

Rancang Bangun *Human Machine Interface* untuk Sistem Kendali pada Pesawat Kalibrator OB34

I M Azhar¹, Ismail¹, A Afham², A Setyawan^{2,3}

¹Program Studi Elektro Mekanika Politeknik Teknologi Nuklir Indonesia, Yogyakarta

²Laboratorium Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi, Direktorat Pengelolaan Laboratorium, Fasilitas Riset, dan Kawasan Sains Teknologi, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Jakarta Selatan

³E-mail: asepo23@brin.go.id

Abstrak. Penggunaan sumber radiasi dalam pemanfaatan teknologi nuklir di Indonesia semakin meningkat. Hal ini mendorong para penggunanya untuk memiliki alat ukur radiasi yang wajib terkalibrasi sesuai dengan ketentuan Badan Pengawas Tenaga Nuklir (BAPETEN). Seiring dengan hal ini, Laboratorium Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi (LKTMR) sebagai satu-satunya lembaga di Indonesia yang memiliki izin untuk mengkalibrasi alat ukur radiasi mengalami peningkatan permintaan kalibrasi alat ukur radiasi. Namun kondisi saat ini, dari dua pesawat kalibrator yang dimiliki LKTMR yaitu OB85 dan OB34, hanya pesawat OB85 yang dapat digunakan karena pesawat kalibrator OB34 rusak. Tentunya hal ini akan menghambat kegiatan pelayanan kalibrasi alat ukur radiasi. Proses perbaikan pesawat kalibrator OB34 dibutuhkan perancangan *Human Machine Interface* (HMI) untuk sistem kendali pesawat kalibrator OB34. Pada penelitian ini telah berhasil dibuat HMI menggunakan perangkat lunak LabView yang berfungsi untuk memantau, memberi instruksi memilih, menaikkan dan menurunkan sumber pada pesawat kalibrator OB34. Hasil pengujian HMI terkait kesesuaian instruksi dengan alamat PLC Omron CP1L-M30DR-A menunjukkan tingkat keberhasilan rata-rata sebagai sistem kendali sebesar 99,2%.

Kata kunci: *Human Machine Interface, sistem kendali, kalibrator.*

Abstract. The use of radiation sources in the application of nuclear technology in Indonesia is increasing. This encourages users to have radiation measuring instruments that must be calibrated in accordance with the provisions of the Nuclear Energy Supervisory Agency (BAPETEN). Along with this, the Laboratory of Safety Technology and Radiation Metrology (LKTMR) as the only institution in Indonesia that has a license to calibrate radiation measuring instruments has increased demand for calibration of radiation measuring instruments. However, the current condition, of the two calibrators owned by LKTMR, namely OB85 and OB34, only OB85 can be used because the OB34 is damaged. Of course, this will hinder the service activities of calibration of radiation measuring instruments. The process of repairing the OB34 calibrator requires the design of a *Human Machine Interface* (HMI) for the OB34 calibrator control system. In this research, HMI has been successfully created using LabView software which functions to monitor, give instructions for selecting, raising and lowering sources on the OB34 calibrator. The HMI test results related to the conformity of the instructions with the Omron PLC address CP1L-M30DR-A showed an average success rate as a control system of 99.2%.

Keywords: *Human Machine Interface, control system, calibrator.*

1. Pendahuluan

Seiring berkembangnya zaman, teknologi nuklir telah dimanfaatkan dalam berbagai bidang, seperti di bidang kesehatan, riset, industri, peternakan, pertanian, dan pendidikan. Dengan semakin banyaknya pemakaian teknologi nuklir maka semakin banyak penggunaan sumber radiasi, oleh karena itu diperlukan alat ukur radiasi, tujuannya untuk mengetahui laju dosis yang diterima oleh pekerja atau

untuk mengetahui laju dosis di daerah kerja supaya tidak melebihi Nilai Batas Dosis (NBD) yang telah ditetapkan oleh Badan Pengawas Tenaga Nuklir [1]. Alat ukur radiasi yang digunakan harus tetap dalam keadaan akurat. Supaya alat ukur radiasi tetap dalam keadaan akurat maka alat ukur radiasi wajib di kalibrasi dalam periode tertentu [2].

