

TUGAS AKHIR

**ANALISIS KONSENTRASI CO DAN NO₂ DALAM MENENTUKAN
KUALITAS UDARA KAWASAN PERUMAHAN BUMI TAMALANREA
PERMAI, KOTA MAKASSAR**



GHINA FAUZIAH MAKBUL

D121 16 506

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

2020



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

JL. POROS MALINO KM 8 BONTOMARANNUKAB. GOWA

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas akhir ini diajukan untuk memenuhi salah satu syarat syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik pada Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin Gowa.

Judul : Analisis Konsentrasi CO dan No2 dalam menentukan Kualitas Udara di Kawasan Perumahan Bumi Tamalanrea Permai Kota Makassar

Disusun Oleh :

Nama : Ghina Fauziah Makbul D121 16 506

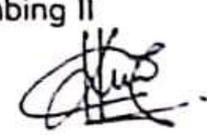
Telah diperiksa dan disetujui
Oleh Dosen Pembimbing

Gowa, 27 Nopember 2020

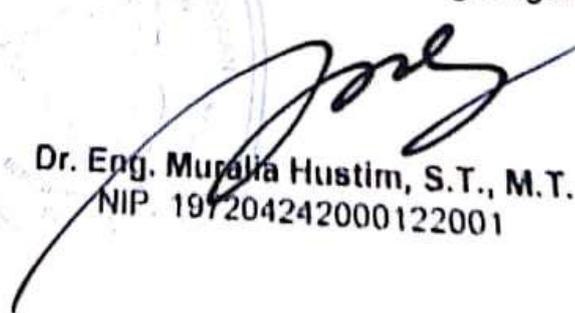
Pembimbing I


Dr. Eng. Muh. Isran Ramli, ST. MT.
NIP. 19730926 2000121002

Pembimbing II


Rasdiana Zakaria, S.T., M.T.
NIP. 198510222019032011

Menyetujui,
Ketua Departemen Teknik Lingkungan


Dr. Eng. Muralia Hustim, S.T., M.T.
NIP. 197204242000122001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini, nama Ghina Fauziah Makbul, dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “ **Analisis Konsentrasi CO dan NO2 dalam menentukan kualitas udara di Kawasan Perumahan BTP Kota Makassar**” adalah karya ilmiah penulis sendiri, dan belum pernah digunakan untuk mendapatkan gelar apapun dimanapun.

Karya ilmiah ini sepenuhnya milik penulis dan semua informasi yang ditulis dalam skripsi yang berasal dari penulis lain telah diberi penghargaan, yakni dengan mengutip sumber dan tahun penerbitannya. Oleh karena itu, semua tulisan dalam skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab penulis. Apabila ada pihak manapun yang merasa ada kesamaan judul atau hasil temuan dalam skripsi ini, maka penulis siap untuk diklarifikasi dan mempertanggungjawabkan segala resiko.

Gowa, 30 November 2020

Yang membuat pernyataan,



GHINA FAUZIAH MAKBUL

D121 16506

mengucapkan puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“Analisis Konsentrasi CO dan NO₂ dalam menentukan Kualitas Udara Kawasan Perumahan Bumi Tamalanrea Permai, Kota Makassar”**. Shalawat dan salam semoga tercurahkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW pimpinan dan sebaik-baik teladan bagi umat yang membawa manusia dari zaman kegelapan menuju zaman yang terang benderang. Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu persyaratan kelulusan pada jenjang S1 Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis banyak mengalami hambatan, namun berkat bantuan, bimbingan, nasehat, dan doa dari berbagai pihak yang membuat penulis semangat dan mampu dalam menyelesaikan tugas akhir ini dengan sebaik-baiknya..

Terselesaikannya tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Orang tua penulis yakni Ayahanda Makbul Arsyad, S.E dan Ibunda Jamilah Buraerah, S.E tiada hentinya memberikan dukungan, nasehat dan doa yang senantiasa mengiringi setiap langkah penulis dan yang telah mencurahkan segenap kasih sayang yang tak terbatas serta segala bentuk motivasi yang telah diberikan kepada penulis selama menempuh pendidikan hingga saat ini.
2. Muhammad Rafly Nurfaizy, S.H sebagai lelaki yang selalu mendampingi penulis dalam suka dan duka semester akhir hingga tersusunnya Tugas Akhir ini dan telah menyemangati, membantu dan mendoakan hingga meluangkan waktu meski dalam segala kesibukannya.
3. Khaerani Makbul, Soraya Khumairah Makbul, Maulana Raafi Makbul selaku adik-adik penulis tersayang yang tidak kalah berjasanya dalam penyusunan Tugas Akhir ini. Terima kasih telah meminjamkan Laptop dan Handphone disaat deadline dan software penulis eror.
4. Bapak Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, MT., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

5. Bapak Prof. Baharuddin Hamzah, ST., M. Arch., Ph. D., selaku Wakil Dekan dan Pembantu Dekan I Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
6. Ibu Dr. Eng. Muralia Hustim, ST., MT., selaku Ketua Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
7. Bapak Dr. Eng. Muh. Isran Ramli, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing I dan Ibu Rasdiana Zakaria, ST., MT., selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan arahan dan bimbingan, meluangkan waktu di tengah kesibukannya selama penulis melaksanakan penelitian dan penyusunan tugas akhir ini, dan juga selalu memberikan semangat selama penulis melaksanakan penelitian dan penyusunan tugas akhir.
8. Bapak/Ibu Dosen Fakultas Teknik Departemen Teknik Lingkungan atas bimbingan, arahan, didikan, dan motivasi yang telah diberikan selama kurang lebih empat tahun.
9. Ibu Sumiati dan Kak Olan selaku staf karyawan Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang sudah membantu setiap administrasi selama penulis melaksanakan perkuliahan.
10. Kak Nurfa Kak Denisa, Kak Dinda telah mengajarkan dan mengarahkan penulis selama pengerjaan penelitian dan penyusunan tugas akhir.
11. Teman-teman Lab. Riset Udara dan Bising 2016 yang selalu membantu dan menemani dalam pengambilan data.
12. Teman-teman Teknik Lingkungan 2016 dan Patron 2017 atas segala bantuan, cerita, dan kenangan selama masa perkuliahan.
13. Nia Oktaviana, Fernando Magnis Gara, Arikah Nurhusna Afifah selaku partner diskusi penulis dalam penyusunan Tugas Akhir ini.
14. Ulfaa Azhaar Maharany, Muh. Alif Ramadhani selaku sobat rasa saudara yang sampai saat ini masih setia menjadi teman dekat penulis.
15. Muh. Rezky dan Luthfi selaku rekan yang membantu menyelesaikan masalah penulis dalam penulisan Tugas Akhir
16. Kepada rekan-rekan dan berbagai pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-satu, penulis ucapkan banya terima kasih atas setiap bantuan serta doa yang diberikan.

Semoga Allah SWT. membalaskan kebaikan kalian semua. Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Namun, penulis berharap tugas akhir ini memberikan manfaat bagi pembaca. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan guna melengkapi segala kekurangan dan keterbatasan dalam penyusunan tugas akhir ini. Akhir kata semoga tugas akhir ini memberikan manfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan dan lingkungan.

