

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.1 Latar Belakang**

DKI Jakarta merupakan kota metropolitan terbesar berdasarkan populasinya di Indonesia (Handayani et al., 2021). Angka pengguna kendaraan bermotor meningkat seiring dengan pertumbuhan jumlah penduduk yang ada di Provinsi DKI Jakarta. Berdasarkan data dari Provinsi DKI Jakarta dalam Angka 2024, pada tahun 2023 jumlah kendaraan bermotor jenis mobil dan sepeda motor mengalami kenaikan sebesar lebih dari 500.000 unit dibandingkan tahun sebelumnya (Umi et al., 2024). Pertumbuhan jumlah kendaraan yang tidak terkendali dapat menyebabkan terjadinya kemacetan lalu lintas (Maha, 2022). Mobilitas penduduk yang tinggi dari pinggiran kota menuju pusat kegiatan merupakan rutinitas harian yang ada di DKI Jakarta.

Terdapat beberapa moda angkutan umum yang dikembangkan khusus oleh pemerintah daerah untuk melayani mobilitas masyarakat di DKI Jakarta. Sebagai upaya peningkatan jumlah penggunaan angkutan umum dilakukan pelayanan dengan sistem intergasi antar moda transportasi (Sahara & Iqbal, 2024). Angkutan umum ini meliputi MRT (*Mass Rapid Transit*), LRT (*Light Rail Transit*), dan BRT (*Bus Rapid Transit*). Seluruh angkutan umum ini bersinergi dan berkolaborasi agar tercapainya target kolektif yaitu integrasi antarlayanan dan wilayah. BRT atau yang lebih dikenal dengan istilah busway melintasi jalan raya dan bersinggungan langsung dengan kendaraan lain serta kemacetan lalu lintas (Dagun, 2006) dalam (Ramanda, 2022). Busway memiliki jalur khusus yang harus steril dari berbagai hambatan dari kendaraan lain (ITDP Indonesia, 2019). Tujuan adanya jalur khusus adalah agar busway dapat melaju tanpa adanya hambatan dari kendaraan lain khususnya kendaraan pribadi (Ismiyati et al., 2016).

Keadaan ketidakpastian interval waktu antar busway cenderung menciptakan fenomena headway yang tidak terjaga dengan baik (Setiawan et al., 2024). Saat ini, perlu dilakukan peningkatan kualitas pelayanan dari segi waktu perjalanan bus. Tantangan terkait efisiensi waktu perjalanan bagi

pengguna busway terus dikaji dan dibenahi. Adanya prioritas pelayanan berupa jalur khusus bagi busway diharapkan mampu menuntaskan permasalahan ini. Rendahnya kesadaran mematuhi peraturan lalu lintas belum dapat memberikan efek jera menyebabkan pengendara sepeda motor dan kendaraan pribadi lainnya melaju di jalur steril ini. Berdasarkan Undang Undang Nomor 22 Tahun 2009 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Jalan, sanksi berupa pidana kurungan paling lama dua bulan atau denda dengan besaran nominal Rp500.000 diberikan kepada penerobos jalur busway.

Beberapa bentuk penanganan telah dilakukan, dimulai dari adanya razia di jalur busway, pemasangan MCB (*Moving Concrete Block*), dan portal yang bersifat manual dirasa belum maksimal dalam menekan pelanggaran lalu lintas berupa menerobos jalur busway (Triwiyatno & Widodo, 2016). Pemasangan palang pintu dilakukan di jalur khusus yang sudah dipasang separator. Palang pintu pada jalur busway dipasang untuk sterilisasi jalur. Rendahnya tingkat kesadaran akan kewajiban mematuhi dan menghormati hak pengguna jalan lain mendorong oknum-oknum menerobos jalur busway.