Kalibrasi Alat Ukur Radiasi (AUR) adalah kegiatan membandingkan bacaan AUR yang dikalibrasi dengan bacaan AUR standar [3]. Menurut Perka BAPETEN Nomor 1 Tahun 2006 kalibrasi alat ukur radiasi dilakukan secara berkala sekurang-kurangnya satu tahun sekali oleh Laboratorium Dosimetri Standar Sekunder (LDSS) atau Laboratorium Dosimetri Standar Tersier (LDST) [4]. Laboratorium Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi, Direktorat Pengelolaan Laboratorium, Fasilitas Riset, dan Kawasan Sains Teknologi, Badan Riset dan Inovasi Nasional (LTKMR-DPLFRKST-BRIN) merupakan salah satu direktorat di BRIN yang memiliki LDSS dan LDST dalam melaksanakan layanan kalibrasi AUR.

Pesawat kalibrator OB-34 adalah seperangkat peralatan yang digunakan untuk kalibrasi AUR secara panoramik. Pesawat kalibrator OB-34 terdiri dari sistem kendali, sumber radiasi Cesium-137 sebanyak 4 buah dan Cobalt-60 sebanyak 3 buah, dan meja kalibrasi. Kalibrator OB-34 bekerja secara panoramik [5]. sehingga dapat digunakan untuk melakukan kalibrasi beberapa AUR secara bersamaan sehingga lebih efisien.

Dalam pelaksanaan kalibrasi AUR di Lokasi Pasar Jumat, LTKMR memiliki dua pesawat kalibrator, yaitu pesawat kalibrator OB85 dan pesawat kalibrator OB34. Namun, pada saat ini LTKMR hanya menggunakan pesawat kalibrator OB85 untuk melaksanakan pelayanan kalibrasi AUR dikarenakan pesawat kalibrator OB34 yang dimiliki tidak dapat berfungsi, sedangkan LTKMR sendiri memiliki cukup banyak intensitas pelayanan kalibrasi AUR dan terjadi peningkatan kegiatan pelayanan setiap tahun sebagai indikasi semakin banyaknya pemanfaatan Teknologi nuklir di berbagai bidang [6]. Oleh karena itu pelayanan kalibrasi AUR di LTKMR kurang optimal jika hanya menggunakan satu pesawat kalibrator saja untuk semua kegiatan kalibrasi AUR gamma.

Dalam upaya untuk optimalisasi fasilitas yang ada di LTKMR dan untuk meningkatkan efisiensi pelaksanaan layanan kalibrasi AUR di LTKMR maka diperlukan perbaikan atau pengaktifan kembali pesawat kalibrator OB34 sekaligus untuk mengurangi beban pekerjaan kalibrasi AUR menggunakan kalibrator OB85. Dalam proses perbaikan atau pengaktifan kembali pesawat kalibrator OB34 dibutuhkan rancang bangun Human Machine Interface untuk sistem kendali pada pesawat kalibrator OB34. Human Machine Interface adalah perangkat lunak dan/atau perangkat keras dengan memberikan tampilan visual yang dapat memungkinkan operator untuk memantau dan mengendalikan suatu alat secara real time [7], [8].

Penelitian ini merancang bangun Human Machine Interface sebagai sistem kendali pesawat kalibrator OB34. Rencananya Human Machine Interface akan dibuat menggunakan laptop yang berisi perangkat lunak LabVIEW yang terintegrasi dengan PLC Omron CP1L M30DR-A yang berisi program sistem kendali pesawat kalibrator OB34. Dengan adanya Human Machine Interface pada pesawat kalibrator OB34 ini diharapkan dapat membantu operator untuk memantau dan mengontrol operasi pesawat kalibrator OB34 dengan mudah dalam kegiatan kalibrasi AUR.

2. Metode

2.1. Perancangan Human Machine Interface

Pada tahap perancangan *human machine interface* dilakukan perancangan *human machine interface* menggunakan laptop yang terdapat perangkat lunak LabVIEW dari tindakan apa saja yang dapat dilakukan *human machine interface*, kemudian dari tindakan-tindakan yang dapat dilakukan *human machine interface* dapat ditentukan tombol-tombol dan indikator-indikator yang dibutuhkan *human machine interface*, setelah dilakukan penentuan tombol-tombol, indikator-indikator dan fitur yang dibutuhkan *human machine interface* maka dapat ditentukan desain dari *human machine interface*.

adapun tindakan yang nantinya dapat dilakukan *human machine interface* antara lain:

- a. Menghidupkan dan mematikan sistem kendali pesawat kalibrator OB34
- b. Membuka dan menutup sumber
- c. Memilih sumber kalibrator

