

SISTEM KENDALI DAN MONITORING ROBOT *LINE FOLLOWER* BERBASIS HMI SEBAGAI PENGEMBANGAN BRT TRANS SEMARANG

Agra Satwiko Mahardhika^{*)}, Budi Setiyono dan Enda Wista Sinuraya

Program S1 Teknik Elektro, Departemen Teknik Elektro
Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Jl. Prof. Sudharto, Tembalang, Semarang 50275, Indonesia

^{*)}E-mail: agrasmahardhika@gmail.com

Abstrak

Kini telah dikembangkan sebuah konsep otomatisasi di setiap lini kehidupan dimana dengan diterapkannya sistem otomatisasi, pekerjaan yang sifatnya repetitif dapat dikerjakan dengan konstan, akurat, dan fleksibel. Robot line follower merupakan salah satu mesin otomatis yang mampu berpindah tempat mengikuti jalur garis di atas lantai, sama halnya dengan BRT Trans Semarang yang mempunyai jalur-jalur koridor yang telah ditetapkan. Sehingga, teknologi tersebut dapat diterapkan di kemudian hari. Selain sistem otomatisasi, dibutuhkan pula sebuah sistem monitoring. Pada penelitian ini dilakukan perancangan pengendalian dan pemantauan yang diaplikasikan pada robot line follower sebagai tahap memajukan teknologi BRT Trans Semarang. HMI dirancang menggunakan bahasa C# dengan modul komunikasi wireless serial dan database SQL yang mempunyai fitur keamanan login, hak akses user, monitoring posisi, kecepatan, baterai, jarak aman, fungsi kendali, alarm, dan database. Hasilnya, HMI dapat melakukan pemantauan dan pengendalian dengan baik. Pengiriman dan pembacaan data oleh mikrokontroler terhadap HMI memiliki waktu delay rata-rata sebesar 4,4 ms. Sementara penerimaan data oleh database dari HMI dilakukan tanpa cacat data.

Kata kunci: robot line follower, monitoring, bluetooth, SQL, C#

Abstract

Now an automation concept has been developed in every line of life where with the application of an automation system, repetitive work can be done constantly, accurately, and flexibly. The line follower robot is an automatic machine that is able to move along a line on the floor, similar to the Trans Semarang BRT which has predefined corridors. So, this technology can be applied at a later date. In addition to an automation system, a monitoring system is also needed. In this study, the control and monitoring design applied to the line follower robot was carried out as a step in advancing the Trans Semarang BRT technology. HMI is designed to use the C# language with a serial wireless communication module and a SQL database which features login security, user access rights, monitoring of position, speed, battery, safety distance, control function, alarm, and database. As a result, HMI can carry out monitoring and control well. Sending and reading of data by the microcontroller against HMI has an average delay time of 4.4 ms. Meanwhile, the data received by the database from HMI was carried out without any data defects.

Keywords: line follower robot, monitoring, bluetooth, SQL, C#

1. Pendahuluan

Bus Rapid Transit (BRT) Trans Semarang merupakan program angkutan umum massal yang telah diterapkan oleh Pemerintah Kota Semarang sejak tahun 2009 dan masih berjalan hingga saat ini. Dalam operasionalnya, BRT Trans Semarang membagi area layanannya menjadi 8 koridor utama, meliputi : koridor 1 Mangkang-Penggaron, koridor 2 Terboyo-Sisemut, koridor 3 Pelabuhan Tanjung Mas-Taman Diponegoro, koridor 4 Cangkiran-Bandara A Yani, Koridor 5 Meteseh-PRPP, koridor 6 UNDIP-UNNES, koridor 7 Genuk-Balaikota, koridor 8 Terminal Cangkiran-Simpang Lima [1]. Sesuai Peraturan Menteri Pehubungan Nomor PM 111 tahun 2015 tentang Tata Cara Penetapan Batas Kecepatan, penetapan batas kecepatan

ditetapkan secara nasional dan dinyatakan dengan rambu lalu lintas, yakni 60 km/jam dalam kondisi arus bebas dan paling tinggi 100 km/jam untuk jalan bebas hambatan. Selain itu, kecepatan paling tinggi 80 km/jam untuk jalan antarkota, paling tinggi 50 km/jam untuk kawasan perkotaan, dan paling tinggi 30 km/jam untuk kawasan permukiman [2].

