



Perancangan Pemograman Human Machine Interface Berbasis Komunikasi Ethernet

Tugas Akhir

**Oleh:
Rahmatdi Afiyanto (3232311038)**

**Program Studi Teknik Instrumentasi
Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Batam
2025**

Pernyataan Keaslian Proyek Akhir

Saya yang bertandatangan dibawah Ini menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Proyek Akhir saya yang berjudul : *"Perancangan Pemograman Human Machine Interface Berbasis Komunikasi Ethernet"* adalah **hasil karya sendiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan, dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.** Semua referensi yang dikutip atau dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan saya Ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Batam, 26 Juli 2025
Yang menyatakan.



(Rahmatdi Ahyanto)
NIM: 3232311038

Lembar Pengesahan

Proyek Akhir disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Ahli
Madya Teknik (Amd.T.)
Di
Politeknik Negeri Batam

Oleh:

Rahmatdi Afianto (3232311038)

Tanggal Sidang: 05 Agustus 2025

Disetujui oleh :



1. Rahmi Mahdaliza, S.Si., M.Si.
NIK: 117195


1. Ir. Kamasudin, S.T., M.T., IPM
NIK: 110071



2. Ahmad Syaffi, S.Pd., M.T
NIK: 199003232024061001

Kata Pengantar

Segala puji dan syukur penulis kepada Allah Swt atas rahmat dan karunia-Nya. Shalawat serta salam senantiasa penulis kepada Nabi Muhammad saw sehingga penulis dapat menyelesaikan Proyek Akhir dengan judul "*Human Machine Interface Komunikasi Ethernet*", yang disusun, sebagai salah satu syarat kelulusan pada mata kuliah akhir serta sebagai syarat untuk mendapatkan gelar ahli madya teknik (AMd.T.) Program Studi Teknik Instrumentasi Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Batam.

Dengan segala keterbatasan penulis menyadari bahwa Proyek Akhir Ini tidak akan tercapai dan terwujud tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak untuk itu dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan banyak terima kasih antara lain kepada:

1. Tuhan yang MAHA ESA atas segala Rahmat, kasih dan karunia-Nya.
2. Kepada kedua orang tua yang selalu memberikan doa restu, nasehat, bimbingan, serta dukungan moral dan materi yang tak henti-hentinya.
3. Bapak Ir. Bambang Hendrawan, S.T., M.S.M., CIPMP., CISCIP selaku Direktur Politeknik Negeri Batam.
4. Bapak Ir. Indra Hardian Mulyadi, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Elektro Politeknik Negeri Batam.
5. Bapak Muhammad Jaka Wimbang Wicaksono, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi D-3 Teknik Instrumentasi.
6. Ibu Eka Mutia Lubis, S.Pd., M.Pd selaku dosen pembimbing I dan sebagai Wali Dosen yang telah memberikan masukan dan saran penulisan tugas akhir.
7. Bapak Ir. Kamarudin, S.T., M.T., IPM selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan masukan dan saran pembuatan Alat sampai selesai.

Penulis sadar bahwa Proyek Akhir Ini tak luput dari kekurangan baik segi isi maupun penulisan. Oleh karena itu, kritik dan saran akan penulis terima dengan senang hati. Penulis berharap semoga Proyek Akhir Ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang memerlukan.

Batam, 15 Juli 2025


Rahmat Adi Afianto
NIM: 3232311038

Abstrak

Penelitian Ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan Sistem *Human Machine Interface (HMI)* berbasis komunikasi *Ethernet* untuk mendukung *Monitoring* dan kontrol proses Industri secara *real-time* dengan biaya implementasi yang efisien. Sistem yang dikembangkan menggunakan mikrokontroler *ATmega2560*, modul *Ethernet W5500*, dan *Display HMI Nextion*. Metode penelitian meliputi perancangan diagram Sistem, desain mekanikal dan elektrik, pemrograman mikrokontroler dengan protokol *TCP/IP*, serta perancangan antarmuka *HMI*. Data diperoleh melalui pengujian fungsi *Input*, *output*, dan komunikasi jaringan. Pengolahan data dilakukan dengan membandingkan hasil pembacaan *sensor* suhu dan kelembaban (*DHT11*), *sensor* jarak (*ultrasonik*), dan *sensor* tegangan dengan alat ukur standar, kemudian menghitung nilai *error* untuk menilai akurasi. Hasil menunjukkan bahwa Sistem mampu menampilkan data *sensor* dan mengendalikan aktuator secara stabil dengan tingkat *error sensor* berada pada kisaran 0,26%–4,31%, yang masih dalam batas toleransi. Sistem dapat merespons Perintah kendali melalui *HMI* maupun jaringan *Ethernet* dengan baik. Kesimpulannya, rancangan Ini berhasil menghasilkan solusi *Monitoring* dan kontrol Industri yang fleksibel, akurat, dan hemat biaya, serta berpotensi dikembangkan untuk Integrasi dengan Sistem otomasi berbasis IoT dan *cloud*.

Kata kunci: *Human Machine Interface, Ethernet, ATmega2560, Monitoring Jarak Jauh, Kontrol Industri.*

Human Machine Interface Based on Ethernet Communication

Abstract

This study aims to design and implement an Ethernet-based Human Machine Interface (HMI) system to support real-time Monitoring and Control of Industrial processes with cost-efficient implementation. The developed system utilizes an ATmega2560 microcontroller, an ENC28J60 Ethernet module, and a Nextion HMI Display. The research methodology Includes system diagram design, mechanical and electrical design, microcontroller programming using The TCP/IP protocol, and HMI Interface development. Data were obtained through testing of Input, output, and netWork Communication functions. Data processing was carried out by comparing The readings from a temperature and humidity sensor (DHT11), a distance sensor (ultrasonic), and a Voltage sensor with standard measuring Instruments, foLLOWed by calculatIng The error values to assess accuracy. The results Indicate that The system is capable of DisplayIng sensor data and Controlling actuators stably, with sensor error rates ranging from 0.26% to 4.31%, which remain within acceptable tolerance limits. The system can respond effectively to Control commands via both The HMI and Ethernet netWork. In conclusion, The proposed design successfully provides a flexible, accurate, and cost-effective Industrial Monitoring and Control solution, with potential for future Integration Into IoT- and cloud-based Automation systems.

Keywords: Human Machine Interface, Ethernet, ATmega2560, Remote Monitoring, Industrial Control.

Daftar Isi

Pernyataan Keaslian Proyek Akhir	ii
Lembar Pengesahan	iii
Kata Pengantar	iv
Abstrak	v
Abstract	vi
Daftar Isi	vii
Daftar Gambar	ix
Daftar Tabel	x
Bab 1. Pendahuluan	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan	2
1.4. Manfaat	2
1.5. Batasan	2
1.6. Work Breakdown Structure (Opsional)	3
Bab 2. Tinjauan Pustaka	4
2.1. Human Machine Interface	4
2.2. Gambaran Perkembangan Produk	4
2.2.1. Display	4
2.2.2. Mikrokontroler	5
2.2.3. Sistem Komunikasi	6
2.2.4. Sistem Kontrol	6
2.3. Keunikan Dari Produk Sejenis	7
2.4. Sensor	9
2.4.1. Proximity SICK IME08-04NNOZW2K	9
2.4.2. Buzzer	10
2.4.3. Photoelectric	11
2.4.4. DHT11	12
2.4.5. Ultrasonic HC-SR04	13
2.4.6. Voltage	14
Bab 3. TAHAPAN PELAKSANAAN	15
3.1. Studi Literatur	16
3.2. Perancangan dan pembuatan Mekanikal	16
3.3. Perancangan dan pembuatan Elektrikal	17
3.3.1. Perancangan dan pembuatan desain menggunakan PCB Board	17
3.3.2. Perancangan dan pembuatan desain menggunakan wiring EasyEda	18
3.4. Perancangan dan pembuatan program mikrokontroler	19
3.5. perancangan dan pembuatan desain Interface HMI	27
3.6. perancangan dan pembuatan komunikasi Ethernet	29
3.7. Pengujian Alat	30

3.8. Pengujian Sistem	32
3.8.1. Pengujian Sistem <i>Input</i>	32
3.8.2. Pengujian Sistem <i>Output</i>	33
3.8.3. Pengujian Sistem Komunikasi	34
Bab 4. BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	36
4.1. Hasil Pengujian Sensor.....	36
4.1.1. Hasil pengujian Data Perbandingan Suhu dan Kelembaban DHT 11 pada alat dan Termometer Hygrometer	36
4.1.2. Hasil pengujian Data Perbandingan Jarak menggunakan <i>sensor</i> Ultrasonik pada alat dan Meteran.....	37
4.1.3. Hasil pengujian Data Perbandingan Tegangan menggunakan <i>Voltage Sensor</i> pada alat dan Avo Meter	38
4.2. Pembahasan	40
Bab 5. KESIMPULAN dan SARAN	41
5.1. KESIMPULAN	41
5.2. SARAN.....	42
DAFTAR PUSTAKA.....	43
Biodata	45

Daftar Gambar

Gambar 1. Nextion 10 Inch	4
Gambar 2. Arduino ATmega 2560	5
Gambar 3. Konfigurasi Sistem Komunikasi	6
Gambar 4. Konfigurasi Sistem Kontrol	7
Gambar 5. Sensor Proximity SICK IME08-04NNOZW2K	9
Gambar 6. Buzzer	10
Gambar 7. Sensor Photoelectric	11
Gambar 8. Sensor DHT11	12
Gambar 9. Sensor Ultrasonic HC-SR04	13
Gambar 10. Sensor Voltage	14
Gambar 11. Flowchart Proses Pelaksanaan Proyek	15
Gambar 12. Tampilan Cover Atas dan Cover Bawah Pada Desain Mekanikal	17
Gambar 13. Tampilan Mekanikal Yang sudah disatukan	17
Gambar 14. Desain board Elektrikal Menggunakan Software Proteus	18
Gambar 15. Desain Wiring Elektrikal Menggunakan Software EasyEda	19
Gambar 16. Pendefinisian Pin I/O dan Library	20
Gambar 17. Menerima Perintah Input Relay dari Nextion	21
Gambar 18. Fungsi Pengendalian Relay dan Pengaturan Koneksi Ethernet	22
Gambar 19. Fungsi Monitoring dan Pengiriman Data Sensor ke HMI	23
Gambar 20. Fungsi Monitoring Input Digital	24
Gambar 21. Pemantauan Koneksi Ethernet Otomatis dan Komunikasi Serial dengan Nextion HMI	25
Gambar 22. Pengiriman Perintah dari HMI ke Mikrokontroler	26
<i>Gambar 23. Tampilan Halaman Pertama Desain Interface HMI pada Nextion</i>	27
Gambar 24. Tampilan Halaman kedua Desain Interface HMI pada Nextion	28
Gambar 25. Tampilan Halaman ketiga Desain Interface HMI pada Nextion	28
Gambar 26. Tampilan Halaman ke-empat Desain Interface HMI pada Nextion	29
Gambar 27. wiring perancangan komunikasi Ethernet	30
Gambar 28. Tampilan Nextion Pembacaan Data Sensor	30
Gambar 29. Tampilan Nextion Pin Input Arduino Atmega 2560	31
Gambar 30. Tampilan Nextion Pin Output Arduino Atmega 2560	31
Gambar 31. Tampilan Kontrol Display Nextion	32
Gambar 32. Pengujian Sistem Input	32
Gambar 33. Pengujian Sistem Input Optocoupler	33
Gambar 34. Pengujian Sistem Output	34
Gambar 35. Pengujian Sistem Komunikasi Dengan Ethernet	34
Gambar 36. Pengujian Sistem Komunikasi Ethernet Melalui CMD	35

Daftar Tabel

Tabel 1. Work Breakdown Structure (WBS)	3
Tabel 2. Perbandingan Produk HMI	8
Tabel 3. Hasil Pengukuran sensor DHT 11 (SUHU)	36
Tabel 4. Hasil Pengukuran sensor DHT 11 (KELEMBABAN)	37
Tabel 5. Hasil Pengukuran sensor Ultrasonik (JARAK)	38
Tabel 6. Hasil Pengukuran sensor Tegangan	39

Bab 1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Pada era Revolusi Industri 4.0, kebutuhan terhadap Sistem otomasi semakin berkembang pesat, khususnya di sektor otomotif, elektronik, dan Industri manufaktur yang memerlukan efisiensi tinggi. Berdasarkan studi kualitatif melalui wawancara dengan para ahli Industri serta survei terhadap perusahaan pengguna alat otomasi, diketahui bahwa Sistem otomatisasi memiliki dampak signifikan terhadap produktivitas dan daya saing perusahaan (Permana, 2023).

