

PERANCANGAN SISTEM PALANG PINTU OTOMATIS TERPILIH BERBASIS RFID

Charisma Dwilestari¹⁾, Agustinus Purna Irawan²⁾ dan Agus Halim³⁾

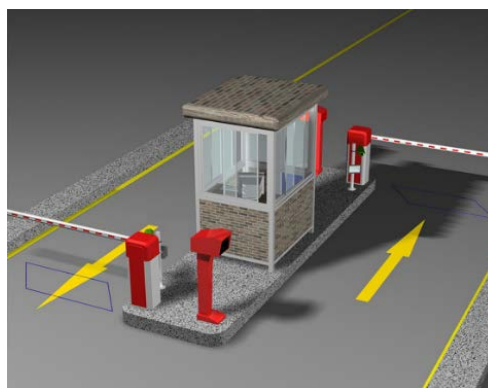
Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara
e-mail: ¹⁾charisma.515180010@stu.untar.ac.id, ²⁾agustinus@untar.ac.id, ³⁾agush@ft.untar.ac.id

Abstract: An apartment is a place to live in a building, equipped with various facilities, and is a public area inhabited by hundreds or even thousands of people. The security system in the apartment is not comfortable and safe, because of the condition of the apartment area that can be accessed by anyone as a fellow occupant (one area but in a different building). Based on the observations that have been made, one solution that can be done is to limit access to the apartment building. This access restriction can be done by dividing the entrance and adding boom barriers in each lane. The method used is a design method based on the results of observations. The design of this system considers the number of lanes, vehicle speed, and distance traveled. The speed used is in the range of 5 km/h and 20 km/h with a maximum distance of 27,081 m and a minimum distance of 9.998 m. The fastest travel time obtained is 1.799 s with a speed of 20 km/h and the slowest is 19.497 s with a speed of 5 km/h.

Keywords: Apartment, Boom Barrier, Velocity, Travel Time, Distance.

PENDAHULUAN

Apartemen adalah tempat tinggal (terdiri atas kamar duduk, kamar tidur, kamar mandi, dapur, dan sebagainya) yang berada pada satu lantai bangunan bertingkat yang besar dan mewah, dilengkapi dengan berbagai fasilitas (kolam renang, pusat kebugaran, toko, dan sebagainya) [1]. Pada masa awal, apartemen belum setinggi dan semegah sekarang, namun yang dapat membeli apartemen adalah orang yang memiliki uang lebih, karena harga apartemen cukup mahal. Apartemen merupakan sebuah gedung yang dihuni oleh ratusan bahkan ribuan orang dan oleh sebab itu maka apartemen dapat dikatakan sebagai tempat umum. Apartemen tidak hanya memiliki sebuah *tower* dalam satu kawasan, namun ada beberapa *tower* dalam satu kawasan. Fakta bahwa terdapat beberapa *tower* dalam sebuah kompleks/kawasan apartemen sering menyebabkan rasa tidak nyaman dan kurang aman. Rasa kurang nyaman dan aman ini disinyalir oleh perilaku penghuni yang terkadang bertindak tanpa memikirkan kepentingan orang lain dan juga adanya kasus kehilangan, baik perampokan, pencurian dan lain lain. Salah satu contoh ketidaknyamanan yang diakibatkan oleh sesama penghuni yang sering kali terjadi adalah terkadang penghuni parkir tidak pada tempat yang seharusnya (mis. Penghuni *tower* A parkir pada area parkir penghuni *tower* B).



Gambar 1. Boom barrier pada pintu masuk sebuah kawasan

Upaya yang dapat dilakukan dalam menanggulangi masalah ini adalah dengan melakukan pembatasan akses masuk, pembatasan ini tidak hanya berlaku bagi orang luar namun juga terhadap penghuni kawasan tersebut. Solusi ini merupakan pengembangan dari sistem keamanan yang sebelumnya telah ada pada kawasan apartemen, pengembangan dilakukan dengan membuat kawasan apartemen ini hanya dapat diakses oleh orang-orang yang telah memiliki ID Card dan juga

orang-orang yang berkepentingan dan telah didata secara lengkap oleh pihak keamanan. Pembatasan akses masuk dilakukan dengan cara membagi jalur masuk dan menambahkan boom barrier pada masing-masing *tower*. *Boom barrier* pada masing-masing jalur akan terhubung pada RFID reader yang akan men-scan ID Card dan akan terbuka secara otomatis jika ID Card yang discan sesuai.

Sistem gerbang penghalang kendaraan, adalah batang, atau balok yang diputar untuk memungkinkan menghalangi kendaraan atau orang yang lewat melalui titik yang dikendalikan. Biasanya, ujung pintu masuk *boom* naik secara normal mendekati posisi regular [2]. Palang pintu konvensional sering kali diputar secara manual oleh manusia dan dengan menggunakan pemberat pada salah satu sisi. Palang pintu berputar secara vertikal dan saat dibuka, palang tampak tegak. Palang pintu sering diberi bandul untuk menjaga keseimbangan. Palang pintu dapat memiliki panjang yang sama dengan lebar jalan sehingga dapat menghalangi kedua arah lalu-lalang kendaraan. Namun seiring berjalannya waktu maka lahirlah sistem palang pintu yang lebih modern, yaitu sistem palang pintu yang digerakan dengan menggunakan sistem kontrol [3].

Perancangan ini dilakukan dengan tujuan untuk menangani dan memberikan solusi terhadap rasa kurang nyaman dan aman dari penghuni apartemen. Hasil dari perancangan ini juga dapat meningkatkan akurasi data dan meminimalisir *human error* yang mungkin terjadi. Peningkatan efektifitas, keamanan, rasa nyaman, dan penggunaan yang efisien merupakan hal yang akan dipertimbangkan dalam perancangan desain dan sistem.