Serupa dengan BRT Trans Semarang, teknologi robot *line follower* juga bergerak berbasis jalur [3]. Secara umum, robot *line follower* adalah salah satu mesin otomatis yang mampu berpindah tempat mengikuti jalur garis di atas lantai. Jalurnya dapat berupa sebuah garis hitam yang terlihat pada permukaan berwarna putih ataupun sebaliknya [4]. Dari kondisi tersebut, sebuah ide muncul

untuk mengembangkan teknologi untuk transportasi publik BRT Trans Semarang dengan menggunakan teknologi otomatisasi metode *line follower* dan *Human Machine Interface* (HMI). [5]-[6]

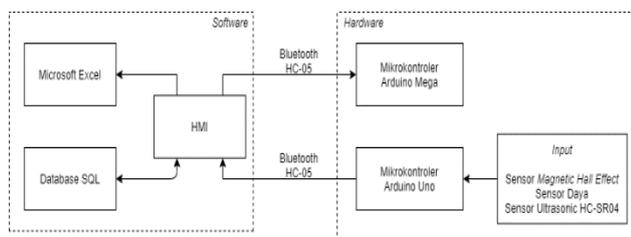
Dalam ISO 9241-110, istilah *Human Machine Interface* (HMI) didefinisikan sebagai "semua bagian dari sistem interaktif (perangkat lunak atau perangkat keras) yang memberikan informasi dan kontrol yang diperlukan bagi pengguna untuk menyelesaikan tugas tertentu dengan sistem interaktif [7]. Pada sistem akuisisi data, besaran fisik akan dideteksi dan ditangkap oleh *transducer* (sensor). Besaran fisik dapat berupa perubahan suhu, intensitas cahaya, tekanan, dll. Sinyal sensor yang berupa sinyal analog harus diubah menjadi sinyal digital oleh pengkondisi sinyal. Perubahan tersebut dibutuhkan agar dapat dipahami oleh kontroler dan dapat ditampilkan pada PC [8]. Dengan kata lain, HMI merupakan perangkat lunak berupa tampilan berbasis komputer yang berfungsi sebagai penghubung antara *operator* dengan mesin atau peralatan yang dikendalikan untuk melakukan pemantauan data *plant* termasuk aksi *alarm* dan pengontrolan kinerja sistem dari mesin. Data dari lapangan disajikan dalam bentuk grafik maupun numerik, sehingga dapat dimengerti oleh *operator* [9].

Pada penelitian ini, dilakukan perancangan sistem *monitoring* prototipe robot *line follower* BRT Trans Semarang berbasis visual C# dengan menggunakan mikrokontroler Arduino serta modul *bluetooth* [10] sebagai penghubung mikrokontroler dengan *operator* sehingga seluruh informasi dan besaran-besaran proses dapat diakses dan ditampilkan pada *Human Machine Interface* (HMI) [11].

2. Metode

2.1. Sistem Secara Umum

HMI ini dirancang sebagai penghubung antara pengguna dengan robot *line follower* BRT Trans Semarang untuk dapat melakukan proses *monitoring*, aksi kendali, basis data, dan pembuatan laporan harian. Sistem keseluruhan yang dirancang pada penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Diagram sistem kendali dan *monitoring* pada robot *line follower*

Gambar 1 terdiri dari 2 bagian terpisah yaitu bagian *software* dan *hardware* yang hanya dapat terhubung menggunakan komunikasi serial nirkabel *bluetooth*. Bagian *hardware* terpasang pada robot *line follower* BRT Trans Semarang pada penelitian yang terpisah. Sementara itu, bagian *software* dijalankan oleh PC dengan sistem operasi windows dan terdapat *SQL Server* di dalamnya. Data-data dari sensor diproses terlebih dahulu oleh mikrokontroler Arduino Uno pada penelitian terpisah sebelum dikirimkan menuju HMI. Kemudian, data-data disimpan dalam *database* dan ditampilkan langsung kepada pengguna HMI. Pengguna dimungkinkan dapat melakukan aksi kendali robot *line follower* BRT Trans Semarang melalui Mikrokontroler Arduino Mega serta membuat laporan harian ke dalam Microsoft Excel.