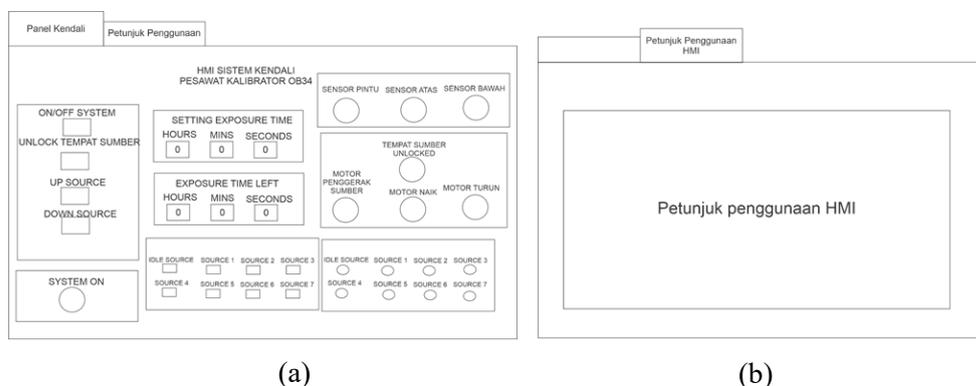
- d. Mengaktifkan motor untuk menaikkan sumber yang telah dipilih ke posisi penyinaran
- e. Mengatur dan menjalankan waktu penyinaran (*timer*)
- f. Mengaktifkan motor untuk menurunkan sumber

Adapun tombol-tombol, indikator-indikator dan fitur yang dibutuhkan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. *Tombol-tombol, indikator-indikator dan fitur yang dibutuhkan pada human machine interface*

No	Perintah/Aksi	Tombol	Indikator
1	Menghidupkan atau mematikan sistem kendali pesawat kalibrator OB34	<i>On/Off System</i>	- Lampu indikator <i>on/off system</i> - Lampu indikator sensor pintu - Lampu indikator sensor bawah
2	Membuka/menutup sumber	<i>Unlock</i> tempat sumber	Lampu indikator tempat sumber <i>unlocked</i>
3	Memilih sumber kalibrator	<i>Idle source, Source 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7</i>	- Lampu indikator motor penggerak sumber - Lampu indikator <i>idle source, source 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7</i>
4	Mengatur dan menjalankan waktu penyinaran (<i>timer</i>)	<i>Setting Exposure time</i>	Indikator untuk menunjukkan waktu penyinaran yang tersisa (<i>Exposure Time Left</i>)
5	Mengaktifkan motor untuk menaikkan sumber yang telah dipilih ke posisi penyinaran	<i>Up source</i>	- Lampu indikator motor naik - Lampu indikator sensor atas
6	Mengaktifkan motor untuk menurunkan sumber	<i>Down source</i>	- Lampu indikator motor penggerak sumber - Lampu indikator motor turun - Lampu indikator sensor bawah

Setelah ditentukan tombol-tombol, indikator-indikator dan fitur yang dibutuhkan maka selanjutnya dapat ditentukan desain dari HMI yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Desain *human machine interface* (a) bagian panel kendali, (b) bagian petunjuk penggunaan

2.2. Komunikasi Alamat PLC dengan LabVIEW

Yang dimaksud komunikasi alamat PLC dengan LabVIEW disini adalah menghubungkan alamat input dan output yang dipakai pada PLC ke perangkat lunak LabVIEW dengan bertujuan supaya *human machine interface* pada perangkat lunak LabVIEW bisa terhubung ke perangkat sistem kendali pesawat kalibrator OB34. komunikasi alamat PLC dengan LabVIEW menggunakan bantuan perangkat lunak NI OPC Servers. Gambar 2 menunjukkan alamat-alamat PLC yang berhasil ditambahkan ke NI OPC Servers.