Perancangan dilakukan dalam upaya mengembangkan sistem-sistem hasil penelitian yang telah ada. Berdasarkan dengan hasil penelitian yang telah ada, pada perancangan kali ini yang menjadi pembeda adalah fakta bahwa terdapat beberapa palang pintu otomatis yang telah terangkai dalam satu rangkaian sistem yang berpusat pada RFID Box sebagai penerima signal utama. Penggunaan banyak palang pintu otomatis ini ditujukan untuk membuat kawasan tersebut lebih aman dan lebih nyaman. Penelitian mengenai boom barrier memang belum banyak, namun boom barrier umum digunakan sebagai akses masuk kawasan secara umum saja, bukan untuk membatasi akses masuk ke setiap kawasan yang lebih spesifik [4][5][6].

Sistem palang pintu otomatis terpilih berbasis RFID yang dirancang akan melakukan perhitungan terhadap beberapa variabel penting yang akan diperhitungkan untuk membangun suatu sistem yang efektif. Pada perancangan ini, sistem tidak hanya meliputi satu perangkat RFID Box dan satu perangkat *boom barrier* saja, namun juga akan mengandung beberapa boom barrier yang dapat disesuaikan dengan kebutuhan (sesuai dengan lingkungan yang membutuhkan). Sistem ini akan memudahkan akses masuk bagi penghuni dan membatasi akses masuk dari masyarakat umum yang tidak memiliki hunian pada kawasan tersebut.

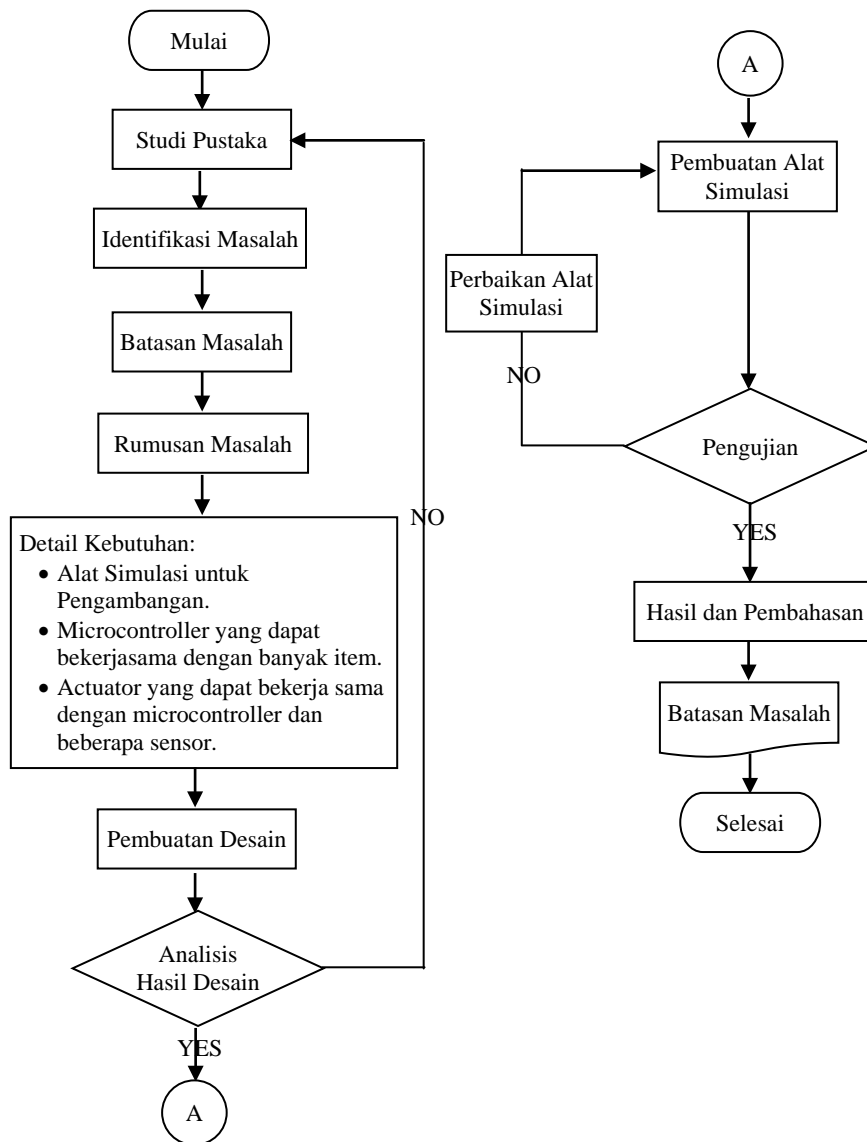
METODE PERANCANGAN

Metode perancangan yang digunakan adalah metode sistematis, hal ini diawali dengan menentukan topik apa yang akan diangkat dan mencari literatur yang dapat digunakan untuk topik. Sistem keluar masuk kawasan apartemen adalah topik utama yang akan dibahas dan dikembangkan. Pengamatan terhadap kondisi serta berbagai aspek dari ini akan digunakan sebagai acuan untuk membuat identifikasi dan batasan masalah. Perancangan ini akan difokuskan pada bagaimana cara membuat sistem yang dapat meningkatkan keamanan, efektifitas, dan keefisienan dari sistem keluar masuk kawasan apartemen yang menggunakan palang pintu otomatis.

