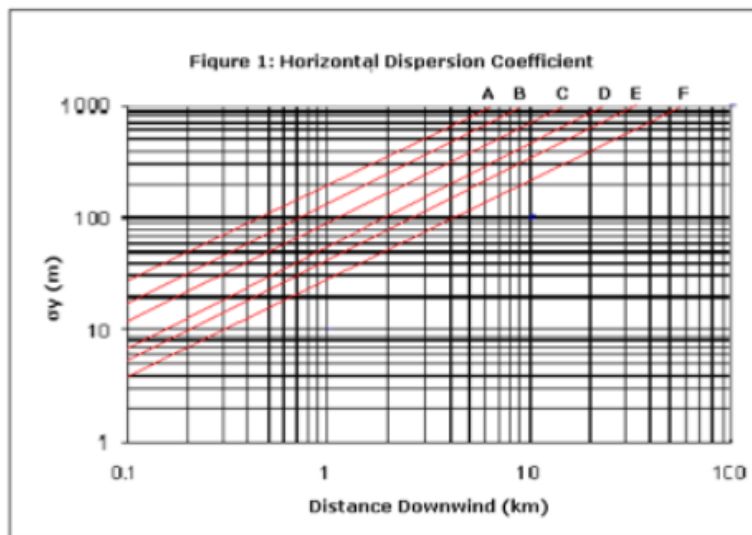
$$\Delta h = 1,6 \left[\frac{0,7568.900^2}{14} \right]^{1/3}$$

$$= 56,39 \text{ m.}$$

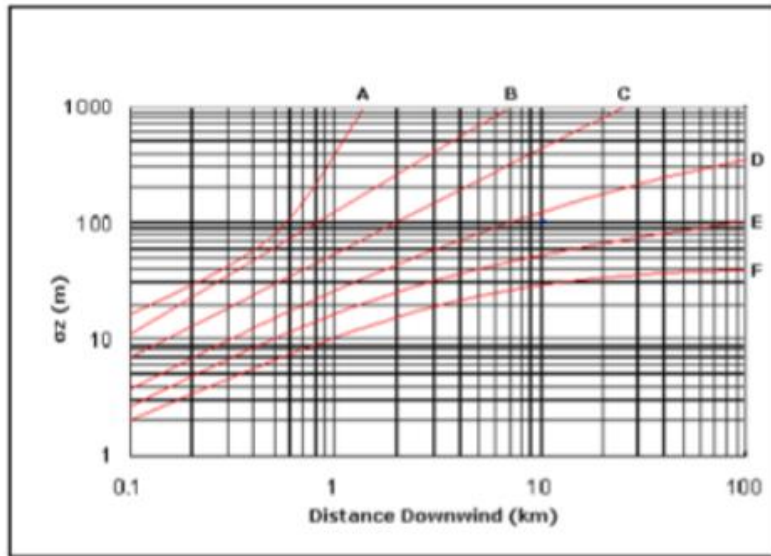
Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan maka dapat dilihat jika jarak komputasi munculnya CO oleh kendaraan sebesar 56,39 m.

4.4. DISPERSI HORIZONTAL DAN VERTIKAL (σ_y dan σ_z)

Untuk mengetahui dispersi horisontal dan dispersi vertikal maka dapat ditentukan dengan melihat grafik *Horizontal Dispersion Coefficient* berikut :



Grafik 1. *Horizontal Dispersion Coefficient* (σ_y)



Grafik 2. Vertikal Dispersion Coefficient (σ_z)

Sehingga didapat persamaan (6), (7) dan (8) sebagai berikut :

$$\sigma_y (\sigma_z)^3 = \left[\frac{19,3 \cdot Q \cdot \Delta h^2}{U} \right] \dots \dots (6)$$

$$F (D_{\min}) = \sigma_y (\sigma_z)^3 \dots \dots (7)$$

$$F (D_{\min}) = \left[\frac{19,3 \cdot Q \cdot \Delta h^2}{U} \right] \dots \dots (8)$$

Contoh, misal terjadi sesuatu pada kondisi A, grafik (1) digunakan untuk mengembangkan $F (D_{\min})$. pengembangan persamaan sebagai berikut untuk grafik 1. (Crowl dan Louvar, 2002)

$$\sigma_y = 0,24 D (1+0,0001 D)^{-1/2} \dots \dots (9)$$

$$\sigma_z = 0,32 D (1+ 0,0004 D)^{1/2} \dots \dots (10)$$

nilai-nilai numerik dari 0,0004 D_{\min} dan 0,0001 D_{\min} yang diberikan pada persamaan (9) dan (10) sangat kecil, mereka dapat dihilangkan dan persamaan;

$$\sigma_y = 0,24 (D_{\min}) \dots \dots (11)$$

$$\sigma_z = 0,32 (D_{\min}) \dots \dots (12)$$

berdasarkan persamaan (7), maka didapat

$$F(D_{\min}) = 0,32 (D_{\min}) \cdot [0,24 (D_{\min})]^3 \dots \dots (13)$$

$$F(D_{\min}) = 4,42 \times 10^{-3} (D_{\min})^4 \dots \dots (14)$$

$$\left[\frac{19,3 \cdot \Delta h^2 \cdot Q}{U} \right] = 4,42 \times 10^{-3} (D_{\min})^4 \dots \dots (15)$$

$$D_{\min} = 8,13 \cdot \Delta h^{1/2} \left(\frac{Q}{U} \right)^{1/4} \dots \dots \dots (16)$$

