

**TUGAS AKHIR**  
**ANALISIS MODEL HUBUNGAN KINERJA SIMPANG TIGA**  
**BERSINYAL JEMBATAN SOEKARNO-HATTA TERHADAP**  
**KUALITAS UDARA KOTA MALANG**



**Disusun Oleh :**  
**Yehezkiel Aldisurya Pratama Siren**  
**NIM. 2021052**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL S-1**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG**

**2026**



**LEMBAR PERSETUJUAN**

**TUGAS AKHIR**

**“ANALISIS MODEL HUBUNGAN KINERJA SIMPANG TIGA  
BERSINYAL JEMBATAN SOEKARNO-HATTA TERHADAP  
KUALITAS UDARA KOTA MALANG”**

**Disusun Oleh :**

**YEHEZKIEL ALDISURYA PRATAMA SIREN**

**NIM. 2021052**

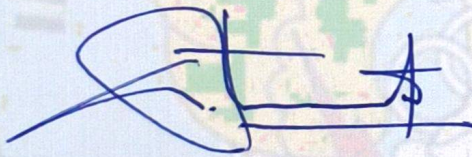
**Telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan**

**Pada tanggal      Februari 2026**

**Disetujui Oleh :**

**Pembimbing I**

**Pembimbing II**



**Ir. Eding Iskak Imananto, MT.**

**NIP. 196605061993031004**

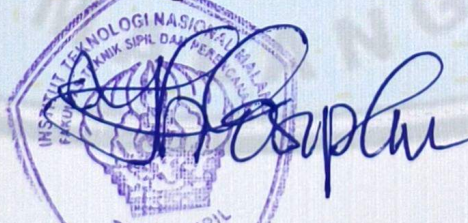


**Annur Ma'ruf, ST., MT.**

**NIP. P. 1032000579**

**Mengetahui,**

**Ketua Program Studi Teknik Sipil S1**



**Dr. Yosimson P. Manaha, ST., MT.**

**NIP. P. 1030300383**



**LEMBAR PENGESAHAN**

**TUGAS AKHIR**

**ANALISIS MODEL HUBUNGAN KINERJA SIMPANG TIGA BERSINYAL  
JEMBATAN SOEKARNO-HATTA TERHADAP KUALITAS UDARA KOTA  
MALANG**

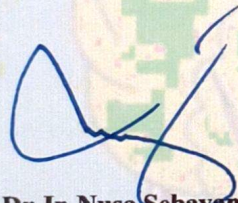
**Tugas Akhir Ini Telah Dipertahankan Di Depan Dosen Penguji Tugas Akhir Jenjang  
Strata (S-1) Pada Tanggal Februari 2026 Dan Diterima Untuk Memenuhi  
Syarat Untuk Memperloeh Gelar Sarjana Teknik Sipil S-1**

**Disusun Oleh :**

**Yehezkiel Aldisurya Pratama Siren 20.21.052**

**Dosen Penguji**

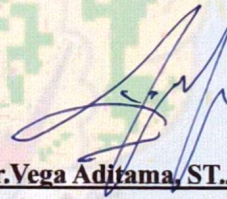
**Dosen Penguji I**



**Dr. Ir. Nusa Sebayang, MT.**

**NIP. 196702181993031002**

**Dosen Penguji II**



**Dr. Vega Aditama, ST., MT.**

**NIP. Y. 1031500508**

**Disahkan Oleh:**

**Ketua Program Studi**

**Teknik Sipil S-1**



**Dr. Yosimson P. Manaha, ST., MT.**

**NIP. P. 1030300383**

**Sekretaris Program Studi**

**Teknik Sipil S-1**



**Nenny Roostrianawaty, ST., MT.**

**NIP. P. 1031700533**



## PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : YEHEZKIEL ALDISURYA PRATAMA SIREN

NIM 2021052

Program Studi : Teknik Sipil Strata 1 (S-1)

Fakultas : Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan

Menyatakan bahwa Tugas Akhir saya yang berjudul :

**“ANALISIS MODEL HUBUNGAN KINERJA SIMPANG TIGA BERSINYAL  
JEMBATAN SOEKARNO-HATTA TERHADAP KUALITAS UDARA KOTA  
MALANG”**

Adalah sebenar – benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya, di dalam naskah TUGAS AKHIR ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang tertulis dikutip dalam naskah ini disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah TUGAS AKHIR ini dapat dibuktikan terdapat unsur – unsur PLAGIASI, saya yang bertanda tangan di bawah ini bersedia TUGAS AKHIR ini digugurkan dan gelar akademik yang saya peroleh (Sarjana) dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang – undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, Pasal 25 ayat 2 dan Pasal 70).