Pembuatan alat simulasi sistem akan dimulai dengan melakukan pembuatan desain berdasarkan dengan kebutuhan dan aspek utama yang harus ada dalam sistem tersebut. Setelah pembuatan desain, maka akan dilakukan analisis terhadap desain yang telah dibuat, jika desain sesuai dengan topik dan juga tujuan, maka akan dilakukan dengan pembuatan alat simulasi, namun jika desain tidak sesuai maka akan dilakukan peninjauan kembali [7].

Salah satu aspek yang diperhitungkan dalam proses pengujian adalah lebar maksimum dan minimum mobil, kecepatan maksimal mobil, jarak yang akan ditempuh oleh mobil yang digunakan, dan waktu tempuh mobil. Perbaikan alat simulasi sangat mungkin untuk dilakukan jika hasil

pengujian masih belum sesuai dengan target yang akan dicapai. Hasil analisis dan pengujian dari alat simulasi akan digunakan sebagai kesimpulan dari perancangan sistem palang pintu otomatis ini.



Gambar 2. Diagram alir perancangan

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan terhadap desain yang dibuat dapat dilakukan dengan melakukan melakukan survei terhadap dimensi mobil yang kemungkinan akan digunakan oleh penghuni. Dimensi kendaraan akan digunakan untuk membuat desain sistem palang pintu, sehingga sistem akan berjalan dengan baik dan tidak menghambat pergerakan kendaraan. Data dimensi maksimum dan minimum mobil dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Dimensi maksimum minimum kendaraan (mobil) [8]

Kendaraan	Maksimum (mm)	Minimum (mm)
Panjang	5905	3395
Lebar	2132	1475
Tinggi	2285	1230

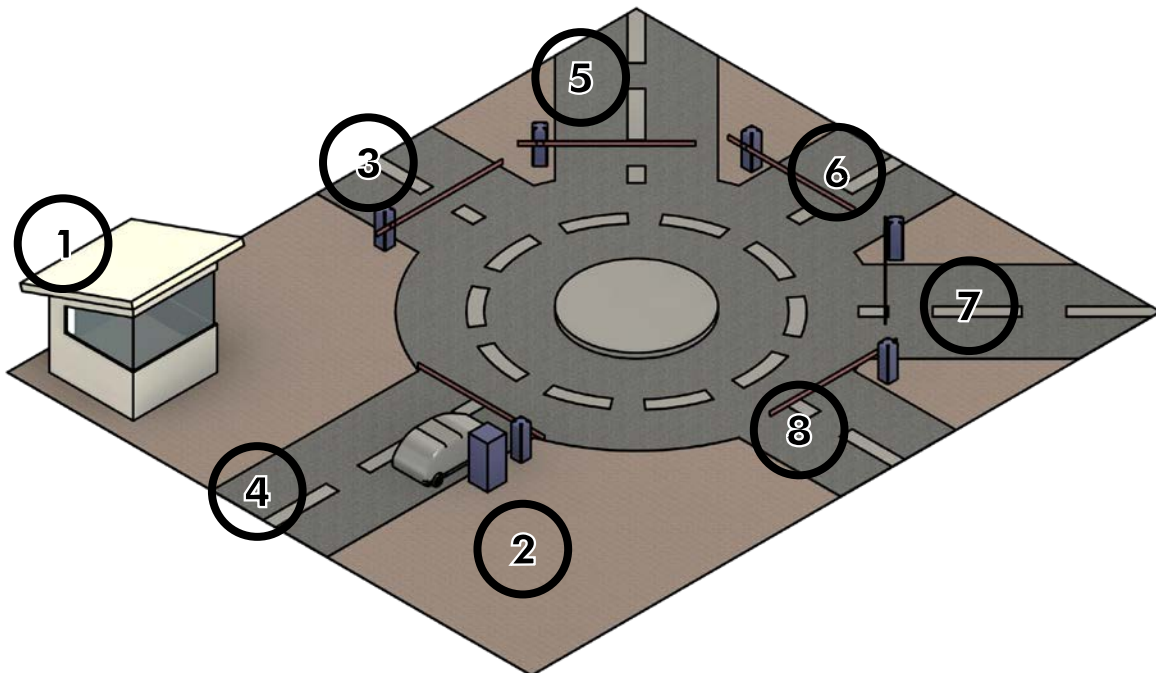
Dimensi kendaraan yang telah diperoleh akan digunakan untuk membuat perhitungan lebar jalan dan letak letak komponen pendukung dapat diperhitungkan. Lebar jalan yang dibuat memiliki tolok ukur, yaitu minimum 1,5 meter dari sisi kanan dan kiri mobil [9].

$$\text{Lebar Jalan Minimum} = l_{\text{max kendaraan}} + ((1,5 \text{ m}).2) \quad (1)$$

$$\text{Lebar Jalan Minimum} = 2,132 \text{ m} + ((1,5 \text{ m}).2)$$

$$\text{Lebar Jalan Minimum} = 5,132 \text{ m}$$

Lebar jalan minimum yang diperoleh berdasarkan dengan persamaan (1) adalah 5132 mm dan penulis akan menggunakan 5500 mm sebagai lebar jalan pada sistem [10]. Berdasarkan dengan perhitungan yang dibuat, maka desain sistem yang dapat dibuat adalah seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Desain sistem palang pintu otomatis terpilih berbasis RFID

Keterangan:

1. *Security Station* (Pos Satpam)
2. *RFID Box*
3. Jalur A dan Palang Pintu Otomatis
4. Jalur Utama dan Palang Pintu Otomatis
5. Jalur B dan Palang Pintu Otomatis
6. Jalur C dan Palang Pintu Otomatis
7. Jalur D dan Palang Pintu Otomatis
8. Jalur E dan Palang Pintu Otomatis

Desain yang dapat dilihat pada Gambar 3, dibuat dengan mempertimbangkan hasil perhitungan yang telah dibuat terkait dengan lebar minimum jalan dan juga diameter bundaran. Berdasarkan dengan konsep sistem yang telah dibuat dan dengan kebutuhan 5 jalur, maka pada setiap jalur akan dipasang sebuah boom barrier, yang terhubung dengan RFID box. Jalur yang dibuat menggunakan bundaran sebagai titik pusat dengan tujuan untuk memudahkan kendaraan untuk menuju jalur yang diinginkan dan juga untuk mencegah terjadi kecelakaan [11][12].

