

# Optimasi Pengoperasian Reaktor Biodiesel Melalui Desain *Human Machine Interface* (HMI) Menggunakan *NB-Designer*

Syaeful Fiqih<sup>1\*</sup>, Joko Tri Susilo<sup>2)</sup>

<sup>1, 2)</sup>Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang  
Jl. Raya Puspitak Buaran, Kec Pamulang, Kota Tangerang Selatan, Banten 15310

\*Corresponding author E-mail: [syaefulfiqih@gmail.com](mailto:syaefulfiqih@gmail.com)

## ABSTRACT

*Manual control and monitoring systems in biodiesel production often cause inefficiency, are prone to human error, and lack real-time visibility. This research develops an integrated solution in the form of a Human Machine Interface (HMI) to optimize biodiesel reactor operation. The system utilizes Omron hardware, where the CP2E Programmable Logic Controller (PLC) functions as the control unit and the NB7W-TW01B HMI serves as the visualization center and operator interface. The interface was designed using NB-Designer software, which enables real-time monitoring of machine status, critical temperatures, and flow rates, as well as adaptive temperature control. Testing results across all process phases (heating, filtration, catalyst mixing, and final mixing) show that the system functions reliably with an average response delay of 1 second for all component indicators, attributed to the communication delay between the HMI and PLC. The implementation of this HMI successfully enhances operational efficiency, control accuracy, and monitoring ease in biodiesel production.*

**Keywords:** Biodiesel, human machine interface (HMI), PLC, NB-Designer, automation, reactor.

## ABSTRAK

*Sistem kontrol dan pemantauan manual pada produksi biodiesel seringkali menyebabkan inefisiensi, rentan terhadap kesalahan manusia, dan kurangnya visibilitas waktu nyata. Penelitian ini mengembangkan solusi terintegrasi berupa Human Machine Interface (HMI) untuk mengoptimalkan pengoperasian reaktor biodiesel. Sistem ini memanfaatkan perangkat keras Omron, di mana Programmable Logic Controller (PLC) CP2E berfungsi sebagai unit kendali dan HMI NB7W-TW01B sebagai pusat visualisasi dan antarmuka operator. Perancangan antarmuka dilakukan menggunakan perangkat lunak NB-Designer, yang memungkinkan pemantauan status mesin, suhu kritis, dan laju alir secara real-time, serta kontrol suhu yang adaptif. Hasil pengujian pada semua fase proses (pemanasan, filtrasi, pencampuran katalis, dan pencampuran akhir) menunjukkan bahwa sistem berfungsi andal dengan delay respons rata-rata 1 detik untuk semua indikator komponen, yang disebabkan oleh delay komunikasi antara HMI dan PLC. Implementasi HMI ini berhasil meningkatkan efisiensi operasional, akurasi kontrol, dan kemudahan pemantauan dalam produksi biodiesel.*

**Kata Kunci:** Biodiesel, human machine interface (HMI), PLC, NB-Designer, otomasi, reaktor.

## I. PENDAHULUAN

Pemanfaatan biodiesel sebagai sumber energi terbarukan semakin berkembang seiring dengan meningkatnya kebutuhan energi dan keterbatasan bahan bakar fosil. Biodiesel dapat diproduksi dari minyak nabati maupun lemak hewani, termasuk minyak goreng bekas (*Used Cooking Oil/UCO*) yang banyak tersedia di Indonesia [1][2][3]. Penggunaan UCO sebagai bahan baku biodiesel tidak hanya mengurangi limbah, tetapi juga memberikan nilai tambah secara ekonomis dan lingkungan [4][5][6].

Proses produksi biodiesel umumnya dilakukan melalui metode transesterifikasi yang melibatkan minyak, alkohol, dan katalis. Kualitas biodiesel sangat dipengaruhi oleh parameter proses seperti suhu reaksi, waktu pemanasan, rasio

pencampuran, dan kecepatan pengadukan [7][8]. Ketidaktepatan pengendalian parameter tersebut dapat menyebabkan biodiesel yang dihasilkan tidak memenuhi standar kualitas bahan bakar.

Dalam sistem industri modern, penggunaan *Programmable Logic Controller* (PLC) dan *Human Machine Interface* (HMI) menjadi solusi yang efektif untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan proses produksi [9][10]. PLC banyak digunakan sebagai pengendali utama pada sistem otomasi industri karena memiliki tingkat keandalan yang tinggi dan mudah diprogram [11]. Sementara itu, HMI berperan sebagai antarmuka visual yang memungkinkan operator melakukan monitoring dan pengendalian sistem secara *real-time* [12][13].

Keberhasilan produksi biodiesel secara efisien dan konsisten bergantung pada sistem kontrol yang baik. Sebaliknya, desain HMI yang tidak memadai menghalangi operator untuk memahami mesin/proses dengan jelas, yang menyebabkan penurunan kinerja sistem, kerugian produksi yang besar, dan kecelakaan/kematian dalam kasus yang paling parah [14].