Tag Name	Address	Data Type	Scan Rate	Scaling	Description
ON OFF BUTTON	CIO0000.00	Boolean	100	None	
IDLE SOURCE BUTTON	CIO0000.01	Boolean	100	None	
SENSOR BAWAH	CIO0000.02	Boolean	100	None	
SOURCE BUTTON 1	CIO0000.04	Boolean	100	None	
SOURCE BUTTON 2	CIO0000.05	Boolean	100	None	
SOURCE BUTTON 3	CIO0000.06	Boolean	100	None	
SOURCE BUTTON 4	CIO0000.07	Boolean	100	None	
SOURCE BUTTON 5	CIO0000.08	Boolean	100	None	
SOURCE BUTTON 6	CIO0000.09	Boolean	100	None	
SOURCE BUTTON 7	CIO0000.10	Boolean	100	None	
UNLOCK TEMPAT SUMBER BUTTON	CIO0000.11	Boolean	100	None	
TOMBOL NAIK	CIO0001.00	Boolean	100	None	
TOMBOL TURUN	CIO0001.01	Boolean	100	None	
SENSOR ATAS	CIO0001.02	Boolean	100	None	
SYSTEM ON	CIO0006.00	Boolean	100	None	
RELAY SOURCE 1	CIO0007.00	Boolean	100	None	
RELAY SOURCE 2	CIO0007.01	Boolean	100	None	
RELAY SOURCE 3	CIO0007.02	Boolean	100	None	
RELAY SOURCE 4	CIO0007.03	Boolean	100	None	
RELAY SOURCE 5	CIO0007.04	Boolean	100	None	
RELAY SOURCE 6	CIO0007.05	Boolean	100	None	
RELAY SOURCE 7	CIO0007.06	Boolean	100	None	
RELAY IDLE SOURCE	CIO0007.07	Boolean	100	None	
TEMPAT SUMBER UNLOCKED	CIO0100.00	Boolean	100	None	
MOTOR PENGGERAK	CIO0100.01	Boolean	100	None	
MOTOR NAIK	CIO0100.02	Boolean	100	None	
MOTOR TURUN	CIO0100.03	Boolean	100	None	
PENYULUT MOTOR TURUN	CIO0200.12	Boolean	100	None	

Gambar 2. Alamat-alamat PLC yang sudah ditentukan sudah ditambahkan ke NI OPC Servers.

2.3. Pembuatan Human Machine Interface

Pembuatan *Human Machine Interface* untuk sistem kendali pada pesawat kalibrator OB34 dengan menggunakan laptop yang ter-install perangkat lunak LabVIEW.

2.4. Pengujian dan Analisis

Pengujian dilakukan dengan pengujian kesesuaian pengalamatan antara HMI dengan PLC yang sudah berisi program sistem kendali pesawat kalibrator OB34. Dimana *human machine interface* dihubungkan dengan PLC Omron CP1L M30DR-A yang sudah berisi program sistem kendali pesawat kalibrator OB34 dengan menggunakan kabel USB dan kabel RS-232, kemudian ketika diberikan instruksi pada *human machine interface* dilakukan pemantauan secara visual pada *human machine interface* dan perangkat lunak *cx-programmer* yang menampilkan program sistem kendali pesawat kendali pesawat kalibrator OB34 dan terhubung secara langsung dengan PLC Omron CP1L M30DR-A yang berisi program sistem kendali pesawat kendali pesawat kalibrator OB34. Adapun pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

- Pengujian *human machine interface* ketika menghidupkan sistem kendali pesawat kalibrator OB34
- Pengujian *human machine interface* ketika meng-unlock tempat sumber
- Pengujian *human machine interface* ketika memilih 7 sumber yang berbeda pada pesawat kalibrator OB34
- Pengujian *human machine interface* ketika mengunci tempat sumber
- Pengujian *human machine interface* ketika mengaktifkan motor untuk menaikkan sumber yang telah dipilih
- Pengujian *human machine interface* menjalankan fungsi *timer*
- Pengujian *human machine interface* ketika mengaktifkan motor untuk menurunkan sumber
- Pengujian *human machine interface* ketika mematikan sistem kendali pesawat kalibrator OB34.

Keberhasilan pengujian *human machine interface* ke perangkat sistem kendali pesawat kalibrator OB34 dilakukan dengan perhitungan tingkat keberhasilan pada pengujian kesesuaian pengalamatan HMI dengan PLC yang berisi program sistem kendali pesawat kalibrator OB34. *Human Machine Interface* dikatakan berhasil apabila semua jenis pengujian pada operasi alat tersebut mempunyai rata-rata tingkat keberhasilan $\geq 95\%$ atau tingkat kegagalan $< 5\%$ [9]. Pengukuran tingkat keberhasilan dilakukan dengan

melakukan pengoperasian masing-masing tahap pengujian integrasi HMI dengan PLC yang berisi program sistem kendali pesawat kalibrator OB34 sebanyak 100 kali dan dilakukan penghitungan tingkat keberhasilan dan tingkat kegagalan berdasarkan Persamaan 1 dan Persamaan 2 [10]. Dimana data yang berhasil diambil dari setiap pengujian kesesuaian HMI dengan alamat PLC yang berhasil sedangkan data yang gagal diambil dari setiap pengujian kesesuaian HMI dengan alamat PLC yang gagal.