Perkembangan teknologi mendorong pergeseran tenaga kerja menjadi sistem otomasi dan digitalisasi mesin yang kian dekat dengan kehidupan manusia (Suwardana, 2018). Salah satunya telah merambah di bidang transportasi. Sistem palang pintu secara otomatis terbuka dengan sensor ultrasonik dan infrared. Berdasarkan permasalahan di atas, saat ini perlu dikembangkan sebuah sistem palang pintu otomatis di jalur busway untuk menekan angka pelanggaran lalu lintas berupa penyalahgunaan jalur busway bagi kendaraan pribadi. Peneliti bermaksud melakukan inovasi melalui penelitian ini yang berjudul **"RANCANG BANGUN PROTOTIPE PALANG PINTU OTOMATIS (PAPINTO) BERBASIS ARDUINO UNO PADA JALUR TRANSJAKARTA"**.

## **I.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dari penelitian rancang bangun Papinto sebagai prototipe palang pintu otomatis pada jalur Transjakarta ini adalah:

1. Bagaimana model model pengembangan palang pintu otomatis di jalur Transjakarta berbasis Arduino Uno?

2. Bagaimana skenario untuk penempatan palang pintu otomatis di jalur Transjakarta berbasis Arduino Uno?
3. Bagaimana efektivitas palang pintu otomatis di jalur Transjakarta berbasis Arduino Uno?

### **I.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah dilakukannya penelitian rancang bangun palang pintu otomatis (Papinto) pada jalur Transjakarta ini adalah:

1. Lokasi penelitian pendahuluan berupa observasi dilakukan di wilayah DKI Jakarta.
2. Penelitian ini dilakukan menggunakan miniatur.
3. Miniatur bus dan mobil yang digunakan berskala 1:32.
4. Sensor yang digunakan adalah sensor infrared dan ultrasonik.
5. Digunakan untuk penegakkan hukum dalam bentuk penderekan dengan mengacu pada Peraturan Daerah Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta Nomor 5 Tahun 2002 tentang Pembatasan dan Larangan Penggunaan Kendaraan Bermotor di Jalan Tertentu di Kawasan Tertentu di Ibukota Negara Republik Indonesia.

### **I.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan umum dari pelaksanaan kegiatan magang di Dinas Provinsi DKI Jakarta adalah untuk mendapatkan pengalaman kerja yang sesuai dengan bidang jurusan yang kami pelajari selama di kampus yakni bidang transportasi. Tujuan penyusunan laporan magang individu di Dinas Perhubungan Provinsi DKI Jakarta sebagai berikut:

1. Membuat model pengembangan palang pintu otomatis di jalur Transjakarta berbasis Arduino Uno.
2. Merancang skenario untuk penempatan palang pintu otomatis di jalur Transjakarta berbasis Arduino Uno.
3. Menguji efektivitas palang pintu otomatis di jalur Transjakarta berbasis Arduino Uno.

## **I.5 Manfaat Penelitian**

Dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

### **1. Bagi Dinas Perhubungan Provinsi DKI Jakarta**

Bagi Dinas Perhubungan Provinsi DKI Jakarta dan instansi terkait lainnya, hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai bahan rujukan serta rekomendasi terhadap penanganan pelanggaran penyalahgunaan jalur khusus busway dalam menekan angka kemacetan lalu lintas. Penelitian ini diharapkan dapat dipertimbangkan dalam upaya peningkatan penyelenggaraan pelayanan angkutan umum di Provinsi DKI Jakarta.

### **2. Bagi Masyarakat**

Kegiatan magang ini diharapkan bermanfaat dalam mengasah pola pikir dalam menganalisis dan berpikir kritis yang bersifat objektif dalam menyikapi permasalahan tertentu. Selain itu, meningkatkan wawasan serta pengetahuan terkait penyelenggaraan penegakkan hukum di bidang lalu lintas dan angkutan jalan.

### **3. Bagi Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan**

Bagi Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan, hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan evaluasi dan peningkatan bahan ajar maupun sumber referensi pembelajaran khususnya untuk program studi D-IV Rekayasa Sistem Transportasi Jalan agar memiliki standar dan kompetensi yang unggul di bidangnya.

## **I.6 Ruang Lingkup**

### **I.4.1 Ruang Lingkup Lokasi**

Kegiatan magang ini ditekankan pada peran aktif dari taruna/i dalam menambah wawasan pengetahuan tentang pengetahuan serta pengalaman dunia kerja di Dinas Perhubungan Provinsi DKI Jakarta sebagai upaya untuk mempersiapkan *soft skill* yang akan dihadapinya di dunia kerja nanti.