Beberapa penelitian terdahulu menunjukkan bahwa integrasi PLC dan HMI mampu meningkatkan efektivitas pengoperasian sistem industri, mempermudah proses monitoring, serta mempercepat pengambilan keputusan operator [11][13][15]. Namun, penerapan sistem tersebut pada reaktor biodiesel skala laboratorium atau miniplant masih memerlukan pengembangan, khususnya dalam hal visualisasi proses dan pencatatan data produksi.

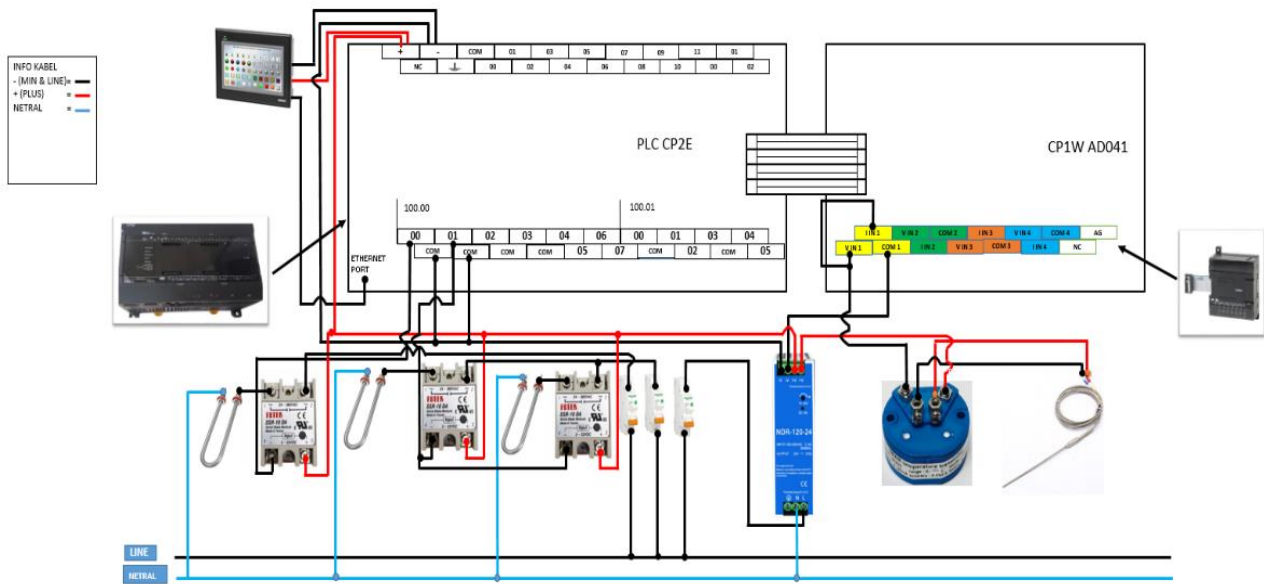
Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengimplementasikan sistem HMI berbasis PLC pada reaktor biodiesel guna mengoptimalkan proses operasional, meningkatkan kemudahan monitoring, serta mendukung pengambilan keputusan operator secara cepat dan akurat.

## II. METODE

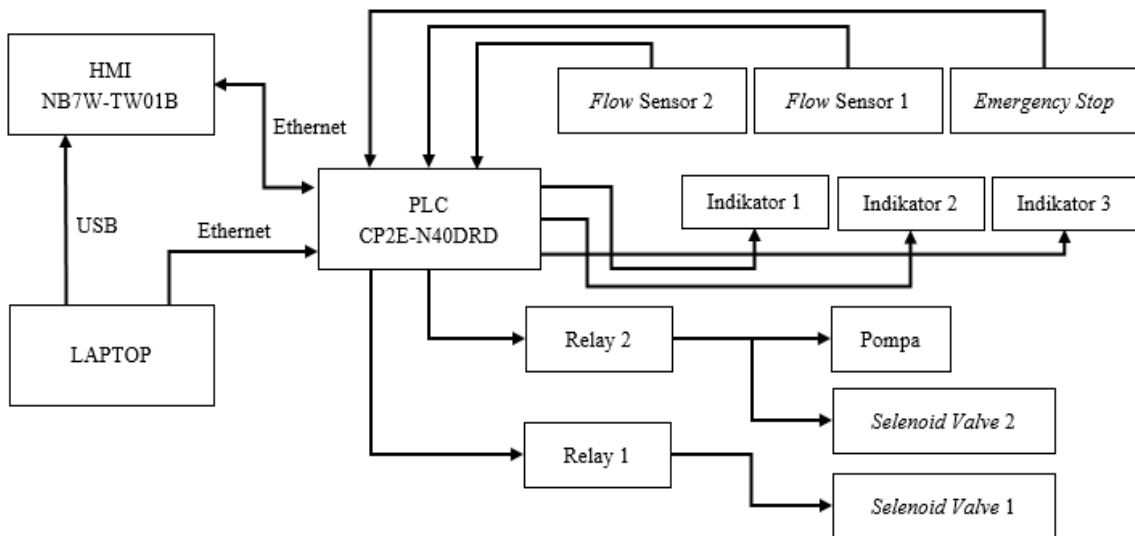
### A. Perangkat Keras dan Perangkat Lunak

#### 1. Perangkat keras

Perangkat keras yang digunakan oleh reaktor biodiesel dapat dilihat Gambar 1 dan Gambar 2.