Malang, Februari 2026

Yang membuat pernyataan



**YEHEZKIEL A.P SIREN**

**NIM. 2021052**



## ABSTRAK

### **"ANALISIS MODEL HUBUNGAN KINERJA SIMPANG TIGA BERSINYAL JEMBATAN SOEKARNO-HATTA TERHADAP KUALITAS UDARA KOTA MALANG".**

Oleh : Yehezkiel Aldisurya Pratama Siren, (2021052) Dosen Pembimbing I : Ir. Eding Iskak Imananto, MT. Dosen Pembimbing II : Annur Ma'ruf, ST., MT. Program Studi Teknik Sipil S-1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.

---

Simpang bersinyal merupakan bagian penting dari sistem jaringan jalan perkotaan yang sangat memengaruhi kinerja lalu lintas dan lingkungan. Simpang tiga bersinyal di Jalan Soekarno-Hatta, Kota Malang, memiliki volume lalu lintas yang tinggi sehingga berpotensi menimbulkan kemacetan dan peningkatan emisi kendaraan bermotor. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hubungan antara kinerja simpang tiga bersinyal dengan kualitas udara di sekitarnya. Metode penelitian yang digunakan adalah survei lapangan untuk memperoleh data volume lalu lintas, kondisi geometrik simpang, serta konsentrasi polutan udara. Analisis kinerja simpang dilakukan menggunakan Pedoman Kapasitas Jalan Indonesia (PKJI) 2023 dengan parameter derajat kejenuhan, tundaan, dan tingkat pelayanan.

Kualitas udara dianalisis berdasarkan konsentrasi karbon monoksida (CO) dan nitrogen dioksida (NO<sub>2</sub>) dengan mengacu pada Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU) tahun 2020. Hasil analisis menunjukkan bahwa pada jam puncak, simpang mengalami derajat kejenuhan tinggi dan tingkat pelayanan rendah yang menyebabkan tundaan dan antrean kendaraan meningkat. Kondisi tersebut berpengaruh terhadap meningkatnya konsentrasi CO dan NO<sub>2</sub> di sekitar simpang. Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa penurunan kinerja simpang berkontribusi terhadap penurunan kualitas udara. Oleh karena itu, diperlukan upaya rekayasa lalu lintas dan optimasi pengaturan sinyal untuk meningkatkan kinerja simpang serta mengurangi dampak pencemaran udara.

Kata kunci: simpang bersinyal, kinerja simpang, kualitas udara, derajat kejenuhan, PKJI 2023



## ABSTRACT

### **"MODELING THE RELATIONSHIP BETWEEN THE PERFORMANCE OF THE SOEKARNO-HATTA BRIDGE SIGNALIZED T-INTERSECTION AND URBAN AIR QUALITY".**

By : Yehezkiel Aldisurya Pratama Siren, (2021052) Supervisor I : Ir. Eding Iskak Imananto, MT. Dosen Supervisor II : Annur Ma'ruf, ST., MT. Program Studi Teknik Sipil S-1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang.

---

Signalized intersections play an important role in urban road networks and significantly affect traffic performance and environmental conditions. The signalized three-leg intersection at Soekarno-Hatta Road, Malang City, experiences high traffic volumes, particularly during peak hours, which potentially leads to congestion and increased vehicle emissions. This study aims to analyze the relationship between the performance of a signalized three-leg intersection and the surrounding air quality. The research method involved field surveys to obtain traffic volume data, intersection geometric conditions, and air pollutant concentrations. Intersection performance was analyzed using the Indonesian Highway Capacity Guidelines (PKJI) 2023, focusing on the degree of saturation, delay, and level of service.

Air quality analysis was conducted based on carbon monoxide (CO) and nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>) concentrations using the Air Pollution Standard Index (ISPU) 2020. The results indicate that during peak hours, the intersection experiences a high degree of saturation and a low level of service, resulting in increased delays and vehicle queues. These conditions contribute to higher concentrations of CO and NO<sub>2</sub> in the study area. It can be concluded that a decrease in intersection performance has a direct impact on the deterioration of air quality. Therefore, traffic engineering measures and signal optimization are required to improve intersection performance and reduce the impact of air pollution.

