

TUGAS AKHIR

**ANALISIS KONSENTRASI PM10 (*Particulate Matter*) PADA SIMPANG TAK
BERSINYAL DI KOTA MAKASSAR**



MUHAMMAD AFIEF

D121 16 505

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

2021

**ANALISIS KONSENTRASI PM10 (*Particulate Matter*) PADA SIMPANG TAK
BERSINYAL DI KOTA MAKASSAR**

MUHAMMAD AFIEF

D121 16 505

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana pada

Fakultas Teknik



DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS HASANUDDIN

2021



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN FAKULTAS TEKNIK
DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
JL. POROS MALINO, KM.6 BONTOMARANNU KAB. GOWA

LEMBAR PENGESAHAN

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

Judul : **Analisis Konsentrasi PM10 (*Particulate Matter*) pada Simpang Tak Bersinyal di Kota Makassar**

Disusun Oleh :

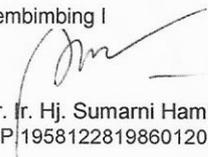
Nama : **Muhammad Afief**

D121 16 505

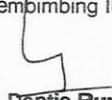
Telah diperiksa dan disetujui
Oleh Dosen Pembimbing

Gowa, 15 Juli 2021

Pembimbing I


Dr. Ir. Hj. Sumarni Hamid Aly, M.T.
NIP. 195812281986012001

Pembimbing II


Ir. ~~Dante~~ Runtulalo, M.T.
NIP. 195705301989031001

Menyetujui,
Ketua Departemen Teknik Lingkungan




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

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini, nama Muhammad Afief, dengan ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul “ANALISIS KONSENTRASI PM10 (*Particulate Matter*) PADA SIMPANG TAK BERSINYAL DI KOTA MAKASSAR” adalah karya ilmiah penulis sendiri, dan belum pernah digunakan untuk mendapatkan gelar apapun dan dimanapun.

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

Gowa, 12 Juli 2021

Yang membuat pernyataan,



Muhammad Afief

D121 16 505

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah Subhanahuwata'ala karena atas berkat rahmat dan ridhoNya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tugas akhir dengan judul “ANALISIS KONSENTRASI PM10 (*Particulate Matter*) PADA SIMPANG TAK BERSINYAL DI KOTA MAKASSAR”. Shalawat dan salam semoga tercurahkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW pimpinan dan sebaik-baik teladan bagi ummat yang membawa manusia dari zaman kegelapan menuju zaman yang terang benderang.

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis banyak mengalami hambatan, namun berkat bantuan, bimbingan, dan kerjasama yang ikhlas dari berbagai pihak, akhirnya tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik. Pencapaian tugas akhir ini tidak terlepas dari jasa-jasa orang tua penulis. Ungkapan terima kasih yang tulus penulis persembahkan untuk kedua orang tua tercinta Ayahanda Muhammad Syukri dan Ibunda Lucky Iwanti atas doa – doa yang senantiasa mengiringi setiap langkah dan yang telah mencurahkan segenap kasih sayang yang tak terbatas serta segala bentuk motivasi yang telah diberikan kepada penulis selama menempuh pendidikan sampai di tingkat perguruan tinggi. Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya juga penulis ucapkan kepada saudaraku tersayang Muhammad Kautsar Ernanda. Terima kasih atas dukungan, motivasi dan kesabaran dalam menghadapi penulis, serta untuk seluruh keluarga besarku yang telah memberikan support dan doa demi kelancaran penelitian ini.

Dalam proses penyusunan hingga terselesaikannya tugas akhir ini, penulis sangat terbantu oleh banyak pihak, karenanya penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Muhammad Arsyad Thaha, MT., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.

2. Bapak Prof. Baharuddin Hamzah, ST., M.Arch., Ph.D., selaku Wakil Dekan dan Pembantu Dekan I Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
3. Ibu Dr. Eng. Muralia Hustim, ST., MT., selaku Ketua Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Ibu Dr. Ir. Hj. Sumarni Hamid Aly, MT., selaku Dosen Pembimbing I dan Bapak Ir. Dantje Runtulalo, 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.
5. Ibu Dr. Eng. Muralia Hustim, ST., MT., dan Ibu Rasdiana Zakaria, ST., MT., selaku Dosen Penguji I dan II yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan kritik dan saran dalam penelitian dan penyusunan tugas akhir.
6. Bapak/Ibu Dosen Fakultas Teknik Departemen Teknik Lingkungan atas bimbingan, arahan, didikan, dan motivasi yang telah diberikan selama kurang lebih empat tahun.
7. Ibu Sumiati dan Kak Olan selaku staf karyawan Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin yang sudah membantu setiap administrasi selama penulis melaksanakan perkuliahan.
8. Fernando Magnis Gara, Sahabat yang selalu menemani saya melalui kerasnya kehidupan perkuliahan
9. Grup Caline-4 selaku partner TA atas waktu yang diluangkan bersama selama pengambilan data dengan modal chat, saling ajar mengajar satu sama lain, mendukung dan hingga akhir masih menjadi tempat berbagi dalam penyusunan tugas akhir.
10. Teman-teman Lab. Riset Udara dan Bising 2016 yang selalu membantu dan mendukung dalam pengurusan berkas TA dengan nama grup wa es te 12.
11. Teman-teman Teknik Lingkungan 2016 dan Patron 2017 atas segala bantuan, cerita, dan kenangan selama masa perkuliahan.

12. D'Cancubels, Nando, Iwa , Riswan, Aslam, Sita, dan Nad. Grup yang selalu memotivasi dan membantu saya untuk mengerjakan TA secepat mungkin.
13. Teman-teman KKN 102 Desa Mallari yang telah bersama-sama berjuang di lokasi kkn, memberikan warna dan cerita baru di bangku perkuliahan.
14. 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 kebada kalian semua. Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Namun, penulis berharap tugas akhir ini memberikan manfaat bagi pembaca. Akhir kata semoga tugas akhir ini memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Makassar, 26 Juli 2021

Penulis,

Muhammad Afief

D121 16 505

ABSTRAK

Muhammad Afief. *Analisis Konsentrasi PM10 (Particulate Matter) Pada Simpang Tak Bersinyal Di Kota Makassar* (dibimbing oleh Hj Sumarni Hamid Aly dan Dantje Runtulalo)

Peningkatan populasi kendaraan secara cepat dan tingkat aktivitas rumah tangga dan industri serta berbagai aktivitas masyarakat di Kota Makassar telah menimbulkan peningkatan pencemaran udara di Kota Makassar. PM10 adalah debu partikulat yang terutama dihasilkan dari emisi gas buangan kendaraan. Efek kesehatan dari paparan PM10 dalam waktu singkat dapat mempengaruhi reaksi radang paru-paru, ISPA (Infeksi saluran pernapasan atas) dan gangguan pada sistem kardiovasuler.