Namun, penerapan Sistem otomasi *Global* masih menghadapi sejumlah tantangan, di antaranya biaya *implementasi* yang tinggi, kebutuhan akan konektivitas cepat dan *andal*, serta ketergantungan terhadap perangkat keras mahal. Banyak Industri mengalami keterbatasan anggaran, meskipun otomatisasi sangat diperlukan agar tetap kompetitif di pasar *Global* (Ferinda, 2024).

Masalah lain yang turut menjadi perhatian adalah meningkatnya kebutuhan terhadap Sistem produksi yang fleksibel dan efisien dalam merespons dinamika konsumen. Sayangnya, Sistem otomasi tradisional belum kompatibel dengan teknologi modern seperti Internet of Things (IoT), big data, dan kecerdasan buatan, yang menyebabkan kesenjangan teknologi antar Industri dan berdampak pada efisiensi serta daya saing (Nugrowibowo, 2023).

Sebagai solusi, *Human Machine Interface (HMI)* berbasis *Ethernet* menjadi pendekatan yang tepat. *HMI* memberikan kemudahan dalam Integrasi antara manusia dan mesin, memungkinkan operator untuk memantau dan mengontrol proses produksi secara *real-time*, akurat, dan efisien (Putra, 2023). Teknologi ini tidak hanya meningkatkan produktivitas dan kualitas, tetapi juga dapat diterapkan dengan biaya yang lebih rendah dibanding Sistem otomasi konvensional.

Ethernet, sebagai protokol komunikasi yang cepat dan stabil, mendukung pengiriman dan penerimaan data secara *real-time*, serta memungkinkan Integrasi dengan jaringan komputer melalui antarmuka berbasis web (Lestari, 2020). Sistem *HMI* berbasis *Ethernet* yang diusulkan dalam penelitian ini memungkinkan pengawasan dan kontrol Industri secara langsung tanpa memerlukan perangkat

tambahan yang mahal.

Penerapan *HMI* berbasis *Ethernet* dalam dunia Industri sangat bermanfaat, seperti untuk pengendalian suhu, waktu proses, serta pemantauan kualitas produk secara terus-menerus. Hal Ini berkontribusi pada peningkatan kualitas *output* produksi dan efisiensi Sistem secara keseluruhan (*Research, 2024*). Oleh karena itu, pengembangan Sistem Ini menjadi langkah strategis bagi Industri dalam menghadapi tantangan *Global* dan meningkatkan daya saing.

1.2. Rumusan Masalah

1. Bagaimana merancang dan mengimplementasikan *HMI* berbasis *Ethernet* yang dapat berfungsi secara *real-time* dan kompatibel dengan Sistem kontrol Industri yang telah ada?
2. Bagaimana mengIntegrasikan *HMI* dengan PLC dan mikrokontroler *ATmega2560* melalui komunikasi *Ethernet* untuk mencapai kinerja optimal?
3. Bagaimana merancang penutup (*cover*) agar *Display HMI* dapat dipasang dengan aman dan ergonomis?
4. Bagaimana mengimplementasikan desain PCB agar dapat digunakan secara luas oleh pengguna *Global*?
5. Bagaimana merancang dan memprogram tampilan *Display* agar dapat menampilkan data secara *real-time* melalui komunikasi *Ethernet* dengan mikrokontroler?

1.3. Tujuan

1. Merancang dan mengimplementasikan Sistem *Human Machine Interface (HMI)* berbasis *Ethernet* yang dapat berfungsi secara *real-time* untuk mendukung kontrol dan *Monitoring* proses Industri secara efisien dan fleksibel.
2. Menghasilkan produk otomasi dengan biaya rendah yang mampu bersaing di pasar *Global*

1.4. Manfaat

1. Akademis
Memberikan kontribusi dalam pengembangan ilmu pengetahuan di bidang teknologi otomasi dan komunikasi *Ethernet*. Dengan perangkat kontrol berbasis PLC dan Arduino, serta sebagai referensi dalam pengembangan Sistem otomasi di lingkungan akademis dan Industri.
2. Industri
Otomasi memberikan dampak signifikan dalam meningkatkan biaya yang hemat, efisiensi, kualitas, dan keamanan di berbagai sektor Industri.

1.5. Batasan

Dalam penulisan proyek Ini, permasalahan yang ada adalah sebagai berikut :
terkendala di komunikasi serial dan *Ethernet*, pada saat menggunakan *module Ethernet* komunikasi serial pada *Nextion* harus diputus dikarenakan *module Ethernet* tidak bisa terhubung.

terkendala di kestabilan power supply, dikarenakan khusus *Nextion* tidak bisa di jumper langsung ke atmega 2560 dikarenakan daya pada *Nextion* kurang sehingga *Nextion* kedad kedip.

terkendala di tampilan web server, dikarenakan jika kita menggunakan web server Sistem hardware mengalami lag sehingga Perintah yang kita kirim melalui *Nextion* tidak merespon.

Terkendala di mikrokontroler, dikarenakan atmega 2560 memiliki single core sehingga sulit digunakan untuk komunikasi *Ethernet* tapi diunggulkan dengan pin I/O yang banyak.

1.6. **Work Breakdown Structure (Opsional)**

Tabel 1. Work Breakdown Structure (WBS)

No	Nama	Tugas dan Tanggung Jawab dalam Tim
1	Rahmatdi Afianto	Koordinator, pemrograman MCU
2	Muhammad Rizki Efpendi	Elektrikal dan komunikasi <i>Ethernet</i>
3	Herry Kristiadi Panjaitan	Desain <i>HMI</i> dan Pengujian Alat

Pada tabel 1 merupakan *Work Breakdown Structure (WBS)* atau merupakan tanggung jawab setiap anggota tim dalam pengerjaan.

Bab 2. Tinjauan Pustaka

2.1. Human Machine Interface

Human Machine Interface (HMI) adalah perangkat yang memungkinkan Interaksi langsung antara manusia dan Sistem otomasi. Umumnya, *HMI* terdiri dari tampilan visual seperti layar *LCD* atau panel sentuh yang menyajikan Informasi operasional, serta memungkinkan pengguna memberikan Perintah kontrol ke mesin (Rahadian, 2020).

Pada proyek Ini, platform **Nextion** digunakan sebagai perangkat *HMI* yang berfungsi untuk menampilkan data *Monitoring*, mengontrol proses, dan mengidentifikasi status Sistem secara *real-time*. *Display HMI* Ini dirancang agar mudah dioperasikan oleh pengguna dari berbagai sektor Industri, serta dapat dikembangkan lebih lanjut sesuai kebutuhan spesifik Sistem otomasi.

Keunggulan lain dari Sistem Ini adalah kemampuannya mengIntegrasikan berbagai perangkat ke dalam satu antarmuka yang Intuitif. *HMI* tidak hanya berfungsi sebagai media pemantauan, tetapi juga memungkinkan pengguna mengirimkan Instruksi serta mengevaluasi respons dari Sistem otomatis yang dikendalikan.

2.2. Gambaran Perkembangan Produk

Adapun beberapa perkembangan produk yang digunakan dalam pembuatan proyek Ini adalah sebagai berikut:

2.2.1. Display

Tampilan antarmuka dalam proyek Ini menggunakan **LCD Nextion NX1060P101-011C-I**, yang bertindak sebagai pusat kontrol dan Indikator status Sistem. *Nextion* dilengkapi dengan **Nextion Editor**, perangkat lunak untuk merancang tampilan serta memprogram Interaksi pengguna. Seperti terlihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. *Nextion* 10 Inch

Layar *Nextion* memiliki keunggulan berupa Integrasi langsung dengan mikrokontroler melalui komunikasi **serial UART**, serta dukungan mikrokontroler ARM Internal yang memungkinkan pengolahan *mandiri* untuk elemen GUI seperti tombol Interaktif, tampilan gambar, hingga perubahan warna latar belakang (Itead, 2024).

Penggunaan *Nextion* memberikan kemudahan bagi pengguna dalam memantau dan mengontrol Sistem secara efisien, serta memungkinkan pengembangan lebih lanjut seperti pemantauan *Input* analog dan kontrol *output* digital.

2.2.2. Mikrokontroler

Mikrokontroler adalah Sistem komputer miniatur dalam satu *chip* yang dirancang untuk mengendalikan perangkat tertentu. Dalam proyek Ini digunakan **ATmega2560**—mikrokontroler yang tertanam dalam **Arduino Mega 2560**—yang memiliki 54 pin I/O digital (15 di antaranya mendukung PWM), 16 *Input* analog, dan 4 port komunikasi serial (UART). Seperti terlihat pada **Gambar 2**.

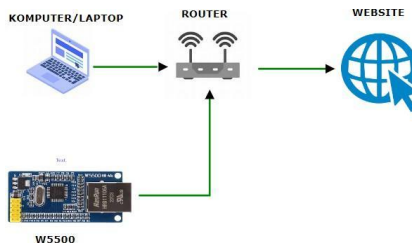


Gambar 2. Arduino ATmega 2560

Sistem dirancang dengan 24 *Input* analog, termasuk dukungan untuk sinyal 0–5 V, 4–20 mA, dan 0–10 V. *Output* digital mencakup 8 relay dan 8 transistor. Keunggulan *ATmega2560* terletak pada fleksibilitas tinggi dan banyaknya pin I/O, yang mendukung Integrasi berbagai *sensor* dan *aktuator* secara simultan (Arduino, 2024; Kamal, 2023).

2.2.3. Sistem Komunikasi

Sistem komunikasi bertujuan untuk mentransfer data antara perangkat, baik mikrokontroler dengan *HMI* maupun perangkat lain seperti komputer. Pada proyek Ini, digunakan protokol **Ethernet** yang memungkinkan transmisi data melalui jaringan kabel dengan kecepatan tinggi dan stabil (Valencia, 2019).



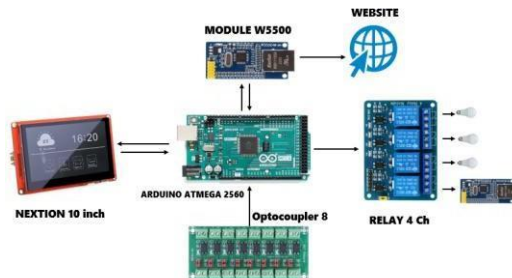
Gambar 3. Konfigurasi Sistem Komunikasi

Seperti terlihat pada **Gambar 3**. Sistem komunikasi skema jaringan berbasis *Ethernet* yang menghubungkan mikrokontroler melalui modul **W5500** ke sebuah **router** untuk dapat berkomunikasi dengan perangkat lain, seperti **laptop**, serta mengakses **website** melalui jaringan lokal atau Internet. Modul W5500 bertugas menghubungkan mikrokontroler ke jaringan dengan protokol *TCP/IP* melalui koneksi kabel RJ45 ke router. Laptop yang terhubung ke router dapat mengakses data atau melakukan kontrol ke mikrokontroler yang telah menjalankan fungsi web server. Selain itu, router juga terhubung ke Internet sehingga memungkinkan laptop untuk mengakses website eksternal. Sistem ini memungkinkan komunikasi dua arah, di mana mikrokontroler dapat mengirimkan data ke laptop atau web client dalam satu jaringan, serta menerima Perintah dari pengguna melalui website atau antarmuka berbasis web. Dengan demikian, Sistem komunikasi ini dapat dimanfaatkan untuk proses *Monitoring* dan kontrol perangkat secara jarak jauh melalui jaringan *Ethernet* yang stabil dan mendukung protokol standar Internet.

2.2.4. Sistem Kontrol

Seperti terlihat pada **Gambar 4**. Sistem mikrokontroler rangkaian terpadu berbasis **Arduino Mega 2560** yang berfungsi sebagai pusat pengendali untuk melakukan proses *Monitoring* dan pengendalian perangkat secara otomatis maupun manual. Sistem ini terintegrasi dengan beberapa modul pendukung, yaitu **W5500 Ethernet Module, Nextion HMI, Relay 4 Channel, Optocoupler 8 Channel**. Mikrokontroler menerima sinyal *Input* digital dari Optocoupler 8 Channel, kemudian memproses *Input* tersebut untuk ditampilkan pada layar *Nextion HMI*

dan dikirim ke website lokal melalui jaringan *Ethernet* dengan alamat IP **192.168.169.177** menggunakan modul W5500.