$$\text{tingkat keberhasilan} = \frac{\text{jumlah data yang berhasil}}{\text{jumlah seluruh data}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{tingkat kegagalan} = \frac{\text{jumlah data yang gagal}}{\text{jumlah seluruh data}} \times 100\% \quad (2)$$

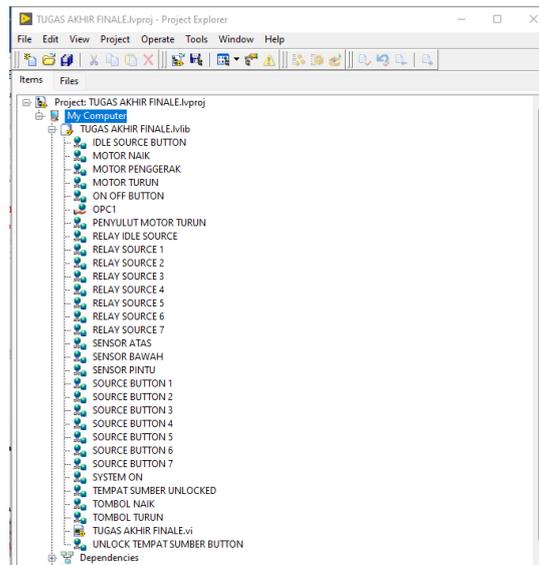
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil Komunikasi Alamat PLC dengan HMI

Ketika alamat-alamat PLC yang sudah ditentukan berhasil ditambahkan ke NI OPC Servers maka supaya NI OPC Servers bisa terhubung ke PLC pilih fitur opsi “Quick Client” untuk menyambungkan NI OPC Servers dengan PLC. Ketika alamat-alamat pada PLC berhasil terhubung dengan baik maka pada *OPC Quick Client* pada bagian “Quality” akan memberi indikator “Good” pada setiap alamat telah ditambahkan. Gambar 3 menunjukkan bahwa alamat yang telah dikomunikasikan berhasil terhubung dengan baik.

Item ID	Data Type	Value	Timestamp	Quality	Update Count
Tugas Akhir.CPIL_UNLOCK TEMPAT SUMBER BUTTON	Boolean	0	23:15:01.474	Good	1
Tugas Akhir.CPIL_TOMBOL TURUN	Boolean	0	23:15:01.474	Good	1
Tugas Akhir.CPIL_TOMBOL NAIK	Boolean	0	23:15:01.474	Good	1
Tugas Akhir.CPIL_TEMPAT SUMBER UNLOCKED	Boolean	0	23:15:01.474	Good	1
Tugas Akhir.CPIL_SYSTEM ON	Boolean	0	23:19:12.713	Good	2
Tugas Akhir.CPIL_SOURCE BUTTON 7	Boolean	0	23:15:01.474	Good	1
Tugas Akhir.CPIL_SOURCE BUTTON 6	Boolean	0	23:15:01.474	Good	1
Tugas Akhir.CPIL_SOURCE BUTTON 5	Boolean	0	23:15:01.474	Good	1
Tugas Akhir.CPIL_SOURCE BUTTON 4	Boolean	0	23:15:01.474	Good	1
Tugas Akhir.CPIL_SOURCE BUTTON 3	Boolean	0	23:15:01.474	Good	1
Tugas Akhir.CPIL_SOURCE BUTTON 2	Boolean	0	23:15:01.474	Good	1
Tugas Akhir.CPIL_SOURCE BUTTON 1	Boolean	0	23:15:01.474	Good	1
Tugas Akhir.CPIL_SENSOR PINTU	Boolean	0	23:19:22.237	Good	2
Tugas Akhir.CPIL_SENSOR BAWAH	Boolean	0	23:15:01.474	Good	1
Tugas Akhir.CPIL_SENSOR ATAS	Boolean	0	23:19:19.748	Good	2
Tugas Akhir.CPIL_RELAY SOURCE 7	Boolean	0	23:15:01.474	Good	1
Tugas Akhir.CPIL_RELAY SOURCE 6	Boolean	0	23:15:01.474	Good	1
Tugas Akhir.CPIL_RELAY SOURCE 5	Boolean	0	23:15:01.474	Good	1
Tugas Akhir.CPIL_RELAY SOURCE 4	Boolean	0	23:15:01.474	Good	1
Tugas Akhir.CPIL_RELAY SOURCE 3	Boolean	0	23:15:01.474	Good	1
Tugas Akhir.CPIL_RELAY SOURCE 2	Boolean	0	23:15:01.474	Good	1
Tugas Akhir.CPIL_RELAY SOURCE 1	Boolean	0	23:15:01.474	Good	1
Tugas Akhir.CPIL_RELAY IDLE SOURCE	Boolean	0	23:15:01.474	Good	1
Tugas Akhir.CPIL_PENYULUT MOTOR TURUN	Boolean	0	23:15:02.036	Good	1
Tugas Akhir.CPIL_ON OFF BUTTON	Boolean	0	23:15:01.474	Good	1
Tugas Akhir.CPIL_MOTOR TURUN	Boolean	0	23:15:01.474	Good	1
Tugas Akhir.CPIL_MOTOR PENGGERAK	Boolean	0	23:15:01.474	Good	1
Tugas Akhir.CPIL_MOTOR NAIK	Boolean	0	23:15:01.474	Good	1
Tugas Akhir.CPIL_IDLE SOURCE BUTTON	Boolean	0	23:15:01.474	Good	1