Penelitian ini dilaksanakan di 14 titik Simpang Tak Bersinyal Di Kota Makassar pada kondisi jam puncak pagi, siang dan sore hari. Penelitian ini bertujuan untuk mengestimasi besaran emisi PM10 (*Particulate Matter*) yang diterima oleh setiap reseptor dan mengetahui pola sebaran emisi PM10 (*Particulate Matter*) pada 14 titik Simpang Tak Bersinyal Di Kota Makassar berbasis pemodelan CALINE-4. Analisis data pengukuran menggunakan program WRPLOT View, Caline4, dan divisualisasikan dengan program Golden Surfer 16.

Hasil penelitian nilai konsentrasi sebaran emisi PM10 tertinggi terletak pada ruas Jalan Bandang – Tinumbu dan terendah pada Jalan Tentara Pelajar – Kalimantan. Konsentrasi PM10 yang terjadi masih berada dibawah ambang baku mutu menurut PP No. 41 tahun 1999. Pola sebaran PM10 mengikuti arah angin dominan yang rata-rata berhembus dari arah Timur ke arah Barat dengan 5 skala warna masing-masing warna hijau tua yang terendah sampai warna merah yang tertinggi.

Kata Kunci: Polutan PM10 (*Particulate Matter*), Caline4, Surfer 16.

ABSTRACT

Muhammad Afief. Analysis of PM10 (Particulate Matter) Concentrations at Unsignalized Intersections in Makassar City (supervised by Hj Sumarni Hamid Aly and Dantje Runtulalo)

The rapid increase in the vehicle population and the level of household and industrial activity as well as various community activities in Makassar City have led to an increase in air pollution in Makassar City. PM10 is particulate dust which is mainly generated from vehicle exhaust emissions. The health effects of PM10 exposure in a short time can affect the reaction of pneumonia, ARI (upper respiratory tract infection) and disorders of the cardiovascular system.

This research was carried out at 14 unsignalized intersection points in Makassar City at peak hours in the morning, afternoon and evening. This study aims to estimate the amount of PM10 (Particulate Matter) emissions received by each receptor and to determine the distribution pattern of PM10 (Particulate Matter) emissions at 14 unsignalized intersection points in Makassar City based on CALINE-4 modeling. Analysis of measurement data using the WRPLOT View program, Caline4, and visualized with the Golden Surfer 16 program.

The results of the study showed that the highest PM10 emission distribution concentration value was located on Jalan Bandang – Tinumbu and the lowest on Jalan Army Pelajar – Kalimantan. The PM10 concentration that occurs is still below the quality standard threshold according to PP no. 41 of 1999. The distribution pattern of PM10 follows the dominant wind direction which blows on average from the east to the west with 5 color scales, each from dark green, the lowest to the highest red.

Keywords: Pollutants PM10 (Particulate Matter), Caline4, Surfer 16.

DAFTAR ISI

SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	110
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	4
C. Tujuan Penelitian	4
D. Ruang Lingkup Wilayah	4
E. Manfaat Penelitian	5
F. Sistematika Penulisan.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Udara Ambien	7
B. Pencemaran Udara	7
C. Emisi Kendaraan Bermotor	8
1. Pengertian Emisi	8
2. Jenis Kendaraan Bermotor	8
3. Besaran Emisi Kendaraan Bermotor	9
D. PM 10.....	11
1. Pengertian Partikulat (PM10)	11

2. Sifat Partikulat (PM10).....	11
3. Sumber Partikulat (PM10).....	12
4. Dampak PM10.....	12
5. Baku Mutu.....	13
E. Simpang Tak Bersinyal	14
F. Model Dispersi Caline4.....	15
G. Program Golden Surfer 16	18
H. Wind Rose.....	18

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Rancangan Penelitian	21
B. Waktu Penelitian	24
C. Gambaran Lokasi	25
D. Perangkat Yang Digunakan.....	34
E. Teknik Pengumpulan Data	42
F. Teknik Analisis Data.....	43

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Volume Kendaraan.....	45
B. Nilai Besaran Emisi.....	51
C. Data Kecepatan dan Arah Angin	58
D. Sebaran Polutan PM 10	59
E. Pemetaan Sebaran Polutan PM 10.....	76

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan	106
B. Saran	106

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN.....

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Nilai Faktor Emisi Kendaraan Bermotor	10
Tabel 2. Baku Mutu PM10	13
Tabel 3. Lokasi Reseptor Berdasarkan Gambar Detail Lokasi Jalan	33
Tabel 4. Klasifikasi Kestabilan Atmosfer Berbasis Caline 4	40
Tabel 5. Data Kecepatan dan Arah Angin	58
Tabel 6. Estimasi Konsentrasi Polutan Jl. Tentara Pelajar – Jl. Kalimantan	60
Tabel 7. Estimasi Konsentrasi Polutan Jl. Tentara Pelajar – Jl. Salemo	61
Tabel 8. Estimasi Konsentrasi Polutan Jl. Buru – Jl. Andalas	62
Tabel 9. Estimasi Konsentrasi Polutan Jl. Bandang – Jl. Tinumbu	63
Tabel 10. Estimasi Konsentrasi Polutan Jl. Sudirman – Jl. Amanagappa	64
Tabel 11. Estimasi Konsentrasi Polutan Jl. Kajaolalido – Jl. Usman Jafar	66
Tabel 12. Estimasi Konsentrasi Polutan Jl. Ince Nurdin – Jl. Botolempangan	67
Tabel 13. Estimasi Konsentrasi Polutan Jl. Chairil Anwar – Jl. Botolempangan	68
Tabel 14. Estimasi Konsentrasi Polutan Jl. Sawerigading – Jl. Botolempangan	69
Tabel 15. Estimasi Konsentrasi Polutan Jl. Emmy Saelan – Jl. Botolempangan	70
Tabel 16. Estimasi Konsentrasi Polutan Jl. Ranggong – Jl. Sultan Hasanuddin	72
Tabel 17. Estimasi Konsentrasi Polutan Jl. Ali Malaka – Jl. Sultan Hasanuddin	73
Tabel 18. Estimasi Konsentrasi Polutan Jl. Laga Ligo – Jl. Lasinrang	74
Tabel 19. Estimasi Konsentrasi Polutan Jl. H.Bau – Jl. Lasinrang	75
Tabel 20. Tabel Sebaran Polutan PM10	104