Gambar 1. Perangkat keras yang digunakan reaktor biodiesel



Gambar 2. Blok diagram pada reaktor biodiesel

- *Human Machine Interface* (HMI) adalah perangkat yang menghubungkan orang dengan peralatan di fasilitas dan digunakan untuk memamerkan, melacak, dan mengelola operasi saat ini. HMI yang diterapkan adalah model Omron NB7W-TW01B.
- *Programable Logic Controller* (PLC) adalah alat yang digunakan untuk mengatur heater, pump, dan mixer. PLC yang digunakan adalah PLC Omron CP2E-N40DR-D beserta PLC ekspansi.

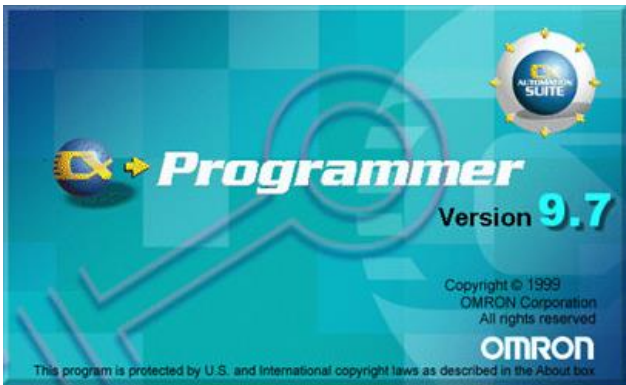
- Ekspansi berfungsi untuk menambah jumlah I/O analog.
- *Power Supply Unit* (PSU) adalah tempat pengaturan kebutuhan energi listrik semua komponen plant disalurkan.
- Pompa digunakan untuk memompa minyak yang sudah dimasak dari tangki minyak untuk di filtrasi dan mengirim minyak yang sudah di filtrasi ke tangki reaktor.
- *Speed Control* digunakan untuk mengatur kecepatan pada motor pengaduk.
- *Heater* berfungsi sebagai sistem pemanas pada tangki reaktor agar minyak, methanol, dan KOH dapat tercampur dengan baik dan maksimal.
- *Thermocoupe* sebagai sebagai sistem monitoring untuk suhu pada tangki minyak dan tangki reaktor.
- Motor digunakan untuk mengaduk pencampuran methanol dan KOH dengan minyak yang sudah di filtrasi.

## 2. Perangkat lunak HMI

Perangkat lunak HMI yang digunakan untuk menunjang pemrograman *hardware* HMI Omron NB7W-TW01B adalah *software* NB-Designer versi 1.5 yang merupakan *software* HMI milik Omron, sedangkan pemrograman pada perangkat keras PLC Omron CP2E-N40DRD dan ekspansi PLC Omron CP1W-AD041 menggunakan *software* CX-Programmer versi 9.7.



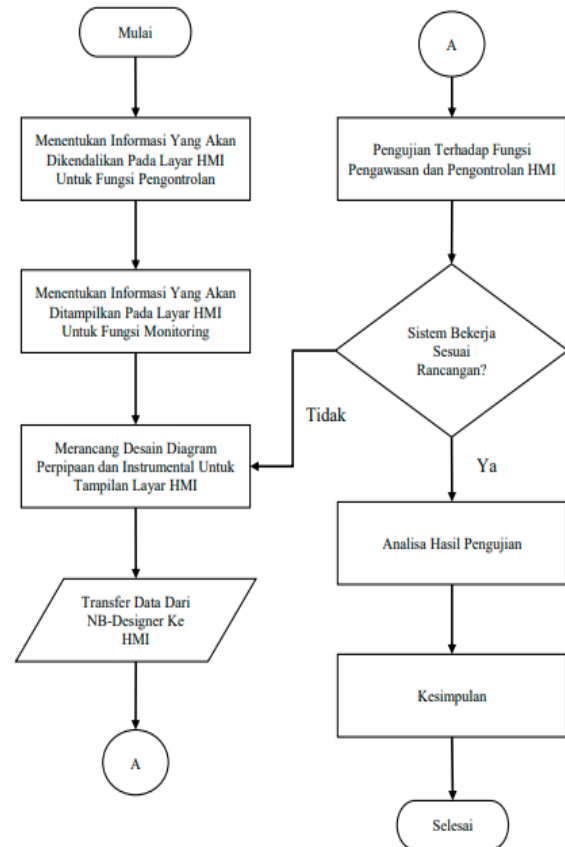
Gambar 3. *Software* NB-Designer HMI Omron



Gambar 4. *Software* CX-Programmer Omron

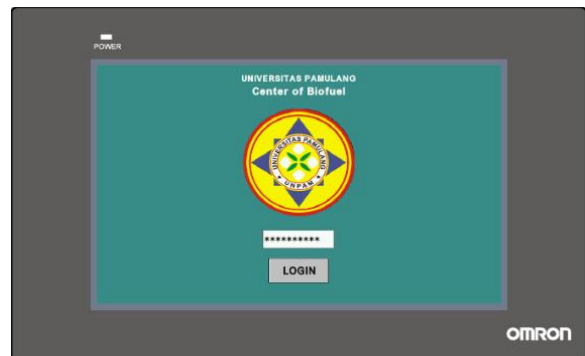
### B. Prancangan Perangkat Lunak HMI

Diagram alir tahap perancangan dan pembuatan program HMI pada reaktor biodiesel adalah sebagai berikut.