Makassar, November 2020
Penulis,

Ghina Fauziah Makbul
D121 16 506

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	iv
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	v
DAFTAR ISI	vi
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan.....	4
D. Manfaat Penelitian	4
E. Ruang Lingkup.....	5
F. Sistematika Penulisan.....	6
BAB II.....	7
TINJAUAN PUSTAKA.....	7
A. Udara Ambien.....	7
B. Pencemaran Udara	7
C. Emisi Kendaraan Bermotor	10
D. Karbon Monoksida (CO).....	12
E. Nitrogen Oksida (NOx)	15
F. Kawasan Permukiman	18
G. Model Dispersi Caline4	20
H. ArcGis	22
BAB III.....	24
METODOLOGI PENELITIAN	24
A. Rancangan Penelitian	24
1. Waktu Penelitian.....	26
2. Lokasi Penelitian	26
B. Perangkat Lunak	32
1. Aplikasi Google Earth.....	32
2. WRPLOT View	32
3. Caline4	34

4. ArcGis	38
C. Analisis Data.....	40
BAB IV	41
HASIL DAN PEMBAHASAN	41
A. Karakteristik Jalan.....	41
B. Volume Kendaraan.....	41
1. Link 1 (P1-P2)	41
2. Link 2 (P3-P4)	44
3. Link 3 (P5-P6)	47
4. Link 4 (P1-P6)	50
C. Faktor Meteorologi.....	53
D. Nilai Konsentrasi Polutan CO.....	55
1. Nilai Konsentrasi Polutan CO Link 1 (P1-P2)	55
2. Nilai Konsentrasi Polutan CO Link 2 (P3-P4)	59
3. Nilai Konsentrasi Polutan CO Link 3 (P5-P6)	63
4. Nilai Konsentrasi Polutan CO Link 4 (P1-P6)	67
E. Nilai Konsentrasi Polutan NO ₂	70
1. Nilai Konsentrasi Polutan NO ₂ Link 1 (P1-P2).....	70
2. Nilai Konsentrasi Polutan NO ₂ Link 2 (P3-P4).....	73
3. Nilai Konsentrasi Polutan NO ₂ Link 3 (P5-P6).....	76
4. Nilai Konsentrasi Polutan NO ₂ Link 4 (P1-P6).....	79
F. Analisis Perbandingan Hasil Prediksi CO dan NO ₂ Jam Puncak pada <i>Weekdays</i> dan <i>Weekend</i>	82
1. Carbon Monoksida (CO).....	82
2. Nitrogen Dioksida (NO ₂)	83
G. Pemetaan Sebaran Polutan.....	Error! Bookmark not defined.
BAB V.....	110
PENUTUP	110
A. Kesimpulan	110
B. Saran.....	111
DAFTAR PUSTAKA	112
LAMPIRAN A Koordinat Reseptor	116

LAMPIRAN B Nilai Besaran Emisi.....	119
LAMPIRAN C <i>Tutorial Penggunaan Software Caline4</i>	122
LAMPIRAN D <i>Tutorial Penggunaan ArcGis</i>	131

ANALISIS KONSENTRASI CO DAN NO₂ DALAM MENENTUKAN KUALITAS UDARA DI KAWASAN PERUMAHAN BUMI TAMALANRE PERMAI

Ghina Fauziah Makbul¹⁾, Muh. Isran Ramli²⁾, dan Rasdiana Zakaria³⁾
Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin
Jl. Poros Malino KM 6, Bontomarannu (92172) Gowa, Sulawesi Selatan
Telp. (0411) 586015 Fax (0411) 586015
Email : ghinafauziah23@gmail.com

ABSTRAK

Transportasi menjadi pemicu timbulnya potensi polusi udara di wilayah kota-kota besar. Kematian tertinggi berada di daerah Asia Tenggara dan Pasifik Barat dengan empat juta kematian karena pencemaran udara di dalam ruangan dan tiga juta kematian karena pencemaran udara di luar ruangan (WHO, 2018). Kendaraan bermotor daerah perkotaan menyumbang 70% emisi NO_x, 52% emisi VOC dan 23% partikulat (Adinda,2019).Centers for Disease Control and Prevention (CDC) dalam Intan (2018) menyatakan bahwa terjadi 20.363 kasus keracunan gas CO. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat konsentrasi CO dan NO₂ menggunakan *software* Caline4, membandingkan variasi konsentrasi background CO, serta membandingkan hasil konsentrasi dari Caline-4 dengan Baku mutu. Penelitian ini dilakukan di Kawasan Perumahan Bumi Tamalanrea Permai dengan metodologi penelitian menggunakan data sekunder berupa volume kendaraan dan meteorology. Data volume kendaraan (2019) diproyeksikan dengan model geometri. Hasil estimasi konsentrasi CO dengan menggunakan konsentrasi background 0,4 ppm lebih tinggi 5,3% dibandingkan 0,3 ppm. Penggunaan konsentrasi background 0,4 ppm menunjukkan konsentrasi tertinggi CO untuk weekdays di P1-P2 terjadi pada pukul 16:00-17:00 dengan nilai rata-rata yang diterima setiap reseptor 6088 µg/Nm³; P3-P4 pada pukul 09:00-10:00 senilai 4822 µg/Nm³; P5-P6 pada pukul 16:00-17:00 senilai 521 µg/Nm³; dan untuk weekend di P1-P6 pada pukul 09:00-10:00 senilai 3069 µg/Nm³. Sedangkan untuk NO₂ konsentrasi tertinggi untuk weekdays di P1-P2 terjadi pada pukul 16:00-17:00 dengan nilai rata-rata yang diterima setiap reseptor 23,59 µg/Nm³; P3-P4 pada pukul 09:00-10:00 senilai 28,98 µg/Nm³; P5-P6 pada pukul 09:00-10:00 senilai 115,94 µg/Nm³; dan untuk weekend di P1-P6 pada pukul 16:00-17:00 senilai 20,2 µg/Nm³. Tinggi rendahnya nilai konsentrasi CO dan NO₂ dipengaruhi oleh faktor volume kendaraan dan meteorology.

Kata Kunci : Konsentrasi Karbon Monoksida (CO), Konsentrasi Nitrogen Dioksida (NO₂), Meteorologi, Volume Kendaraan, Konsentrasi *Background* CO, *Software* Caline

CONCENTRATION ANALYSIS OF CO AND NO₂ IN DETERMINING AIR QUALITY IN THE HOUSING AREA OF BUMI TAMALANREA PERMAI

Ghina Fauziah Makbul¹⁾, Muh. Isran Ramli²⁾, dan Rasdiana Zakaria³⁾

Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin
Jl. Poros Malino KM 6, Bontomarannu (92172) Gowa, Sulawesi Selatan

Telp. (0411) 586015 Fax (0411) 586015

Email : ghinafauziah23@gmail.com

ABSTRAK

Transportation as a catalyst in economic growth triggers the potential for air pollution in big cities. The highest deaths were in the Southeast Asia and West Pacific regions with four million deaths due to indoor air pollution and three million deaths due to outdoor air pollution (WHO, 2018). Urban motor vehicles contribute 70% of NO_x emissions, 52% of VOC emissions and 23% of particulates (Department of Environment & Conservation in Adinda, 2019). The Centers for Disease Control and Prevention (CDC) in Intan (2018) stated that there were 20,363 cases of CO gas poisoning. This study aims to determine the level of CO and NO₂ concentrations using Caline4 software, comparing variations in background CO concentrations, and comparing the concentration results of Caline-4 with quality standards. This research was conducted in Bumi Tamalanrea Permai Residential Area with the research methodology using secondary data in the form of vehicle volume and meteorology. Vehicle volume data were obtained from previous research (Aji, 2019) and then projected with a geometric model. The estimation result of CO concentration using background concentration of 0.4 ppm was 5.3% higher than 0.3 ppm. The use of background concentration of 0.4 ppm shows the highest concentration of CO for weekdays in P1-P2 occurs at 16: 00-17: 00 with the average value received for each receptor is 6088 µg / Nm³; P3-P4 at 09: 00-10: 00 worth 4822 µg / Nm³; P5-P6 at 16: 00-17: 00 worth 521 µg / Nm³; and for the weekend at P1-P6 at 09: 00-10: 00 worth 3069 µg / Nm³. Whereas for NO₂ the highest concentration for weekdays in P1-P2 occurred at 16: 00-17: 00 with the average value received for each receptor 23.59 µg / Nm³; P3-P4 at 09: 00-10: 00 worth 28.98 µg / Nm³; P5-P6 at 09: 00-10: 00 worth 115.94 µg / Nm³; and for the weekend at P1-P6 at 16: 00-17: 00 worth 20.2 µg / Nm³. The high and low concentration of CO and NO₂ are influenced by factors of vehicle volume and meteorology.