#### I.4.2 Ruang Lingkup Analisis

Berikut merupakan ruang lingkup analisis:

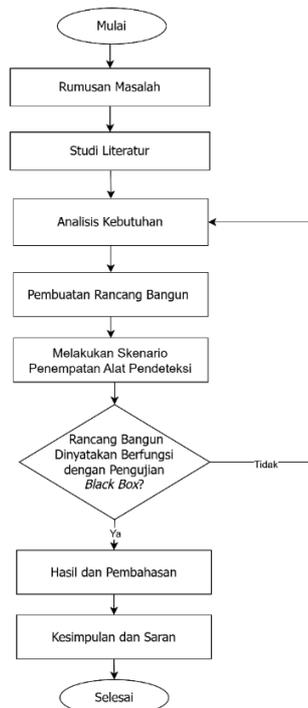
1. Menjelaskan model pembuatan palang pintu otomatis di jalur busway berbasis arduino uno.
2. Menggambarkan skenario penempatan palang pintu otomatis di jalur busway berbasis arduino uno.
3. Menganalisis efektivitas palang pintu otomatis di jalur busway berbasis arduino uno.

#### I.7 Waktu dan Tempat Pelaksanaan Penelitian

Kegiatan magang dilaksanakan mulai tanggal 12 Agustus 2024 sampai 12 Februari 2024 di Dinas Perhubungan Provinsi DKI Jakarta berlokasi di Jl. Taman Jatibaru No.1, RT.17/RW.1, Cideng, Gambir, Kota Jakarta Pusat, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 10150.

#### I.8 Metode Kegiatan

##### I.6.1 Bagan Alir



**Gambar I.1** Bagan Alir Penelitian (Dokumentasi Penulis)

## I.6.2 Tahapan Pelaksanaan Penelitian

Tahapan-tahapan pada pelaksanaan penelitian ini dapat dilihat pada Gambar I.1 Diagram Alir dan dijelaskan lebih lanjut sebagai berikut.

### I.6.2.1 Rumusan Masalah

Peneliti melakukan pengamatan terkait permasalahan transportasi yang ada di DKI Jakarta. Inovasi berupa pengembangan teknologi merupakan topik yang sedang hangat diperbincangkan dan terus digaungkan oleh Pemerintah Provinsi DKI Jakarta. Melalui pengamatan terhadap permasalahan kemacetan yang menghambat laju pergerakan bus Transjakarta dan menyebabkan *headway* yang tidak menentu. Hal ini tentu merugikan banyak pihak, mulai dari pemerintah sebagai penyumbang subsidi, PT Transportasi Jakarta (Transjakarta), petugas halte, sopir, dan pengguna busway sendiri. Dimana pengguna tidak dapat menentukan dengan pasti waktu kedatangan dan keberangkatan busway. Bus Transjakarta dengan trayek reguler memiliki jalur khusus yang membentang di sepanjang jalan raya dan dibatasi oleh *concrete barrier*. Kendaraan pribadi dilarang melintasi jalur ini. Segala bentuk penerobosan akan dikenai sanksi. Saat ini bentuk pencegahan pelanggaran ini adalah dengan adanya palang pintu manual yang dijaga oleh petugas pada saat *peak hour*. Artinya di luar *peak hour* bentuk pelanggaran lalu lintas berupa memanfaatkan jalur khusus busway untuk kepentingan pribadi tidak dapat dihindarkan. Oleh karena itu, perlu dikembangkan inovasi terkait palang pintu otomatis di jalur busway untuk menekan angka pelanggaran dan menciptakan lalu lintas yang lancar. Kemudian peneliti membuat rumusan masalah terkait model pembuatan alat, skenario penempatan alat, dan menilai efektivitas alat sebelum dapat ditampilkan kepada pihak terkait.

#### I.6.2.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mencari referensi penelitian terdahulu yang diperoleh melalui jurnal, artikel, skripsi, buku, dan berita. Selain itu, dari regulasi yang mengatur tentang transportasi dan penertiban lalu lintas khususnya di jalur busway.