2.2. Perancangan Modul Komunikasi Serial

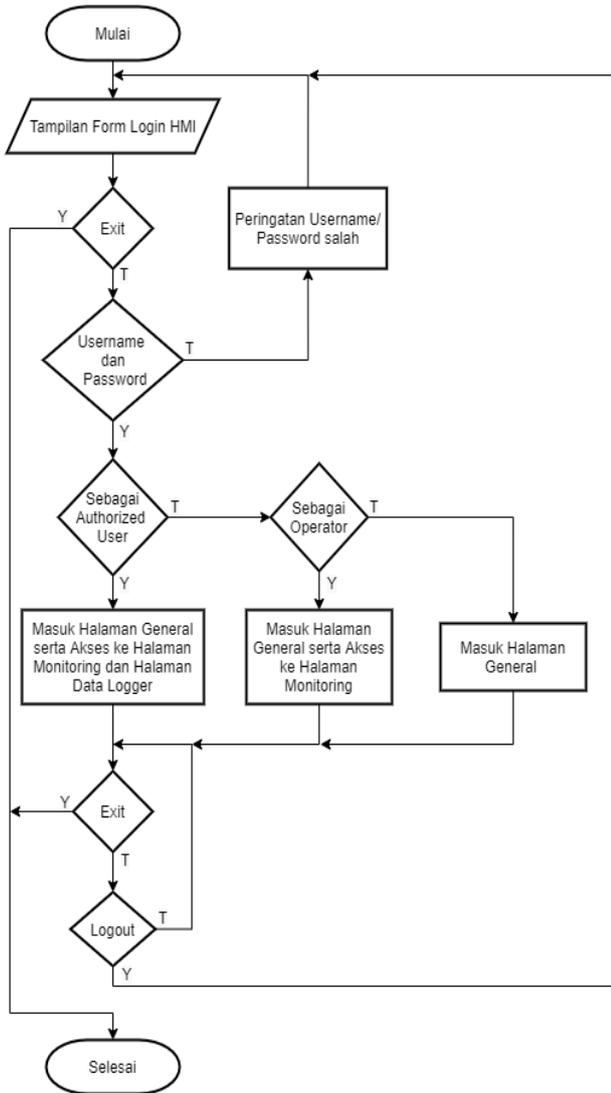
Perancangan komunikasi serial meliputi penambahan perangkat lunak pada kedua mikrokontroler Arduino Uno dan Mega. Komunikasi serial [12] dirancang sedemikian rupa sehingga mikrokontroler Arduino Uno hanya bertugas untuk mengirimkan data ke HMI dan mikrokontroler Arduino Mega hanya bertugas menerima data dari HMI yang diteruskan ke sistem utama. Pembagian tugas komunikasi antara kedua mikrokontroler bertujuan untuk mempermudah pengolahan data pada mikrokontroler sehingga meminimalisir *error* data.

Jalur komunikasi data pada penelitian ini dapat diwujudkan dengan menggunakan modul *Bluetooth* HC-05. Konfigurasi *USART* [13] antara kedua mikrokontroler dengan komputer yang menjalankan HMI terjadi dengan menghubungkan pin TX pada modul *Bluetooth* HC-05 ke pin RX pada mikrokontroler Arduino Mega, menghubungkan pin RX pada modul *Bluetooth* HC-05 ke pin TX pada mikrokontroler Arduino Uno, menghubungkan *ground* mikrokontroler Arduino Mega dengan *ground* pada modul *Bluetooth* HC-05, serta menghubungkan pin 5V mikrokontroler Arduino Mega dengan VCC pada modul *Bluetooth* HC-05. Modul yang sudah terhubung dengan kedua mikrokontroler selanjutnya dikoneksikan secara *wireless* dengan perangkat komputer yang menjalankan HMI.

2.3. Perancangan Fitur HMI

Perancangan fitur HMI ini menggunakan perangkat lunak *Microsoft Visual Studio 2019* dengan bahasa pemrograman C#. HMI yang dirancang dapat melakukan proses *monitoring*, pengontrolan *ON/OFF*, fungsi *alarm*, basis data [14] dengan menggunakan *SQL Server*, dan pembuatan laporan harian dalam bentuk dokumen *Excel*. HMI juga memiliki fitur keamanan yaitu dengan diharuskannya *user* untuk *login* terlebih dahulu [15].

Gambar 2 menunjukkan diagram alir keseluruhan sistem HMI. Pengguna harus memasukkan *username* dan *password* dengan benar untuk bisa mengakses halaman HMI. Selanjutnya, halaman akan menampilkan informasi-informasi mengenai prototipe robot *line follower* BRT Trans Semarang sesuai dengan hak akses masing-masing *user level*.