Gambar 4. Konfigurasi Sistem Kontrol

Selain itu, Sistem memungkinkan operator untuk mengendalikan beban listrik berupa lampu atau perangkat lain melalui **Relay 4 Channel** yang dapat diaktifkan atau dimatikan dari antarmuka *Nextion* maupun website secara *real-time*. Website tersebut berfungsi sebagai web server lokal yang menampilkan data *sensor* dan status *Relay* serta menyediakan fitur kontrol jarak jauh melalui jaringan LAN. Dengan adanya Integrasi *Ethernet*, Sistem Ini mampu melakukan komunikasi data berbasis protokol *TCP/IP*, sehingga *Monitoring* dan pengendalian dapat dilakukan dari berbagai perangkat yang terhubung ke jaringan. Secara keseluruhan, Sistem Ini merupakan solusi otomasi sederhana berbasis mikrokontroler yang fleksibel, dapat diakses jarak jauh, dan memiliki antarmuka visual yang Interaktif untuk memudahkan operator dalam memantau dan mengendalikan Sistem.

2.3. Keunikan Dari Produk Sejenis

Produk **HMI berbasis Ethernet** yang dikembangkan memiliki beberapa keunikan dibandingkan produk *HMI* konvensional di pasaran, antara lain:

1. Biaya *implementasi* yang lebih efisien.
2. Desain yang fleksibel dan mudah dikustomisasi.
3. Kompatibilitas dengan perangkat IoT dan Sistem jaringan.
4. Kemampuan komunikasi *ganda* melalui *Ethernet* dan RS485.
5. Integrasi pengawasan suhu dan tegangan secara *real-time*

Salah satu keunggulan signifikan dari Sistem Ini adalah fitur pengawasan dan pengendalian perangkat melalui **jaringan lokal (LAN)** yang mengurangi ketergantungan pada Sistem tertutup dan mahal. Sistem juga dapat dikembangkan untuk mendukung Integrasi *cloud* atau database lokal, meningkatkan fungsionalitas manajemen data. Seperti terlihat pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Perbandingan Produk HMI

No	Produk	Kompatibel I/O	Fleksibilitas Integrasi	Pengembangan & Pemrograman	Komunikasi <i>Ethernet</i>	RS-485
1	WeIntek MT8071iE	✗	✓	✓	✗	✓
2	Siemens Simatic KTP400	✗	✓	✗	✓	✗
3	Omron NB7W-TW00B	✗	✓	✗	✗	✓
4	<i>HMI</i> Berbasis <i>Ethernet</i> (Proyek)	✓	✓	✓	✓	✓

Data pada **Tabel 2.** menunjukkan bahwa Sistem *HMI* yang dikembangkan dalam proyek Ini memiliki fitur yang lebih lengkap, terutama dalam aspek kompatibilitas I/O dan fleksibilitas komunikasi.

2.4. *Sensor*

2.4.1. Proximity SICK IME08-04NNOZW2K



Gambar 5. *Sensor Proximity SICK IME08-04NNOZW2K*

Pada **Gambar 5. *Sensor proximity SICK IME08-04NNOZW2K*** merupakan salah satu varian *sensor* yang memungkinkan pendeteksian objek tanpa perlu melakukan kontak fisik. *Sensor* ini memiliki kemampuan untuk mengenali berbagai jenis logam, seperti tembaga, baja, dan aluminium. Selain itu, *sensor* ini juga dapat digunakan untuk mendeteksi, menghitung, dan menentukan posisi objek, baik yang terbuat dari logam maupun non-logam (Jufriyanto).

Spesifikasi utama:

- Tipe deteksi: Induktif, non-flush, M8 threaded barrel
- Jarak deteksi (Sn): 4 mm
- Tegangan kerja: 10–30 V DC
- *Output Switching*: 3-wire NPN, fungsi NC (Normally Closed)
- Panjang kabel: 2 m
- Frekuensi *switching*: hingga 4 kHz
- Kapasitas arus: hingga sekitar 200 mA
- Temperatur operasional: –25 °C hingga +75 °C
- Proteksi: perlindungan terhadap polaritas terbalik & hubung singkat
- Material housing: Kuningan (nickel-plated)
- Tingkat perlindungan: IP67

Prinsip Kerja:

Sensor ini mendeteksi logam (besi/non-besi tertentu) tanpa kontak fisik, dengan memancarkan medan magnet. Ketika objek logam masuk dalam jangkauan ~4 mm, *sensor* akan mengubah status *output*.

2.4.2. Buzzer



Gambar 6. Buzzer

Pada **Gambar 6**. Buzzer adalah perangkat transduser audio yang mengubah sinyal listrik menjadi gelombang suara. Komponen ini biasanya digunakan sebagai indikator suara atau alarm pada sistem elektronik.

Spesifikasi umum:

- Tegangan kerja : 3–24 VDC
- Tegangan nominal : 5 VDC
- Arus konsumsi : ± 30 mA
- Frekuensi suara : 2–4 kHz
- Tingkat kebisingan : ± 85 dB pada jarak 10 cm
- Dimensi : $\varnothing 12$ mm $\times$ 9.5 mm
- Suara *output* : Continu atau Intermittent (tergantung kontrol)

Prinsip kerja:

Buzzer bekerja dengan menggetarkan diafragma logam tipis menggunakan sinyal listrik. Pada buzzer aktif, getaran ini dihasilkan dari rangkaian osilator internal; pada buzzer pasif, getaran dihasilkan dari sinyal pulsa eksternal yang dikirim oleh mikrokontroler.

2.4.3. Photoelectric



Gambar 7. Sensor Photoelectric

Pada **Gambar 7. Sensor photoelectric** adalah *sensor* yang bekerja dengan memanfaatkan cahaya (biasanya sinar Inframerah atau laser) untuk mendeteksi keberadaan, jarak, atau bentuk suatu objek. *Sensor* ini terdiri dari pemancar (emitter) dan penerima (receiver) yang bekerja berdasarkan prinsip perubahan Intensitas cahaya.

Spesifikasi umum:

- Tegangan kerja : 10–30 VDC
- Jarak deteksi : 0,1 – 2 m (tergantung tipe)
- *Output* : NPN atau PNP, NO/NC
- Waktu respon : ± 1 ms
- Sumber cahaya : LED Inframerah atau laser
- Proteksi : IP65 – IP67

Prinsip kerja:

Pemancar mengirimkan cahaya ke arah target. Ketika objek hadir, cahaya akan dipantulkan atau diputus, dan perubahan Intensitas cahaya ini diterima oleh *sensor* sebagai sinyal logika (ON/OFF).

2.4.4. DHT11



Gambar 8. Sensor DHT11

Pada **Gambar 8**, DHT11 adalah *sensor* digital yang dapat mengukur suhu dan kelembaban udara dalam satu modul. *Sensor* ini sudah memiliki *chip* kalibrasi internal sehingga hasil pengukuran lebih stabil dan mudah dibaca oleh mikrokontroler

Spesifikasi umum:

- Tegangan kerja : 3.3–5.5 VDC
- Arus kerja : 0.3 mA (saat idle), 2.5 mA (saat pengukuran)
- Rentang suhu : 0–50 °C (± 2 °C)
- Rentang kelembaban : 20–90 %RH (± 5 %RH)
- Resolusi : Suhu 1 °C, kelembaban 1 %RH
- Protokol komunikasi : Single-wire digital
- Interval pembacaan : 1 Hz (1 kali per detik)
- Dimensi : 15.5 × 12 × 5.5 mm

Prinsip Kerja:

Untuk suhu, DHT11 menggunakan NTC *Thermistor* yang mengubah resistansi sesuai perubahan suhu, untuk kelembaban, *sensor* menggunakan elemen kapasitif yang berubah kapasitansinya berdasarkan kadar uap air di udara. Data dari kedua *sensor* dikirim secara digital ke mikrokontroler menggunakan satu pin data.

2.4.5. Ultrasonic HC-SR04



Gambar 9. Sensor Ultrasonic HC-SR04

Pada **Gambar 9**. *Sensor* ultrasonik adalah *sensor* yang digunakan untuk mengukur jarak menggunakan gelombang ultrasonik, bekerja dengan memancarkan gelombang suara berfrekuensi tinggi (sekitar 40 kHz) melalui transmitter, lalu menangkap pantulannya menggunakan receiver.

Spesifikasi umum:

- Tegangan kerja : 5 VDC
- Arus kerja : ± 15 mA
- Frekuensi kerja : 40 kHz
- Jarak ukur : 2 cm – 400 cm
- Akurasi : ± 3 mm
- Sudut deteksi : $\pm 15^\circ$
- Waktu respon : < 50 ms
- Dimensi : 45 mm $\times$ 20 mm $\times$ 15 mm

Prinsip kerja:

- Mikrokontroler mengirimkan pulsa trigger selama 10 μ s ke pin Trigger *sensor*.
- *Sensor* mengirimkan 8 gelombang ultrasonik pada frekuensi 40 kHz.
- Gelombang memantul dari objek dan kembali ke *sensor*.
- Pin Echo akan menghasilkan pulsa HIGH selama waktu tempuh gelombang.
- Mikrokontroler menghitung jarak menggunakan rumus

2.4.6. Voltage



Gambar 10. Sensor Voltage

Pada **Gambar 10**. Modul yang digunakan untuk mengukur besarnya tegangan arus searah (DC) dengan cara membagi tegangan masukan melalui rangkaian resistor pembagi tegangan (*Voltage divider*), sehingga tegangannya aman untuk diukur oleh pin ADC mikrokontroler.

Spesifikasi umum:

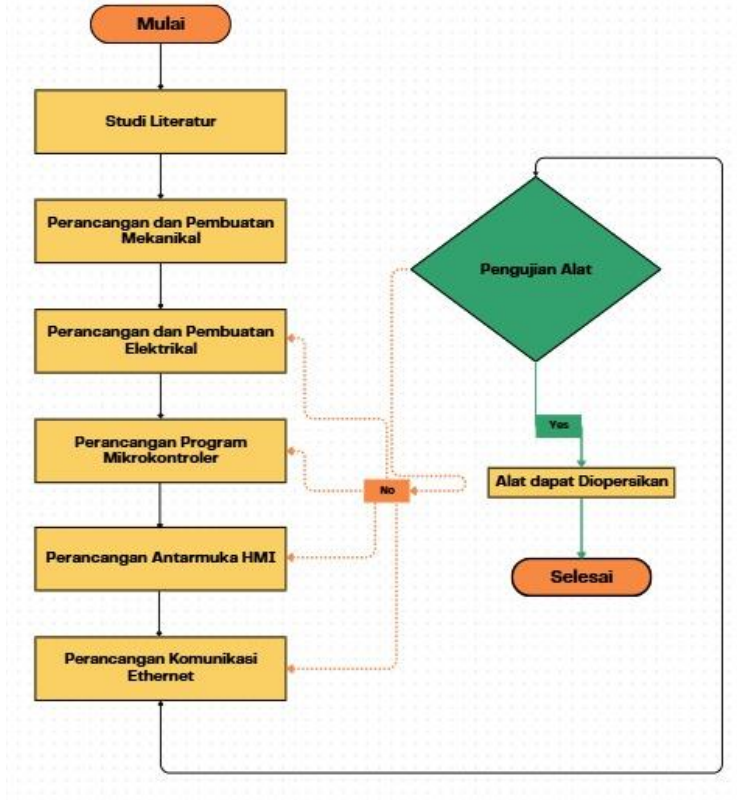
- Tegangan kerja modul : 3.3V–5V DC
- Rentang pengukuran *Input* : 0–25V DC
- Rasio pembagi tegangan : 5:1
- *Output* : Tegangan analog proporsional terhadap tegangan DC yang diukur
- Dimensi modul : $\pm 28 \times 14$ mm

Prinsip kerja:

Modul menggunakan dua buah resistor (R_1 dan R_2) yang membagi tegangan *Input* menjadi lebih kecil, tegangan keluaran pembagi tegangan masuk ke pin ADC mikrokontroler, lalu nilai ADC dikonversi menjadi nilai tegangan asli

Bab 3. TAHAPAN PELAKSANAAN

Pada **Gambar 11**. Proses pelaksanaan pembuatan proyek dapat dilihat pada gambar dibawah yang menjelaskan secara umum urutan pelaksanaan kegiatan proyek. Pada Sistem *Human Machine Interface* berbasis komunikasi *Ethernet* yang menjelaskan *Flowchart* pelaksanaan:



Gambar 11. *Flowchart* Proses Pelaksanaan Proyek

3.1. Studi Literatur

Tahapan awal pelaksanaan proyek dimulai dengan **studi literatur** yang bertujuan untuk memperoleh pemahaman mendalam terhadap komponen dan Sistem yang digunakan. Referensi yang dikaji mencakup *Jurnal* ilmiah, artikel terpercaya, buku teknis, dokumentasi produk, hingga video edukatif. Dalam tahap Ini, fokus utama adalah pengumpulan Informasi terkait **Programmable Logic Controller (PLC)**, **Human Machine Interface (HMI)**, serta Sistem komunikasi berbasis **Ethernet** dan **komunikasi serial**.