Tabel 2. Kecepatan Kendaraan

No.	Kecepatan (<i>km/h</i>)	No.	Kecepatan (<i>km/h</i>)
1	5	6	16
2	7	7	17
3	10	8	18
4	13	9	19
5	15	10	20

Aspek lain yang harus diperhatikan dalam pembuatan sistem ini adalah kecepatan dan jarak tempuh kendaraan, sehingga waktu tempuh dapat diperhitungkan [13]. Kecepatan maksimum kendaraan pada area perumahan adalah 20 km/h dan sistem ini akan diuji dengan menggunakan 10 (sepuluh) jenis kecepatan seperti yang akan dijabarkan pada Tabel 2. untuk melakukan perhitungan terhadap waktu tempuh kendaraan. Pengujian dengan 10 jenis kecepatan ini dilakukan dengan mengasumsikan bahwa kendaraan bergerak secara konstan tanpa perlambatan dan percepatan.

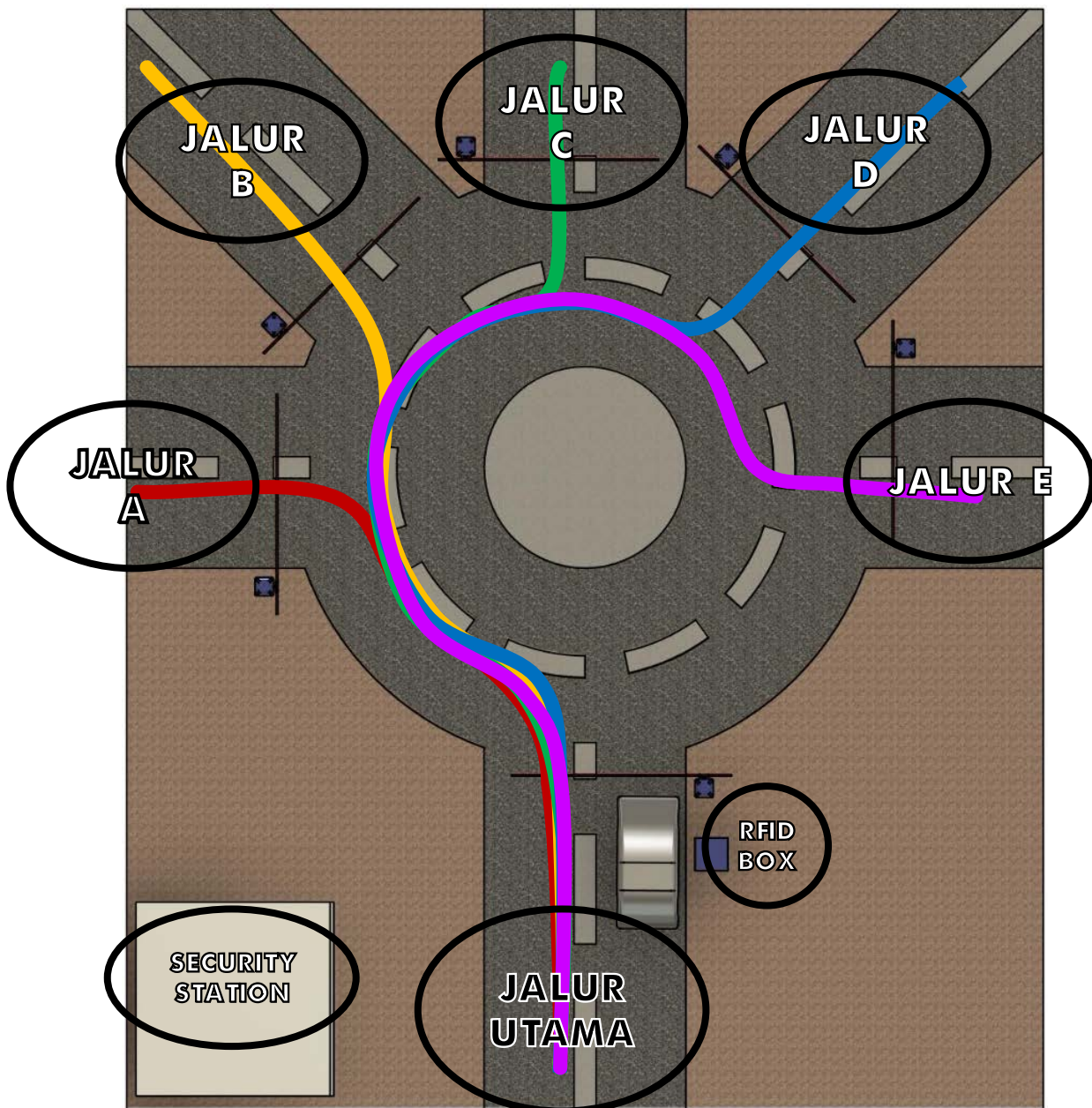
Gambar 4 menunjukkan jalur jalur yang akan dilalui oleh kendaraan untuk mencapai *tower* tujuan, pada gambar dapat dilihat bahwa masing masing *tower* ditandai dengan warna berbeda untuk mempermudah pengamatan jalur tempuh. Sistem akan dimulai ketika mobil memasuki kawasan dan berhenti tepat didepan RFID *Box* untuk melakukan *scanning ID Card*, jika penghuni terdaftar maka palang pintu utama akan terbuka dan kendaraan dapat melaju menuju gerbang masuk tujuan pengemudi kendaraan tersebut [14]. Palang Pintu Tujuan tidak akan terbuka jika *ID Card* yang di *Scan* tidak sesuai. Contoh, palang pintu jalur C hanya dapat di buka oleh penghuni *tower* C dan penghuni *tower* C tidak dapat mengakses jalur *tower* lain.