Keyword: signalized intersection, intersection performance, air quality, degree of saturation



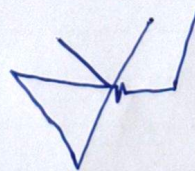
## KATA PENGANTAR

Puji syukur pada Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan kemudahan untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul **“ANALISIS MODEL HUBUNGAN KINERJA SIMPANG TIGA BERSINYAL JEMBATAN SOEKARNO-HATTA TERHADAP KUALITAS UDARA KOTA MALANG”** sesuai dengan waktu yang ditentukan. Pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu pelaksanaan dan penyusunan Tugas Akhir ini kepada :

1. Bapak Dr. Yosimson P. Manaha, ST., MT. selaku Ketua Program Studi Teknik Sipil
2. Bapak Ir. Eding Iskak Imananto, MT. selaku Dosen Pembimbing I Tugas Akhir.
3. Bapak Annur Ma'ruf, ST., MT. selaku Dosen Pembimbing II Tugas Akhir.
4. Bapak dan Ibu Dosen Institut Teknologi Nasional Malang yang telah memberikan ilmu pengetahuan guna menunjang penyusunan Tugas Akhir ini.
5. Kedua Orang Tua yang telah memberikan dukungan baik moril maupun materil.

Penulis menyadari bahwa Tugas Akhir ini belum sempurna dan mengharapkan saran dari pembaca untuk perbaikan selanjutnya. Semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi kita semua.

Malang, Februari 2026



Yehezkiel Aldisurya Pratama Siren

NIM: 2021052



## DAFTAR ISI

|                                                       |             |
|-------------------------------------------------------|-------------|
| <b>TUGAS AKHIR.....</b>                               | <b>1</b>    |
| <b>LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....</b>             | <b>3</b>    |
| <b>PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....</b>           | <b>4</b>    |
| <b>ABSTRAK .....</b>                                  | <b>v</b>    |
| <b>ABSTRACT .....</b>                                 | <b>vi</b>   |
| <b>DAFTAR ISI.....</b>                                | <b>viii</b> |
| <b>DAFTAR TABEL .....</b>                             | <b>xi</b>   |
| <b>DAFTAR GAMBAR.....</b>                             | <b>xiii</b> |
| <b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>                         | <b>1</b>    |
| 1.1 Latar Belakang.....                               | 1           |
| 1.2 Identifikasi Masalah.....                         | 3           |
| 1.3 Rumusan Masalah.....                              | 4           |
| 1.4 Tujuan Studi.....                                 | 4           |
| 1.5 Manfaat Studi.....                                | 5           |
| 1.6 Batasan Masalah.....                              | 5           |
| 1.7 Lokasi Studi.....                                 | 5           |
| <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>                   | <b>6</b>    |
| 2.1 Studi Terdahulu.....                              | 6           |
| 2.2.Persimpangan.....                                 | 11          |
| 2.1.1 Pengertian Persimpangan.....                    | 11          |
| 2.1.2 Jenis-Jenis Simpang.....                        | 12          |
| 2.1.3 Kode Tipe Simpang.....                          | 13          |
| 2.3 Simpang Bersinyal.....                            | 13          |
| 2.4 Data Masukan.....                                 | 15          |
| 2.5 Penentuan Waktu Isyarat.....                      | 17          |
| 2.5.1 Tipe Pendekat.....                              | 17          |
| 2.5.2 Penentuan Lebar Pendekat Efektif (LE) .....     | 18          |
| 2.5.3 Penentuan Arus Jenuh.....                       | 19          |
| 2.5.4 Faktor Penyesuaian Akibat Hambatan Samping..... | 21          |
| 2.5.5 Faktor Koreksi Ukuran Kota.....                 | 22          |