Studi literatur Ini juga mencakup pemahaman tentang desain perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (*Software*) pada Sistem kontrol Industri modern, terutama yang mendukung **standar Industri**

Tujuannya adalah untuk memastikan bahwa Sistem yang dikembangkan bersifat optimal, efisien, dan dapat diimplementasikan pada berbagai sektor seperti otomasi Industri, pertanian, dan Sistem rumah pintar (*Smart home*).

3.2. Perancangan dan pembuatan Mekanikal

Perancangan mekanikal dilakukan dengan memperhatikan aspek ergonomis, keamanan, dan efisiensi Instalasi. Bahan yang digunakan adalah filamen PLA karena ramah lingkungan, mudah dicetak dengan 3D printer, serta memiliki biaya produksi yang relatif terjangkau. Desain mekanikal dirancang menggunakan perangkat lunak *SolidWorks* untuk menciptakan *cover* Sistem kontrol yang melindungi komponen utama seperti ATmega 2560, *Relay*, terminal block, dan layar *HMI*. *Cover* dilengkapi pengunci di sisi atas dan samping untuk melindungi dari getaran, debu, dan kemungkinan cipratan cairan. Sementara itu, lubang akses dibuat untuk mempermudah proses pemasangan atau perawatan. Penggunaan socket terminal block memungkinkan perluasan I/O dan

penyederhanaan dalam proses *re-wiring*. Hasil akhir dari desain 3D akan diuji dan diaplikasikan pada berbagai sektor otomasi untuk memastikan fleksibilitas dan keandalan Sistem.



Gambar 12. Tampilan Cover Atas dan Cover Bawah Pada Desain Mekanikal

Hasil akhir dari desain 3D akan diuji dan diaplikasikan pada berbagai sektor otomasi untuk memastikan fleksibilitas dan *keandalan* Sistem. Seperti terlihat pada **Gambar 12** dan **Gambar 13**



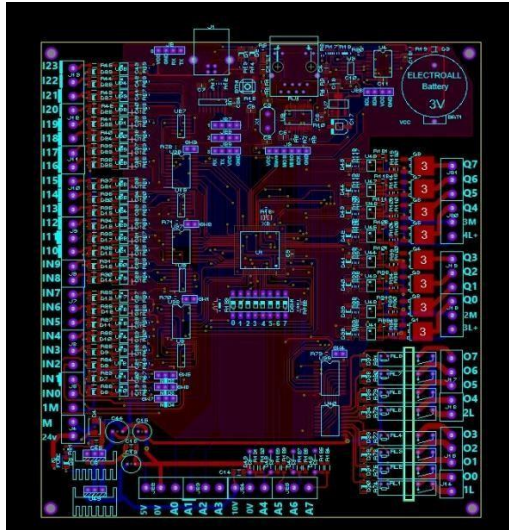
Gambar 13. Tampilan Mekanikal Yang sudah disatukan

3.3. Perancangan dan pembuatan Elektrikal

Pada perancangan dan pembuatan Elektrikal kami menggunakan 2 desain yaitu:

3.3.1. Perancangan dan pembuatan desain menggunakan *PCB Board*

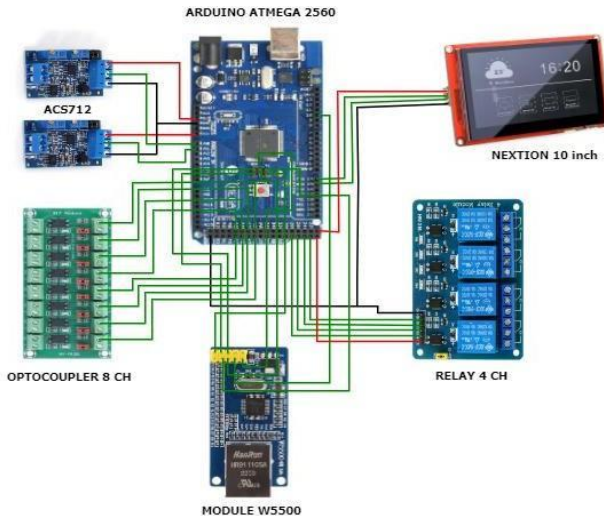
Pada **Gambar 14**. Desain Project Circuit Board (PCB), sebagai tahapan awal untuk memulai tahapan rancangan desain board. Perancangan komponen setelah melakukan studi literasi, komponen part yang digunakan dengan model SMD karena dengan komponen SMD dapat untuk memperkecil ukuran PCB dan pada board dirancang beberapa *layer* jalur rangkain *wiring*. Dalam desain memerlukan *Software Proteus Profesional* untuk menunjang desain rancangan. Didalam *Software* juga sudah mendukung komponen yang dibutuhkan sesuai dengan kebutuhan.



Gambar 14. Desain board Elektrikal Menggunakan *Software Proteus*

3.3.2. Perancangan dan pembuatan desain menggunakan *wiring EasyEda*

sebagai tahapan awal untuk memulai tahapan rancangan *wiring* pada desain board. Perancangan *wiring module* setelah melakukan studi literasi, *wiring* yang digunakan dengan berbagai *module-module* yang digunakan yaitu itu *module Ethernet W5500*, *module Optocoupler 8ch*, *module Relay 4ch*, *module Solid State Relay (SSR) 4ch* sebagai *output PWM* dan *Arduino Atmega 2560*. Dalam desain memerlukan untuk menunjang desain rancangan menggunakan *Software EasyEda*. Didalam *Software* juga sudah mendukung komponen yang dibutuhkan sesuai dengan kebutuhan. Rancangan *Wiring* juga memerlukan beberapa rangkain pembagi tegangan, penurun tegangan dan pengaman jika terjadi konsletIng pada jalur yang bisa berakibat fatal. Rancangan *wiring* pada desain board bisa dilihat pada **Gambar 15**.



Gambar 15. Desain Wiring Elektrikal Menggunakan Software EasyEda

3.4. Perancangan dan pembuatan program mikrokontroler

Perancangan dan pembuatan program mikrokontroler pada proyek ini bertujuan untuk mengatur fungsi *Monitoring* dan kontrol perangkat keras menggunakan ATmega 2560 sebagai pusat pemrosesan utama. Mikrokontroler diprogram untuk berkomunikasi dengan *sensor*, *aktuator*, *HMI Nextion*, serta modul *Ethernet W5500* menggunakan protokol komunikasi *TCP/IP*.

Program dibangun menggunakan platform Arduino IDE dengan bahasa pemrograman C/C++. *Library* yang digunakan antara lain:

- *Ethernet2.h* untuk koneksi *Ethernet* berbasis W5500,
- *DHT.h* untuk pembacaan *sensor* suhu dan kelembaban,
- *NewPing.h* untuk *sensor* ultrasonik,
- serta komunikasi serial dengan *Nextion* menggunakan Serial2 atau port UART lainnya.

```

#include <Ethernet2.h>
#include <DHT.h>
#include <NewPing.h>

//output pin
#define RELAY1_PIN 22
#define RELAY2_PIN 23
#define RELAY3_PIN 24
#define RELAY4_PIN 25// Untuk Ethernet ON/OFF
#define RELAY5_PIN 26
#define RELAY6_PIN 27
#define RELAY7_PIN 28
#define RELAY8_PIN 29
#define RELAY9_PIN 30

#define DHTPIN 6          // Pin PWM untuk DHT
#define DHTTYPE DHT11
#define VOLTAGE_PIN A0
#define ULTRASONIC_TRIG 7 // Pin PWM untuk Ultrasonic TRIG
#define ULTRASONIC_ECHO 8 // Pin PWM untuk Ultrasonic ECHO

// input pin
#define INPUT1_PIN 32
#define INPUT2_PIN 33
#define INPUT3_PIN 34
#define INPUT4_PIN 35
#define INPUT5_PIN 36
#define INPUT6_PIN 37
#define INPUT7_PIN 38
#define INPUT8_PIN 39
#define INPUT9_PIN 40
#define INPUT10_PIN 41
#define INPUT11_PIN 42
#define INPUT12_PIN 43
#define INPUT13_PIN 44
#define INPUT14_PIN 45
#define INPUT15_PIN 46
#define INPUT16_PIN 47

```

Gambar 16. Pendefinisian Pin I/O dan *Library*

Pada **Gambar 16**. Awal pemrograman mikrokontroler, beberapa *library* utama di-*include* untuk mendukung fungsi dari *sensor* dan komunikasi *Ethernet*, Pin 22–30 digunakan untuk mengendalikan 9 buah *Relay*, masing-masing dapat diaktifkan atau dimatikan melalui Perintah dari *Interface Nextion*. *Relay* ke-4 (pin 25) secara khusus diberi untuk *Ethernet* ON/OFF, yang bisa digunakan untuk memutus atau mengaktifkan koneksi *Ethernet* jika dibutuhkan. DHT11 terhubung ke pin digital 6 (DHTPIN), digunakan untuk membaca suhu dan kelembaban, *Voltage sensor* disambungkan ke pin analog A0, berfungsi mengukur tegangan DC *Input*, *sensor* Ultrasonik menggunakan pin digital 7 dan 8 masing-masing sebagai TRIG dan ECHO, yang dikendalikan oleh *library* NewPing. Sebanyak 16 pin *Input* digital dari pin 32 hingga 47 digunakan untuk menerima sinyal digital dari perangkat eksternal *Input* dari Sistem kontrol lain. *Input* ini kemudian ditampilkan pada halaman *HMI Nextion* dan Web sebagai Indikator status ON/OFF secara *real-time*.

```

void handleNextionInput() {
    static uint8_t buffer[4];
    while (Serial1.available() >= 4) {
        Serial1.readBytes(buffer, 4);
        long cmd = (uint32_t)buffer[0] | ((uint32_t)buffer[1] << 8)
            | ((uint32_t)buffer[2] << 16) | ((uint32_t)buffer[3] << 24);

        switch (cmd) {
            case 10: setRelay(0, false); break;
            case 11: setRelay(0, true); break;
            case 20: setRelay(1, false); break;
            case 21: setRelay(1, true); break;
            case 30: setRelay(2, false); break;
            case 31: setRelay(2, true); break;
            case 40: setRelay(3, false); break;
            case 41: setRelay(3, true); break;
            case 50: setRelay(4, false); break;
            case 51: setRelay(4, true); break;
            case 60: setRelay(5, false); break;
            case 61: setRelay(5, true); break;
            case 70: setRelay(6, false); break;
            case 71: setRelay(6, true); break;
            case 80: setRelay(7, false); break;
            case 81: setRelay(7, true); break;
            case 90: setRelay(8, false); break;
            case 91: setRelay(8, true); break;
        }
    }
}

```

Gambar 17. Menerima Perintah *Input Relay* dari *Nextion*

Untuk menghubungkan *Human Machine Interface (HMI) Nextion* dengan mikrokontroler *ATmega2560*, digunakan komunikasi serial UART. Perintah dari tombol-tombol Interaktif di *Nextion* dikirim dalam bentuk kode 4-byte dan dibaca melalui fungsi *handleNextionInput()*. Fungsi ini akan membaca setiap 4 byte data dari *Serial1* dan mengubahnya menjadi satu nilai *long cmd*. Nilai ini kemudian dibandingkan melalui struktur *switch-case* untuk menentukan Perintah yang harus dilakukan. Program menerima perintah *input relay* dari *nextion* bisa dilihat pada **Gambar 17**.

```

void setRelay(uint8_t idx, bool on) {
    if (idx > 8) return;
    uint8_t pin = RELAY1_PIN + idx;
    digitalWrite(pin, on ? LOW : HIGH); //aktif low
    relayStates[idx] = on;

    if (idx == 0) {
        sendButtonStateToNextion("bt100", on ? 1 : 0); // tombol relay 1 berubah ke bt100
    }
}

// Untuk relay4 (Ethernet), param userRequest: true jika dari Nextion
void setEthernet(bool on, bool userRequest) {
    digitalWrite(RELAY4_PIN, on ? LOW : HIGH); // Aktif LOW
    relayStates[3] = on;
    if (userRequest) ethernetShouldOn = on;

    if (on) {
        delay(400); // Tunggu modul siap
        bool success = false;
        for (int i = 0; i < 10; i++) { // Coba 3x
            Ethernet.begin(mac, ip, gateway);
            delay(300); // Jeda tiap percobaan
            if (Ethernet.localIP()[0] != 0) { // Jika sukses dapat IP
                success = true;
                break;
            }
        }
        ethernetConnected = success;
    } else {
        ethernetConnected = false;
    }

    sendStatusToNextion("t8", ethernetConnected ? "CONNECT" : "DISCONNECT");
    sendButtonStateToNextion("bt0", ethernetConnected ? 1 : 0);
}