Sehingga didapat model umum yang ditulis sebagai berikut :

$$D_{\min} = k \frac{\Delta h^{1/2} \cdot Q^{1/4}}{U^{1/4}} \dots \dots \dots (17)$$

Berdasarkan penelitian yang dilakukan jenis kendaraan dibedakan menjadi kendaraan berbahan bakar bensin dan kendaraan berbahan bakar solar. Sehingga data hasil survey penelitian yang sudah didapat bisa gabungkan ke dalam persamaan (16) dan persamaan (17) pada tabel berikut:

Tabel.4.5. Perhitungan Dmin

Dmin	(meter)
Kendaraan Berbahan Bakar Bensin	91.25
Kendaraan Berbahan Bakar Solar	108.29

Setelah mendapatkan hasil dari persamaan (16) kemudian hasil tersebut di masukkan ke dalam persamaan (17) untuk mendapatkan hasil konstant, yang ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel.4.6. Perhitungan Nilai Konstan

k	(meter)
Kendaraan Berbahan Bakar Bensin	8.13
Kendaraan Berbahan Bakar Solar	8.13

Berdasarkan dari hasil perhitungan yang telah didapat, bisa dilihat bahwa nilai Dmin untuk kendaraan berbahan bakar bensin memiliki nilai lebih besar yaitu 91,25 m, sedangkan untuk kendaraan berbahan bakar solar hanya sebesar 108,29 m. untuk hasil dari perhitungan konstan kendaraan berbahan bakar bensin dan kendaraan berbahan bakar solar memiliki nilai yang sama yaitu sebesar 8,13.

4.5. VALIDASI MODEL

Dalam penelitian ini kalibrasi digunakan dengan data lapang. Model yang dikalibrasi mencakup perbandingan antara model hitung dan kondisi lapangan, seperti kecepatan angin (UI), tingkat emisi kendaraan total untuk CO (Q), dan jarak munculnya CO (Δh). Sehingga didapat persamaan (18) sebagai berikut:

$$K_j = \frac{\text{Field } D_{min}}{(U^{-1/4} \Delta h^{1/2} Q^{1/4})} \dots \dots \dots (18)$$

Dimana :

Δh = Kebangkitan jarak CO

Q = Jumlah tingkat emisi kendaraan untuk CO

U = Kecepatan angin

K_j = Nilai konstan disetiap sampel

Hasil pemodelan menunjukkan jarak pemukiman berdasarkan D_{min} , sehingga dalam perencanaan perumahan bagi pemukiman penduduk sebaiknya dilakukan pada jarak 68,65 meter untuk kendaraan berbahan bakar bensin dan sejauh 62,86 meter untuk kendaraan berbahan bakar solar.

4.6. GRAFIK HASIL DATA KADAR CO

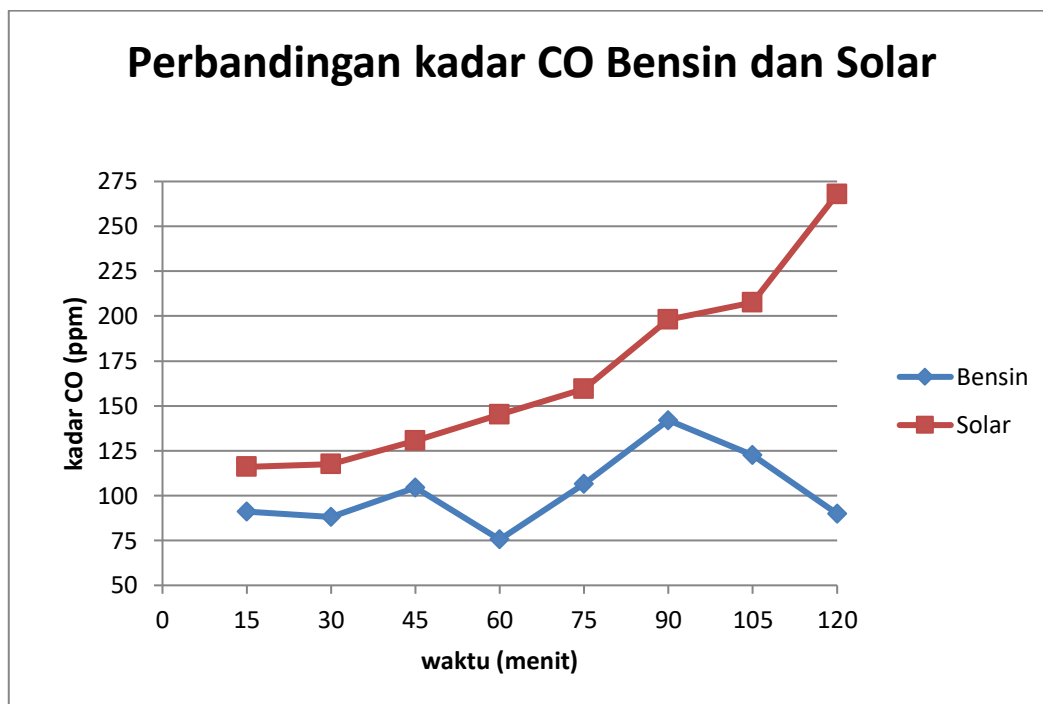
Dari hasil survei kadar emisi rata-rata CO untuk satu kendaran dengan mengambil sampel pagi dan siang hari masing-masing selama satu jam maka di dapat data sebagai berikut