Keywords: Carbon Monoxide (CO) Concentration, Nitrogen Dioxide (NO₂) Concentration, Meteorology, Vehicle Volume, Background CO Concentration, Caline Software

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan transportasi sangat penting dalam menunjang pergerakan pembangunan. Transportasi juga berperan sebagai katalisator dalam pertumbuhan ekonomi karena dengan keberadaannya aksesibilitas menjadi semakin cepat dan mudah. Namun jika ditinjau dampaknya terhadap lingkungan, peningkatan aktivitas transportasi menjadi pemicu timbulnya potensi polusi udara yang berdampak pada kesehatan masyarakat, terutama di wilayah kota-kota besar. Polusi udara baik di dalam ruangan maupun di luar ruangan dapat menimbulkan penyakit pada manusia bahkan dapat berdampak pada kematian. Menurut PP No. 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara, Polusi udara adalah perubahan kualitas udara yang dapat berupa masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dari komponen lain kedalam udara ambien oleh kegiatan manusia sehingga mutu udara turun sampai pada tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya.

Pada tahun 2016 WHO melaporkan bahwa sekitar 7 juta kematian global disebabkan oleh pencemaran udara. Kematian tertinggi berada di negara-negara berpenghasilan rendah sampai menengah yaitu pada daerah Asia Tenggara dan Pasifik Barat dengan 4.2 juta kematian karena pencemaran udara di dalam ruangan dan 3.8 juta kematian karena pencemaran udara di luar ruangan (WHO, 2018). Berdasarkan data Samsat Makassar, jumlah kendaraan bermotor pada 2016 tercatat 1.425.151 unit atau bertambah 87.009 unit dibandingkan 2015. Adapun, pada 2014 jumlah kendaraan bermotor di Kota Makassar baru berkisar 1.252.755 unit. Artinya, dalam dua tahun terakhir tercatat pertambahan 172.395 unit, hal ini akan mengakibatkan terjadinya kontaminasi pada udara ambien oleh substansi polutan disekitar pusat pencemar.

Substansi polutan yang terdapat di udara ambien dapat masuk ke dalam tubuh. Jangkauan polutan masuk kedalam tubuh tergantung dari jenis dan ukuran polutan. Salah satu polutan yang menjadi perhatian penting adalah NO_x dan CO. Pembentukan NO_x yang berasal dari aktivitas transportasi, industri, dan sumber

alami berkontribusi dalam total Nitrogen. Kendaraan bermotor yang sebagai sumber utama polusi daerah perkotaan menyumbang 70% emisi NO_x, 52% emisi VOC dan 23% partikulat (*Departement of Environment & Conservation* dalam Adinda,2019).NO_x yang bersifat mudah bereaksi dengan O₂ akan membentuk NO₂ yang merupakan gas asam pembentuk hujan asam di permukaan bumi.Hujan asam dapat mengganggu ekosistem karena sifat asam pada kandungan air hujan akan mengakibatkan rusaknya lahan pertanian, kehidupan hewan dan juga berpengaruh pada kesehatan manusia.Secara tidak langsung, NO₂ yang bereaksi menjadi Asam Nitrat (HNO₃) dapat bereaksi dengan senyawa kimia lain membentuk partikulat mikron yang dapat mengendap di paru-paru.

Selain NO₂, Karbon Monoksida (CO) juga merupakan polutan berbahaya sehingga disebut sebagai “*Silent Killer*” karena sifatnya yang tidak berwarna, tidak berbau, dan dalam konsentrasi tinggi dapat menyebabkan kematian.Centers for Disease Control and Prevention (CDC) dalam Intan (2018) menyatakan bahwa terjadi 20.363 kasus keracunan gas CO baik untuk kasus non-fatal, tidak disengaja maupun kasus yang tidak berhubungan dengan kebakaran. 73,0% dari kasus tersebut terjadi di tempat tinggal, 13,0% pada tempat kerja dan sisanya berada pada tempat lain selama periode 2004-2006 .Kadar yang dianggap langsung berbahaya terhadap kehidupan dan kesehatan adalah 1500 ppm atau 0,15% (BPOM, 2005).

Pajanan dengan konsentrasi yang lebih besar dalam jangka waktu panjang bahkan dapat memicu terbentuknya penyakit yang mematikan seperti kanker.Sehingga pada daerah dengan kepadatan lalu lintas/polusi udara tinggi, seperti kawasan komersial dan permukiman yang berada di tengah kota, beresiko tinggi menerima dampak dari polusi udara akibat emisi dari aktifitas transportasi. Salahsatu kawasan yang menjadi sorotan penulis ialah Kawasan Perumahan Bumi Tamalanrea Permai. Berdasarkan SNI 03-1733-2004 tentang tata cara perencanaan lingkungan perumahan di perkotaan,kawasan perumahanidealnya bebas dari pencemaran air, udara, dan gangguan suara atau gangguan lainnya, baik yang ditimbulkan sumber daya buatan manusia Namun kondisi jalan utama Perumahan Bumi Tamalanrea Permai dan berdampingan langsung dengan Kawasan

Permukiman dan komersial dapat berpotensi memberi paparan polutan kepada masyarakat dari aktivitas transportasi disekitarnya..

Dalam memprediksi penyebaran konsentrasi NO_2 dan CO di udara ambien salah satunya dapat menggunakan program komputer seperti CALINE-4 merupakan model kualitas udara sumber garis yang dikembangkan oleh *California Department of Transportation (Caltrans)*. Dari model CALINE-4 ini dapat mengestimasi sebaran polutan dan besaran dampaknya pada lingkungan disekitar lokasi pengamatan. Maka dari itu, peneliti melakukan penelitian sebagai Tugas Akhir dengan judul ***Analisis Konsentrasi CO dan NO_2 dalam menentukan Kualitas Udara Kawasan Perumahan Bumi Tamalanrea Permai, Kota Makassar.***

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka masalah yang dapat dirumuskan ialah

1. Berapa prediksi tingkat konsentrasi udara ambien CO dan NO_2 berdasarkan *software* Caline4 di Kawasan Perumahan Bumi Tamalanrea Permai (BTP) Kota Makassar?
2. Bagaimana perbandingan nilai konsentrasi CO dan NO_2 di Kawasan Perumahan Bumi Tamalanrea Permai (BTP) Kota Makassar pada *software* Caline4 dengan Baku Mutu ?
3. Bagaimanakah model sebaran polutan dari nilai konsentrasi CO dan NO_2 di Kawasan Perumahan Bumi Tamalanrea Permai (BTP) Kota Makassar pada *software* Caline4 ?