```

Gambar 18. Fungsi Pengendalian *Relay* dan Pengaturan Koneksi *Ethernet*

Pada **Gambar 18**. Untuk mengatur perangkat *output* berupa *Relay*, digunakan fungsi `setRelay()` yang dapat mengontrol hingga 9 channel *Relay*. Setiap *Relay* terhubung ke pin digital tertentu pada ATmega 2560. *Relay* dikontrol melalui parameter logika true (ON) atau false (OFF), dan statusnya juga disimpan dalam *array* Internal untuk keperluan sinkronisasi antar antarmuka (*Nextion* dan *Web*).

```

void handleSensorOutput() {
    unsigned long now = millis();
    if (now - lastSensorMillis < SENSOR_INTERVAL) return;
    lastSensorMillis = now;

    // Sensor DHT
    suhu = dht.readTemperature();
    hum = dht.readHumidity();
    if (!isnan(suhu)) sendFloatToNextion("t4", suhu, 1);
    else sendStatusToNextion("t4", "---");
    if (!isnan(hum)) sendFloatToNextion("t7", hum, 1);
    else sendStatusToNextion("t7", "---");

    // Sensor tegangan
    int adcValue = analogRead(VOLTAGE_PIN);
    v = adcValue * (5.0 / 1023.0) * 3.0; // misal pembagi tegangan 3x, sesuaikan
    if (adcValue > 0) sendFloatToNextion("t5", v, 2);
    else sendStatusToNextion("t5", "---");

    // Sensor ultrasonic
    jarak = sonar.ping_cm();
    if (jarak > 0) sendFloatToNextion("t6", jarak, 1);
    else sendStatusToNextion("t6", "---");

    sendStatusToNextion("t8", ethernetConnected ? "CONNECT" : "DISCONNECT");
    sendButtonStateToNextion("bt0", ethernetConnected ? 1 : 0);
}

```

Gambar 19. Fungsi *Monitoring* dan Pengiriman Data *Sensor* ke *HMI*

Fungsi `handleSensorOutput()` untuk membaca data dari *sensor* suhu, kelembaban, tegangan, dan jarak secara periodik, kemudian menampilkannya ke *Interface Nextion HMI*. *Interval* pembacaan diatur agar Sistem tidak terlalu sering membaca *sensor*, agar menjaga efisiensi dan stabilitas Sistem. Data suhu dan kelembaban diperoleh dari *sensor* DHT11 dan ditampilkan pada objek teks `t4` dan `t7` di layar *HMI Nextion*. Nilai-nilai ini secara otomatis diperbarui setiap beberapa detik. Jika *sensor* gagal membaca data, Sistem akan menampilkan tanda "---" sebagai penanda kesalahan. Program pengiriman data *sensor* ke *HMI* bisa dilihat pada **Gambar 19**.

```

void handleInputStatus() {
    unsigned long now = millis();
    if (now - lastInputMillis < INPUT_INTERVAL) return;
    lastInputMillis = now;

    bool inputStates[16];
    inputStates[0] = digitalRead(INPUT1_PIN) == LOW;
    inputStates[1] = digitalRead(INPUT2_PIN) == LOW;
    inputStates[2] = digitalRead(INPUT3_PIN) == LOW;
    inputStates[3] = digitalRead(INPUT4_PIN) == LOW;
    inputStates[4] = digitalRead(INPUT5_PIN) == LOW;
    inputStates[5] = digitalRead(INPUT6_PIN) == LOW;
    inputStates[6] = digitalRead(INPUT7_PIN) == LOW;
    inputStates[7] = digitalRead(INPUT8_PIN) == LOW;
    inputStates[8] = digitalRead(INPUT9_PIN) == LOW;
    inputStates[9] = digitalRead(INPUT10_PIN) == LOW;
    inputStates[10] = digitalRead(INPUT11_PIN) == LOW;
    inputStates[11] = digitalRead(INPUT12_PIN) == LOW;
    inputStates[12] = digitalRead(INPUT13_PIN) == LOW;
    inputStates[13] = digitalRead(INPUT14_PIN) == LOW;
    inputStates[14] = digitalRead(INPUT15_PIN) == LOW;
    inputStates[15] = digitalRead(INPUT16_PIN) == LOW;

    for (int i = 0; i < 16; i++) {
        char objname[6];
        sprintf(objname, "in%d", i); // in0, in1, ... in15
        sendStatusToNextion(objname, inputStates[i] ? "ON" : "OFF");
    }
}

```

Gambar 20. Fungsi Monitoring Input Digital

Fungsi `handleInputStatus()` digunakan untuk membaca status dari 16 pin *Input* digital yang terhubung ke berbagai perangkat eksternal seperti tombol, *sensor*, atau *Input* logika lainnya. Pembacaan dilakukan setiap *Interval* tertentu untuk menjaga efisiensi Sistem. Setiap *Input* dibaca menggunakan fungsi `digitalRead()` dan disimpan dalam array `inputStates[16]`. Dalam implementasi ini, logika *LOW* dianggap sebagai kondisi aktif atau "ON", menyesuaikan dengan perangkat *Input* aktif-rendah yang umum digunakan. Program *Monitoring Input Digital* bisa dilihat pada **Gambar 20**.

```

void handleEthernetAuto() {
    unsigned long now = millis();
    if (now - lastEthernetCheck < ETHERNET_CHECK_INTERVAL) return;
    lastEthernetCheck = now;

    bool ethOK = checkEthernetConnect();

    // Jika koneksi hilang & relay4 ON, matikan relay4 (Ethernet OFF)
    if (!ethOK && relayStates[3]) {
        setEthernet(false, false);
    }
    // Jika koneksi pulih, relay4 OFF, dan user memang ingin ON, aktifkan relay4
    else if (ethOK && !relayStates[3] && ethernetShouldOn) {
        setEthernet(true, false);
    }
    ethernetConnected = ethOK && relayStates[3];
}

// ===== Nextion Sender =====
void sendFloatToNextion(const char* objName, float value, uint8_t decimals) {
    char buff[16];
    dtostrf(value, 0, decimals, buff);
    Serial1.print(objName);
    Serial1.print(".txt=\"");
    Serial1.print(buff);
    Serial1.print("\"");
    Serial1.write(0xFF); Serial1.write(0xFF); Serial1.write(0xFF);
}

void sendStatusToNextion(const char* objName, const char* statusText) {
    Serial1.print(objName);
    Serial1.print(".txt=\"");
    Serial1.print(statusText);
    Serial1.print("\"");
    Serial1.write(0xFF); Serial1.write(0xFF); Serial1.write(0xFF);
}

void sendButtonStateToNextion(const char* objName, bool isOn) {
    Serial1.print(objName);
    Serial1.print(".val=");
    Serial1.print(isOn ? "1" : "0");
    Serial1.write(0xFF); Serial1.write(0xFF); Serial1.write(0xFF);
}

```

Gambar 21. Pemantauan Koneksi *Ethernet* Otomatis dan Komunikasi Serial dengan *Nextion HMI*

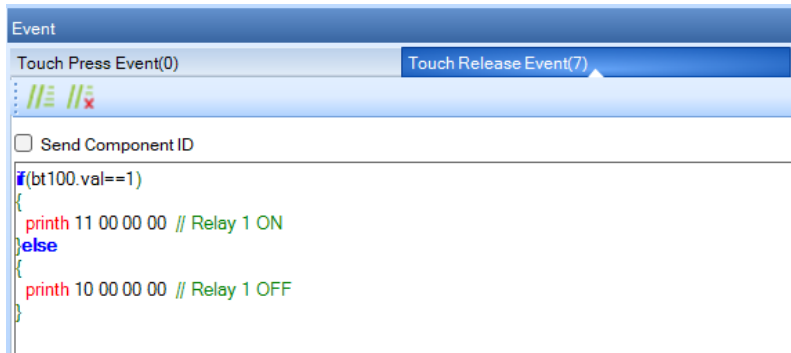
Sistem koneksi *Ethernet* dirancang untuk secara otomatis memantau status koneksi jaringan *Ethernet* menggunakan fungsi *handleEthernetAuto()*. Fungsi ini memeriksa apakah koneksi masih aktif, dan jika tidak, akan mematikan dan menghidupkan kembali modul *Ethernet* menggunakan *Relay* ke-4. Logika ini penting untuk menjaga Sistem tetap terhubung ke jaringan secara otomatis tanpa

Intervensi pengguna. Jika pengguna sebelumnya memang menyalakan koneksi (*EthernetShouldOn* = true), maka Sistem akan mencoba menyambungkan ulang secara otomatis ketika jaringan tersedia kembali.

Komunikasi antara *ATmega2560* dan *Nextion HMI* dilakukan melalui serial UART menggunakan beberapa fungsi khusus, yaitu:

1. *sendFloatToNextion()* untuk mengirimkan data numerik *sensor* seperti suhu, kelembaban, tegangan, dan jarak.
2. *sendStatusToNextion()* untuk mengirim status teks seperti "ON" atau "OFF" pada Indikator *Input* digital atau status koneksi *Ethernet*.
3. *sendButtonStateToNextion()* untuk menyelaraskan status tombol *dual-State* di *Nextion* dengan status aktual pada mikrokontroler.

Semua Perintah dikirim dalam format yang dikenali oleh *Nextion*, dan ditutup dengan tiga byte 0xFF sebagai terminator Perintah. Perintah Ini menjamln komunikasi antara *HMI* dan mikrokontroler berjalan dengan lancar, responsif, dan sinkron. Program koneksi dan komunikasi bisa dilihat pada **Gambar 21**.



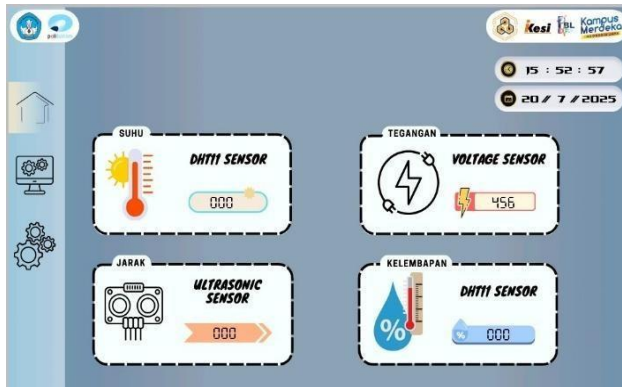
Gambar 22. Pengiriman Perintah dari HMI ke Mikrokontroler

Antarmuka *Nextion* menggunakan tombol *dual-State*(bt100) untuk mengontrol perangkat *output* seperti *Relay*. Ketika tombol ditekan atau dilepas, *HMI* akan mengirimkan Perintah dalam bentuk 4-byte data HEX melalui komunikasi UART. `prnth 11 00 00 00` yang akan diinterpretasikan oleh mikrokontroler sebagai Perintah untuk mengaktifkan *Relay* pertama. Sebaliknya, jika tombol berada dalam kondisi tidak aktif (`val == 0`), maka dikirim `prnth 10 00 00 00` yang berarti Perintah untuk mematikan *Relay* pertama.

Contohnya, pada tombol bt100, jika tombol berada dalam kondisi aktif (`val == 1`), maka *Nextion* mengirim data. Program Pengiriman Perintah dari *HMI* ke Mikrokontroler bisa dilihat pada **Gambar 22**.