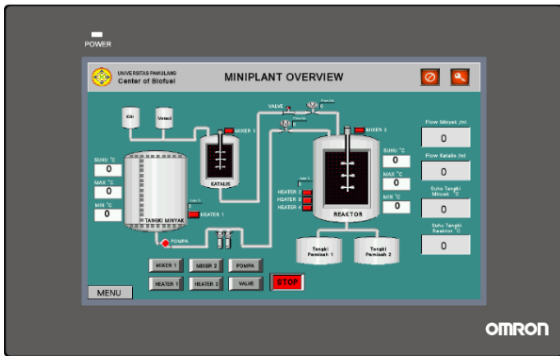


Gambar 5. Diagram alir tahap pembuatan program HMI

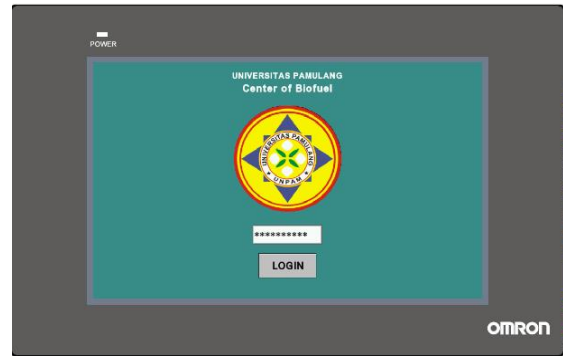
Antarmuka HMI Dirancang dengan empat fungsi utama untuk memastikan pemantauan dan kendali produksi biodiesel yang aman dan efisien. Fungsi *User Login* menyediakan autentikasi dan membatasi akses berdasarkan level pengguna seperti operator dan supervisor. Inti dari antarmuka ini adalah *Miniplant Overview*, yang berperan sebagai dashboard utama untuk kendali dan pemantauan *real-time*; menampilkan status *ON/OFF* komponen menggunakan lampu indikator, menampilkan nilai suhu aktual, maksimum, dan minimum menggunakan tampilan numerik, serta menyediakan tombol kendali untuk setiap aktuatur. Untuk keperluan analisis data, fungsi *Data Log* mencatat dan menampilkan data tren parameter proses seperti suhu dan aliran, yang dapat diekspor dalam format CSV. Selanjutnya, fungsi *Event History* mencatat semua kejadian sistem seperti aktivasi/non-aktif komponen dan pemicu alarm dalam format log yang dapat diekspor, menyediakan jejak audit yang komprehensif.