C. Tujuan

1. Mengetahui prediksi konsentrasi udara ambien CO dan NO₂ berdasarkan *software* Caline4 di Kawasan Perumahan Bumi Tamalanrea Permai (BTP) Kota Makassar
2. Mengetahui perbandingan nilai konsentrasi CO dan NO₂ di Kawasan Perumahan Bumi Tamalanrea Permai (BTP) Kota Makassar pada *software* Caline4 dengan Baku Mutu
3. Mengetahui model sebaran polutan dari nilai konsentrasi CO dan NO₂ di Kawasan Perumahan Bumi Tamalanrea Permai (BTP) Kota Makassar pada *software* Caline4

D. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu :

1. Bagi Penulis

Sebagai syarat untuk menyelesaikan studi dan mendapat gelar ST (Sarjana Teknik) di Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

2. Bagi Universitas

Dapat dijadikan sebagai referensi bagi generasi-generasi selanjutnya yang berada di Departemen Teknik Lingkungan khususnya yang mengambil konsentrasi di bidang Kualitas Udara atau sejenisnya dalam pengerjaan tugas, pembuatan laporan praktikum, atau dalam tahap penyusunan tugas akhir.

3. Bagi Masyarakat

Memberikan pengetahuan bagi pengguna jalan raya mengenai pencemaran polutan CO dan NO₂ yang telah dihasilkan kendaraan bermotor pada Kawasan Perumahan BTP.

E. Ruang Lingkup

Adapun batasan-batasan dari penelitian ini yaitu :

1. Parameter pencemar yang digunakan dalam pemodelan dan pengukuran adalah Karbon Monoksida (CO) dan Nitrogen Dioksida (NO₂).
2. Lokasi penelitian yaitu di Kawasan Perumahan Bumi Tamalanrea Permai (BTP) Kota Makassar.
3. Penelitian ini dilakukan pada hari kerja yaitu Senin, Rabu, Kamis dan Minggu untuk hari libur
4. Volume kendaraan diestimasikan berubah di setiap belokan jalan utama lokasi pengukuran.

F. Sistematika Penulisan

Penulisan laporan penelitian tugas akhir ini terdiri dari beberapa bab dimana masing-masing bab membahas masalah tersendiri, selanjutnya sistematika laporan ini sebagai berikut :

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan mengenai latar belakang, identifikasi permasalahan objek tugas akhir, maksud dan tujuan, batasan masalah, dan bagaimana sistematika penulisannya.

BAB 2 LANDASAN TEORI

Bab ini menjelaskan suatu landasan teori dari suatu penelitian tertentu atau karya ilmiah sering disebut juga sebagai studi literatur atau tinjauan pustaka.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Menjelaskan mengenai langkah-langkah atau prosedur pengambilan dan pengolahan dan hasil penelitian.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

Menyajikan data-data hasil penelitian yang telah dikumpulkan, analisis data, hasil analisis data dan pembahasannya.

BAB 5 PENUTUP

Dalam bab ini berisi kesimpulan dari hasil analisis data yang telah dilakukan serta saran.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Udara Ambien

Udara adalah atmosfer yang ada di sekeliling bumi yang fungsinya sangat penting untuk kehidupan di muka bumi ini, dalam udara terdapat oksigen (O_2) untuk bernafas, karbon dioksida (CO_2) untuk proses fotosintesis oleh khlorofil daun, dan ozon (O_3) untuk menahan sinar ultraviolet dari matahari (Sunu dalam Kamal, 2015).

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia (PPRI) No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, udara ambien adalah udara bebas dipermukaan bumi pada lapisan troposfir yang berada di dalam wilayah yurisdiksi Republik Indonesia yang dibutuhkan dan mempengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup dan unsur lingkungan hidup lainnya.

B. Pencemaran Udara

Pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan atau komponen lain ke dalam udara oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan atau mempengaruhi kesehatan manusia (Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 1407/MENKES/SK/XI/2002). Berdasarkan Peraturan Pemerintah (PP) Republik Indonesia No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga mutu udara ambien turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya.

Ada beberapa jenis pencemaran udara, yaitu (Sunu, 2001) :

- a. Berdasarkan Bentuk
 - 1) Gas, adalah uap yang dihasilkan dari zat padat atau zat cair karena dipanaskan atau menguap sendiri. Contohnya: CO_2 , CO, SO_x , NO_x .
 - 2) Partikel, adalah suatu bentuk pencemaran udara yang berasal dari zarah-zarah kecil yang terdispersi ke udara, baik berupa padatan, cairan, maupun

padatan dan cairan secara bersama-sama. Contohnya: debu, asap, kabut, dan lain - lain.

b. Berdasarkan Tempat

1) Pencemaran udara dalam ruang (*indoor air pollution*) yang disebut juga udara tidak bebas seperti di rumah, pabrik, bioskop, sekolah, rumah sakit, dan bangunan lainnya. Biasanya zat pencemarnya adalah asap rokok, asap yang terjadi di dapur tradisional ketika memasak, dan lain - lain.

2) Pencemaran udara luar ruang (*outdoor air pollution*) yang disebut juga udara bebas seperti asap dari industri maupun kendaraan bermotor.

c. Berdasarkan Gangguan atau Efeknya Terhadap Kesehatan

1) Irritasi, adalah zat pencemar yang dapat menimbulkan iritasi jaringan tubuh, seperti SO_2 , O_3 , dan NO_2 .

2) Aspeksia, adalah keadaan dimana darah kekurangan oksigen dan tidak mampu melepas Karbon Dioksida. Gas penyebab tersebut seperti CO , H_2S , NH_3 , dan CH_4 .

3) Anestesia, adalah zat yang mempunyai efek membius dan biasanya merupakan pencemaran udara dalam ruang. Contohnya; Formaldehide dan Alkohol.

4) Toksik, adalah zat pencemar yang menyebabkan keracunan. Zat penyebabnya seperti Timbal, Cadmium, Fluor, dan Insektisida.

d. Berdasarkan Susunan Kimia

1) Anorganik, adalah zat pencemar yang tidak mengandung karbon seperti asbestos, ammonia, asam sulfat, dan lain - lain.

2) Organik, adalah zat pencemar yang mengandung karbon seperti pestisida, herbisida, beberapa jenis alkohol, dan lain - lain.

e. Berdasarkan asalnya

1) Primer, adalah suatu bahan kimia yang ditambahkan langsung ke udara yang menyebabkan konsentrasinya meningkat dan membahayakan. Contohnya : CO_2 , yang meningkat diatas konsentrasi normal.

2) Sekunder, adalah senyawa kimia berbahaya yang timbul dari hasil reaksi antara zat polutan primer dengan komponen alamiah. Contohnya : Peroxy Acetil Nitrat (PAN)

Berdasarkan Peraturan Pemerintah (PP) Republik Indonesia No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara , Sumber pencemar adalah setiap usaha dan/atau kegiatan yang mengeluarkan bahan pencemar ke udara yang menyebabkan udara tidak dapat berfungsi sebagaimana mestinya. Pencemaran udara terjadi apabila mengandung satu macam atau lebih bahan pencemar yang diperoleh dari hasil proses kimiawi seperti gas CO,CO₂,SO₂,NO_x dll dengan konsentrasi tinggi bagi manusia, hewan, tumbuhan (Arif,2010).

Menurut Ratnani (2008), sumber pencemaran dapat merupakan kegiatan yang bersifat alami dan kegiatan antropogenik. Contoh sumber alami adalah akibat letusan gunung berapi, kebakaran hutan, dekomposisi biotik, debu, spora tumbuhan dan lain sebagainya. Pencemaran akibat kegiatan manusia secara kuantitatif sering lebih besar, misalnya sumber pencemar akibat aktivitas transportasi, industri, persampahan baik akibat proses dekomposisi ataupun pembakaran dan rumah tangga .

Secara alamiah gas CO juga dapat terbentuk, walaupun jumlahnya relatif sedikit, seperti gas hasil kegiatan gunung berapi, proses biologi dan lainlainnya.