Sistem palang pintu otomatis ini dapat beroperasi sesuai dengan tahap tahap yang dapat dilihat pada diagram alir sistem pada gambar 5. Sistem palang pintu otomatis terpilih berbasis RFID yang akan menggunakan Arduino sebagai mikrokontroler, akan bekerja sebagai berikut [15]:

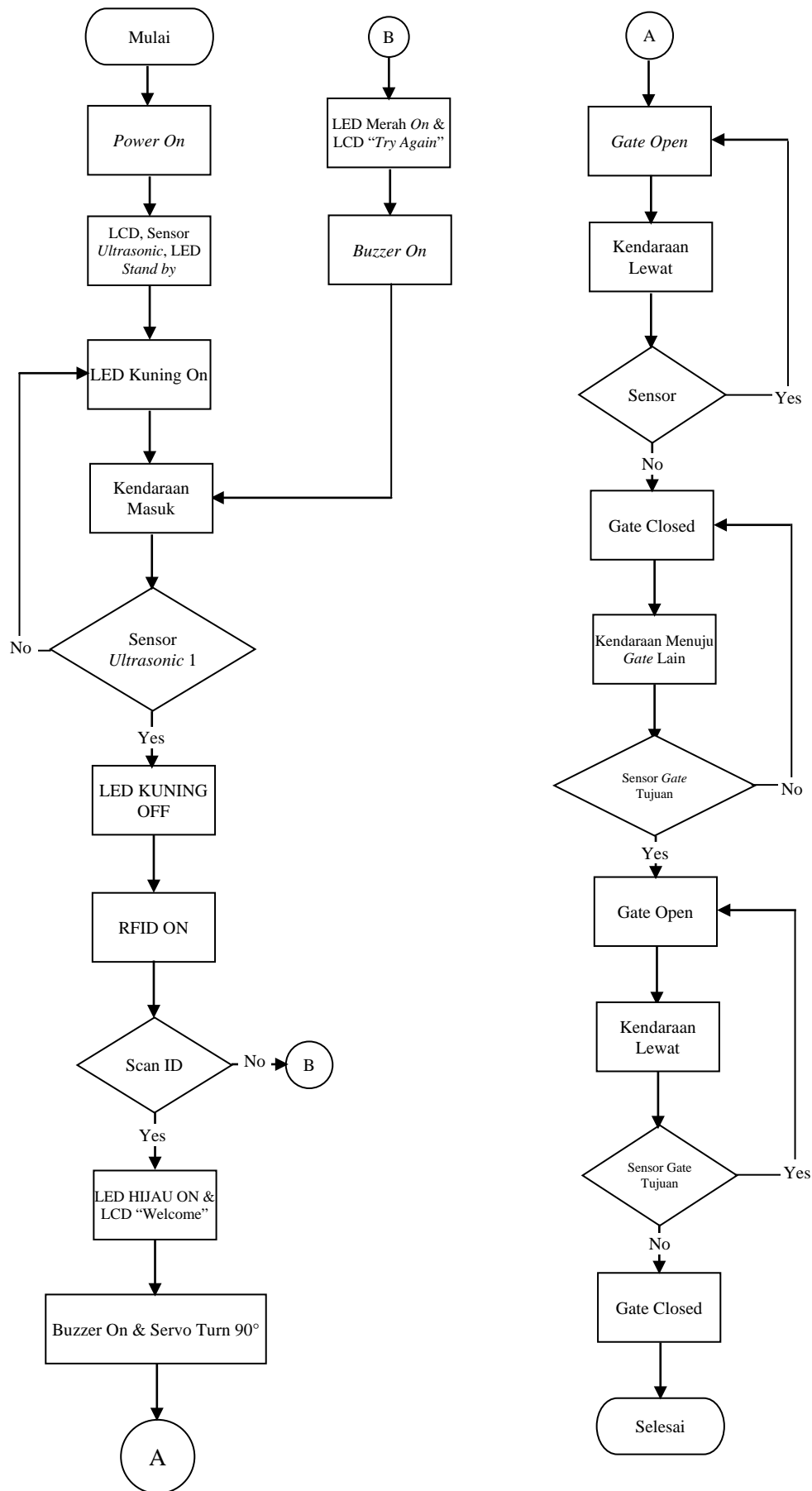
1. LCD akan menunjukkan kalimat “Selamat Datang” pada baris pertama (0 karena pada LCD dimulai dengan 0) (baris 0-1 dan kolom 0-15). LCD juga akan menunjukkan kalimat “*Scan Your IDCard*” pada baris kedua.
2. Lampu kuning akan menyala jika tidak ada benda yang berada dalam jarak kurang dari 10 cm, dilihat dari posisi sensor ultrasonic. LED kuning digunakan sebagai salah satu sinyal yang bisa dilihat oleh mata bahwa sensor ultrasonic bekerja dan beroperasi dengan baik, sensor akan membaca atau mendeteksi benda yang mendekat. Jika ada benda dalam jangkauan, maka LED kuning akan mati dan RFID *Reader* akan bekerja.
3. Lampu LED merah dan hijau akan menyala selama 0,2 detik ketika rangkaian dihidupkan pertama kali, sebagai tanda bahwa kedua lampu tersebut berfungsi.
4. Ketika lampu kuning yang merupakan indikator respon dari sensor ultrasonic menyala, maka RFID tidak akan berfungsi karena tidak ada benda yang berada dalam jangkauan.
5. Servo berfungsi sebagai pembuka palang pintu, yang dilakukan dengan melakukan gerakan rotasi sebesar 90°.
6. Ketika ada benda yang terdeteksi berada pada jarak kurang dari 10 cm, maka lampu kuning mati dan RFID *Reader* berfungsi.
7. Saat RFID *Reader* telah berfungsi maka ketika kartu yang di scan akan terproses apakah akses akan diterima atau ditolak. Ketika akses diterima maka *buzzer* akan berbunyi lampu hijau akan menyala, dan servo akan berputar untuk mengangkat palang pintu. LCD akan menunjukkan kalimat “*Access Granted*” pada baris pertama dan “Hi ! _____” pada baris kedua. (_____ diisi sesuai dengan identitas kartu yang telah terprogram, terdapat 10 kartu terdaftar dan 3 tag terdaftar). Palang pintu akan terbuka, setelah itu palang pintu akan menutup kembali ketika kendaraan telah lewat. LED Hijau pada jalur yang dituju oleh pemilik *access card* akan menyala dan ketika kendaraan berada dalam jangkauan sensor ultrasonic jalur tersebut maka gate pada