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Ilustrasi tipe simpang tak bersinyal	15
Gambar 2. Seri Elemen Yang Digunakan Caline4	16
Gambar 3. Seri Elemen Yang Diwakilkan	17
Gambar 4. Representasi Elemen Sumber Garis Terbatas	17
Gambar 5. Bagan Alur Penelitian	23
Gambar 6. Peta Titik Lokasi Pengukuran Jalan	25
Gambar 7. Peta Titik Lokasi Pengukuran Jalan Tentara Pelajar	26
Gambar 8. Peta Titik Lokasi Pengukuran Jalan Salemo	27
Gambar 9. Peta Titik Lokasi Pengukuran Jalan Buru	27
Gambar 10. Peta Titik Lokasi Pengukuran Jalan Bandang	28
Gambar 11. Peta Titik Lokasi Pengukuran Jalan Sudirman	28
Gambar 12. Peta Titik Lokasi Pengukuran Jalan Kajaolalido	29
Gambar 13. Peta Titik Lokasi Pengukuran Jalan Ince Nurdin	29
Gambar 14. Peta Titik Lokasi Pengukuran Jalan Chairil Anwar	30
Gambar 15. Peta Titik Lokasi Pengukuran Jalan Sawerigading	30
Gambar 16. Peta Titik Lokasi Pengukuran Jalan Botolempangang	31
Gambar 17. Peta Titik Lokasi Pengukuran Jalan Ranggong	31
Gambar 18. Peta Titik Lokasi Pengukuran Jalan Alimalaka	32
Gambar 19. Peta Titik Lokasi Pengukuran Jalan Lagaligo	32
Gambar 20. Peta Titik Lokasi Pengukuran Jalan Haji Bau	33
Gambar 21. Aplikasi Googel Earth	35
Gambar 22. Interface Software WRPLOT View	36
Gambar 23. Flowchart Pengolahan Data Angin pada WRPLOT	36
Gambar 24. Software Caline4	37
Gambar 25. Diagram Alir Caline4	38
Gambar 26. Software Surfer	42
Gambar 27. Tahapan Analisis Data	44

Gambar 28. Sebaran Polutan Pagi Hari PM 10 Jl. Tentara Pelajar – Jl. Kalimantan	76
Gambar 29. Sebaran Polutan Siang Hari PM 10 Jl. Tentara Pelajar – Jl. Kalimantan	77
Gambar 30. Sebaran Polutan Sore Hari PM 10 Jl. Tentara Pelajar – Jl. Kalimantan	77
Gambar 31. Windrose Simpang Jl. Tentara Pelajar – Jl. Kalimantan	77
Gambar 32. Sebaran Polutan Pagi Hari PM 10 Jl. Tentara Pelajar – Jl. Salemo	78
Gambar 33. Sebaran Polutan Siang Hari PM 10 Jl. Tentara Pelajar – Jl. Salemo	78
Gambar 34. Sebaran Polutan Sore Hari PM 10 Jl. Tentara Pelajar – Jl. Salemo	78
Gambar 35. Windrose Simpang Jl. Tentara Pelajar –Jl. Salemo	79
Gambar 36. Sebaran Polutan Pagi Hari PM 10 Jl. Buru – Jl. Andalas	80
Gambar 37. Sebaran Polutan Siang Hari PM 10 Jl. Buru – Jl. Andalas	80
Gambar 38. Sebaran Polutan Sore Hari PM 10 Jl. Buru – Jl. Andalas	80
Gambar 39. Windrose Simpang Jl. Buru – Jl. Andalas	81
Gambar 40. Sebaran Polutan Pagi Hari PM 10 Jl. Bandang – Jl. Tinumbu	82
Gambar 41. Sebaran Polutan Siang Hari PM 10 Jl. Bandang – Jl. Tinumbu	82
Gambar 42. Sebaran Polutan Sore Hari PM 10 Jl. Bandang – Jl. Tinumbu	82
Gambar 43. Windrose Simpang Jl. Bandang – Jl. Tinumbu	83
Gambar 44. Sebaran Polutan Pagi Hari PM 10 Jl. Jendral Sudirman – Jl. Amanagappa	84
Gambar 45. Sebaran Polutan Siang Hari PM 10 Jl. Jendral Sudirman – Jl. Amanagappa	84
Gambar 46. Sebaran Polutan Sore Hari PM 10 Jl. Jendral Sudirman – Jl. Amanagappa	84
Gambar 47. Windrose Simpang Jl. Jend. Sudirman – Jl. Amanagappa	85
Gambar 48. Sebaran Polutan Pagi Hari PM 10 Jl. Kajaolalido–Jl.Usman Jafar	86
Gambar 49. Sebaran Polutan Siang Hari PM 10 Jl.Kajaolalido–Jl.Usman Jafar	86
Gambar 50. Sebaran Polutan Sore Hari PM 10 Jl.Kajaolalido–Jl. Usman Jafar	86
Gambar 51. Windrose Simpang Jl. Kajaolalido – Jl. Usman Jafar	87