Karbon Monoksida (CO) yang terdapat di alam terbentuk melalui salah satu reaksi berikut :

- a. Pembakaran tidak lengkap terhadap karbon atau komponen yang mengandung karbon.
- b. Reaksi antara CO₂ dengan komponen yang mengandung karbon pada suhu tinggi.
- c. Penguraian CO₂ menjadi CO dan O.

Asap kendaraan merupakan sumber utama bagi karbon monoksida di berbagai perkotaan. Data mengungkapkan bahwa 60% pencemaran udara di Jakarta disebabkan karena benda bergerak atau transportasi umum yang berbahan bakar

solar terutama berasal dari Angkutan Umum. Formasi CO merupakan fungsi dari rasio kebutuhan udara dan bahan bakar dalam proses pembakaran di dalam ruang bakar mesin diesel. Percampuran yang baik antara udara dan bahan bakar terutama yang terjadi pada mesin-mesin yang menggunakan Turbocharge merupakan salah satu strategi untuk meminimalkan emisi CO (Wahyu, 2012).

C. Emisi Kendaraan Bermotor

Emisi gas buang kendaraan adalah sisa hasil pembakaran bahan bakar didalam mesin kendaraan yang dikeluarkan melalui sistem pembuangan mesin, sedangkan proses pembakaran adalah reaksi kimia antara oksigen di dalam udara dengan senyawa hidrokarbon di dalam bahan bakar untuk menghasilkan tenaga dalam reaksi yang sempurna, maka sisa hasil pembakaran adalah berupa gas buang yang mengandung karbon dioksida (CO₂), uap air (H₂O), Oksigen (O₂) dan Nitrogen (N₂). Dalam prakteknya, pembakaran yang terjadi di dalam mesin kendaraan tidak selalu berjalan sempurna sehingga di dalam gas buang mengandung senyawa berbahaya seperti karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), Nitrogen oksida (NO_x) dan partikulat. Di samping itu untuk bahan bakar yang mengandung timbal dan sulfur, hasil pembakaran di dalam mesin kendaraan juga akan menghasilkan gas buang yang mengandung sulphur dioksida (SO₂) dan logam berat (Pb) (Abdullah, 2018).

Berdasarkan UU RI No. 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, Kendaraan bermotor adalah setiap kendaraan yang digerakkan oleh peralatan mekanik berupa mesin selain kendaraan yang berjalan di atas rel. Jenis kendaraan bermotor yang tercantum dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 55 Tahun 2012 tentang Kendaraan dikelompokkan dalam :

a. Sepeda motor

Sepeda motor didefinisikan sebagai kendaraan bermotor roda dua dengan atau tanpa rumah-rumah dan dengan atau tanpa kereta samping atau kendaraan bermotor roda tiga tanpa rumah-rumah. Rodanya sebaris dan pada kecepatan tinggi sepeda motor tetap tidak terbalik dan stabil disebabkan oleh gaya giroskopik; pada

kecepatan rendah pengaturan berkelanjutan setangnya oleh pengendara memberikan kestabilan.

b. Mobil penumpang

Mobil penumpang yang di maksud yaitu kendaraan bermotor yang memiliki tempat duduk maksimal delapan orang.

c. Mobil bus

Mobil bus yang di maksud yaitu kendaraan bermotor angkutan orang yang memiliki tempat duduk lebih dari 8 (delapan) orang, termasuk untuk Pengemudi atau yang beratnya lebih dari 3.500 (tiga ribu lima ratus) kilogram

d. Mobil barang

Mobil barang yang di maksud adalah kendaraan bermotor yang digunakan untuk angkutan barang.

e. Kendaraan khusus

Kendaraan khusus yang di maksud adalah kendaraan bermotor yang dirancang khusus yang memiliki fungsi dan rancang bangun tertentu

Nilai faktor emisi yang digunakan adalah faktor emisi gas buang kendaraan untuk kota metropolitan dan kota besar di Indonesia yang ditetapkan berdasarkan kategori kendaraan berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2010 tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara di Daerah. Nilai faktor emisi dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Nilai Faktor Emisi Kendaraan Bermotor

Kategori untuk Perhitungan Beban Pencemar Udara	CO	HC	NO _x	PM ₁₀	CO ₂	SO ₂
	g/km	g/km	g/km	g/km	g/kg BBM	g/km
Sepeda Motor	14	5,9	0,29	0,24	3180	0,008
Mobil (Bensin)	40	4	2	0,01	3180	0,026
Mobil (Solar)	2,0	0,2	3,5	0,01	3172	0,44
Mobil (BBM Jenis Lain)	32,4	3,2	2,3	0,12	3178	0,11
Bis	11	1,3	11,9	1,4	3172	0,93
Truk	8,4	1,8	17,7	1,4	3172	0,82

Sumber : Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 12 Tahun 2010

Besaran emisi dapat ditentukan melalui persamaan berikut :

$$q = \frac{\sum_{i=1}^n (EF_i \times V_i)}{T} \quad (1)$$

Dimana :

q = Besaran emisi (gram/km)

EF = Faktor emisi kendaraan (gram/km)

V = Volume kendaraan (kendaraan/jam)

I = Tipe/Jenis Kendaraan

T = Total Kendaraan

Adapun nilai besaran emisi, apabila nilai satuannya dalam gram/km, maka dapat dikonversi ke gram/mil. Dengan ketentuan 1 gram/km = 0,621 gram/mil (Winardhy, 2018).

D. Karbon Monoksida (CO)

Menurut Arif (2010) Karbon monoksida (CO) adalah suatu gas yang taj berwarna, tidak berbau dan tidak berasa diproduksi oleh pembakaran yang tidak sempurna dari bahan-bahan yang mengandung karbon. Gas CO dapat berbentuk cairan pada suhu di bawah -192°C . Gas CO sebagian besar berasal dari pembakaran bahan bakar fosil dengan udara, berupa gas buangan (Wardhana, 2004).

Asap kendaraan merupakan sumber utama bagi karbon monoksida di berbagai perkotaan. Data mengungkapkan bahwa 60% pencemaran udara di Jakarta disebabkan karena benda bergerak atau transportasi umum yang berbahan bakar solar terutama berasal dari angkutan umum. Formasi CO merupakan fungsi dari rasio kebutuhan udara dan bahan bakar dalam proses pembakaran di dalam ruang bakar mesin diesel. Percampuran yang baik antara udara dan bahan bakar terutama yang terjadi pada mesin-mesin yang menggunakan *turbocharge* merupakan salah satu strategi untuk meminimalkan emisi CO (Wahyu, 2012).

Sumber pencemar gas CO yang terbesar, berdasarkan hasil penelitian di negara-negara industri berasal dari pemakaian bahan bakar fosil (minyak dan batu bara) pada mesin-mesin penggerak transportasi. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 2 berikut ini

Tabel 2. Sumber Pencemar Karbon Monoksida (CO)

Sumber Pencemar Karbon Monoksida (CO)	Jumlah Persentase (%)
Transportasi	63,8 %
Pembakaran Stasioner	1,9 %
Proses Industri	9,6 %
Pembuangan Limbah Padat	7,8 %

Sumber : Muchtar, 2018

Gas karbon monoksida (CO) merupakan gas yang sangat stabil dan memiliki waktu tinggal di atmosfer sekitar 2-4 bulan (Wark&Warner, 1981). Keberadaan gas CO akan sangat berbahaya jika terhirup oleh manusia karena gas itu akan menggantikan posisi oksigen yang berkaitan dengan haemoglobin dalam darah. Bahaya utama terhadap kesehatan adalah mengakibatkan gangguan pada darah, Batas pemaparan karbon monoksida yang diperbolehkan oleh OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*) adalah 35 ppm untuk waktu 8 jam/hari kerja, sedangkan yang diperbolehkan oleh ACGIH TLV-TWV adalah 25 ppm untuk waktu 8 jam. Kadar yang dianggap langsung berbahaya terhadap kehidupan atau kesehatan adalah 1500 ppm (0,15%). Paparan dari 1000 ppm (0,1%) selama beberapa menit dapat menyebabkan 50% kejenuhan dari karboksi hemoglobin dan dapat berakibat fatal.