jalur tersebut akan terbuka. Jika kendaraan telah lewat atau tidak berada dalam jangkauan sensor, maka palang akan kembali menutup. Ketika akses ditolak maka *buzzer* akan berbunyi lampu merah akan menyala, dan servo tidak akan berputar untuk mengangkat palang pintu. LCD akan menunjukkan kalimat “*Access Denied*” pada baris pertama dan “*Try Again*” pada baris kedua.

8. Setelah itu maka LCD akan kembali menunjukkan kalimat “*Gate Closed*” pada baris pertama dan “*Scan Your IDCard*” pada baris kedua.



Gambar 4. Jalur pada sistem palang pintu otomatis terpilih berbasis RFID



Gambar 5. Flowchart sistem palang pintu otomatis.

Jarak Tempuh Kendaraan

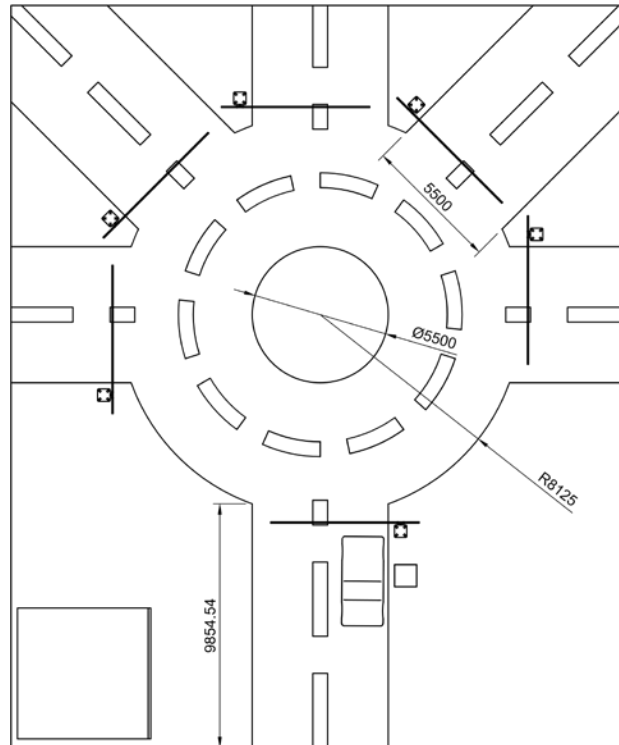
Jarak tempuh kendaraan dihitung dengan menggunakan beberapa persamaan di bawah ini, dan letak dimensi sapat dilihat pada Gambar 5:

Diameter Lingkaran Luar Jalur Lintasan: 16.250 mm

Diameter Lingkaran Dalam Jalur Lintasan: 5.500 mm

$$\text{Diameter rata rata} = \bar{\phi} = \frac{\phi \text{ luar} + \phi \text{ dalam}}{2} \quad (2)$$

$$\bar{\phi} = \frac{16250 \text{ mm} + 5500 \text{ mm}}{2} = 10875 \text{ mm} = 10,875 \text{ m}$$



Gambar 6. Dimensi sistem palang pintu otomatis

$$\text{Keliling Lingkaran} = K = \pi \times d = \pi \times 2r \quad (3)$$

$$K = \pi \times \bar{\phi}$$

$$K = \pi \times 10875 \text{ mm}$$

$$K = 34164,82 \text{ mm} = 34,16482 \text{ m}$$

34164,82 mm merupakan jarak dari titik U – A – B – C – D – E – U.

Berdasarkan dengan desain yang telah dibuat dan dengan sudut yang telah ditetapkan pada setiap jalur maka perhitungan akan berdasarkan dengan $\frac{n}{8}$ lingkaran atau $\frac{a}{360^\circ}$.