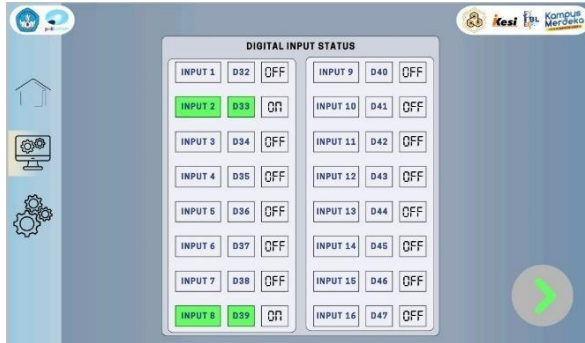
3.5. perancangan dan pembuatan desain *Interface HMI*

Desain antarmuka *Nextion* pada **Gambar 23** merupakan tampilan *Monitoring sensor* yang dirancang secara Interaktif dan Informatif. Antarmuka Ini menampilkan data dari beberapa *sensor* utama, yaitu *sensor* DHT11 untuk suhu dan kelembapan, *sensor* tegangan (*Voltage sensor*), serta *sensor* ultrasonik untuk mengukur jarak. Setiap *sensor* ditampilkan dalam kotak terpisah dengan ikon dan Indikator digital yang memudahkan pembacaan data. Di pojok kanan atas terdapat Informasi waktu dan tanggal secara *real-time*, serta navigasi sidebar di sebelah kiri untuk mempermudah pengguna dalam mengakses fitur lainnya.



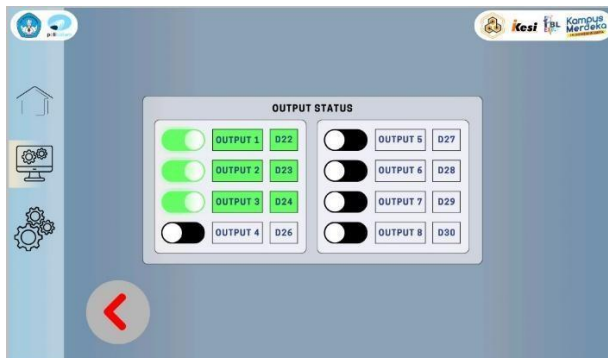
Gambar 23. Tampilan Halaman Pertama Desain Interface HMI pada *Nextion*

Desain antarmuka *Nextion* pada **Gambar 24** menampilkan status **Digital Input** dari 16 pin *Input* (*INPUT* 1 hingga *INPUT* 16) yang terhubung ke pin digital (D32 hingga D47) pada mikrokontroler. Setiap *Input* memiliki Indikator status "ON" atau "OFF" untuk menunjukkan apakah sinyal digital sedang aktif (HIGH) atau tidak aktif (LOW). Tampilan Ini dibuat agar pengguna dapat memantau kondisi *Input* secara *real-time*. Warna hijau digunakan untuk menandai *Input* yang sedang aktif (seperti *INPUT* 2 dan *INPUT* 8), sehingga memudahkan identifikasi visual.



Gambar 24. Tampilan Halaman kedua Desain *Interface HMI* pada *Nextion*

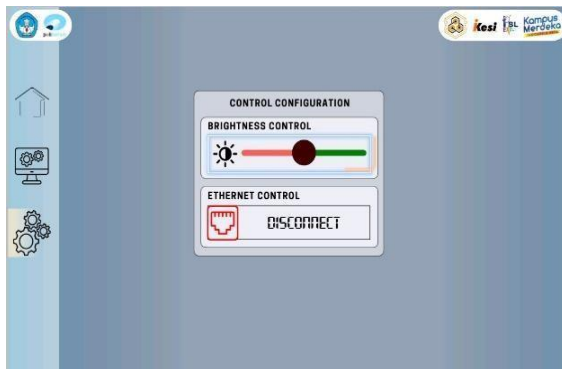
Desain antarmuka *Nextion* pada **Gambar 25** menampilkan **status digital output** dari 8 pin keluaran (*OUTPUT 1* hingga *OUTPUT 8*) yang terhubung ke pin D22 hingga D30 pada mikrokontroler. Setiap *output* dilengkapi dengan **tombol switch** yang dapat diaktifkan (ON) atau dinonaktifkan (OFF) secara manual oleh pengguna. Warna hijau menunjukkan *output* aktif, sedangkan warna hitam menunjukkan *output* nonaktif. Desain ini memungkinkan kontrol dan pemantauan langsung terhadap perangkat yang dikendalikan oleh masing-masing pin *output* melalui layar *Nextion* secara *real-time* dan intuitif.



Gambar 25. Tampilan Halaman ketiga Desain *Interface HMI* pada *Nextion*

Desain antarmuka *Nextion* pada **gambar 26** merupakan halaman **Control Configuration** yang menyediakan dua fitur utama: **Brightness Control** dan **Ethernet Control**. **Brightness Control** menggunakan *slider* untuk mengatur tingkat kecerahan layar secara manual, ditandai dengan ikon matahari. **Ethernet Control** menampilkan status koneksi jaringan. Desain ini memungkinkan pengguna untuk

melakukan pengaturan dasar terhadap tampilan layar dan koneksi jaringan melalui antarmuka yang sederhana dan mudah dipahami.

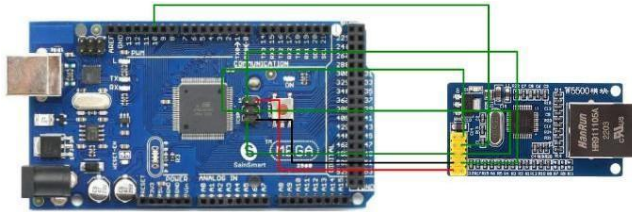


Gambar 26. Tampilan Halaman ke-empat Desain *Interface HMI* pada *Nextion*

3.6. perancangan dan pembuatan komunikasi *Ethernet*

Perancangan dan pembuatan Sistem komunikasi merupakan suatu proses merancang skema, menentukan konfigurasi, serta merealisasikan hubungan antar perangkat keras dan perangkat lunak agar mampu saling bertukar data sesuai protokol yang ditetapkan. Dalam konteks Ini, Sistem komunikasi dirancang untuk menghubungkan **mikrokontroler Arduino Mega 2560** dengan **modul Ethernet W5500** menggunakan metode komunikasi serial SPI (*Serial Peripheral Interface*). Perancangan Sistem melibatkan penyusunan diagram koneksi fisik antara pin SPI pada Arduino Mega, yaitu **MISO, MOSI, SCK, dan CS**, dengan pin yang sesuai pada modul W5500, serta pengaturan catu daya dan ground untuk memastikan kestabilan operasional.

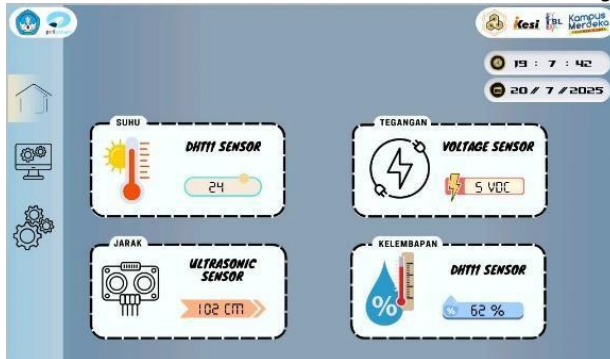
Selain koneksi perangkat keras, perancangan Sistem komunikasi juga mencakup konfigurasi alamat IP, pengaturan protokol *TCP/IP*, serta penyusunan program yang bertugas mengatur proses pengiriman dan penerimaan data melalui jaringan *Ethernet*. Proses pembuatan Sistem dilakukan dengan menyusun kode program menggunakan **Arduino IDE**, melakukan uji coba koneksi, serta memastikan data dapat ditransmisikan dari dan ke mikrokontroler melalui jaringan lokal dengan baik. Dengan perancangan dan pembuatan Sistem komunikasi Ini, dihasilkan sebuah Sistem yang mampu menghubungkan mikrokontroler dengan jaringan *Ethernet*, sehingga memungkinkan proses *Monitoring* pada web server. Perancangan sistem komunikasi bisa dilihat pada **Gambar 27**.



Gambar 27. wiring perancangan komunikasi Ethernet

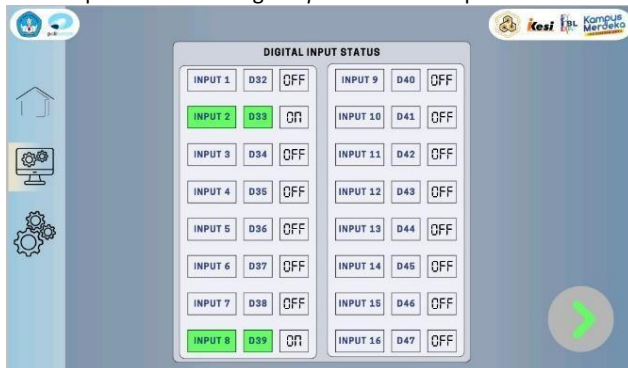
3.7. Pengujian Alat

1. hidupakan alat
2. masukan *Input sensor* pada alat seperti *sensor dht11*, ultrasonik, dan *sensor tegangan*. (Jika operator Ingin menggunakan button bisa di tambah button dihubungkan ke *Input optocoupler*)
3. pada **Gambar 28**. Halaman pertama *Display Nextion*, alat langsung menampilkan pembacaan data pada *sensor* dan mengirimkan data *sensor* secara realtime ke *Nextion* dan kita bisa *meMonitoring sensor*



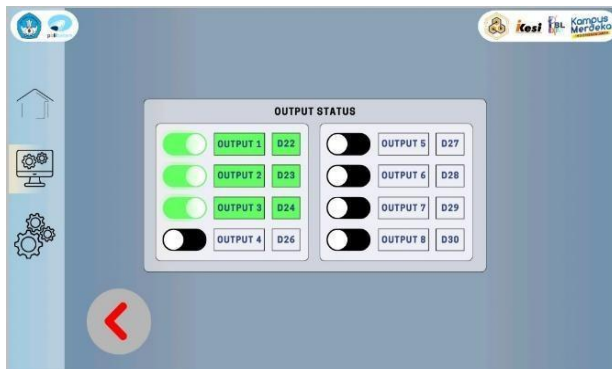
Gambar 28. Tampilan Nextion Pembacaan Data Sensor

4. pada **Gambar 29**. Halaman kedua *Display Nextion*, kita dapat mengetahui pin *Input* Arduino Atmega 2560 yang mana kita gunakan dan dapat kita *Control* agar *Input* bisa menampilkan Indikasi ON/OFF



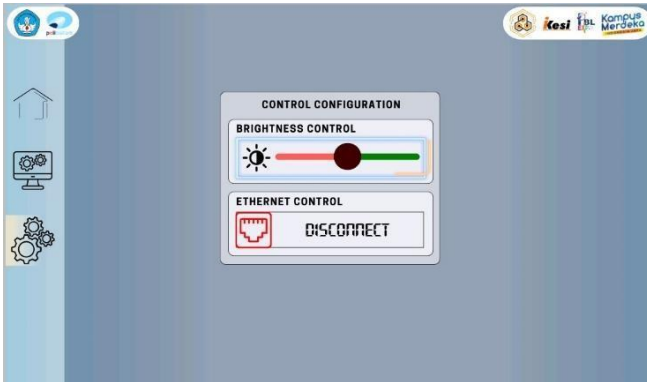
Gambar 29. Tampilan Nextion Pin Input Arduino Atmega 2560

5. pada **Gambar 30**. Halaman ketiga *Display Nextion*, kita dapat mengetahui pin *output* Arduino Atmega 2560 yang mana kita gunakan dan dapat kita *Control* agar *output* bisa mengontrol *Relay* untuk menghidupkan atau mematikan



Gambar 30. Tampilan Nextion Pin Output Arduino Atmega 2560

6. pada **Gambar 31**. Halaman ke-empat *Display Nextion*, operator bisa mengontrol kecerahan cahaya pada *Display Nextion* dan juga operator bisa mengontrol sambungan *Ethernet* jika Ingin meMonitoring menggunakan web server.