Dalam *Guidelines For Indoor Air Quality: Selected Pollutants*, World Health Organization (WHO) (2010) menyatakan bahwa gas CO yang masuk ke dalam sistem pernapasan terdifusi melalui membran alveolar bersama dengan oksigen (O₂). Setelah larut dalam darah, CO akan berikatan dengan hemoglobin dan membentuk COHb. Kecepatan ikatan antara CO dan Hb sama antara CO dan O₂, namun ikatan untuk CO 245 lebih kuat daripada ikatan O₂. CO dan O₂ bersaing dalam mengikat hemoglobin, tetapi kita berhasil mengikat hemoglobin CO akan mengikat lebih lama dibanding O₂ yang mudah melepaskan diri dari hemoglobin (WHO, 2010). Hal ini mengakibatkan berkurangnya kapasitas darah untuk menyalurkan O₂ kepada jaringan-jaringan tubuh. Efek CO terhadap manusia

terlihat jelas pada gejala yang ditimbulkan akibat pengikatan molekul CO pada Haemoglobin (Hb). Molekul Hb yang mengandung besi memiliki daya ikat dengan CO sebesar 210 kali lebih besar dibandingkan O. (Melissa,2007).

Keracunan gas karbon monoksida gejala didahului dengan sakit kepala, mual, muntah, rasa lelah, berkeringat banyak, pyrexia, pernafasan meningkat, confusion, gangguan penglihatan, kebingungan, hipotensi, takikardi, kehilangan kesadaran dan sakit dada mendadak juga dapat muncul pada orang yang menderita nyeri dada. Kematian kemungkinan disebabkan karena sukar bernafas dan edema paru. Kematian akibat keracunan karbon monoksida disebabkan oleh kurangnya oksigen pada tingkat seluler (seluler hypoxia). Sel darah tidak hanya mengikat oksigen melainkan juga gas lain. Kemampuan atau daya ikat ini berbeda untuk satu gas dengan gas lain. Sel darah merah mempunyai ikatan yang lebih kuat terhadap karbon monoksida (CO) dari pada oksigen (O₂). Sehingga kalau terdapat CO dan O₂, sel darah merah akan cenderung berikatan dengan CO.

Pengaruh konsentrasi CO dalam darah terhadap kesehatan manusia dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengaruh Konsentrasi CO dalam Darah terhadap Kesehatan Manusia

Konsentrasi CO dalam Darah	Pengaruh
Kurang dari 20%	Tidak ada
20%	Nafas menjadi sesak
30%	Sakit kepala, lesu, mual, nadi dan pernafasan meningkat sedikit
30% - 40%	Sakit kepala berat, kebingungan, hilang daya ingat, lemah, hilang daya koordinasi gerakan
40% - 50%	Kebingungan makin meningkat, setengah sadar
60% - 70%	Tidak sadar, kehilangan daya mengontrol feces dan urin
70% - 89%	Koma, nadi menjadi tidak teratur, kematian karena kegagalan pernapasan

Sumber :*Stroke and Siger*, 1972

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 untuk baku mutu udara ambien adalah ukuran batas atau kadar zat, energi, dan/atau komponen yang ada atau yang seharusnya ada dan/atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam udara ambien, Udara yang melebihi baku mutu dapat merusak lingkungan sekitarnya dan berpotensi mengganggu kesehatan masyarakat sekitarnya. Berikut baku mutu udara ambien untuk Karbon Monoksida (CO) dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini

Tabel 4. Baku Mutu Udara Ambien Karbon Monoksida (CO)

Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	Metode Analisis	Peralatan
CO (Karbon Monoksida)	1 jam	30.000 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$	NDIR	NDIR Analyzer
	24 jam	10.000 $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$		
	1 tahun	-		

Sumber : Peraturan Pemerintah No.41 Tahun 1999

Adapun nilai baku mutu, apabila nilai satuannya dalam ppm, maka perlu dikonversi ke $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ agar dapat langsung dibandingkan ke standar baku mutu udara ambien. Perhitungan yang digunakan yaitu rumus pada persamaan 2 berikut ini

$$\mu\text{g}/\text{Nm}^3 = \text{ppm} \times 1000 \times \left(\frac{P \times M}{R \times T} \right) \quad (2)$$

Dimana :

P= Tekanan udara (1 atm)

M = Berat molekul/senyawa

R = Konstanta gas universal (0,0821)

T= Temperatur absolut ($^{\circ}\text{K}$)

E. Nitrogen Oksida (NO_x)

Pencemaran akibat dari kegiatan transportasi yang sangat penting adalah akibat dari kendaraan bermotor di darat. Kendaraan bermotor merupakan sumber pencemar udara yaitu dengan dihasilkannya gas CO, NO_x, hidrokarbon, dan

tetraethyl lead, yang merupakan bahan logam timah yang ditamabahkan kedalam bensin berkualitas rendah untuk meningkatkan nilai oktan guna mencegah terjadinya letupan pada mesin. Parameter-parameter penting akibat aktifitas ini adalah CO, Partikulat, NO_x, HC, Pb, dan SOX (Soedomo, 2001). Salahsatu polutan yang menjadi perhatian penting adalah NO_x dan CO. Pembentukan NO_x yang berasal dari aktivitas transportasi, industri, dan sumber alami berkontribusi dalam total Nitrogen. Nitrogen oksida (NO_x) merupakan senyawa gas di atmosfer yang terdiri atas nitrit oksida (NO) dan nitrogen dioksida (NO₂) serta jenis oksida lainnya dalam jumlah yang lebih rendah. Kedua macam gas tersebut mempunyai sifat yang sangat berbeda dan berbahaya bagi kesehatan. Pengaruh negatif NO₂ terhadap kesehatan manusia adalah menurunnya fungsi paru-paru dan meningkatnya risiko kanker (Hamra *et al.*, 2015; WHO, 2013).

Nitrogen Dioksida (NO₂) juga merupakan katalisator pembentuk polutan sekunder berupa ozon. Menurut Arif (2010), salahsatu reaksi terpenting disini ialah pelepasan atom oksigen tunggal dari gas nitrogen dioksida (NO₂). Kemudian atom oksigen tunggal ini bereaksi dengan oksigen (O₂) menghasilkan (O₃). Pada udara ambient ozon merupakan zat pengoksidaso yang kuat dan dapat merusak tanaman, gedung serta kesehatan. Berbeda dengan ozon yang berada di lapisan stratosfer (antara 15 dan 30 km di atas permukaan bumi) yang dikenal sebagai lapisan ozon yang berperan untuk menyerapsinar ultraviolet dari matahari, ozon di lapisan troposfer merupakan gas pencemar beracun yang berdampak buruk bagi makhluk hidup (Farida, 2018)