Sebagai contoh:

Jalur A berada pada posisi 90° dari jalur U, maka jalur U – A terletak pada $= \frac{90^\circ}{360^\circ} = \frac{2}{8} = \frac{1}{4}$ keliling lingkaran.

Jalur U – B = $\frac{135^\circ}{360^\circ} = \frac{3}{8}$ keliling lingkaran.

Jalur U – C = $180^\circ/360^\circ = 4/8 = 1/2$ keliling lingkaran.

Jalur U – D = $225^\circ/360^\circ = 5/8$ keliling lingkaran.

Jalur U – E = $270^\circ/360^\circ = 6/8 = 3/4$ keliling lingkaran.

$$\text{Rumus Jarak} = \left(\frac{\alpha}{360} \cdot K\right) + L_U + L_X \quad (4)$$

Keterangan:

α : Sudut Jalur ($^\circ$)

K : Keliling Lingkaran (mm)

L_U : Estimasi Jarak Setelah Palang Utama sampai Jalur Melingkar (mm)

L_U : 728,54 mm

L_X : Estimasi Jarak dari Jalur Melingkar hingga Sebelum Palang Tujuan (mm)

L_X : 728,54 mm

X : Jalur yang dituju (A/B/C/D/E)

d : Diameter (mm)

\bar{R} : Jari-jari Rata rata (mm)

$$\text{Jarak Jalur U-A} = \left(\frac{90}{360} \cdot 34,16482 \text{ m}\right) + 0,72854 \text{ m} + 0,72854 \text{ m}$$

$$\text{Jarak Jalur U-A} = (8,541205 \text{ m}) + 0,72854 \text{ m} + 0,72854 \text{ m}$$

$$\text{Jarak Jalur U-A} = 9,998 \text{ m.}$$

Tabel 3. Jarak tempuh kendaraan

No.	Jalur	Jarak (m)
1	A	9,998
2	B	14,269
3	C	18,539
4	D	22,810
5	E	27,081

Waktu Tempuh Kendaraan

$$\text{Velocity} = S/t \quad (5)$$

Keterangan:

s : Jarak Perpindahan (m)

t : waktu (s)

Berdasarkan dengan persamaan (5) [16], maka persamaan untuk memperoleh t adalah:

$$t = S/v \quad (6)$$

$$T_{U-x} = \frac{\text{Jarak U-x}}{v}$$

Keterangan:

T_{u-x} : Waktu tempuh kendaraan pada sistem (s)

Jarak U-X : Jarak dari jalur utama menuju jalur tujuan (m)

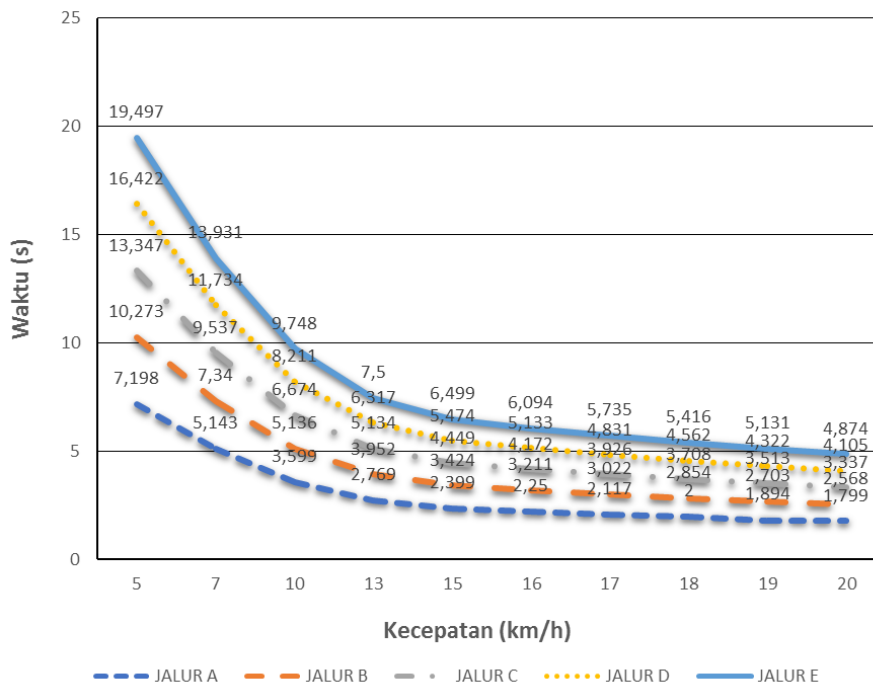
X : Jalur tujuan (A,B,C,D, dan E)

v : kecepatan kendaraan (m/s)

$$T_{U-x} = \frac{9,998 \text{ m}}{5 \text{ km/h}} = \frac{9,998 \text{ m}}{1,389 \text{ m/s}} = 7,198 \text{ s}$$

Tabel 4. Waktu tempuh kendaraan

No.	Kecepatan (m/s)	Waktu				
		Jalur A	Jalur B	Jalur C	Jalur D	Jalur E
		(s)	(s)	(s)	(s)	(s)
		9,998 m	14,269 m	18,539 m	22,810 m	27,081 m
1	1,389	7,198	10,273	13,347	16,422	19,497
2	1,944	5,143	7,340	9,537	11,734	13,931
3	2,778	3,599	5,136	6,674	8,211	9,748
4	3,611	2,769	3,952	5,134	6,317	7,500
5	4,167	2,399	3,424	4,449	5,474	6,499
6	4,444	2,250	3,211	4,172	5,133	6,094
7	4,722	2,117	3,022	3,926	4,831	5,735
8	5,000	2,000	2,854	3,708	4,562	5,416
9	5,278	1,894	2,703	3,513	4,322	5,131
10	5,556	1,799	2,568	3,337	4,105	4,874