|                                                                                            |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.5.6 Faktor Penyesuaian Akibat Kelandaian .....                                           | 23        |
| 2.5.7 Faktor Penyesuaian Akibat Lalu Lintas Belok Kanan (FBKa) dan Belok Kiri (FBKi) ..... | 24        |
| 2.5.8 Rasio Arus atau Rasio Arus Jenuh .....                                               | 25        |
| 2.5.9 Waktu Merah Semua dan Waktu Hijau Hilang Total .....                                 | 26        |
| 2.5.10 Waktu Siklus (s) dan Waktu Hijau (WH) .....                                         | 29        |
| 2.5.11 Kapasitas Simpang .....                                                             | 30        |
| 2.6 Kinerja Lalu Lintas .....                                                              | 30        |
| 2.6.1 Derajat Kejenuhan .....                                                              | 30        |
| 2.6.2 Panjang Antrian .....                                                                | 31        |
| 2.6.3 Tundaan .....                                                                        | 35        |
| 2.7 Tingkat Pelayanan .....                                                                | 37        |
| 2.8 Kualitas Udara .....                                                                   | 39        |
| 2.8.1 Pencemaran Udara dan Dampaknya .....                                                 | 40        |
| 2.8.2 Emisi .....                                                                          | 42        |
| 2.8.3 Indeks Standar Pencemaran Udara .....                                                | 44        |
| 2.9 Model Hubungan Kinerja Simpang dengan Udara .....                                      | 46        |
| <b>BAB III METODOLOGI STUDI .....</b>                                                      | <b>50</b> |
| 3.1 Rancangan Studi .....                                                                  | 50        |
| 3.2 Lokasi Studi .....                                                                     | 50        |
| 3.3 Metode Pengumpulan Data .....                                                          | 51        |
| 3.3.1 Data Primer .....                                                                    | 51        |
| 3.3.2 Data Sekunder .....                                                                  | 52        |
| 3.4 Kegiatan Survei .....                                                                  | 52        |
| 3.4.1 Waktu Survei .....                                                                   | 52        |
| 3.4.2 Peralatan Survei .....                                                               | 52        |
| 3.4.3 Jenis Survey .....                                                                   | 54        |
| 3.5 Lokasi Titik Surveyor .....                                                            | 58        |
| 3.6 Metode Analisa Data .....                                                              | 59        |
| 3.6.1 Metode analisa kinerja simpang .....                                                 | 59        |
| 3.7 Solusi Alternatif .....                                                                | 59        |
| 3.8 Bagan Alir Rencana .....                                                               | 60        |
| <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>                                                   | <b>61</b> |
| 4.1 Pengolahan Data .....                                                                  | 61        |
| 4.1.1 Data Sekunder Jumlah Penduduk .....                                                  | 61        |



|                                                                                      |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 4.1.2 Data Primer .....                                                              | 61        |
| 4.1.3 Kondisi Geometrik Jalan.....                                                   | 62        |
| 4.1.3.1 Penetapan Penggunaan Isyarat APPIL pada Simpang Tiga<br>Soekarno-Hatta ..... | 66        |
| 4.1.4 Analisis Volume Lalu Lintas .....                                              | 67        |
| 4.1.4.1 Ekuivalensi Mobil Penumpang .....                                            | 67        |
| 4.1.5 Analisa Waktu Antar Hijau dan Waktu Hilang.....                                | 72        |
| 4.2 Analisa Kondisi Eksisting.....                                                   | 75        |
| 4.2.1 Derajat Kejenuhan Pada Kondisi Eksisting ( $D_j$ ).....                        | 75        |
| 4.2.2 Panjang Antrian Jam Puncak ( $P_A$ ).....                                      | 75        |
| 4.2.3 Tundaan ( $T$ ).....                                                           | 77        |
| 4.2.4 Tingkat pelayanan pada simpang Tiga Jembatan Soekarno -Hatta .....             | 78        |
| 4.3 Alternatif Perbaikan Simpang.....                                                | 79        |
| 4.3.1 Pengoptimalan waktu siklus .....                                               | 79        |
| 4.4 Analisa Kualitas Udara .....                                                     | 81        |
| 4.4.1 Nitrogen Dioksida ( $NO_2$ ) .....                                             | 85        |
| 4.4.2 Model Hubungan Kinerja Lalu Lintas Dan Kualitas Udara.....                     | 86        |
| 4.4.3 Nitrogen Dioksida ( $NO_2$ ) .....                                             | 89        |
| <b>BAB V .....</b>                                                                   | <b>92</b> |
| <b>KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>                                                     | <b>92</b> |
| 5.1 Kesimpulan.....                                                                  | 92        |
| 5.2 Saran .....                                                                      | 93        |
| <b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>                                                          | <b>94</b> |