Sumber utama nitrogen okside adalah pembakaran, dan kebanyakan pembakaran disebabkan oleh kendaraan, produksi energi dan pengelolaan sampah. Dari pencatatan yang dilakukan didapatkan konsentrasi NOX didaerah perkotaan biasanya 10-100 kali lebih tinggi dari konsentrasi yang ada di daerah pedesaan. Beberapa pencatatan tentang konsentrasi puncak keseluruhan NOX dilaporkan di Los Angeles mencapai 3,75 ppm, Nearby Burbank 2 ppm, New Orleans 0,63 ppm dan di Phoenik mencapai 0,8 ppm. Konsentrasi maksimum biasanya terjadi pada musim dingin, kecepatan angin rendah dan berkurangnya sinar matahari (Darmayasa, 2013). Faktor emisi gas buang kendaraan bermotor menyumbang

emisi nitrogen oksida 92,5 Kg/3785 L, dan bila mesin diesel 111 Kg/3785 L, tetapi hanya menyumbang emisi sulfur oksida 4,5 Kg/3785 L (Jusuf dkk., 2001). Kadar gas nitrogen oksida naik seiring dengan meningkatnya aktivitas lalu lintas, yaitu meningkatnya jumlah kendaraan bermotor, dan dengan terbitnya matahari yang memancarkan sinar ultraviolet, kadar NO₂ meningkat karena perubahan dari NO menjadi NO₂ (Eka,2017). Menurut William (2017), Nitrogen oksida juga berkontribusi dalam pembentukan partikel halus yang mudah mengendap di paru-paru dan menjadi penyebab penyakit dengan beban tertinggi di dunia. Dalam penelitiannya diketahui bahwa PM_{2.5} yang terbentuk dari prekursor NO_x bervariasi dari sekitar 4% hingga 37%, prekursor NO_x ini akan menjadi nitrat partikulat. Walaupun bukan sebuah nilai konstan atau faktor konversi karena banyak faktor lingkungan yang bertanggung jawab atas kondisi pembentukan PM_{2.5} dari senyawa ini, studi menunjukkan bahwa sumber emisi on-road berkontribusi antara 26% dan 45% dari semua NO_x.

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 untuk baku mutu udara ambien adalah ukuran batas atau kadar zat, energi, dan/atau komponen yang ada atau yang seharusnya ada dan/atau unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam udara ambien, Udara yang melebihi baku mutu dapat merusak lingkungan sekitarnya dan berpotensi mengganggu kesehatan masyarakat sekitarnya. Berikut baku mutu udara ambien untuk NO₂ dapat dilihat pada Tabel 4 berikut ini

Tabel 5. Baku Mutu Udara Ambien NO₂

Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	Metode Analisis	Peralatan
NO ₂	1 jam	400 µg/Nm ³	Saltzman	Spektrofotometer
	24 jam	150 µg/Nm ³		
	1 tahun	100		

Sumber : Peraturan Pemerintah No.41 Tahun 1999

Adapun nilai baku mutu, apabila nilai satuannya dalam ppm, maka perlu dikonversi ke $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ agar dapat langsung dibandingkan ke standar baku mutu udara ambien. Perhitungan yang digunakan yaitu rumus pada persamaan 2 berikut ini

$$\mu\text{g}/\text{Nm}^3 = \text{ppm} \times 1000 \times \left(\frac{P \times M}{R \times T} \right) \quad (3)$$

Dimana :

- P = Tekanan udara (1 atm)
- M = Berat molekul/senyawa
- R = Konstanta gas universal (0,0821)
- T = Temperatur absolut ($^{\circ}\text{K}$)

F. Kawasan Permukiman

Pemukiman dengan rasa aman, tenteram, nikmat, dan nyaman merupakan kebutuhan pokok dalam kehidupan manusia. Menurut SK Menteri Negara Lingkungan Hidup No: Kep48/MENLH/XI/1996 pemukiman harus memenuhi syarat: struktur bangunan kuat, aman, indah, tersedianya air bersih dan pembuangan air kotor, udara bersih dengan pertukaran udara yang cukup, cahaya matahari cukup, dan terhindar dari pengaruh lingkungan. Dalam Tata Cara Perencanaan Lingkungan Perumahan di Perkotaan (SNI 03-1733-2004) dijelaskan bahwa Lokasi lingkungan perumahan harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

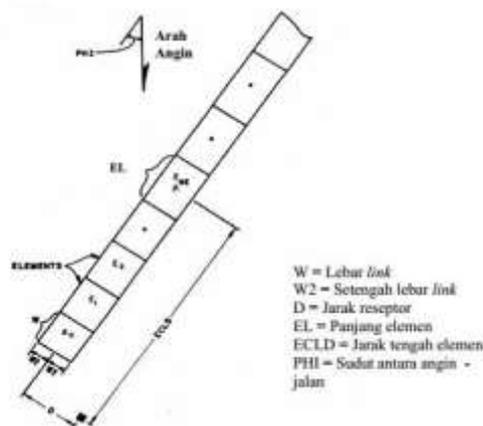
- a) Lokasi perumahan harus sesuai dengan rencana peruntukan lahan yang diatur dalam Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW) setempat atau dokumen perencanaan lain yang ditetapkan dengan Peraturan Daerah setempat, dengan kriteria sebagai berikut:
 - 1) kriteria keamanan, dicapai dengan mempertimbangkan bahwa lokasi tersebut bukan merupakan kawasan lindung (catchment area), lahan pertanian, hutan produksi, daerah buangan limbah pabrik, daerah bebas bangunan pada area Bandara, daerah dibawah jaringan listrik tegangan tinggi;

- 2) kriteria kesehatan, dicapai dengan mempertimbangkan bahwa lokasi tersebut bukan daerah yang mempunyai pencemaran udara di atas ambang batas, pencemaran air permukaan dan air tanah dalam;
 - 3) kriteria kenyamanan, dicapai dengan kemudahan pencapaian (aksesibilitas), kemudahan berkomunikasi (internal/eksternal, langsung atau tidak langsung), kemudahan berkegiatan (prasarana dan sarana lingkungan tersedia);
 - 4) kriteria keindahan/keserasian/keteraturan (kompatibilitas), dicapai dengan penghijauan, mempertahankan karakteristik topografi dan lingkungan yang ada, misalnya tidak meratakan bukit, mengurug seluruh rawa atau danau/setu/sungai/kali dan sebagainya;
 - 5) kriteria fleksibilitas, dicapai dengan mempertimbangkan kemungkinan pertumbuhan fisik/pemekaran lingkungan perumahan dikaitkan dengan kondisi fisik lingkungan dan keterpaduan prasarana;
 - 6) kriteria keterjangkauan jarak, dicapai dengan mempertimbangkan jarak pencapaian ideal kemampuan orang berjalan kaki sebagai pengguna lingkungan terhadap penempatan sarana dan prasarana- utilitas lingkungan; dan
 - 7) kriteria lingkungan berjati diri, dicapai dengan mempertimbangkan keterkaitan dengan karakter sosial budaya masyarakat setempat, terutama aspek kontekstual terhadap lingkungan tradisional/lokal setempat.
- b) Lokasi perencanaan perumahan harus berada pada lahan yang jelas status kepemilikannya, dan memenuhi persyaratan administratif, teknis dan ekologis.
 - c) Keterpaduan antara tatanan kegiatan dan alam di sekelilingnya, dengan mempertimbangkan jenis, masa tumbuh dan usia yang dicapai, serta pengaruhnya terhadap lingkungan, bagi tumbuhan yang ada dan mungkin tumbuh di kawasan yang dimaksud.