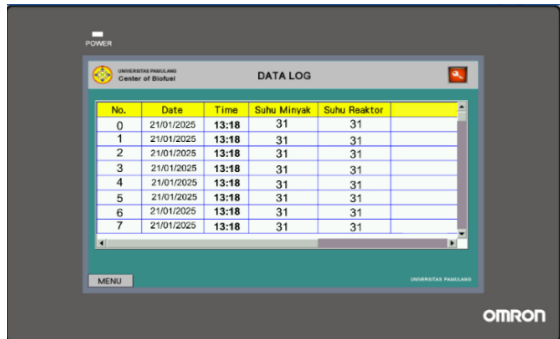
Gambar 6. Layar *user login*



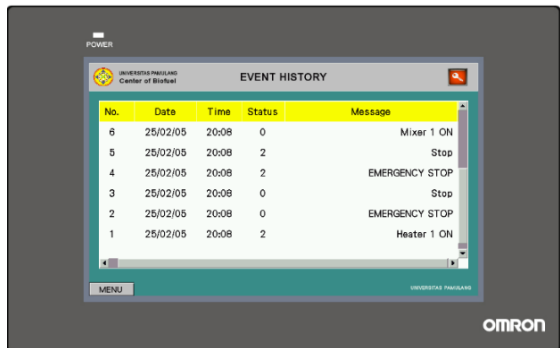
Gambar 7. Layar *miniplant overview*



Gambar 11. Tampilan *login* yang sesuai



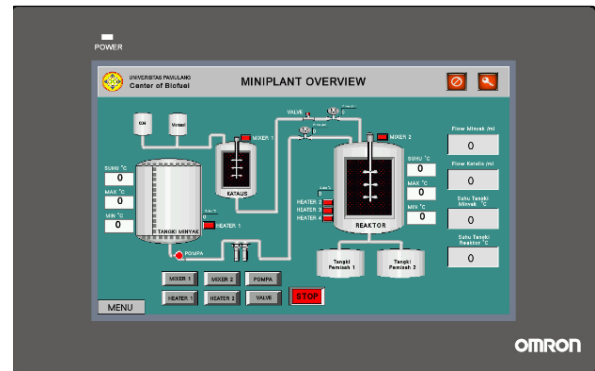
Gambar 8. Layar data log



Gambar 9. Layar *event history*

## 2. Layar *miniplant overview*

*Miniplant overview* menampilkan kondisi operasional *miniplant* secara *real-time*. Status peralatan seperti tangki, *mixer*, reaktor, pompa, dan katup dapat dipantau dengan jelas, termasuk data suhu dan laju alir. Menu ini berfungsi sebagai alat pemantauan dan pengendalian, sehingga operator dapat mengatur parameter proses serta mengaktifkan atau menonaktifkan komponen. Data sensor yang diperoleh diolah dan dapat disimpan untuk analisis lebih lanjut.



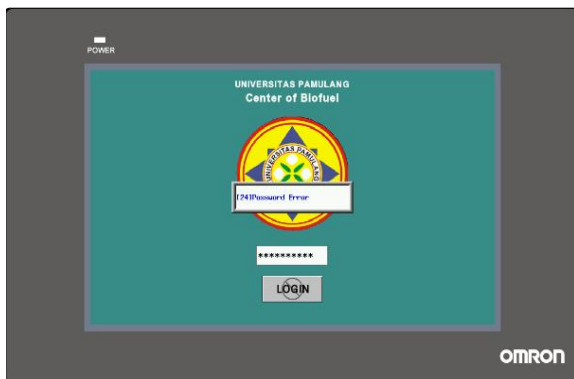
Gambar 12. Layar *miniplant overview*

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Implementasi dan Fungsi Antarmuka HMI

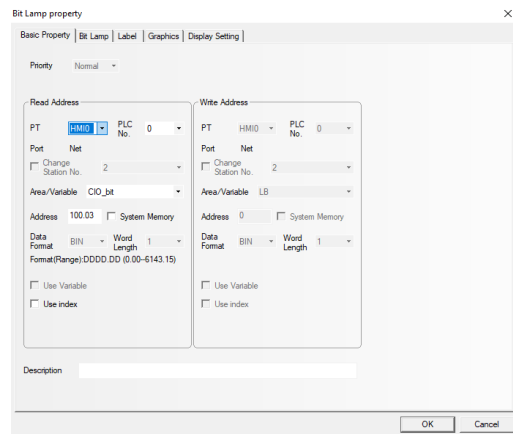
##### 1. Layar user login

Sistem berhasil membatasi akses berdasarkan password. Dua level akses diimplementasikan, akun dengan hak penuh dapat mengontrol semua proses, sedangkan akun pengawas hanya memiliki akses baca.



Gambar 10. Tampilan *password error*

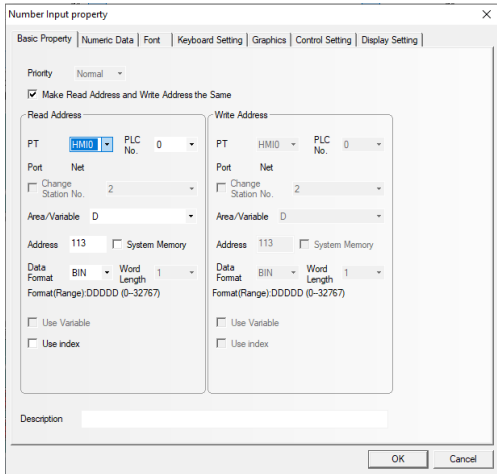
Layar ini menjadi *dashboard* utama operator. Fungsi bit lamp pada Gambar 13 berhasil menampilkan status komponen secara visual hijau=*ON*, merah=*OFF* dengan memetakan alamat PLC yang sesuai contohnya, Pompa: CIO100.03.



Gambar 13. Setting bit lamp

Fungsi *number display* Gambar 14 berhasil menampilkan nilai suhu dan *flow* dari memori PLC contohnya, Suhu Tangki Minyak: D113, Suhu Tangki Reaktor: D213. Operator dapat dengan mudah mengatur *set-*

point suhu atau nilai aktual, maksimum, dan minimum secara langsung melalui HMI.



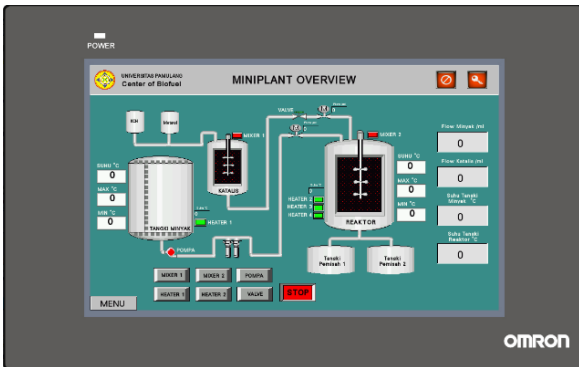
Gambar 14. Setting number display

### B. Pengujian Sistem dan Kinerja Operasional

Pengujian fungsional dilakukan pada seluruh tahapan proses produksi biodiesel. Sistem terbukti mampu mengontrol dan memantau semua tahapan dengan baik dan andal.