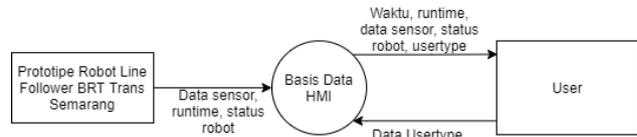


Gambar 2. Diagram alir keseluruhan sistem HMI

2.4. Perancangan Sistem Database

Basis data pada HMI digunakan sebagai media penyimpanan data secara permanen. Perangkat lunak yang digunakan dalam perancangan basis data adalah Microsoft SQL Server Management Studio 18. Proses pengaksesan data dapat dilakukan langsung melalui HMI yang terkoneksi dengan basis data[16]. Data-data yang ditampilkan pada HMI tidak dapat dimanipulasi oleh *user* dan hanya dapat ditampilkan maupun digunakan perangkat

lunak HMI. Masukan dan keluaran data pada basis data digambarkan oleh diagram konteks pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram konteks basis data HMI

Sistem *database* yang dirancang terdiri dari dua tabel dalam satu *database*. Kedua tabel tersebut dibuat untuk memudahkan proses pengambilan data untuk ditampilkan dan digunakan oleh HMI. Tabel pertama adalah tabel *user login* dimana terdapat 3 kolom yaitu *username*, *password*, dan *usertype*. Data pada tabel *user login* digunakan HMI untuk keperluan keamanan dan hak akses *user* pada HMI. Tabel kedua adalah tabel *datalog* dimana terdapat 9 kolom yaitu *time*, *runtime*, *speed*, *distance traveled*, *safe distance*, *battery level*, *status*, *connection status*, dan *user*.

3. Hasil dan Analisa

3.1. Pengujian Sistem HMI

Pengujian sistem HMI bertujuan untuk menguji fitur-fitur yang ditampilkan oleh HMI meliputi pengujian sistem *log in*, pengujian aksi kendali, pengujian sistem *monitoring*, pengujian sistem *alarm*, dan pengujian *data logger*.

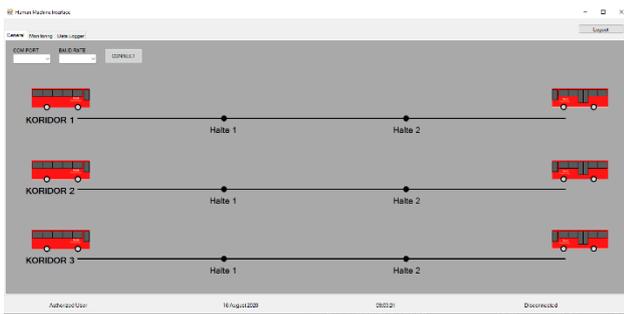
3.1.1. Pengujian Sistem Log In

Pengujian sistem *log in* dilakukan untuk keperluan keamanan dan hak akses terhadap fitur-fitur di dalam HMI.



Gambar 4. Hasil pengujian *login* dengan *level authorized user*

Gambar 4 menunjukkan bahwa *user* dapat mengakses HMI. Halaman *log in* akan beralih ke halaman utama tampilan HMI untuk *level authorized user* dan akan menampilkan *tab general* sebagai *tab default* seperti pada Gambar 5.



Gambar 5. Tampilan halaman utama untuk *level authorized user*

Ketika *tab monitoring* dipilih, maka tampilan HMI berubah untuk menampilkan fitur aksi kendali, fungsi *alarm*, fungsi grafik, dan fungsi *gauge* seperti pada Gambar 6. Hanya *Authorized User* dan *operator* yang dapat mengakses *tab* ini.



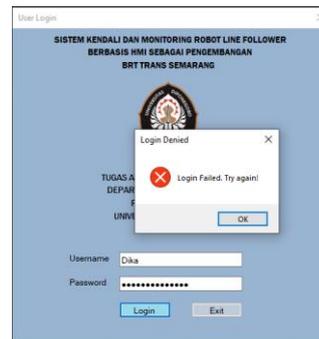
Gambar 6. Tampilan *tab monitoring* untuk *level authorized user*

Ketika *tab data logger* dipilih, maka tampilan HMI berubah untuk menampilkan fitur pencatatan data, fungsi *history data*, fungsi *export data*, dan fungsi *daily report* seperti pada Gambar 7. Hanya *Authorized User* yang dapat mengakses *tab* ini.