#### I.6.2.3 Analisis Kebutuhan

Peneliti harus mengetahui dan memahami kebutuhan calon pengguna untuk menentukan solusi sistem perangkat lunak yang akan digunakan. Pengumpulan data pada tahap ini dapat berupa observasi, studi literatur, dan lain-lain. Peneliti akan menggali informasi sebanyak-banyaknya dari calon pengguna, sehingga akan tercipta sistem perangkat lunak yang dapat melakukan tugas-tugas yang sesuai dengan keinginan calon pengguna. Tahapan ini menjadi acuan pengembang dalam menerjemahkan ke dalam bahasa pemrograman.

#### I.6.2.4 Pembuatan Rancang Bangun

Tahap ini meliputi perancangan alat termasuk melakukan desain hingga membangun modul-modul yang kemudian digabungkan menjadi satu kesatuan yang disebut dengan Papinto. Pengkodean program dengan menggunakan berbagai tools untuk menuangkan pemodelan yang telah dibuat ke dalam bentuk user interface menggunakan aplikasi Arduino IDE.

##### 1. Komponen pada Sistem

###### a. Sensor Ultrasonik (HC-SR04)

Digunakan untuk mendeteksi jarak suatu objek. Sensor ini mengukur jarak berdasarkan pantulan gelombang ultrasonik.

###### b. Sensor Inframerah (IR)

Digunakan untuk mendeteksi keberadaan objek yang melewati palang pintu. Sensor ini bekerja dengan mendeteksi adanya hambatan pada sinar inframerah.

c. Servo Motor

Servo bertugas menggerakkan palang pintu ke posisi terbuka (180 derajat) atau tertutup (90 derajat).

d. Arduino Uno R3

Arduino Uno berperan sebagai papan mikrokontroler yang berfungsi mengendalikan dan memproses data dari berbagai komponen elektronik seperti sensor, motor servo, LED, relay, dan modul lainnya. Dengan mikrokontroler Atmega328 di dalamnya, Arduino Uno memungkinkan pengguna untuk memprogram dan mengotomatisasi perangkat elektronik dengan mudah menggunakan bahasa pemrograman C++ melalui Arduino IDE.

e. Kabel Jumper

Untuk menyambungkan komponen pada breadboard tanpa menyolder, dapat menggunakan kabel jumper. Dalam kebanyakan kasus, kabel jumper memiliki sambungan atau pin di kedua ujungnya. Sambungan jantan (*male connector*) dan konektor betina (*female connector*).

f. *Breadboard*

Untuk alasan pengujian atau pembuatan prototipe, dapat membuat sirkuit listrik sementara di *breadboard* dibandingkan menyoldernya. Hal ini dapat menghindari kerusakan pada komponen listrik dan membuatnya dapat digunakan lagi dan lagi dengan membuat sirkuit di *breadboard*. Umumnya *breadboard* terbuat dari plastik dan memiliki beberapa lubang. Tata letak jaringan koneksi internalnya menentukan pola penempatan lubang. Berdasarkan susunan jaringan di dalamnya, lubang-lubang tersebut disusun terlebih dahulu untuk dijadikan suatu pola. Selain itu, biasanya ada tiga ukuran *breadboard* yang tersedia untuk dibeli.

*breadboard* mini, *breadboard* sedang, dan *breadboard* besar adalah tiga ukuran papan sirkuit.

g. *Power Supply*

*Breadboard* Arduino dapat menerima daya dengan tiga metode: melalui USB, menggunakan *jack power supply*, dan melalui pin Vin. Setiap metode memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Tidak akan ada perubahan saat kita menghubungkan atau mencabut kabel USB ketika Arduino terhubung dengan sumber daya eksternal. Sumber daya akan beralih ke USB hanya jika tegangan dari sumber eksternal turun di bawah batas yang diizinkan, yaitu sekitar 7,2V (dihitung dari 6,6V ditambah 0,6V).

h. Palang Pintu Miniatur (Plastik)

Palang pintu ini dapat dibuat dengan memanfaatkan berbagai alat bekas di sekitar, seperti pulpen bekas yang sudah tidak berfungsi.

i. Stiker/Reflektor (Miniatur Bus)

Miniatur bus yang digunakan memiliki dimensi panjang 19 cm, lebar 4 cm, dan tinggi 5 cm.

j. Obeng atau Alat Tambahan untuk Pemasangan Komponen

Obeng berguna dalam mengencangkan dan melonggarkan baut dalam proses pemasangan komponen di dalam *electronic box*.