## DAFTAR TABEL

|                                                                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabel 2. 1</b> Perbandingan Studi Terdahulu .....                                                                         | 10 |
| <b>Tabel 2. 2</b> Kode Tipe Simpang .....                                                                                    | 13 |
| <b>Tabel 2. 3</b> Ekuivalensi Mobil Penumpang (EMP) .....                                                                    | 16 |
| <b>Tabel 2. 4</b> Kriteria Kelas Hambatan Samping .....                                                                      | 21 |
| <b>Tabel 2. 5</b> Nilai Faktor Hambatan Samping .....                                                                        | 22 |
| <b>Tabel 2. 6</b> Faktor Koreksi Ukuran Kota (Fuk).....                                                                      | 23 |
| <b>Tabel 2. 7</b> Kriteria Tingkat Pelayanan Simpang .....                                                                   | 38 |
| <b>Tabel 2. 8</b> Konversi Nilai Konsentrasi Parameter ISPU.....                                                             | 45 |
| <b>Tabel 2. 9</b> Kategori Angka Rentang Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU).....                                           | 46 |
| <b>Tabel 2. 10</b> Perbedaan Regresi Linier dan Non-Linier .....                                                             | 48 |
| <b>Tabel 2. 11</b> Kuat Hubungan Variabel .....                                                                              | 49 |
| <b>Tabel 3. 1</b> Formulir Survey Data Volume Lalu Lintas.....                                                               | 56 |
| <b>Tabel 3. 2</b> Formulir Survey Data Kualitas Udara .....                                                                  | 57 |
| <b>Tabel 4. 1</b> Jumlah Penduduk Kota Malang .....                                                                          | 61 |
| <b>Tabel 4. 2</b> Data Geometrik Simpang 3 Jembatan Soekarno Hatta.....                                                      | 61 |
| <b>Tabel 4. 3</b> Faktor Koreksi Ukuran Kota .....                                                                           | 63 |
| <b>Tabel 4. 4</b> Faktor penyesuaian untuk tipe lingkungan jalan, hambatan<br>samping dan kendaraan tak bermotor (FHS) ..... | 63 |
| <b>Tabel 4. 5</b> Konfigurasi Waktu Sinyal Simpang Soekarno Hatta hasil pengamatan<br>dilapangan .....                       | 67 |
| <b>Tabel 4. 6</b> Nilai EMP untuk KS dan SM .....                                                                            | 68 |
| <b>Tabel 4. 7</b> Total Arus Lalu Lintas pendekat utara. Sabtu, 22 Feb 2025 .....                                            | 68 |
| <b>Tabel 4. 8</b> Volume Lalu Lintas Pada Simpang Soekarno-Hatta Sabtu<br>22-02-2025 .....                                   | 70 |
| <b>Tabel 4. 9</b> Rekapitulasi Perhitungan Waktu Antar Hijau dan Waktu Hilang Total<br>pada Simpang Soekarno Hatta .....     | 74 |
| <b>Tabel 4. 10</b> Analisa Derajat Kejenuhan SA-IV .....                                                                     | 75 |
| <b>Tabel 4. 11</b> Waktu siklus (S) yang layak.....                                                                          | 79 |
| <b>Tabel 4. 12</b> Kinerja simpang Soekarno Hatta setelah dilakukan pengoptimalan<br>waktu siklus.....                       | 81 |



|                                                                                                                                                     |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabel 4. 13</b> Analisa perhitungan emisi CO untuk hasil survey yang dilakukan selama Workday dan Weekday .....                                  | 82 |
| <b>Tabel 4. 14</b> Hasil Konversi emisi CO untuk hasil survey yang dilakukan selama Workday dan Weekday .....                                       | 83 |
| <b>Tabel 4. 15</b> Standar Konversi ISPU, Molekul CO .....                                                                                          | 84 |
| <b>Tabel 4. 16</b> Analisa perhitungan emisi NO <sub>2</sub> untuk hasil survey yang dilakukan selama Workday dan Weekday .....                     | 85 |
| <b>Tabel 4. 17</b> Standar Konversi ISPU, Molekul NO <sub>2</sub> .....                                                                             | 86 |
| <b>Tabel 4. 18</b> Rekapitulasi Analisis Korelasi nilai CO dan Tundaan pada simpang Soekarno Hatta hari Selasa 25, Feb 2025 .....                   | 86 |
| <b>Tabel 4. 19</b> Rekapitulasi Analisis Korelasi nilai NO <sub>2</sub> dan Tundaan pada simpang Soekarno Hatta pada hari Selasa, 25 Feb 2025 ..... | 89 |
| <b>Tabel 4. 20</b> Rekapitulasi Analisis Korelasi nilai NO <sub>2</sub> dan Tundaan pada simpang Soekarno Hatta pada hari Selasa, 25 Feb 2025 ..... | 91 |