#### 1. Pengujian sistem pemanasan

Heater dapat dihidupkan via HMI setelah set-point suhu diinput. Sistem merespons dengan memanaskan minyak hingga mencapai suhu yang diinginkan.



Gambar 15. Tampilan heater menyala

Selanjutnya pengujian kinerja sistem dilakukan dengan mengukur *delay* komunikasi menggunakan *stopwatch*. Waktu yang diukur adalah selang antara pemberian perintah pada HMI hingga perubahan status visual pada heater terjadi pada layar HMI.

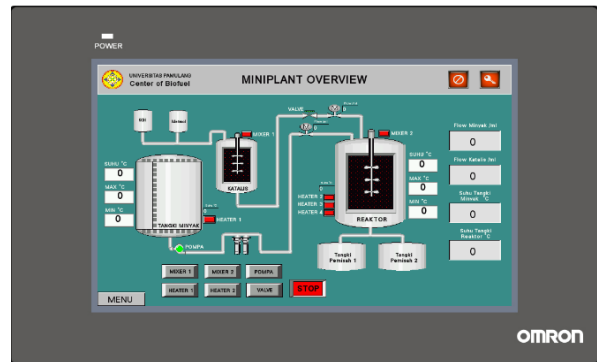
TABEL 1. PENGUJIAN DELAY PADA PROSES PEMANASAN

Komponen	Kondisi	Indikator	Pengujian				
			Uji 1 (s)	Uji 2 (s)	Uji 3 (s)	Uji 4 (s)	Uji 5 (s)
Heater Tangki Minyak	On	Hijau	1	1	1	1	1
	Off	Merah	1	1	1	1	1
Heater Tangki Reaktor	On	Hijau	1	1	1	1	1
	Off	Merah	1	1	1	1	1

*Delay* yang konsisten ini disebabkan oleh waktu propagasi data dalam komunikasi serial RS-232 antara HMI dan PLC. Meskipun terdapat *delay*, waktu 1 detik ini dianggap tidak signifikan dan tidak mengganggu kinerja proses biodiesel yang umumnya berlangsung dalam skala puluhan menit hingga jam. Dengan demikian, sistem secara keseluruhan dapat dinyatakan responsif dan andal untuk aplikasi ini.

#### 2. Pengujian proses filtrasi

Pompa dapat diaktifkan via HMI untuk memindahkan minyak yang telah dipanaskan dari tangki minyak ke tangki reaktor.



Gambar 16. Tampilan pompa menyala

Selanjutnya pengujian kinerja sistem dilakukan dengan mengukur *delay* komunikasi menggunakan *stopwatch*. Waktu yang diukur adalah selang antara pemberian perintah pada HMI hingga perubahan status visual pada pompa terjadi pada layar HMI.

TABEL 2. PENGUJIAN DELAY PROSES FILTRASI

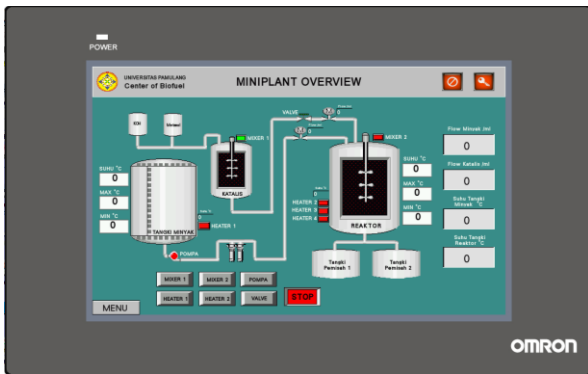
Komponen	Kondisi	Indikator	Pengujian				
			Uji 1 (s)	Uji 2 (s)	Uji 3 (s)	Uji 4 (s)	Uji 5 (s)
Pompa	On	Hijau	1	1	1	1	1
	Off	Merah	1	1	1	1	1

*Delay* yang konsisten ini disebabkan oleh waktu propagasi data dalam komunikasi serial RS-232 antara HMI dan PLC. Meskipun terdapat *delay*, waktu 1 detik ini dianggap tidak signifikan dan tidak mengganggu kinerja proses biodiesel yang umumnya berlangsung dalam skala puluhan menit hingga jam. Dengan demikian, sistem secara keseluruhan dapat dinyatakan responsif dan andal untuk aplikasi ini.

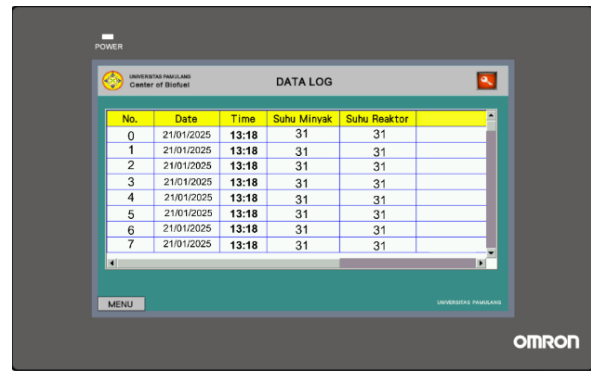
#### 3. Pengujian proses pencampuran

*Mixer 1* yang digunakan untuk pencampuran katalis dan *mixer 2 & heater reaktor* untuk pencampuran akhir dapat dikontrol secara individual via HMI untuk menjalankan proses pencampuran pada suhu yang terkendali (Gambar 17).