2. Perangkat Lunak

a. *Arduino Integrated Development Environment* (IDE)

Berasal dari platform wiring, Arduino adalah mikrokontroler papan tunggal sumber terbuka yang bertujuan untuk menyederhanakan penggunaan elektronik di beberapa domain. C adalah bahasa pemrograman yang digunakan oleh perangkat lunak Arduino, dan prosesor Atmel AVR menggerakkan perangkat keras Arduino. Berikut penampakan memori

Arduino Uno : Kapasitas Memori : Flash 32 KB, SRAM 2 KB, dan EEPROM 1 KB. Jam papan Uno beroperasi pada frekuensi 16 Mhz dan menggunakan XTAL. Tegangan aktif sekitar 5 volt adalah semua kebutuhan daya Arduino Uno, sehingga dapat diaktifkan dengan koneksi USB. Arduino Uno mempunyai dua puluh delapan kaki yang umum digunakan. Perangkat I/O digital memiliki empat belas kaki, diberi nomor dari nol hingga tiga belas, enam di antaranya dapat menghasilkan sinyal modulasi lebar pulsa (PWM) (kaki 3, 5, 6, 9, 10, dan 11). Empat belas kaki digital Uno masing-masing dapat memberikan atau menerima hingga empat puluh miliampere (mA) dan tegangan maksimum lima volt (Satriyo, 2013).

*Arduino Integrated Development Environment* (IDE) adalah perangkat lunak yang membantu pemrogram membuat aplikasi untuk mikrokontroler. Aplikasi ini dapat ditulis dari kode sumber, dikompilasi, diunggah bersama hasilnya, dan diuji melalui antarmuka serial. Arduino IDE merupakan saluran untuk memprogram papan yang ingin program serta perangkat lunak yang memungkinkan membuat sketsa pemrograman. Peneliti dapat memodifikasi, membuat, mengunggah ke papan yang ditunjuk, dan membuat kode program tertentu menggunakan Arduino IDE. Breadboard Arduino dapat menerima daya dengan tiga metode: melalui USB, menggunakan *jack power supply*, dan melalui pin Vin. Setiap metode memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Tidak akan ada perbedaan jika kita menghubungkan dan mencabut kabel USB pada saat Arduino terhubung dengan power supply eksternal. Tidak akan ada perubahan saat kita menghubungkan atau mencabut kabel USB ketika Arduino terhubung dengan sumber daya eksternal.

Sumber daya akan beralih ke USB hanya jika tegangan dari sumber eksternal turun di bawah batas yang diizinkan, yaitu sekitar 7,2V (dihitung dari 6,6V ditambah 0,6V). Arduino IDE memanfaatkan bahasa pemrograman C dan C++ untuk mengendalikan mikrokontroler Arduino. Bahasa ini telah disesuaikan agar lebih sederhana, sehingga mempermudah pengguna dalam memberikan instruksi ke perangkat keras. Struktur program pada Arduino terdiri dari dua fungsi utama: `setup()`, yang digunakan untuk inisialisasi seperti konfigurasi pin I/O atau komunikasi serial, dan `loop()`, yang berisi kode utama yang dijalankan secara berulang.

#### I.6.2.5 Melakukan Skenario Penempatan Alat

Setelah sistem berhasil dibangun, tahap selanjutnya adalah melakukan perancangan peletakan palang pintu otomatis pada jalur busway. Penentuan penempatan alat ini untuk memudahkan calon pengguna dalam memahami rancangan konsep dan alat yang hendak diwujudkan dalam bentuk prototipe.