## DAFTAR GAMBAR

|                                                                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Gambar 1. 1</b> Lokasi Survey Jl. Soekarno Hatta-Jl. MT Haryono-Jl. Mayjend Panjaitan .....                                          | 2  |
| <b>Gambar 1. 2</b> Kemacetan pada Simpang Tiga Jl. Soekarno-Hatta.....                                                                  | 3  |
| <b>Gambar 2. 1</b> Konflik Primer dan Konflik Sekunder pada Simpang 4 Lengan ....                                                       | 14 |
| <b>Gambar 2. 2</b> Penentuan Tipe Pendekat .....                                                                                        | 18 |
| <b>Gambar 2. 3</b> Lebar Pendekat Dengan dan Tanpa Pulau Lalu Lintas .....                                                              | 19 |
| <b>Gambar 2. 4</b> Faktor Koreksi untuk Kelandaian ( $F_G$ ) .....                                                                      | 24 |
| <b>Gambar 2. 5</b> Faktor koreksi untuk belok kanan (FBKa), pada pendekat tipe P dengan jalan dua arah, dan LE ditentukan oleh LM ..... | 25 |
| <b>Gambar 2. 6</b> Faktor Koreksi untuk belok kiri (FBKi) untuk pendekat tipe P tanpa BKiJT, dan LE ditentukan oleh LM.....             | 26 |
| <b>Gambar 2. 7</b> Titik konflik kritis dan jarak untuk keberangkatan dan kedatangan                                                    | 28 |
| <b>Gambar 2. 8</b> Jumlah Kendaraan Tersisa (SMP) Dari Sisa Fase Sebelumnya.....                                                        | 33 |
| <b>Gambar 2. 9</b> Jumlah Kendaraan Yang Datang Kemudian Antri Pada Fase Merah .....                                                    | 34 |
| <b>Gambar 3. 1</b> Peta Lokasi.....                                                                                                     | 52 |
| <b>Gambar 3. 2</b> ENVILIFE Air Quality Monitoring System AquPod .....                                                                  | 55 |
| <b>Gambar 3. 3</b> Denah Lokasi Titik Surveyor.....                                                                                     | 60 |
| <b>Gambar 3. 4</b> Diagram Alir .....                                                                                                   | 63 |
| <b>Gambar 4. 1</b> Geometrik Simpang Tiga Soekarno-Hatta.....                                                                           | 64 |
| <b>Gambar 4. 2</b> Grafik Faktor penyesuaian semua tipe pendekat (Kelandaian $F_G$ ).....                                               | 65 |
| <b>Gambar 4. 3</b> Fase Simpang Tiga Jembatan Soekarno Hatta.....                                                                       | 66 |
| <b>Gambar 4. 4</b> Fase dan Diagram waktu siklus simpang Soekarno Hatta.....                                                            | 67 |
| <b>Gambar 4. 5</b> Volume Lalu Lintas Lengan Hari Sabtu, 22-02-25 .....                                                                 | 70 |
| <b>Gambar 4. 6</b> Volume Lalu Lintas Lengan Hari Minggu 23-02-2025 .....                                                               | 71 |
| <b>Gambar 4. 7</b> Volume Lalu Lintas Lengan Senin, 24-02-2025 .....                                                                    | 71 |
| <b>Gambar 4. 8</b> Volume Lalu Lintas Lengan Hari Selasa 25-02-2025 .....                                                               | 72 |
| <b>Gambar 4. 9</b> Titik Konflik dan Jarak untuk Menentukan Keberangkatan dan Kedatangan.....                                           | 73 |



|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Gambar 4. 10</b> Grafik konsentrasi CO Terhadap tundaan.....               | 88 |
| <b>Gambar 4. 11</b> Grafik konsentrasi NO <sub>2</sub> Terhadap tundaan ..... | 91 |