Gambar 31. Tampilan Kontrol *Display Nextion*

3.8. Pengujian Sistem

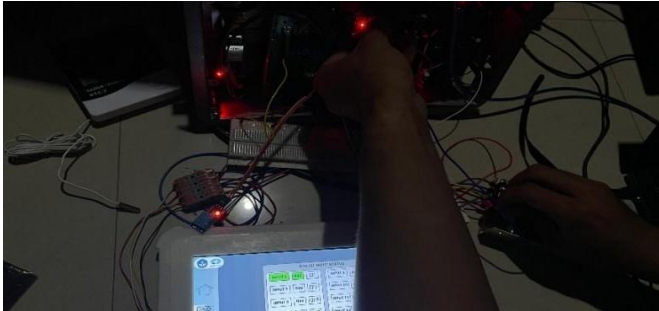
3.8.1. Pengujian Sistem *Input*

Pada pengujian ini kami menggunakan *Sensor DHT 11*, *sensor Tegangan*, *Sensor Ultrasonik* dan menggunakan pembanding Untuk *sensor DHT 11* yaitu menggunakan Termometer Hygrometer. Setiap pin data pada setiap *sensor* dihubungkan ke pin *atmega 2560* dan *atmega 2560* membaca data *sensor* dikirimkan ke *Nextion* pada *Nextion* ditampilkan data dari setiap *sensor* secara real time. Hasil pengujian sistem *input* dapat dilihat di **Gambar 32**.



Gambar 32. Pengujian Sistem *Input*

Disini kami juga menggunakan *Input optocoupler* sebagai *sensor* dengan fungsi *output* pnp, dalam percobaan Ini kami masih menggunakan tegangan 24V di ibaratkan sebagai *output sensor*. *output* dari percobaan kami dapat di *Monitoring* dan dapat dilihat ke tampilan *Nextion*, pada tampilan *Nextion* memunculkan Indikasi ON jika *output* pnp masuk dan Indikasi OFF jika *output* tidak terhubung. Hasil pengujian dapat dilihat di **Gambar 33**.

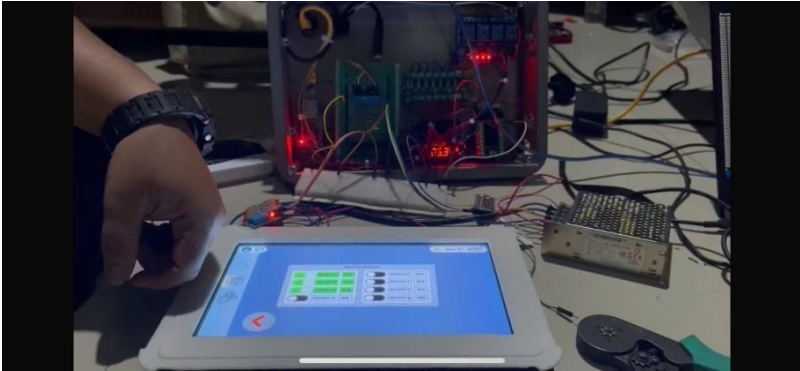


Gambar 33. Pengujian Sistem *Input Optocoupler*

3.8.2. Pengujian Sistem *Output*

Pada **Gambar 34**. Hasil pengujian *output* kami menggunakan *Relay* 4 ch untuk mengontrol *Output Relay*, 3 *output Relay* digunakan sebagai mengontrol Lampu atau Motor, 1 *output Relay* digunakan sebagai *Input* yang terhubung ke *Module Ethernet W550* untuk menghidupkan dan mematikan. Kita dapat mengontrol On dan Off melalui tampilan *Nextion*. Untuk melihat detail proses pengujian bisa mengunjungi link berikut:

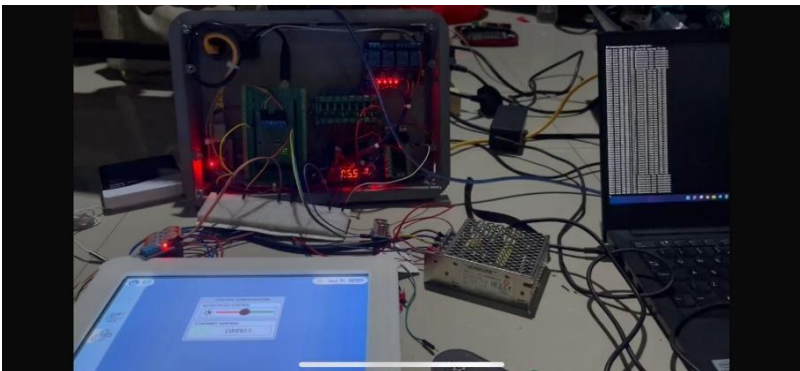
<https://drive.google.com/drive/folders/1Mac08TaKZ9iGihm4ZqVqbucebGHpv4z?usp=sharing>



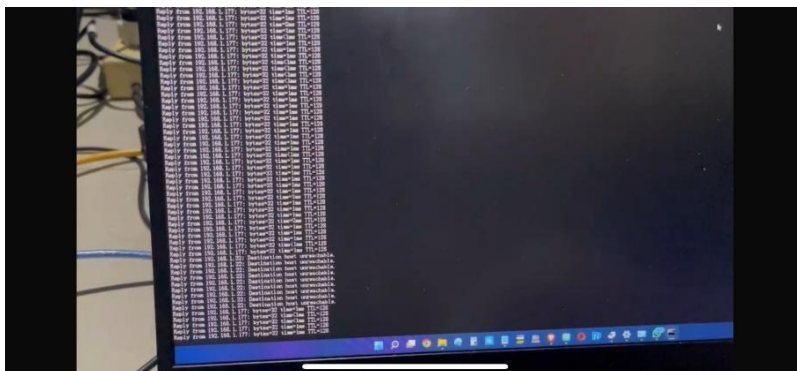
Gambar 34. Pengujian Sistem Output

3.8.3. Pengujian Sistem Komunikasi

Pada pengujian komunikasi menggunakan *module Ethernet W5500*, kita menggunakan laptop sebagai komunikasi ke device lain dengan acuan ketika IP address yang sama bisamenampilkan status terhubung. Dan Sistem *Ethernet* bisa kita kontrol melalui program atau juga bisa melalui tampilan *Nextion* dan kita buat memastikan Sistem itu safety dengan kita memutus menggunakan Sistem dari kontak *Relay*. Hasil pengujian sistem komunikasi bisa dilihat pada **Gambar 35** dan **Gambar 36**



Gambar 35. Pengujian Sistem Komunikasi Dengan Ethernet



Gambar 36. Pengujian Sistem Komunikasi *Ethernet* Melalui CMD

Bab 4. BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Hasil Pengujian *Sensor*

4.1.1. Hasil pengujian Data Perbandingan Suhu dan Kelembaban DHT 11 pada alat dan Termometer Hygrometer

Pada perbandingan Ini yang mana *sensor* DHT11 di jadikan sebagai bahan pembanding untuk memastikan hasil dari pembacaan *sensor* masih layak pakai atau tidaknya dari hasil *error* yang di dapat dan juga untuk memastikan keakuratan dalam pengukuran.

Tabel 3. Hasil Pengukuran *sensor* DHT 11 (SUHU)

DHT 11 (SUHU)°	TERMOMETER HYGROMETER	EROR %
19,3	19,8	2,53
20,4	20,8	1,92
21,7	22	1,36
22,3	22,8	2,19
23,5	24	2,08
24,3	24,9	2,41
25	25,3	1,19
26,2	26,9	2,60
27,6	28,4	2,82

Pada **Tabel 3.** Hasil pengambilan data perbandingan merupakan uji coba *sensor* DHT 11 terhadap alat pembanding suhu yaitu Termometer Hygrometer untuk menverikasi hasil pembacaan *sensor*. Pada table di atas menggunakan rumus eror sebagai berikut:

$$\left| \frac{N (SUHU) - N (PEMBANDING)}{N (SUHU)} \right| \times 100 \quad (1)$$

Keterangan:

N suhu : Suhu yang terbaca dari *sensor*

N Pembanding : suhu yang terbaca dari Termometer Hygrometer

|·| : Nilai absolut, untuk memastikan

hasiinya positif dikalikan 100 agar dalam bentuk

persen (%)

Tabel 4. Hasil Pengukuran *sensor* DHT 11 (KELEMBABAN)

DHT 11 (KELEMBABAN) %	TERMOMETER HYGROMETER	EROR %
79,4	80,1	0,87
78,2	79,5	1,64
76	76,2	0,26
70	71,8	2,51
65,8	67,1	1,94
63	62,2	1,29
60	60,5	0,83
59,4	60,5	1,82
58	59	1,69

Pada **Tabel 4.** Hasil pengambilan data perbandingan merupakan uji coba *sensor* DHT 11 terhadap alat pembanding Kelembaban yaitu Termometer Hygrometer untuk menverikasi hasil pembacaan *sensor*. Pada table di atas menggunakan rumus eror sebagai berikut:

$$|\frac{N (KELEMBABAN) - N (PEMBANDING)}{N (KELEMBABAN)}| \times 100 \quad (2)$$

Keterangan:

N Kelembaban : Kelembaban yang terbaca dari *sensor*

N *Pembanding* : Kelembaban yang terbaca dari Termometer Hygrometer

|·| : Nilai absolut, untuk memastikan

hasilnya positif dikalikan 100 agar dalam bentuk persen (%)

4.1.2. Hasil pengujian Data Perbandingan Jarak menggunakan *sensor* Ultrasonik pada alat dan Meteran

Pada perbandingan Ini yang mana *sensor* Ultrasonik di jadikan sebagai bahan pembanding untuk memastikan hasil dari pembacaan *sensor* masih layak pakai atau tidaknya dari hasil *error* yang di dapat dan juga untuk memastikan keakuratan dalam pengukuran.

Tabel 5. Hasil Pengukuran *sensor* Ultrasonik (JARAK)

ULTRASONIK (CM)	METERAN (CM)	EROR %
16,3	16	1,88
32,5	32	1,56
49,3	48	2,71
62,5	64	2,34
77,3	80	3,38
131,9	128	3,05
147,1	152	3,22
222,7	232	4,01
237,3	248	4,31

Pada **Tabel 5.** Hasil pengambilan data perbandingan merupakan uji coba *sensor* Ultrasonik terhadap alat pembanding mengukur Jarak yaitu Meteran untuk menverikasi hasil pembacaan *sensor*. Pada table di atas menggunakan rumus eror sebagai berikut:

$$\left| \frac{N(JARAK) - N(PEMBANDING)}{N(JARAK)} \right| \times 100 \quad (3)$$

Keterangan:

N Jarak : Jarak yang terbaca dari *sensor*

N Pembanding : Jarak yang terbaca dari Meteran

|·| : Nilai absolut, untuk memastikan

hasilnya positif dikalikan 100 agar dalam bentuk persen (%)

4.1.3. Hasil pengujian Data Perbandingan Tegangan menggunakan *Voltage Sensor* pada alat dan Avo Meter

Pada perbandingan Ini yang mana *sensor* Tegangan di jadikan sebagai bahan pembanding untuk memastikan hasil dari pembacaan *sensor* masih

layak pakai atau tidaknya dari hasil *error* yang di dapat dan juga untuk memastikan keakuratan dalam pengukuran.

Tabel 6. Hasil Pengukuran *sensor* Tegangan

<i>SENSOR (VOLTAGE) V</i>	<i>AVO METER</i>	<i>EROR %</i>
5,1	5	2,00
8,6	8,5	1,18
10,2	10	2,00
13,7	13,5	1,48
16,4	16	2,50
21	20,5	2,44
22,6	22	2,73
24,9	24,5	1,63
24,9	25	0,40

Pada **Tabel 6.** Hasil pengambilan data perbandingan merupakan uji coba *sensor* Tegangan terhadap alat pembanding mengukur Tegangan yaitu Avo Meter untuk menverikasi hasil pembacaan *sensor*. Pada tabel di atas menggunakan rumus *error* sebagai berikut:

$$| \frac{N (TEGANGAN) - N (PEMBANDING)}{N (TEGANGAN)} | \times 100 \quad (4)$$

Keterangan:

N Tegangan : Tegangan yang terbaca dari *sensor*

N Pembanding : Tegangan yang terbaca dari AVO Meter

|·| : Nilai absolut, untuk memastikan

hasiinya positif

Dikalikan 100 agar dalam bentuk persen

(%)

4.2. Pembahasan

Pengujian pertama dilakukan untuk membandingkan pembacaan suhu dan kelembaban dari *sensor* DHT11 dengan alat ukur *standar*, yaitu termometer hygrometer. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui tingkat keakuratan *sensor* DHT11 dan sejauh mana hasil pengukurannya masih dapat digunakan dengan layak. Dari data hasil pengujian suhu yang ditampilkan pada Tabel 4.1, diperoleh nilai *error* berkisar antara 1,19% hingga 2,82%. Nilai ini menunjukkan bahwa *sensor* DHT11 masih memiliki akurasi yang cukup baik dalam mengukur suhu ruangan, karena *error*-nya tergolong rendah dan masih berada dalam batas toleransi umum untuk *sensor* jenis ini.