Gambar 52. Sebaran Polutan Pagi Hari PM 10 Jl. Ince Nurdin – Jl. Botolempangan	88
Gambar 53. Sebaran Polutan Siang Hari PM 10 Jl. Ince Nurdin – Jl. Botolempangan	88
Gambar 54. Sebaran Polutan Sore Hari PM 10 Jl. Ince Nurdin – Jl. Botolempangan	88
Gambar 55. Windrose Simpang Jl. Ince Nurdin – Jl. Botolempangan	89
Gambar 56. Sebaran Polutan Pagi Hari PM 10 Jl. Chairil Anwar – Jl. Botolempangan	90
Gambar 57. Sebaran Polutan Siang Hari PM 10 Jl. Chairil Anwar – Jl. Botolempangan	90
Gambar 58. Sebaran Polutan Sore Hari PM 10 Jl. Chairil Anwar – Jl. Botolempangan	90
Gambar 59. Windrose Simpang Jl. Chairil Anwar – Jl. Botolempangan	91
Gambar 60. Sebaran Polutan Pagi Hari PM 10 Jl. Sawerigading – Jl. Botolempangan	92
Gambar 61. Sebaran Polutan Siang Hari PM 10 Jl. Sawerigading – Jl. Botolempangan	92
Gambar 62. Sebaran Polutan Sore Hari PM 10 Jl. Sawerigading – Jl. Botolempangan	92
Gambar 63. Windrose Simpang Jl. Sawerigading - Jl. Botolempangan	93
Gambar 64. Sebaran Polutan Pagi Hari PM 10 Jl. Emmy Saelan – Jl. Botolempangan	94
Gambar 65. Sebaran Polutan Siang Hari PM 10 Jl. Emmy Saelan – Jl. Botolempangan	94
Gambar 66. Sebaran Polutan Sore Hari PM 10 Jl. Emmy Saelan – Jl. Botolempangan	94
Gambar 67. Windrose Simpang Jl. Emmy Saelan - Jl. Botolempangan	95
Gambar 68. Sebaran Polutan Pagi Hari PM 10 Jl. Ranggong – Jl. Sultan Hasanuddin	96

Gambar 69. Sebaran Polutan Siang Hari PM 10 Jl. Ranggong – Jl. Sultan Hasanuddin	96
Gambar 70. Sebaran Polutan Sore Hari PM 10 Jl. Ranggong – Jl. Sultan Hasanuddin	96
Gambar 71. Windrose Simpang Jl. Ranggong - Jl. Sultan Hasanuddin	97
Gambar 72. Sebaran Polutan Pagi Hari PM 10 Jl. Ali Malaka – Jl. Sultan Hasanuddin	98
Gambar 73. Sebaran Polutan Siang Hari PM 10 Jl. Ali Malaka – Jl. Sultan Hasanuddin	98
Gambar 74. Sebaran Polutan Sore Hari PM 10 Jl. Ali Malaka – Jl. Sultan Hasanuddin	98
Gambar 75. Windrose Simpang Jl. Ali Malaka - Jl. Sultan Hasanuddin	99
Gambar 76. Sebaran Polutan Pagi Hari PM 10 Jl. Laga ligo – Jl. Lasinrang	100
Gambar 77. Sebaran Polutan Siang Hari PM 10 Jl. Laga ligo – Jl. Lasinrang	100
Gambar 78. Sebaran Polutan Sore Hari PM 10 Jl. Laga ligo – Jl. Lasinrang	100
Gambar 79. Windrose Simpang Jl. Laga ligo – Jl. Lasinrang	101
Gambar 80. Sebaran Polutan Pagi Hari PM 10 Jl. Haji Bau – Jl. Lasinrang	102
Gambar 81. Sebaran Polutan Siang Hari PM 10 Jl. Haji Bau – Jl. Lasinrang	102
Gambar 82. Sebaran Polutan Sore Hari PM 10 Jl. Haji Bau – Jl. Lasinrang	102
Gambar 83. Windrose Simpang Jl. Haji Bau - Jl. Lasinrang	103

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pencemaran udara telah lama dan masih menjadi penyebab masalah bagi kesehatan manusia dan lingkungan, terutama di negara-negara yang banyak memiliki pabrik dan kendaraan bermotor. Polusi udara membunuh sekitar tujuh juta orang di seluruh dunia setiap tahun. Sekitar 70% penduduk kota di dunia pernah menghirup udara kotor akibat emisi kendaraan bermotor. Lebih dari 80% orang yang tinggal di daerah perkotaan yang memantau polusi udara terpapar pada tingkat kualitas udara yang melebihi batas pedoman WHO, dengan negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah menderita paparan tertinggi, baik di dalam maupun di luar ruangan (WHO, 2017).

Peningkatan populasi kendaraan secara cepat dan tingkat aktivitas rumah tangga dan industri serta berbagai aktivitas masyarakat di Kota Makassar telah menimbulkan peningkatan pencemaran udara di Kota Makassar. Berdasarkan data Badan Lingkungan Hidup Daerah (BLHD) Sulsel, tahun 2014 indeks pencemaran udara di Sulsel mencapai 87,83 persen. Sedangkan pada tahun 2017 menurut Badan Lingkungan Hidup Daerah Provinsi Sulsel di Kota Makassar menunjukkan bahwa kualitas udara diruas jalan Andi Pangeran Pettarani telah berada pada kategori tercemar. Bila tidak segera ditanggulangi dapat membahayakan kesehatan manusia, kehidupan hewan serta tumbuhan.

Peningkatan populasi kendaraan bermotor yang semakin cepat di Kota Makassar semakin meningkatkan emisis kendaraan di jalan-jalan. Pesatnya peningkatan kendaraan menjadi salah satu pemicu kemacetan di Kota Makassar karena peningkatan laju kendaraan tidak sebanding dengan pertumbuhan jalan. Data terbaru dari Badan Pusat Statistik (BPS) pada tahun 2018 mencatat jumlah kendaraan bermotor di Indonesia mencapai 146.858.759 unit, meningkat sebesar

6-7% per tahun. Dan dengan asumsi penambahan kendaraan berdasarkan data tersebut, pada tahun 2020 jumlah kendaraan bermotor di Indonesia dapat mencapai angka 156.507.379 unit Kategori jumlah kendaraan penumpang sebanyak 16.440.987 unit meningkat 6%, mobil bus sebanyak 2.538.182 unit meningkat 5%, mobil barang sebanyak 7.778.544 unit 5% dan sepeda motor sebanyak 120.101.047 unit 7%.. (Badan Pusat Statistik, 2018).