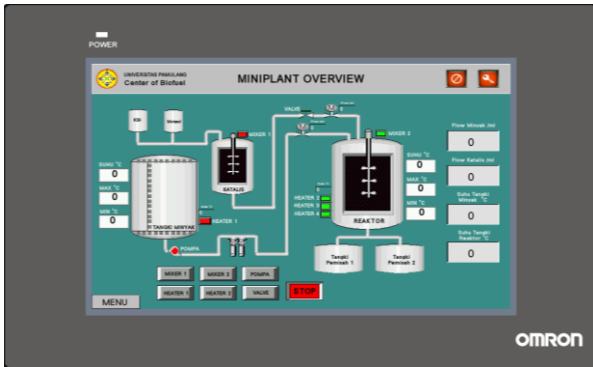
Selanjutnya pengujian kinerja sistem dilakukan dengan mengukur *delay* komunikasi menggunakan *stopwatch*. Waktu yang diukur adalah selang antara pemberian perintah pada HMI hingga perubahan status visual pada *mixer1*, *mixer 2*, dan *heater* pada tangki reaktor terjadi pada layar HMI (Gambar 18).



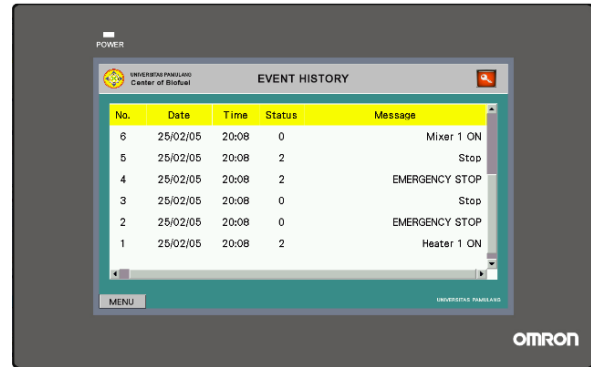
Gambar 17. Proses pencampuran katalis



Gambar 19. Data log



Gambar 18. Proses pencampuran katalis dengan minyak



Gambar 20. Event history

Adapun hasil pengujian *delay* proses pencampuran selengkapnya ditunjukkan pada Tabel 3.

TABEL 3. PENGUJIAN *DELAY* PROSES PENCAMPURAN

Komponen	Kondisi	Indikator	Pengujian				
			Uji 1 (s)	Uji 2 (s)	Uji 3 (s)	Uji 4 (s)	Uji 5 (s)
Mixer 1	On	Hijau	1	1	1	1	1
	Off	Merah	1	1	1	1	1
Mixer 2	On	Hijau	1	1	1	1	1
	Off	Merah	1	1	1	1	1
Heater Tangki Reaktor	On	Hijau	1	1	1	1	1
	Off	Merah	1	1	1	1	1

*Delay* yang konsisten ini disebabkan oleh waktu propagasi data dalam komunikasi serial RS-232 antara HMI dan PLC. Meskipun terdapat *delay*, waktu 1 detik ini dianggap tidak signifikan dan tidak mengganggu kinerja proses biodiesel yang umumnya berlangsung dalam skala puluhan menit hingga jam. Dengan demikian, sistem secara keseluruhan dapat dinyatakan responsif dan andal untuk aplikasi ini.

### C. Fungsi Pencatatan Data

Fitur data log dan *event history* berfungsi optimal. Seluruh data proses dan riwayat kejadian sistem berhasil tersimpan dalam USB drive yang terpasang pada HMI dalam format file CSV. Fitur ini sangat berharga untuk analisis *post-production*, pelacakan *troubleshooting*, dan menjamin kemampuan pelacakan (*traceability*) dalam proses produksi.

## IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perancangan dan pengujian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa sistem HMI untuk optimasi pengoperasian reaktor biodiesel telah berhasil dirancang menggunakan *NB-Designer* dan diimplementasikan dengan perangkat keras Omron, yaitu PLC CP2E dan HMI NB7W. Sistem ini terbukti mampu memberikan kontrol yang akurat serta pemantauan *real-time* terhadap seluruh parameter kritis dalam proses produksi biodiesel, seperti status komponen, suhu, dan laju alir, yang ditampilkan melalui antarmuka *Miniplant Overview* yang intuitif. Keandalan sistem semakin ditingkatkan dengan adanya fitur-fitur pendukung seperti keamanan berlapis melalui mekanisme *user login*, pencatatan data secara terstruktur dalam bentuk data log dan *event history*, serta navigasi yang mudah, yang secara signifikan berkontribusi pada peningkatan efisiensi, keamanan, dan kemudahan operasional. Hasil pengujian lebih lanjut menunjukkan kinerja sistem yang andal dengan *delay* komunikasi antara HMI dan PLC yang konsisten sebesar 1 detik. *Delay* ini dinilai tidak mengganggu stabilitas proses, sehingga sistem secara keseluruhan dinyatakan layak dan siap untuk diaplikasikan dalam lingkungan produksi biodiesel yang sebenarnya.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Universitas Pamulang, para dosen pembimbing, serta semua pihak yang telah memberikan dukungan dan fasilitas sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