#### I.6.2.6 Menguji Rancang Bangun dengan *Black Box Testing*

Pengujian rancang bangun palang pintu otomatis pada jalur busway bertujuan untuk meminimalisir adanya kesalahan pada sistem. Metode pengujian yang digunakan adalah *Black Box Testing*. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui fungsi dari sistem, apakah sistem yang dibangun dapat bekerja dengan optimal dan juga sempurna. Jika sistem dapat bekerja secara optimal dan sempurna, maka sistem telah siap digunakan.

#### I.6.2.7 Hasil dan Pembahasan

Setelah melakukan perancangan, pembuatan, hingga pengujian alat, dilakukan pengambilan data primer yang kemudian diolah untuk dilakukan pembahasan Pembangunan sistem dan hasil pengujian. Pembahasan ini berisi tentang

model alat pendeteksi, skenario penempatan alat menggunakan diorama, dan efektivitas Papinto sebagai prototipe palang pintu otomatis di jalur busway.

#### I.6.2.8 Kesimpulan dan Saran

Tahapan yang terakhir adalah penarikan kesimpulan dan saran setelah dilakukannya penelitian rancang bangun Papinto sebagai prototipe palang pintu otomatis di jalur busway.

### I.6.3 Pengumpulan dan Analisis Data

#### 1. Pengumpulan Data

Data penelitian rancang bangun palang pintu otomatis ini terbagi dalam dua jenis data yaitu data primer dan data sekunder.

##### a) Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh langsung di lapangan. Data primer yang digunakan yaitu hasil pengujian pada palang pintu otomatis.

##### b) Data Sekunder

Data sekunder adalah data yang digunakan untuk mendukung serta melengkapi data primer yang diperoleh melalui orang lain maupun sumber lain yang dapat dipertanggungjawabkan.

#### 2. Analisis Data

##### a) Model Pembuatan Palang Pintu Otomatis di Jalur Busway Berbasis Arduino Uno

Alat ini merupakan sistem otomatis untuk mengendalikan palang pintu berdasarkan input dari sensor ultrasonik dan sensor inframerah (IR). Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan dengan model *Waterfall* dimana terdapat beberapa tahapan yang diuraikan pada penjelasan berikut:

##### 1) *Requirement Analysis* (Tahap Analisis Kebutuhan)

Tahap analisa kebutuhan dari rancang bangun Papinto sebagai prototipe palang pintu otomatis di jalur busway. Pada tahap ini diawali dengan petentuan terkait kebutuhan dalam membangun sistem yang berguna bagi pengembang

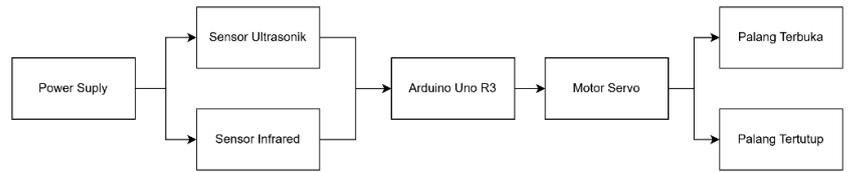
dalam memahami rancangan dan gambaran dari alat yang hendak dibangun. Pada tahap analisis kebutuhan ini, peneliti melakukan studi pendahuluan sebagai dasar dalam proses analisis masalah urgensi alat ini diciptakan. Peneliti melakukan observasi sebagai studi pendahuluan dengan mengamati beberapa jalur busway yang ada di DKI Jakarta. Hal ini dilakukan untuk memudahkan penulis dalam melakukan analisa serta mempersiapkan rancangan konseptual sebagai dasar dalam mewujudkan dan membangun sistem ini. Perlu digarisbawahi apakah dengan sistem ini konsep yang ada dapat diadopsi dan dikembangkan oleh pemerintah Provinsi DKI Jakarta dan PT Transportasi Jakarta guna menekan angka pelanggaran menerobos jalur khusus busway untuk kepentingan pribadi dan menstabilkan *headway* busway.