Kota Makassar mengalami peningkatan jumlah penduduk dan jumlah kendaraan setiap tahunnya. Saat ini sering terjadi permasalahan lalu lintas khususnya pada persimpangan jalan. Persimpangan adalah simpul pada jaringan jalan di mana jalan-jalan bertemu dan lintasan kendaraan berpotongan. Lalu lintas pada masing-masing kaki persimpangan menggunakan ruang jalan pada persimpangan (Lumintang , Gland YB , dkk . 2013). Menurut Manual Kapasitas Jalan Indonesia tahun 1997, pemilihan jenis simpang untuk suatu daerah sebaiknya berdasarkan pertimbangan ekonomi, pertimbangan keselamatan lalu lintas, dan pertimbangan lingkungan. Simpang jalan tanpa sinyal, yaitu simpang yang tidak memakai sinyal lalu lintas. Pada simpang ini pemakai jalan harus memutuskan apakah mereka cukup aman untuk melewati simpang atau harus berhenti dahulu sebelum melewati simpang tersebut. Pada tipe simpang tak bersinyal, sering ditemukan titik-titik konflik arus lalu lintas yang mengakibatkan kemacetan arus lalu lintas terutama pada saat jam-jam sibuk. (Pratama, Muhammad Daryl Marta dan Elkhasnet, 2019)

Kemacetan lalu lintas akan mengakibatkan berbagai macam permasalahan yang paling utama adalah masalah pencemaran udara. Dari penelitian terdahulu yang dilakukan oleh Jumingin, dan Ridwan Septyanto pada tahun 2019 di Kota Palembang pada titik simpang Jalan Demang Lebar Daun di dapatkan konsentrasi PM10 sebesar $113,8\mu\text{g}/\text{Nm}^3$, sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh Gunawan Hendra, dkk pada tahun 2018 pada titik simpang di Jl. Sudirman Kota Padang di dapatkan konsentrasi PM10 sebesar $131,26\mu\text{g}/\text{m}^3$. Dari kedua penelitian tersebut konsentrasi PM10 yang didapatkan masih di bawah batas

maksimum yang di perbolehkan berdasarkan PPRI No.41 tahun 1999 yaitu $150 \mu\text{g}/\text{Nm}^3$

Material partikulat atau disebut juga PM (*Particulate Matter*) merupakan gabungan dari partikel-partikel kecil dan butiran cair. Partikel- partikel polutan dapat dibentuk dari berbagai komponen seperti asam nitrat dan asam sulfat, komponen organik kimiawi, logam serta partikel debu. Ukuran partikel dapat berpengaruh pada masalah kesehatan. Partikulat yang memiliki diameter 10 mikron atau lebih kecil dapat masuk ke dalam paru-paru manusia, karena partikel ini tidak dapat disaring melalui organ pernapasan manusia. (Prawira Adi Putra, 2011).

Partikel yang lebih merusak kesehatan adalah partikel dengan diameter 2,5 mikron atau kurang, ($\leq \text{PM } 2.5$). PM 2.5 dapat menembus penghalang paru-paru dan memasuki sistem darah. Paparan kronis terhadap partikel berkontribusi terhadap risiko pengembangan penyakit kardiovaskular dan pernapasan, serta kanker paru-paru. (WHO, 2018).

Salah satu software untuk melihat prediksi polutan PM10 (*Particulate Matter*) di suatu titik adalah *software* Caline4. Caline4 adalah program untuk memodelkan dispersi emisi udara dari sumber garis yang dikembangkan oleh *California Departement of Transportation* (Caltrans). Program ini menggunakan konsep zona pencampuran untuk membuat perkiraan dispersi polutan di sekitar jalan raya termasuk simpang jalan (Benson,1989). Nugraha Raditya,dkk pada tahun 2017 telah melakukan penelitian pengukuran kualitas udara di simpang lima Kota Semarang pada saat *Car Free Day* dengan menggunakan aplikasi caline 4 dan mendapatkan data kualitas udara di simpang tersebut masih berada di bawah baku mutu. 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.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penelitian ini dilakukan untuk menganalisis tingkat konsentrasi PM 10 (*Particulate Matter*) di beberapa Simpang tak Bersinyal di Kota Makassar serta mengetahui pola penyebarannya dengan menggunakan *Software Caline 4*.

Maka dari itu, peneliti tertarik untuk melakukan penelitian sebagai Tugas Akhir dengan judul : ***“Analisis Konsentrasi PM10 (Particulate Matter) Pada Simpang Tak Bersinyal di Kota Makassar”***

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan diantaranya :

- 1) Berapa konsentrasi PM10 (*Particulate Matter*) pada beberapa Simpang tak Bersinyal di Kota Makassar.
- 2) Bagaimana pola sebaran konsentrasi PM10 (*Particulate Matter*) pada beberapa Simpang tak Bersinyal di Kota Makassar menggunakan software Caline-4.

C. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian sebagai berikut :

- 1) Menganalisis konsentrasi PM10 (*Particulate Matter*) pada beberapa Simpang tak Bersinyal di kota Makassar.
- 2) Menganalisis pola sebaran konsentrasi PM10 (*Particulate Matter*) pada beberapa Simpang tak Bersinyal di Kota Makassar.

D. Ruang Lingkup Wilayah

Adapun batasan – batasan dari penelitian ini yaitu :

- 1) Parameter pencemar yang digunakan dalam permodelan dan pengukuran adalah PM10 (*Particulate Matter*).
- 2) Lokasi penelitian yaitu pada 14 jalan Simpang tak Bersinyal di Kota Makassar.

E. 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 dibidang Kualitas Udara atau sejenisnya dalam pengerjaan tugas, pembuatan laporan praktikum, atau dalam tahap penyusunan tugas akhir.

3). Bagi Masyarakat

Memberikan pengetahuan bagi masyarakat dan pengguna jalan mengenai besaran pencemaran polutan *PM10 (Particulate Matter)* yang telah dihasilkan oleh kendaraan pada beberapa Simpang tak Bersinyal di Kota Makassar.

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 TEORITIS

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

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Menjelaskan mengenai langkah-langkah atau prosedur pengambilan dan pengolahan data 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

Menurut PP No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, udara ambien adalah udara bebas di permukaan 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. Unsur-unsur berbahaya yang masuk ke dalam atmosfer dapat berupa Karbon monoksida (CO), Nitrogen dioksida (NO₂), Sulfur dioksida (SO₂), Hidro karbon (HC), dan lain-lain. (Rizki Taher Dwi Kurniawati,dkk. 2015)

B. 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 ketinggian tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya. Pencemaran udara diartikan dengan turunnya kualitas udara sehingga udara mengalami penurunan mutu dalam penggunaannya yang akhirnya tidak dapat digunakan lagi sebagaimana mestinya sesuai dengan fungsinya.