Tabel 4.7. Survei Kadar CO Kendaraan

Periode Perhitungan (Interval 15 menit)	Total Kendaraan	
	Bensin	Solar
07.00 - 07.15	88	89
07.15 - 07.30	64	96
07.30 - 07.45	82	145
07.45 - 08.00	66	152
08.00 -08.15	91	150
08.15 - 08.30	99	112
08.30 - 08.45	99	156
08.45 - 09.00	87	226
16.00-16.15	94	143
16.15-16.30	112	139
16.30-16.45	127	116
16.45-17.00	85	138

Periode Perhitungan (Interval 15 menit)	Total Kendaraan	
	Bensin	Solar
17.00-17.15	122	169
17.15-17.30	185	284
17.30-17.45	146	259
17.45-18.00	93	310

Berdasarkan data survey kadar CO di atas, maka dihasilkan grafik perbandingan kadar CO antara bensin dan solar yang ditinjau setiap 15 menit selama satu jam.



Grafik 4.1. Perbandingan kadar CO bensin dan solar

Grafik perbandingan kadar CO antara bensin dan solar menunjukkan bahwa kadar karbonmonoksida pada kendaraan berbahan bakar solar lebih besar dari bensin. Besar kecilnya kadar karbon monoksida (CO) tergantung dari proses pembakaran apakah berlangsung dengan sempurna atau tidak, konsentrasi karbon monoksida terbentuk akibat kekurangan oksigen sehingga proses pembakaran berlangsung tidak sempurna karena banyak atom karbon (C) yang tidak mendapatkan cukup oksigen.

Berdasarkan Standar Kesehatan Emisi Gas Buang karbon monoksida yang bersumber dari kendaraan bermotor dan proses industri bernilai 9 ppm, maka untuk rata-rata kadar CO yang hampir mencapai 120 ppm dinilai berbahaya dimana tingkat kualitas udara yang secara umum dapat merugikan kesehatan yang serius pada populasi.

REFERENSI

- De Visscher, A. 2014. *Air Dispersion Modeling Foundations and Applications*. John Wiley & Sons, Inc, New Jersey.
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup. 2006. *Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Lama*, No 05, Menteri Negara Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup. 2010. *Faktor Emisi Indonesia Berdasarkan Jenis Kendaraan*, No. 12, Menteri Negara Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Kementerian Negara Lingkungan Hidup. 2012. *Baku Mutu Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Tipe Baru Kategori L3*, No.10, Menteri Negara Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Mathew, Dr. Tom V. 2012. IIT Bombay, India.
- Morlok. 1991. *Pengantar Teknik dan Perencanaan Transportasi*, Erlangga, Jakarta.
- Ofrial. 2016. *Analisis Pengaruh Jumlah Kendaraan Pada Simpang Bersinyal Terhadap Emisi Polutan Karbon Monoksida (CO) Sektor Transportasi (Studi Kasus simpang Jl. Dr. Ir. Soekarno – MERR dan Jl. Semolowaru, Surabaya)*, Surabaya.
- Ofrial. 2019. *Model Matematis Kualitas Udara Ambien di Pelabuhan (Studi Kasus Pelabuhan Bakauheni Provinsi Lampung)*, Lampung
- Pemerintah Republik Indonesia. 1999. *Pengendalian Pencemaran Udara*, No. 49, Pemerintah Republik Indonesia, Jakarta.
- Pradiphet, Padet. 2009. *Air Pollution Prevention Applications for the Transport Sector by Integrating Urban Area Transport and Vehicle Emission Models with the Case Study of Bangkok, Thailand*, Chulalongkorn University, Thailand.
- Soedomo, 2001, M. *Pencemaran Udara*. Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- Tarigan, Abner, 2009, *Estimasi Emisi Kendaraan Bermotor di Beberapa Ruas Jalan Kota Medan*. Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Wardhana, Wisnu Arya, 2004, *Dampak Pencemaran Lingkungan*, Edisi Revisi Andi, Yogyakarta.