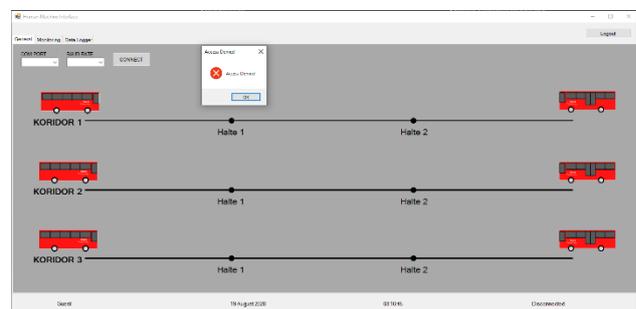


Gambar 7. Tampilan *tab data logger* untuk *level authorized user*

Gambar 8 menunjukkan bahwa *user* tidak dapat mengakses HMI robot *line follower* BRT Trans Semarang, hal ini disebabkan karena *username* dan/atau *password* yang diisikan tidak sesuai dengan *username* dan *password* yang telah dirancang pada *database user login*.



Gambar 8. Hasil pengujian *username* dan/atau *password* salah



Gambar 9. Hasil pengujian *guest* mengakses *tab monitoring*

Gambar 9 menunjukkan bahwa *user* dengan *level Guest* mendapatkan *message box* "Access Denied" dan tidak dapat mengakses *tab monitoring* HMI robot *line follower* BRT Trans Semarang, hal ini disebabkan oleh adanya sistem pengecekan hak akses *user* terhadap fitur dalam HMI.

Tabel 1. Data pengujian sistem *login*

Pengujian Akses	Authorized User	Operator	Guest
Tab General	Berhasil akses	Berhasil akses	Berhasil akses
Tab Monitoring	Berhasil akses	Berhasil akses	Access Denied
Tab Data Logger	Berhasil akses	Access Denied	Access Denied

Tabel 1 memperlihatkan hasil pengujian seluruh *user level* dalam mengakses seluruh fitur pada HMI robot *line follower* BRT Trans Semarang.

3.1.2. Pengujian Aksi Kendali HMI

Pengujian aksi kendali dilakukan dengan menekan tombol *ON* dan *OFF* pada *tab monitoring* HMI. Penekanan tombol *ON* akan mengakibatkan terkirimnya data *ON* bernilai 1 maka akan mengaktifkan robot. Begitu juga dengan tombol *OFF* yang akan mengirimkan nilai data *OFF* bernilai 1 dan menghentikan robot ketika ditekan. Pengujian dilakukan sebanyak 3 kali dengan indikasi keberhasilan berupa

kondisi status robot yang berubah menjadi *ON* serta robot *line follower* berjalan. Tabel 2 menunjukkan data hasil pengujian tombol *ON* dan *OFF*.

Tabel 2. Data pengujian tombol *ON* dan *OFF*.

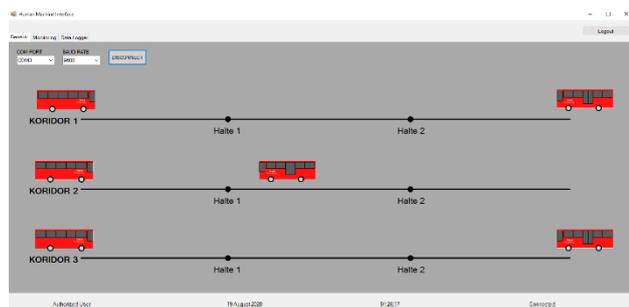
Time (h:m:s)	Tombol dan Status Robot pada HMI	Kondisi Nyata Robot
16:26:03	ON	Berjalan
16:26:27	OFF	Berhenti
16:59:00	ON	Berjalan
16:59:15	OFF	Berhenti
16:59:18	ON	Berjalan
16:59:30	OFF	Berhenti

3.1.3. Pengujian Sistem Monitoring

Sistem *monitoring* pada HMI memungkinkan semua *user* untuk memantau kondisi pada robot *line follower* sesuai dengan hak akses masing-masing *user*. Pengujian sistem *monitoring* HMI akan dilakukan pada jalur koridor maket robot *line follower* BRT Trans Semarang. Terdapat 4 parameter pengujian, yaitu *monitoring* posisi prototipe robot *line follower* terhadap jalur maket, *monitoring* daya baterai terhadap waktu, *monitoring* jarak aman robot *line follower* terhadap waktu, dan *monitoring* kecepatan robot *line follower* terhadap waktu. Pengujian dilakukan selama 25 detik pada tanggal 19 Agustus 2020 pukul 16:26:03 sampai dengan 16:26:25.