Sementara itu, hasil pengujian kelembaban yang ditampilkan pada Tabel 4.2 juga menunjukkan performa yang cukup baik. Nilai *error* pengukuran kelembaban berkisar antara 0,26% hingga 2,51%. Nilai *error* tersebut relatif kecil, yang menandakan bahwa *sensor* DHT11 cukup dapat diandalkan untuk mengukur kelembaban udara dalam aplikasi *Monitoring* lingkungan. Secara keseluruhan, berdasarkan pengujian ini, dapat disimpulkan bahwa *sensor* DHT11 masih layak digunakan karena menghasilkan pembacaan yang akurat dengan tingkat kesalahan yang rendah.

Pengujian selanjutnya dilakukan untuk menguji keakuratan *sensor* ultrasonik dalam mengukur jarak, dengan membandingkannya terhadap hasil pengukuran dari alat ukur manual berupa meteran. Pengambilan data dilakukan dengan berbagai variasi jarak, mulai dari sekitar 16 cm hingga lebih dari 230 cm. Berdasarkan hasil yang ditampilkan pada Tabel 4.3, diperoleh bahwa nilai *error* pengukuran *sensor* ultrasonik berada di kisaran 1,56% hingga 4,31%. Dapat dilihat bahwa semakin jauh jarak yang diukur, semakin besar nilai *error*-nya.

Meskipun demikian, *error* yang diperoleh masih berada dalam rentang yang dapat ditoleransi, terutama untuk aplikasi pengukuran non-presisi seperti deteksi objek atau pengukuran kasar dalam Sistem Otomasi. Hasil ini menunjukkan bahwa *sensor* ultrasonik dapat digunakan dengan baik untuk keperluan pengukuran jarak yang tidak memerlukan tingkat ketelitian tinggi.

Pengujian terakhir dilakukan terhadap *sensor* tegangan (*Voltage sensor*) yang dibandingkan dengan alat ukur *standar* berupa AVO meter. Pengujian ini bertujuan untuk menilai seberapa akurat *sensor* tersebut dalam mengukur besaran tegangan DC. Berdasarkan Tabel 4.4, diperoleh hasil bahwa *error* pengukuran berada di kisaran antara 0,40% hingga 2,73%. Nilai *error* yang relatif kecil ini menunjukkan bahwa *sensor Voltage* mampu mengukur tegangan dengan cukup presisi.

Hasil pengujian ini menunjukkan bahwa *sensor Voltage* dapat digunakan untuk memantau tegangan dalam berbagai Sistem elektronik, terutama pada aplikasi

berbasis mikrokontroler yang tidak memerlukan akurasi tingkat tinggi seperti dalam Sistem kalibrasi alat ukur. Dengan *error* di bawah 3%, *sensor* ini masih layak pakai dan *handal* dalam menjalankan fungsinya sebagai alat *Monitoring* tegangan.

Bab 5. KESIMPULAN dan SARAN

5.1. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari seluruh rangkaian kegiatan proyek akhir, maka dapat disimpulkan hal-hal sebagai berikut:

1. Permasalahan otomasi Industri saat ini mencakup kebutuhan Sistem yang efisien, fleksibel, dan hemat biaya. Sistem *Human Machine Interface (HMI)* berbasis komunikasi *Ethernet* diusulkan sebagai solusi untuk meningkatkan efisiensi pemantauan dan pengendalian proses Industri. Sistem ini dirancang agar dapat terintegrasi dengan mikrokontroler dan mendukung komunikasi jarak jauh secara *real-time*.
2. *HMI* merupakan antarmuka penting dalam Sistem otomasi yang memungkinkan interaksi langsung antara manusia dan mesin. Dengan menggunakan *Nextion* sebagai *HMI*, *ATmega2560* sebagai mikrokontroler, dan *Module Ethernet W5500* sebagai modul *Ethernet*, Sistem yang dirancang memiliki fleksibilitas tinggi dalam komunikasi data dan kontrol perangkat.
3. Proyek dilaksanakan melalui tahap studi literatur, perancangan mekanikal dan elektrik, pemrograman mikrokontroler, dan desain antarmuka *HMI*. Sistem berhasil dirakit dan diuji, baik secara fungsional maupun Integrasi antar komponen. Komunikasi antara mikrokontroler dan *HMI* berhasil direalisasikan melalui jaringan *Ethernet*, dan antarmuka pengguna dapat menampilkan serta mengontrol perangkat secara Interaktif.
4. Hasil pengujian menunjukkan bahwa *sensor-sensor* (*DHT11*, *Ultrasonik*, dan *Voltage Sensor*) mampu memberikan data dengan akurasi yang baik dan nilai *error* yang masih dalam batas toleransi. Fitur kontrol dan *Monitoring* dari antarmuka *HMI* berjalan stabil, dan Sistem mampu menanggapi Perintah pengguna secara *real-time*. Hal ini membuktikan bahwa Sistem yang dirancang dapat bekerja secara optimal dalam lingkungan *Monitoring* dan kontrol Industri skala menengah.

5.2. SARAN

Berdasarkan asil perancangan, *implementasi*, dan pengujian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran untuk pengembangan dan perbaikan Sistem dimasa mendatang:

1. **Optimalisasi Komunikasi**
Dianjurkan agar komunikasi antara modul *Ethernet* W5500 dan antarmuka *Nextion* dapat dikembangkan agar bisa bekerja secara paralel tanpa gangguan. Hal Ini penting agar komunikasi serial tidak harus diputus saat menggunakan *Ethernet*, sehingga Sistem dapat berjalan lebih stabil.
2. **stabilitas catu daya**
Perlu dilakukan perbaikan pada Sistem catu daya, khususnya untuk *HMI Nextion*, agar tidak terjadi kedipan atau kegagalan fungsi akibat suplai tegangan yang tidak mencukupi. Penggunaan modul *regulator* tegangan terpisah atau catu daya eksternal yang lebih stabil sangat disarankan
3. **Sistem Mikrokontroler**
Sebagai pengembangan, disarankan untuk mengganti *ATmega2560* dengan *Arduino Due* guna mengatasi keterbatasan RAM dan kecepatan pemrosesan yang menyebabkan delay saat komunikasi simultan dengan *Nextion* dan web server. *Arduino Due* memiliki performa lebih tinggi, RAM lebih besar, serta mendukung banyak UART dan *Input* analog, sehingga lebih stabil dan cocok untuk Sistem yang mendekati standar Industri, meskipun memerlukan penyesuaian level tegangan 3.3V.

DAFTAR PUSTAKA

- ArduIno. 2024. *Mega 2560 Rev3*.
URL: <https://docs.arduino.cc/hardware/mega-2560/>. Diakses tanggal 19 November 2024.
- Bento, A.C. 2020. An Experimental Survey with NodeMCU12e+ Shield with *TFT Nexion and MAX30102 Sensor*. In *2020 11th IEEE Annual Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference (IEMCON)*. 4- 7 November 2020, Vancouver, Canada. pp. 0082-0086.
- FerInda, A. 2024. *Peran Smart Factory Era Industri 4.0 dalam Sistem Produksi*.
URL: <https://ftmm.unair.ac.id/peran-Smart-Factory-era-Industri-4-0-dalam-Sistem-produksi/#:~:text=Industri%204.0%20Mengubah%20Sistem%20Produksi%20Melalui%20Pabrik%20Pintar&text=Konsep%20awal%20dari%20Industri%204.0,juga%20disebut%20dengan%20Smart%20Factory>.
Diakses tanggal 15 November 2024.
- Itead. 2024. *Nexion HMI TFT LCD Display: A Basic Introduction*. URL: <https://itead.cc/Nexion/tutorial/Nexion-HMI-TFT-LCD-Display%E2%9A%BB-Basic-Introduction/>. Diakses tanggal 20 November 2024.
- Kamal, R., David, L. dan TorshIn, I. 2023. *Embedded Systems: Architecture, Programming, and Design*. *COSMIC JOURNAL OF PHYSICS*. 2 (1):59- 81.
- Lestari, D. dan Daimunte, M. 2020. Rancang Bangun Home Automation Berbasis *Ethernet Shield Arduino*. *Al-Fiziya: Journal of Materials Science, GeoPhysics, Instrumentation and Theoretical Physics*. 3 (1):2128.
- Nugrowibowo, S. dan MuslimIn, M. 2023. *Smart Manufacturing: Latest Technologies And Applications In Industrial Engineering*. *Jurnal MInfo Polgan*. 12 (2):305-310.
- Permana, D., Ferdiansyah, R., Safira, F., Gumilang, Z., Pangestu, A. dan Rozak, R. 2023. OTOMASI INDUSTRI SEBUAH PELUANG ATAU ANCAMAN. *Jurnal Pengabdian Masyarakat: Pemberdayaan, Inovasi dan Perubahan*. 3 (3):139- 145.
- Prasetyo, S. M., Agusti, M. B., Mahesa, D. A., Maulana, F. dan Rafly, A. 2024.

Teknologi Komunikasi Digital Dan Analog: Konversi, Transmisi. *Buletin Ilmiah Ilmu Komputer dan Multimedia (BIKMA)*. 1 (6):750-762.

Putra, F., Mulyono, N., Tohir, T., Septianto, D. dan Ilman, S. 2023. Desain dan implementasi modul praktikum SCADA untuk otomasi gedung berbasis Ethernet. *JITEL (Jurnal Ilmiah Telekomunikasi, Elektronika, dan Listrik Tenaga)*. 3 (3):221-234.

Rahadian, H. dan Heryanto, M. A. 2020. Pengembangan Human Machine Interface (HMI) pada Simulator Sortir Bola sebagai Media Pembelajaran Otomasi Industri. *Jurnal Nasional Teknik Elektro*. 9 (2):84.

Research, D. B. M. 2024. *Global Industrial Automation Market – Industry Trends and Forecast 2031*. URL:

[https://www.databridgemarketresearch.com/reports/Global-](https://www.databridgemarketresearch.com/reports/Global-Industrial-AutomationMarket?srsId=AfmBOorgYhrjz8wQBWHxLmplfPMSM6laU9nLEIz8z-z8zgTWC7ZIops)

[Industrial-](https://www.databridgemarketresearch.com/reports/Global-Industrial-AutomationMarket?srsId=AfmBOorgYhrjz8wQBWHxLmplfPMSM6laU9nLEIz8z-z8zgTWC7ZIops)

[AutomationMarket?srsId=AfmBOorgYhrjz8wQBWHxLmplfPMSM6laU9nLEIz8z-z8zgTWC7ZIops](https://www.databridgemarketresearch.com/reports/Global-Industrial-AutomationMarket?srsId=AfmBOorgYhrjz8wQBWHxLmplfPMSM6laU9nLEIz8z-z8zgTWC7ZIops). Diakses tanggal 15 November 2024.

Singh, J., Banerjee, C., dan Pandey, S. K. (2022). Need of Smart Automation, IOT and Secured NetWork In Industry 4.0. *Mathematical Statistician and Engineering Applications*. 71 (3):1944–1951.

Valencia-Henao, J. M., Solarte-Martínez, G. R., & Muñoz-Guerrero, L. E. 2019. Analysis and Interface Design for Arduino-based PLC connection with Allen Bradley PLC via Ethernet. *Scientia et Technica*. 24 (3):504-511.

Biodata



Nama : Rahmatdi Afiyanto
TTL : Klaten, 23 Desember 2000
Agama : Islam
Alamat : Morangan RT 01 RW 02 Karanganom
Klaten Utara
Email : rahmatdiafiyanto@gmail.com
Riwayat Pendidikan : SMK
SMA/SMK : SMKN 2 Klaten
SMP : SMPN 1 Ngawen



Nama : Herry Kritiadi Panjaitan
TTL : Batam, 09 Juni 1999
Agama : Kristen Protestan
Alamat : Perum. Bumi Sarana Indah Blok E No.22
Email : herrykristiadi19@gmail.com
Riwayat Pendidikan : SMA/SMK : SMKN 5 Batam
SMP : SMPN 11 Batam



Nama : Muhammad Rizki Efpendi
TTL : Batam, 17 April 2002
Agama : Islam
Alamat : MKGR Blok Berkah 17B No.02
Email : riski.efpendi17@gmail.com
Riwayat Pendidikan : SMA/SMK : SMKN 1 Batam
SMP : SMPN 11 Batam