Dalam pencemaran udara selalu terkait dengan sumber yang menghasilkan pencemaran udara yaitu sumber yang bergerak (umumnya kendaraan bermotor) dan sumber yang tidak bergerak (umumnya kegiatan industri) sedangkan pengendalian selalu terkait dengan serangkaian kegiatan pengendalian yang bermuara dari batasan baku mutu udara. Dengan adanya tolok ukur baku mutu udara akan dapat dilakukan penyusunan dan penetapan kegiatan pengendalian pencemaran udara.

Polusi udara didefinisikan sebagai semua efek merusak dari setiap sumber yang berkontribusi pada pencemaran. Polusi udara disebabkan oleh intervensi

manusia dan / atau fenomena alam. Ini terdiri dari banyak jenis polutan termasuk bahan dalam fase padat, cair, dan gas. (Adhel Ghorani-Azam,dkk.2016)

C. Emisi Kendaraan Bermotor

1. Pengertian Emisi

Menurut PP no 41 tahun 1999 Emisi adalah zat, energi dan/atau komponen lain yang dihasilkan dari suatu kegiatan yang masuk dan/atau dimasukkannya ke dalam udara ambien yang mempunyai dan/atau tidak mempunyai dan/atau tidak mempunyai potensi sebagai unsur pencemar.

Emisi gas buang kendaraan bermotor diukur dalam gram per kendaraan per km dari suatu perjalanan dan terkait dengan beberapa faktor seperti tipe kendaraan, umur kendaraan, ambang temperatur dan ketinggian. Kendaraan dengan usia dan jenis bahan bakar yang berbeda akan menghasilkan kadar emisi yang berbeda juga (Yuliasuti, 2008).

Sumber emisi adalah setiap usaha dan/atau kegiatan yang mengeluarkan emisi dari sumber bergerak, sumber bergerak spesifik, sumber tidak bergerak maupun sumber tidak bergerak spesifik.

2. Jenis Kendaraan Bermotor

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

3. Besaran Emisi Kendaraan Bermotor

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

No.	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
1	Sepeda Motor	14	5,9	0,29	0,24	3180	0,008
2	Mobil (Bensin)	40	4	2	0,01	3180	0,026
3	Mobil (Solar)	2,0	0,2	3,5	0,01	3172	0,44
4	Mobil (BBM Jenis Lain)	32,4	3,2	2,3	0,12	3178	0,11
5	Bis	11	1,3	11,9	1,4	3172	0,93
6	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). Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung perkiraan volume kendaraan dengan metode nilai pertumbuhan menurut Supranto (2000), sebagai berikut :

$$p_n = p_0(1 + i)^n \quad (2)$$

Dimana :

- P_n = Jumlah kendaraan tahun ke-n
 P_0 = Jumlah kendaraan tahun awal
 i = Tingkat pertumbuhan kendaraan (%)
 n = Tahun

D. PM 10

1. Pengertian Partikulat (PM10)

PM10 adalah debu partikulat yang terutama dihasilkan dari emisi gas buangan kendaraan. Sekitar 50% - 60% dari partikel melayang merupakan debu berdiameter 10 μm . Debu PM10 ini bersifat sangat mudah terhirup dan masuk ke dalam paru-paru, sehingga PM10 dikategorikan sebagai Respirable Particulate Matter (RPM). Akibatnya akan mengganggu sistem pernafasan bagian atas maupun bagian bawah (alveoli). Pada alveoli terjadi penumpukan partikel kecil sehingga dapat merusak jaringan atau sistem jaringan paru-paru, sedangkan debu yang lebih kecil dari 10 μm , akan menyebabkan iritasi mata (Muziansyah,dkk.2015)

2. Sifat Partikulat (PM10)

Partikulat (PM10) ada yang berbentuk cair ataupun padat. Di samping itu ada pula yang berinti padat dan dikelilingi oleh cairan. Partikulat terdiri dari ion organik, senyawa logam, elemen karbon, senyawa organik dan senyawa lainnya. Beberapa partikulat tersebut bersifat higroskopis dan berisi partikulat yang terikat air. Partikulate organik terutama yang berbentuk kompleks, berisi ratusan sampai ribuan senyawa organik. Partikel primer secara langsung diemisikan dari sumber, sedangkan partikulat sekunder terbentuk dari gas melalui reaksi kimia dalam atmosfer. Reaksi kimia dalam atmosfer tersebut meliputi oksigen di atmosfer (O_2)

dan uap air (H₂O), zat reaktif seperti ozon (O₃), senyawa radikal seperti hidroksi radikal (COH) dan nitrate radikal (CNO₃), serta zat polutan (SO₂, NO_x dan gas organik dari alam maupun hasil kegiatan manusia) (US.EPA, 2004). Ukuran adalah faktor yang menentukan sifat partikulat. Ukuran pada umumnya dinyatakan dalam diameter aerodinamika yang mengacu pada kepadatan unit partikulat berbentuk bola. (Lindawaty,2010).

3. Sumber Partikulat (PM10)

Partikulat PM10 secara alami berasal dari tanah, bakteri, virus, jamur, ragi, serbuk sari serta partikulat garam dan evaporasi air laut. Sedangkan dari aktifitas manusia, partikulat dihasilkan dari penggunaan kendaraan bermotor, hasil pembakaran, proses industri dan tenaga listrik. Partikulat PM10 dihasilkan secara langsung dari emisi mesin diesel, industri pertanian, aktifitas di jalan, reaksi fotokimia yang melibatkan polutan (misalnya: hasil pembakaran mesin kendaraan bermotor, pembangkit tenaga listrik dan ketel uap industri). (Lindawaty,2010).

4. Dampak PM10

Efek kesehatan dari paparan PM10 dalam waktu singkat dapat mempengaruhi reaksi radang paru-paru, ISPA (Infeksi saluran pernapasan atas), gangguan pada sistem kardiovasuler, meningkatnya perawatan gawat darurat, peningkatan penggunaan obat bahkan kematian. Sementara dampak jangka panjang PM10 dapat meningkatkan gejala gangguan saluran pernapasan bawah, eksaserbasi asma, penurunan fungsi paru pada anak-anak, peningkatan obstruktif paru-paru kronis, penurunan fungsi paru-paru pada orang dewasa, penurunan tingkat rata-rata tingkat harapan hidup terutama kematian yang diakibatkan oleh penyakit 27 cardiopulmonary dan probabilitas kejadian kanker paru-paru (Nurjanah, 2014).