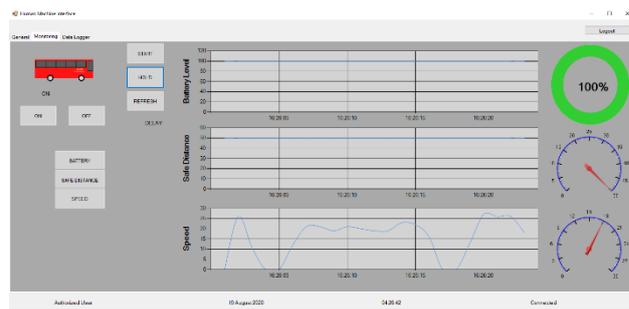


Gambar 10. Kejadian sebenarnya robot *line follower* pukul 16:26:17



Gambar 11. Tampilan *tab general* pukul 16:26:17

Gambar 10 menunjukkan kesesuaian posisi dengan Gambar 11. Posisi animasi robot *line follower* terlihat akan segera memasuki halte 1. Hal ini dapat terjadi karena animasi akan berjalan menyesuaikan pembacaan nilai sensor kecepatan dari mikrokontroler Arduino Uno yang terpasang pada robot *line follower*.

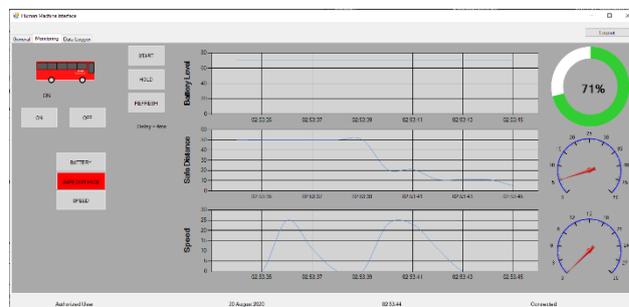


Gambar 12. Tampilan *tab monitoring* pengujian

Gambar 12 menunjukkan grafik dan *gauge* pada parameter *battery level*, *safe distance*, dan *speed* dari sensor-sensor yang terdapat pada robot *line follower*. Tombol *Hold* ditekan pada pukul 16:26:24 dengan menunjukkan nilai akhir 100% pada *battery level*, 50 cm pada *safe distance* dan 18 cm/s pada *speed*. Grafik pada bagian *speed* terlihat bernilai 0 pada pukul 16:26:05 dan pukul 16:26:18. Hal tersebut dikarenakan robot *line follower* BRT Trans Semarang diprogram untuk berhenti sesaat pada halte 2 dan 1. Sementara grafik *battery level* dan *safe distance* selalu berada pada nilai tertinggi yaitu 100% untuk *battery level* dan 50 cm untuk *safe distance*. Nilai yang tinggi pada bagian *battery level* dan *safe distance* merupakan nilai yang diperlukan agar robot *line follower* berjalan dengan lancar.

3.1.4. Pengujian Sistem Alarm

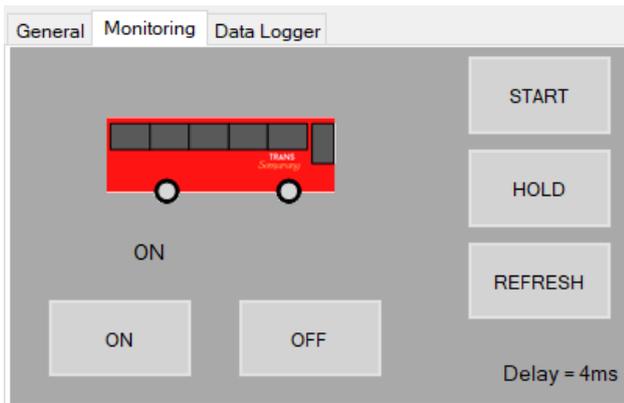
Pengujian sistem *alarm* dilakukan dengan memberi halangan di jalur robot *line follower*. Gambar 13 menunjukkan tombol *safe distance* akan berubah warna menjadi merah jika nilai *safe distance* di bawah 15 cm. Jarak di bawah 15 cm dipilih menjadi batas minimum untuk menyalakan *alarm* dengan alasan robot mempunyai kecepatan minimum tercatat adalah 11 cm/s saat berjalan. Grafik *safe distance* terlihat menurun sampai nilai 5 cm dan *speed* turun hingga 0 cm/s. Hal tersebut terjadi karena robot sudah diprogram berhenti secara otomatis ketika terdapat halangan pada jarak 5 cm.