## REFERENSI

- [1] G. Guan, K. Kusakabe, and S. Yamaşaki, "Tri-potassium phosphate as a solid catalyst for biodiesel production from waste cooking oil," *Fuel Process. Technol.*, vol. 90, no. 4, pp. 520–524, 2009, doi: 10.1016/j.fuproc.2009.01.008.

- [2] D. Y. C. Leung, X. Wu, and M. K. H. Leung, "A review on biodiesel production using catalyzed transesterification," *Appl. Energy*, vol. 87, no. 4, pp. 1083–1095, 2010, doi: 10.1016/j.apenergy.2009.10.006.
- [3] a Ribeiro, F. Castro, and J. Carvalho, "Influence of Free Fatty Acid Content in Biodiesel Production on Non-Edible Oils," *Int. Conf. Waste Solut. Treat. Oppor.*, no. c, 2011.
- [4] F. Fronchetti et al., "Language impact on productivity for industrial end users: A case study from Programmable Logic Controllers," *J. Comput. Lang.*, vol. 69, no. 1, 2022, doi: 10.1016/j.cola.2021.101087.
- [5] T. Tsoutsos et al., "Quality characteristics of biodiesel produced from used cooking oil in Southern Europe," *ChemEngineering*, vol. 3, no. 1, pp. 1–13, 2019, doi: 10.3390/chemengineering3010019.
- [6] R. Prihandan, R. Hendroko, and M. Nuramin, *Menghasilkan Biodiesel Murah*. AgroMedia, 2006. [Online]. Available: <https://books.google.co.id/books?id=gZ7ITbrHkZEC>
- [7] A. Gashaw and A. Teshita, "Production of biodiesel from waste cooking oil and factors affecting its formation: a review," *Int. J. Sustain. Green Energy*, vol. 3, no. 5, pp. 92–98, 2014, doi: 10.11648/j.ijrse.20140305.12.
- [8] D. Setyaningsih, E. Hambali, and O. Farobie, "Pembuatan Pupuk Potassium dari Proses Pemurnian Gliserol Hasil Samping Industri Biodiesel," *Koferensi Nas.*, pp. 276–289, 2007.
- [9] S. Sadi, "Implementasi Human Machine Interface pada Mesin Heel Lasting Chin Ei Berbasis Programmable Logic Controller (Implementation of Human Machine Interface on Chin Ei's Heel Lasting Machine Based on Programmable Logic Controller)," *J. Tek.*, vol. 9, no. 1, 2020, doi: 10.31000/jt.v9i1.2561.
- [10] K. Agung Syahputra and F. R. A Bukit, "Perancangan Hmi (Human Machine Interface) Sebagai Pengontrol Dan Pendeteksi Dini Kerusakan Kapasitor Bank Berbasis Plc," *J. Energy Electr. Eng.*, vol. 101, no. 2, pp. 1–9, 2022. [Online]. Available: <https://jurnal.unsil.ac.id/index.php/jeee/article/view/4766/2145>
- [11] G. Wibisono and K. Priyanto, "KONTROL DAN MONITOR SISTEM OTOMASI AUTOMATIC WATER TREATMENT SYSTEMS BERBASIS PLC MENGGUNAKAN HMI WEINTEK MT8071P," vol. d, pp. 6–11, 2020.
- [12] I. Innadir and I. D. Zai, "Penerapan Plc Hmi (Human Machine Interface) Untuk Monitoring Objek Pada Sistem Pengisian Minuman Ke Dalam Botol," *Bul. Utama Tek.*, vol. 18, no. 1, pp. 47–53, 2022, doi: 10.30743/but.v18i1.5851.
- [13] N. Y. Putri and R. Mukhaiyar, "Control and Monitoring System Process Handling Production on SMI 4.0 Machines using PLC Controller Wirelessly Based on Human Machine Interface," *JTEV (Jurnal Tek. Elektro dan Vokasional)*, vol. 8, no. 1, p. 158, 2022, doi: 10.24036/jtev.v8i1.116918.
- [14] R. K. K. Winahyu, A. Triwiyatno, and B. Setiyono, "Desain Hmi (Human Machine Interface) Omron Nb7W-Tw00B Pada Plant Filtrasi Menggunakan Modul Ultrafiltrasi," *Transient J. Ilm. Tek. Elektro*, vol. 4, no. 3, pp. 863–870, 2016. [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/transient/article/view/10493>
- [15] OMRON, "USER'S MANUAL SYSMAC CP Series CP2E-E D-CP2E-S D-CP2E-N D-CP2E CPU Unit Hardware".