5. Baku Mutu

Tabel 2. Baku Mutu PM10

No.	Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	Metode Analisis	Peralatan
1	SO ₂ (Sulfur Dioksida)	1 Jam	900 ug/Nm ³	Pararosanilin	Spektrofotometer
		24 Jam	365 ug/Nm ³		
		1 Thn	60 ug/Nm ³		
2	CO (Karbon Monoksida)	1 Jam	30.000 ug/Nm ³	NDIR	NDIR Analyzer
		24 Jam	10.000 ug/Nm ³		
		1 Thn	-		
3	NO ₂ (Nitrogen Dioksida)	1 Jam	400 ug/Nm ³	Saltzman	Spektrofotometer
		24 Jam	150 ug/Nm ³		
		1 Thn	100 ug/Nm ³		
4	O ₃ (Oksidan)	1 Jam	235 ug/Nm ³	Chemiluminescent	Spektrofotometer
		1 Thn	50 ug/Nm ³		
5	HC (Hidro Karbon)	3 Jam	160 ug/Nm ³	Flame Ionization	Gas Chromatografi
6	PM ₁₀ (*) (Partikal < 10 um)	24 Jam	150 ug/Nm ³	Gravimetric	Hi - Vol

Sumber : Peraturan pemerintah no 49 tahun 1999

Menurut PP No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara, baku mutu udara ambien adalah ukurn batas atau kadar zat, energi dan/atau komponen yang ada atau yang seharusnya ada dan/atau unsur pencemaran yang

ditenggang keberadaannya dalam udara ambien. Udara yang melebihi baku mutu dapat merusak lingkungan sekitarnya dan berpotensi mengganggu kesehatan masyarakat sekitarnya.

Nilai konsentrasi PM_{10} diudara yang diperoleh melalui pengukuran kurang dari 24 jam maka dapat dilakukan konversi nilai menggunakan persamaan Model Konversi *Canter* seperti pada persamaan 4 (Agusgindo, 2007) sebagai berikut :

$$C2 = C1x (t1/t2)^{0.185}$$

Dimana,

$C1$ = konsentrasi PM_{10} 24 jam ($\mu g/Nm^3$)

$C2$ = konsntrasi PM_{10} n jam ($\mu g/Nm^3$)

$t1$ = waktu baku mutu (24 jam) (jam)

$t2$ = waktu lama pengambilan data (jam)

p = koefisien konversi Canter ($p = 0,159$)

E. Simpang Tak Bersinyal

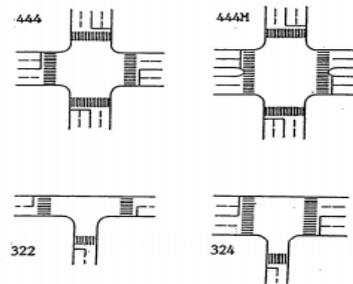
Simpang jalan tanpa sinyal, yaitu simpang yang tidak memakai sinyal lalu lintas. Pada simpang ini pemakai jalan harus memutuskan apakah mereka cukup aman untuk melewati simpang atau harus berhenti dahulu sebelum melewati simpang tersebut. Pada tipe simpang tak bersinyal, sering ditemukan titik-titik konflik arus lalu lintas yang mengakibatkan kemacetan arus lalu lintas terutama pada saat jam-jam sibuk. (Pratama, Muhammad Daryl Marta dan Elkhasnet, 2019)

Karakteristik simpang tidak bersinyal diterapkan dengan maksud sebagai berikut :

1. Pada umumnya digunakan di daerah pemukiman perkotaan dan daerah pedalaman untuk simpang antara jalan setempat yang arus lalu lintasnya rendah.
2. Untuk melakukan perbaikan kecil pada geometrik simpang agar dapat mempertahankan tingkat kinerja lalu lintas yang di inginkan.

Dalam perencanaan simpang tidak bersinyal disarankan sebagai berikut::

1. Sudut simpang harus mendekati 90 demi keamanan lalu lintas.
2. Harus disediakan fasilitas agar gerakan belok kiri dapat dilepaskan dengan konflik yang terkecil terhadap gerakan kendaraan yang lain.
3. Lajur terdekat dengan kerb harus lebih lebar dari yang biasa untuk memberikan ruang bagi kendaraan tak bermotor.
4. Lajur membelok yang terpisah sebaiknya di rencanakan menjauhi garis utama lalu lintas, panjang lajur membelok harus mencukupi untuk mencegah antrian terjadi pada kondisi arus tinggi yang dapat menghambat pergerakan pada lajur terus.
5. Pulau lalu lintas tengah harus digunakan bila lebar jalan lebih dari 10m untuk memudahkan pejalan kaki menyebrang.
6. Jika jalan utama memiliki median, sebaiknya paling sedikit lebarnya 3 – 4 m, untuk memudahkan kendaraan dari jalan kedua menyebrang dalam 2 langkah (tahap).
7. Daerah konflik simpang sebaiknya kecil dan dengan lintasan yang jelas bagi gerakan yang berkonflik. (Wikrama, Agung Jaya 2017).



Gambar 1. Ilustrasi tipe simpang tak bersinyal

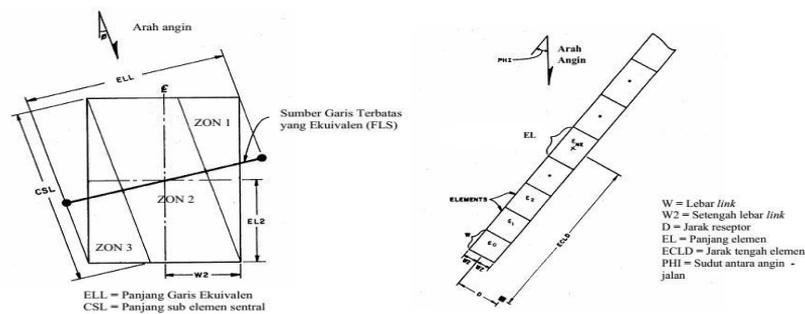
Sumber : MKJI (1997)

F. 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.

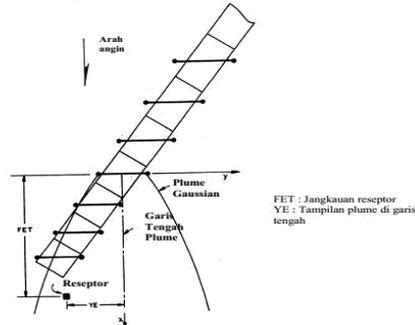


Gambar 2. Seri Elemen Yang Digunakan Caline4

Sumber : Colls (2002)