Gambar 13. Tampilan *tab monitoring* pengujian

3.2. Pengujian Sistem Komunikasi

Komunikasi antara HMI dengan mikrokontroler memiliki waktu *delay*. *Delay* tersebut adalah lama waktu dari perintah yang dikirim dari HMI sampai dapat diterima oleh mikrokontroler dan sebaliknya. Pengujian *delay* dilakukan sebanyak 5 kali dengan menghitung waktu dari penekanan tombol *ON* pada HMI sampai dengan kondisi nilai kecepatan robot tidak sama dengan nol. Gambar 14 merupakan tampilan *delay* pada HMI. Tabel 3 menunjukkan hasil dari pengujian *delay* yang telah dilakukan.



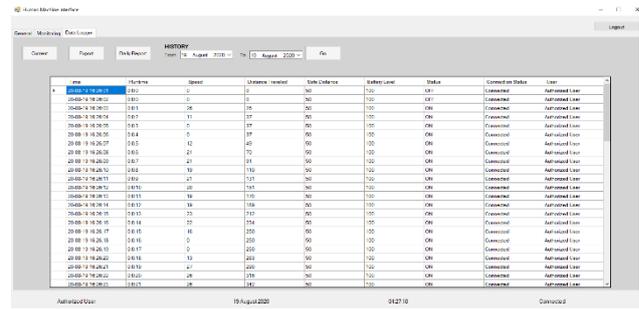
Gambar 14. Tampilan *tab monitoring* pengujian ke-2 *delay*

Tabel 3. Data pengujian *delay*

Pengujian ke-	Delay (ms)
1	6
2	4
3	4
4	3
5	5
Rata-rata	4,4

3.3. Pengujian Basis Data

Pengujian basis data dilakukan dengan membandingkan data yang terdapat pada tampilan HMI dengan data yang tersimpan di dalam *database SQL Server*. Pengujian dimaksudkan untuk memastikan tidak ada data yang rusak atau terduplikasi setelah keluar dari tampilan HMI. Sehingga data yang telah tercatat dapat dipanggil kembali sewaktu-waktu ketika dibutuhkan. Pengujian dilakukan dengan menggunakan sampel perjalanan robot selama 24 detik pada tanggal 19 Agustus 2020 pukul 16:26:01 sampai dengan 16:26:25. Gambar 13 menunjukkan *tab data logger* pada tanggal yang sama pukul 16:27:10 sedang menampilkan *current data*.



Gambar 15. tampilan *tab data logger* pengujian basis data

Gambar 15 mencatat data mulai dari ketika HMI terkoneksi dengan robot dimana *data logger* akan menampilkan variabel *time*, *runtime*, *speed*, *distance traveled*, *safe distance*, *battery level*, *status*, *connection status*, dan *User*. Tabel 4 merupakan data perbandingan nilai *distance traveled* terhadap waktu pada *database* dengan nilai *distance traveled* pada tampilan *data logger* HMI.

Tabel 4. Perbandingan data pada *database* dan tampilan *data logger* HMI

Time (h:m:s)	Distance Traveled (cm)	
	Database	HMI
16:26:01	0	0
16:26:02	0	0
16:26:03	26	26
16:26:04	37	37
16:26:05	37	37
16:26:06	37	37
16:26:07	49	49
16:26:08	70	70
16:26:09	91	91
16:26:10	110	110
16:26:11	131	131
16:26:12	151	151
16:26:13	170	170
16:26:14	189	189
16:26:15	212	212
16:26:16	234	234
16:26:17	250	250
16:26:18	250	250
16:26:19	250	250
16:26:20	263	263
16:26:21	290	290
16:26:22	316	316
16:26:23	342	342
16:26:24	360	360
16:26:25	360	360