Gambar 5. Grafik perbandingan kecepatan dan waktu tempuh kendaraan untuk masing-masing jalur

SIMPULAN

Sistem palang pintu otomatis akan dibuat dengan berdasarkan dimensi minimum dan maksimum mobil, yaitu 3395 mm, 1475 mm, 1230 mm (p,l,t min) dan 5905 mm, 2132 mm, 2285 mm. Lebar jalan yang dibuat pada desain sistem ini adalah 5500 mm dengan diameter rata rata lingkaran 10,875 mm. berdasarkan dengan perhitungan yang telah dibuat, maka diperoleh bahwa

jalur U-E merupakan jarak terjauh dengan 27,081 m dan jalur U-A merupakan jarak terdekat dengan 0,998 m. Waktu tempuh kendaraan sangat bergantung dengan kecepatan kendaraan yang dianggap konstan (tanpa percepatan atau perlambatan). Kecepatan yang digunakan dalam perhitungan sistem ini ada 10 (sepuluh), dengan kecepatan tertinggi 20 km/h dan terendah 5 km/h. Waktu tempuh tercepat yang diperoleh adalah 1,799 s dengan kecepatan 20 km/h pada jalur U-A dan waktu tempuh terlambat adalah 19,497 s dengan kecepatan 5 km/h pada jalur U-E. Hasil yang diperoleh berdasarkan dengan perhitungan ini cukup efisien dan efektif karena waktu yang dibutuhkan oleh masing masing kendaraan cukup singkat. Penerapan sistem ini tidak akan mengubah fakta bahwa apartemen merupakan kawasan umum, namun dengan memberlakukan sistem ini pengawasan akses masuk dan keluar kendaraan dapat dilakukan dengan lebih mudah dan keamanan dapat meningkat.

REFERENSI

- [1] Alwi, Hasan, 2012, *Kamus Besar Bahasa Indonesia*, Balai Pustaka, Jakarta.
- [2] Jibril, Mustefa, Tadese, Messay, Shoga, Tesfabirhan, 2020, "Design & Control of Vehicle Boom Barrier Gate Sistem using Augmented H2 Optimal & H_{∞} Synthesis Controllers", Multidisciplinary Academic Journal Publisher, pp. 5.
- [3] Chaudhury, Monalisa, 2018, *Boom barrier to jaywalking* [online]. Available: <https://www.telegraphindia.com/west-bengal/boom-barrier-to-jaywalking/cid/1410167> Diakses : 20 Agustus 2021 (10.09)
- [4] Börklü, Hüseyin R., Kalyon, Sadık A., 2017, "A Design Study of an Innovative Barrier System for Personal Parking Lots", Gazi University, pp. 113.
- [5] Berutu, Weenmean, 2016, "Perancangan Aplikasi Palang Pintu Otomatis Menggunakan Motion Sensor Berbasis Mikrokontroler AT89S51", JURIKOM, vol.3, no.1, pp. 96.
- [6] Imbiri, F. A., Taryana, N., Natalia, D, 2018, "Implementasi Sistem Perparkiran Otomatis dengan Menentukan Posisi Parkir Berbasis RFID", ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi, pp. 32.
- [7] Law, Averill M., W. David Kelton, 2013, *Simulation Modeling and Analysis*, fifth edition, McGraw-Hill.
- [8] Agrosangad, 2018, *Macam-Macam Ukuran Mobil dari Berbagai Merek Kendaraan Bermotor* [Online]. Available: <https://www.rumahsae.com/2018/05/macam-macam-ukuran-mobil-dari-berbagai-merek-kendaraan-bermotor.html>,
- [9] Barqireza, Muhammad Firdaus, Setyawan Andhi, Putra Dian U.A., Helmi, Fanizar, 2014, "Analisis Volume Lalu Lintas Harian Rata-rata (VLHR)", Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta, pp. 19-21.
- [10] Bahri, Samsul, 2011, "Identifikasi Jenis dan Berat Kendaraan Melalui Jembatan Timbang", Jurnal Inersia Vol.2 No.2, pp. 1-2.
- [11] Achdian, A, 2012, "Rancang Bangun Alat Monitoring Parkir Nirkabel Berbasis Mikrokontroler ATmega8535", Universitas Gunadarma, pp. 1-6.
- [12] Hoomod, Haider Khadhim and Al-Chalabi, Sadeem Marouf M., 2017, "Objects Detection and Angles Effectiveness by Ultrasonic Sensors HC-SR04", ISJR, vol.6, no.6, pp. 992 .
- [13] Mishra, A. Karmakar, A. Ghatak, 2019, "Low Cost Parking System For Smart Cities: A Vehicle Occupancy Sensing And Resource Optimization Technique Using IoT And Cloud PaaS", IJSTR. vol.8, issues 09.
- [14] S.L. Fong, A. A. Azham, F.Y.H. Ahmed, 2019, "Smart Transportation System Using RFID", ICSCA.
- [15] Mufida, Elly, Anwar, Rian Septian, Gunawan Isna, 2020, "Rancangan Palang Pintu Otomatis Pada Apartemen dengan Akses 3-KTP Berbasis Arduino", INSANtek, Vol. 1 No. 2, pp. 60.
- [16] Bansal, R.K., 2018, *A Textbook of Engineering Mechanics*, Sixth Edition, Andi Yogyakarta, Indonesia.