G. Model Dispersi Caline4

Caline4 adalah program untuk memodelkan dispersi emisi udara dari sumber garis yang dikembangkan oleh *California Departemen of Transportation (Caltrans)*. Program ini menggunakan konsep zona pencampuran untuk membuat perkiraan dispersi polutan di sekitar jalan raya. Program ini memperkirakan sebaran polutan yang berada dekat dengan jalan raya dengan memasukkan beberapa parameter seperti, volume lalu lintas per link, faktor emisi kendaraan, meteorologi, dan geometri lokasi. Caline4 dapat memprediksi polutan di titik reseptor hingga 500 meter dari sumber. Polutan yang diprediksi adalah polutan yang relatif bersifat inert (tidak mudah bereaksi dengan senyawa kimia lain) seperti NO_x , CO, dan PM_{10} (Benson, 1989).

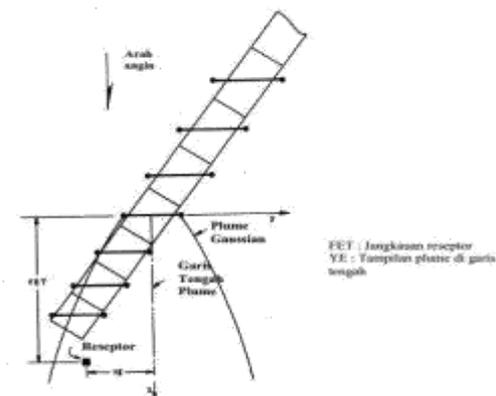
Caline4 membagi jaringan kota yang berisi sejumlah jalan menjadi link-link, dimana setiap link merupakan garis lurus dari suatu jalan yang memiliki karakteristik emisi yang bervariasi. Link tersebut diperlakukan sebagai sumber garis (*line source*) dalam perhitungan konsentrasi pada reseptor dengan konsentrasi total berupa penjumlahan kontribusi berdasarkan link individual dan konsentrasi ambien akibat gambaran dispersi tertentu yang tidak terakomodasi oleh metode Gaussian sederhana (Colls, 2002). Gambar 1 memperlihatkan seri elemen yang didasarkan pada sudut antara jalan dan arah angin.



Gambar 1. Seri Elemen Yang Digunakan Caline4

Sumber : Colls (2002)

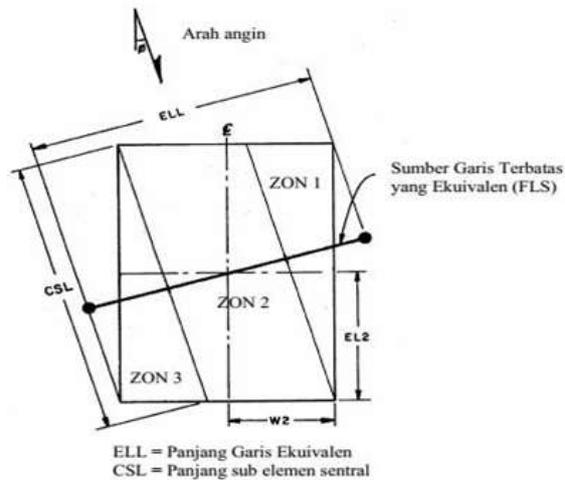
Tiap elemen dimodelkan sebagai sumber garis terhingga (*Finite Line Source* - FLS) ekuivalen yang diposisikan normal (tegak lurus) terhadap arah angin dan berpusat di titik tengah elemen. Sistem koordinat x-y dapat disejajarkan dengan arah angin dan berpusat di tengah elemen. Tingkat emisi yang terjadi di setiap elemen bersumber dari sepanjang FLS yang terdispersi secara Gaussian dari elemen-elemen tersebut. Panjang dan orientasi FLS merupakan fungsi dari ukuran elemen dan sudut antara angin – jalan (Benson, 1989).



Gambar 2. Seri Elemen Yang Diwakilkan Oleh Sumber Garis Terhingga Yang Ekuivalen

Sumber : Benson, 1989

Untuk mendistribusikan emisi ke dalam bentuk yang dapat dirumuskan maka tiap elemen dibagi menjadi 3 sub elemen, yakni sub elemen pusat dan 2 sub elemen tambahan (ZON1, ZON2, dan ZON3). Geometri sub elemen merupakan fungsi dari ukuran elemen dan sudut angin – jalan. Tingkat rata-rata emisi diasumsikan sama pada semua elemen agar dapat dikomputasi. Emisi untuk sub elemen tambahan dimodelkan berkurang secara linier (menuju nol) pada titik akhir FLS (Benson, 1989).



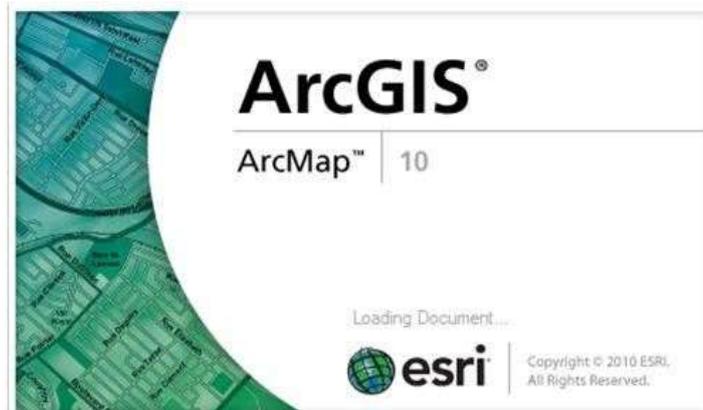
Gambar 3. Representasi Elemen Sumber Garis Terbatas

Sumber : Benson, 1989

H. ArcGis

Perangkat lunak ArcGIS 10 merupakan perangkat lunak SIG yang baru dari ESRI (Environmental Systems Research Institute), yang memungkinkan pengguna untuk memanfaatkan data dari berbagai format data.

Dengan ArcGIS pengguna dapat memanfaatkan fungsi desktop maupun jaringan, selain itu juga pengguna bisa memakai fungsi pada level ArcView, ArcEditor, ArcInfo dengan fasilitas ArcMap, ArcCatalog dan Toolbox. Materi yang disajikan adalah konsep SIG, pengetahuan peta, pengenalan dan pengoperasian ArcGIS, input data dan manajemen data spasial, pengoperasian ArcCatalog, komposisi atau tata letak peta dengan ArcMap, memanfaatkan perangkat lunak SIG ArcGIS 10 untuk pengelolaan data spasial dan tabular serta untuk penyajian informasi peta.



Gambar 4. Tampilan ArcGIS ArcMap 10

ArcMap merupakan program aplikasi sentral di dalam ArcGIS Desktop untuk menampilkan, manipulasi data geografis, penggambaran peta, query, seleksi, dan editing peta. ArcMap memberikan pengguna sebuah kesempatan untuk membuat dan bekerja dengan dokumen peta. Sebuah dokumen peta terdiri dari frame data, layer, label, dan objek grafis. ArcMap memiliki dua jendela utama yang digunakan untuk bekerja dengan dokumen peta yaitu: jendela daftar isi dan jendela tampilan. Jendela daftar isi berisikan tentang data geografis yang akan digambarkan di dalam jendela tampilan, dan bagaimana data tersebut akan digambarkan. Jendela tampilan akan menampilkan data geografis dan tampilan layout.

Pada penelitian ini digunakan metode Inverse Distance Weighted (IDW) untuk menampilkan sebaran polutan dilokasi penelitian. IDW merupakan metode deterministic yang sederhana dengan mempertimbangkan titik disekitarnya (NCGIA, 1997). Asumsi dari metode ini adalah nilai interolasi akan lebih mirip pada data sampel yang dari pada yang lebih jauh. Bobot weight akan berubah secara linear sesuai dengan jaraknya dengan data sampel. Metode IDW memberikan hasil yang lebih akurat dari metode kriging, hal ini dikarekan semua hasil dengan metode IDW memberikan nilai minimum dan maksimum dari sampel data (Pramono,2008)