Terlihat bahwa Gambar 15 dan Tabel 4 memiliki data yang sama tanpa adanya data yang hilang maupun terduplikasi. Hal tersebut mengindikasikan bahwa komunikasi *database* dengan HMI sudah berjalan dengan baik untuk *create* data. Data selanjutnya dapat dipanggil sewaktu-waktu ketika dibutuhkan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan pengujian dan analisis yang dilakukan pada sistem kendali dan *monitoring* robot *line follower* berbasis HMI sebagai pengembangan BRT Trans Semarang, didapatkan kesimpulan bahwa keseluruhan sistem HMI yang digunakan untuk proses *monitoring* posisi, *battery level*, *safe distance*, dan *speed* serta fungsi *alarm* dan *controlling* dapat berjalan dengan baik. Pada penelitian yang akan dilakukan selanjutnya dapat dilakukan perubahan dalam media komunikasi yang digunakan dengan menggunakan modul WLAN dan menggunakan *web server* dengan kualitas *traffic* yang baik agar dapat menjangkau cakupan wilayah yang lebih luas serta tetap mempertahankan *delay* yang minimum.

Referensi

- [1]. Trans Semarang, "Company Profile BRT BLU UPTD Trans Semarang Kota Semarang"
- [2]. Menteri Perhubungan, "PM 111 Tahun 2015 tentang Tata Cara Penetapan Batas Kecepatan"
- [3]. M.Hickman, C.W. Tan, P.Lau, W.B. Zhang, "Development of BRT Architecture: A System Engineering Approach," 2006.
- [4]. M. Pakdaman, "Design and Implementation of Line Follower Robot," *Second International Conference on Computer and Electrical Engineering*, 2009.
- [5]. D. Mohanraj, "Microcontroller Based An Autonomous Wireless Line Tracking Robot," *International Journal of Advanced Engineering Research and Studies*, 2014.
- [6]. K.M.Hasan, A.A. Nahid, A.A Maman, "Implementation of Autonomous Line Follower Robot," *International Conference on Informatics, Electronics, & vision*.
- [7]. "Human Machine Interface (HMI)", Ing. Punzerberger COPA-DATA GmbH, 15 Agustus 2018. [Online]. Tersedia : www.copadata.com/ko/hmi-scada-solutions/human-machine-interface-hmi. [Diakses 27 Maret 2020].
- [8]. A. P. Mandela dan H. L. Guntur, "Pengembangan Sistem Akuisisi Data pada Alat Uji Suspensi Seperempat Kendaraan," *Jurnal Teknik Pomits*, vol. 1, no. 1, pp. 1-6, 2014.
- [9]. S. Endang dan S. Rika, "Perangkat Lunak HMI untuk Supervisory Control pada Plant Biodiesel," *P2 Informatika-LIPI*, Mei 2012.
- [10]. H. P. Parsada, A.T, S., "Perancangan Sisem Antarmuka Berbasis HMI pada Mesin Perajang Temp Otomatis dengan komunikasi serial nirkabel" 2017.
- [11]. W.A. Jabbar, S., S., "Perancangan Sistem antar muka berbasis HMI pada sistem Monitoring Generator dengan Komunikasi 34 telemetry," 2018
- [12]. Suyadi, "Komunikasi Serial dan Port Serial (COM)", April 2012
- [13]. A. Bejo, C&AVR Rahasia Kemudahan Bahasa C dalam Mikrokontroler ATmega8535, Yogyakarta: Penerbit Graha Ilmu, 2008.
- [14]. Hollifield, Bill, A High Performance HMI: Better Graphics for Operations Effectiveness, Presented at ISA Water&Wastewater and Automation Controls Symposium Holiday Inn Castle Resort, Orlando, Florida,USA, Aug 7-9, 2012.
- [15]. I.I Hafidh, E. W. Sinuraya, A.T., "Perancangan Human Machine Interface (HMI) Berbasis Web sebagai Media Pemantauan dan Pengontrolan Prototipe Smart Home," 2019.
- [16]. E.W. Sinuraya, N. Nugraheni, S.T. Sukmadi, A. Warsito, A. Nugroho, Y. A. A. Soetrisno, D and S. "Design of Web Based Human Machine Interface (HMI) for Electric Tube Furnace," *International Journal of Computer Engineering and Information Technology*, vol. 10, no. 11, pp 201-207, November