## 2) *System and Software Design* (Tahap Desain)

Peneliti menyajikan rancangan sementara kepada pengembang untuk memudahkan proses pengerjaan dalam membangun sistem. Hal yang disajikan dapat berupa masukan dan keluaran yang dihasilkan. Rancangan sistem dipaparkan kepada pengembang terkait palang pintu otomatis di jalur busway berbasis Arduino Uno sebagai masukan. Kemudian sensor ultrasonik akan membuka palang pintu jika jarak objek kurang dari ambang batas tertentu (5 cm, yang diatur dalam `distanceThreshold`), maka palang pintu akan terbuka, sedangkan sensor infrared sebagai penutup palang pintu akan bekerja jika ada objek (sinar inframerah terhalang). Pada rancangan alat ini terdapat beberapa inputan sebagai objek dalam membangun Papinto palang pintu otomatis di jalur busway, seperti miniatur bus Transjakarta sebagai objek bus yang melintasi jalur busway.

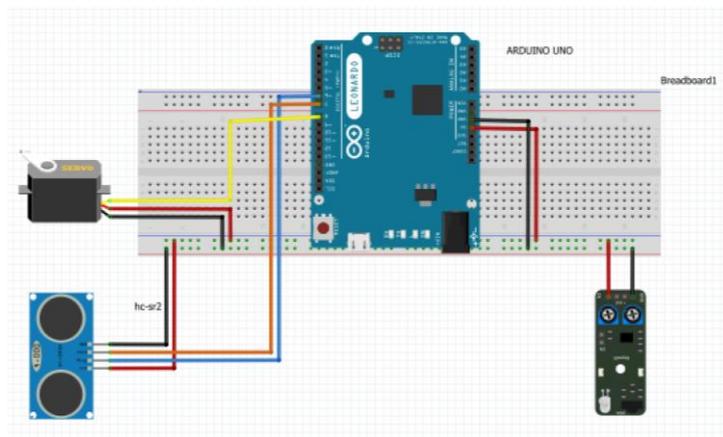
Perancang palang pintu otomatis di jalur busway ini dapat dilihat pada gambar pemodelan sistem di bawah ini.

(a) Blok Diagram Sistem



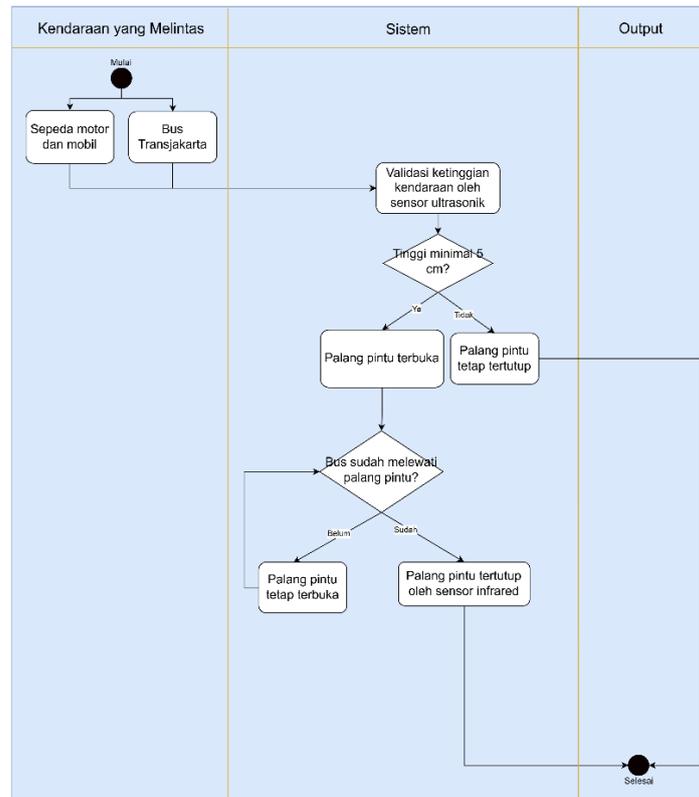
**Gambar I.2** Blok Diagram Sistem  
(Dokumentasi Penulis)

(b) Diagram Wiring



**Gambar I.3** Diagram Wiring  
(Dokumentasi Penulis)

(c) *Diagram Activity*



**Gambar I.4** *Diagram Activity*  
(Dokumentasi Penulis)

Penjelasan *Diagram Activity* sebagai berikut:

- (1) Bus Transjakarta, sepeda motor, dan mobil adalah jenis kendaraan yang sering melintas di jalur busway.
- (2) Sistem akan melakukan validasi ketinggian kendaraan apakah kurang dari 5 cm atau lebih. Kendaraan dengan ketinggian di bawah 5 cm tidak dapat melintasi jalur busway karena sensor ultrasonik tidak dapat mendeteksi objek, sehingga palang pintu tidak terbuka. Miniatur bus memiliki ketinggian 5 cm, sedangkan sepeda motor dan mobil memiliki ketinggian di bawahnya. Oleh karena itu yang dapat melintasi jalur ini hanyalah bus. Setelah kendaraan tersebut melintas kemudian sensor infrared akan menutup kembali palang pintu tersebut.

3) *Implementation* (Tahap Implementasi Kode)

Langkah selanjutnya adalah tahap pengembangan sistem dengan melakukan perakitan perangkat keras dan pengimplementasian kode program.

4) *Integration and System Testing* (Tahap Integrasi dan Pengujian)

Proses integrasi dilakukan dengan menyatukan beberapa modul yang telah dirancang dan memasangnya pada model jalan raya serta jalur busway yang sudah dibuat.

5) Tahap Pengujian

Tahapan pengujian bertujuan untuk menekan kemungkinan kesalahan pada sistem. Metode pengujian yang digunakan adalah Black-Box Testing. Pengujian dengan metode ini berfokus pada jawaban atas pertanyaan "apakah sistem yang dibangun dapat bekerja dengan optimal dan juga sempurna?". Jika hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem telah berkerja secara optimal dan sempurna, maka alat telah siap digunakan.

6) *Operation and Maintenance* (Tahap Pemeliharaan)

Tahap terakhir adalah tahapan pengoperasian dan pemeliharaan alat. Setelah dilakukan pengujian, alat kemudian dapat dikembangkan dan melakukan pemeliharaan. Konsep dari prototipe ini kemudian dapat diadopsi dan dikembangkan pada jalur-jalur busway di DKI Jakarta melalui kolaborasi dan koordinasi Pemerintah Daerah dengan PT Transportasi Jakarta.

b) Skenario Penempatan Palang Pintu Otomatis di Jalur Busway

Rancang bangun Papinto palang pintu otomatis di jalur busway ini menggunakan miniatur bus Transjakarta sebagai objek kendaraan yang melintas. Instrumen berupa jalan raya dan jalur busway dicetak menggunakan jenis kertas luster. Sensor ultrasonik dan infrared melekat pada palang pintu otomatis yang diletakkan pada sisi kiri jalur. Terdapat aturan berupa hanya busway yang dapat melintasi jalur ini dengan ketinggian

tertentu. Oleh karena itu, pemanfaatan miniatur bus Transjakarta dengan ketinggian 5cm digunakan sebagai objek kajian. Dimana palang pintu hanya akan terbuka jika kendaraan yang melintasi jalur memiliki ketinggian lebih dari 5cm, artinya kendaraan di bawah 5cm tidak dapat melintasi jalur ini.

c) Pengujian Alat

Pengujian alat dilakukan menggunakan uji *black box testing* untuk mengetahui sejauh mana kinerja alat berfungsi sesuai dengan hasil yang diharapkan dengan hasil yang sebenarnya terjadi.

(1) Pengujian Mikrokontroler Arduino Uno R3

Uji coba dilakukan dengan menghubungkan mikrokontroler Arduino Uno R3 ke port USB di komputer pribadi (PC) melalui kabel USB. Ketika LED pada mikrokontroler Arduino Uno R3 menyala, itu menandakan bahwa mikrokontroler tersebut beroperasi dengan baik.

(2) Uji Kerja Sensor Ultrasonik dan Sensor Infrared

Sensor ultrasonik dan sensor inframerah digunakan sebagai komponen utama pada miniatur palang pintu otomatis di jalur busway. Kedua sensor tersebut berfungsi sebagai alat pendeteksi bagi sistem. Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi tingkat presisi dan akurasi sensor. Pengujian ini melibatkan beberapa percobaan dengan berbagai jarak pengukuran untuk mengamati respons sensor terhadap keberadaan busway serta tindakan yang diambil.