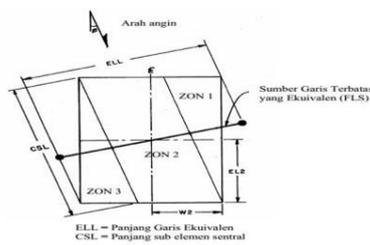
Tiap elemen dimodelkan sebagai sumber garis terhingga (*Finite Line Source* - FLS) ekuivalen yang diposisikan normal (tegak lurus) terhadap arah angin dan berpusat di titik tengah elemen. Sistem koordinat x-y dapat disejajarkan dengan arah angin dan berpusat di tengah elemen. Tingkat emisi yang terjadi 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 3. 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 4. Representasi Elemen Sumber Garis Terbatas
 Sumber : Benson, 1989

G. Program Golden Surfer 16

Surfer merupakan salah satu perangkat lunak produk Golden Software, Inc. Untuk pembuatan peta kontur dan pemodelan tiga dimensi yang didasarkan atas grid. Perangkat lunak ini berperan besar dalam pemetaan kawasan. Surfer digunakan secara luas untuk pemodelan medan, “isualisasi landscape, analisis permukaan, pemetaan kontur, pemetaan permukaan, gridding, “olumetrics” (Elizabeth, 2015).

Surfer adalah satu perangkat lunak yang digunakan untuk pembuatan peta kontur dan pemodelan tiga dimensi dengan mendasarkan pada grid. Perangkat lunak ini melakukan plotting data tabular XYZ tak menjadi lembar titik-titik segi empat (grid) yang beraturan. Grid adalah serangkaian garis vertikal dan horizontal yang dalam surfer berbentuk segi empat (Elizabeth, 2015).

Surfer membantu dalam analisis kelerengan, ataupun morfologi lahan dari suatu foto udara atau citra satelit yang telah dimiliki datum ketinggian aplikasi lain yang sering menggunakan surfer adalah analisis special untuk mitigasi bencana alam yang berkaitan dengan faktor topografi dan morfologi lahan. Surfer dapat memberikan gambaran secara spasial letak potensial bencana (Elizabeth, 2015).

Pada penelitian atau pun studi mengenai kualitas udara, aplikasi surfer dapat dimanfaatkan untuk mengetahui pola penyebaran suatu zat pencemar atau polutan pada suatu kawasan yakni lokasi penelitian atau studi. Variabel utama yang dimasukkan untuk mengetahui pola sebaran polutan ialah variabel arah angin dan kecepatan angin sehingga pada koordinat X dan Y merupakan koordinat untuk arah angin dan kecepatan angin sedangkan Z merupakan tingkat konsentrasi polutan sehingga dapat menunjukkan pemetaan sebaran polutan atau zat pencemar pada suatu wilayah (Abdullah, 2018).

H. Wind Rose

Angin adalah gerak udara yang sejajar dengan permukaan bumi. Udarabergerak dari daerah bertekanan tinggi ke daerah bertekanan rendah. Angin

diberinama sesuai dengan dari arah mana angin datang, misalnya angin timur adalah angin yang datang dari arah timur, angin laut adalah angin dari laut ke darat, dan angin lembah adalah angin yang datang dari lembah menaiki gunung. (Fadholi, 2013).

Arah angin adalah arah darimana angin berhembus atau darimana arus angin datang dan dinyatakan dalam derajat yang ditentukan dengan arah perputaran jarum jam dan dimulai dari titik utara bumi dengan kata lain sesuai dengan titik kompas. Umumnya arus angin diberi nama dengan arah darimana angin tersebut bertiup, misalnya angin yang berhembus dari utara maka angin utara. Kecepatan angin adalah kecepatan dari menjalarnya arus angin dan dinyatakan dalam knot atau kilometer per jam maupun dalam meter per detik (Fadholi, 2013). Karena kecepatan angin umumnya berubah-ubah, maka dalam menentukan kecepatan angin diambil kecepatan rata-ratanya dalam periode waktu selama sepuluh menit dengan dibulatkan dalam harga satuan knot yang terdekat. Keadaan ditentukan sebagai angin teduh (*calm*) jika kecepatan kurang dari satu knot.

Kecepatan angin adalah kecepatan dari menjalarnya arus angin dan dinyatakan dalam knot atau kilometer per jam maupun dalam meter per detik (Soepangkat, 1994). Karena kecepatan angin umumnya berubah-ubah, maka dalam menentukan kecepatan angin diambil kecepatan rata-ratanya dalam periode waktu selama sepuluh menit dengan dibulatkan dalam harga satuan knot yang terdekat. Keadaan ditentukan sebagai angin teduh (*calm*) jika kecepatan kurang dari satu knot.

Wind rose adalah sebuah grafik yang memberikan gambaran tentang bagaimana arah dan kecepatan angin terdistribusikan di sebuah lokasi dalam periode tertentu. *Wind rose* merupakan representasi yang sangat bermanfaat karena dengan jumlah data yang sangat banyak namun dapat diringkas dalam sebuah diagram. Cara untuk menampilkan data angin bervariasi. beberapa penyajian menunjukkan kelebihan daripada yang lain. Akhir-akhir ini jenis *wind rose* baru disajikan sehingga kemampuannya bisa dipelajari (Fadholi, 2013). *Wind rose* memberikan gambaran ringkas namun sarat akan informasi tentang

bagaimana arah dan kecepatan angin terdistribusi pada sebuah lokasi atau area. Ditampilkan dalam format sirkular, *wind rose* menampilkan frekuensi dari arah mana angin berhembus. Panjang dari masing-masing kriteria yang mengelilingi lingkaran diasumsikan sebagai frekuensi waktu dimana angin berhembus dari arah tertentu.

Menurut *lakes environmental* 2013, *WRPLOT View* adalah *wind rose* program untuk data meteorologi. Software ini menyediakan tampilan diagram *wind rose*, analisis frekuensi, dan diagram untuk beberapa format data meteorologi. *Wind rose* menggambarkan frekuensi kejadian dari angin untuk setiap sektor angin spesifik dan kelas-kelas kecepatan angin untuk setiap tempat pada periode tertentu.