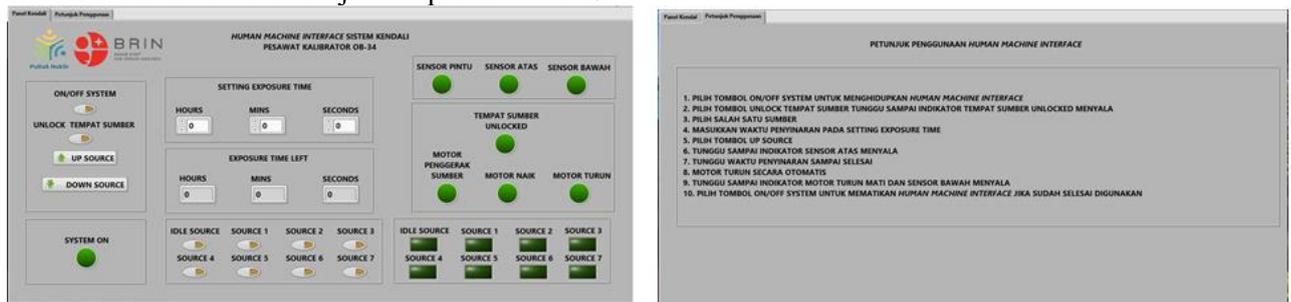
Gambar 3. Tampilan ketika alamat-alamat PLC terhubung dengan baik dengan NI OPC Servers. Setelah alamat-alamat pada PLC berhasil terhubung dengan NI OPC Servers, maka alamat-alamat tersebut dapat ditambahkan ke LabVIEW. Gambar 4 menunjukkan bahwa alamat-alamat pada PLC berhasil ditambahkan ke LabVIEW.



Gambar 4. Alamat-alamat pada PLC berhasil ditambahkan ke LabVIEW

3.2. Hasil Pembuatan HMI

Hasil Pembuatan HMI ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Tampilan *human machine interface* (a) bagian panel kendali (b) bagian petunjuk penggunaan

3.3. Hasil Perhitungan Tingkat Keberhasilan

Hasil Perhitungan Tingkat Keberhasilan didapatkan dari 100 kali pengulangan pada setiap pengujian dan didapatkan data yang berhasil dan data yang gagal, kemudian dilakukan perhitungan mengacu dengan Persamaan 1 dan Persamaan 2 maka didapatkan hasil perhitungan tingkat keberhasilan dan kegagalan di setiap pengujian yang ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil perhitungan tingkat keberhasilan dan tingkat kegagalan disetiap pengujian.

No	Jenis Pengujian	Tingkat Keberhasilan	Tingkat Kegagalan
1	Menghidupkan sistem kendali pesawat kalibrator OB34	98%	2%
2	Meng-unlock tempat sumber	98%	2%
3	Memilih <i>source 1</i>	99%	1%
4	Memilih <i>source 2</i>	100%	0%
5	Memilih <i>source 3</i>	100%	0%
6	Memilih <i>source 4</i>	100%	0%
7	Memilih <i>source 5</i>	98%	2%
8	Memilih <i>source 6</i>	99%	1%
9	Memilih <i>source 7</i>	100%	0%
10	Memilih <i>idle source</i>	100%	0%

11	Mengunci tempat sumber	98%	2%
12	Mengaktifkan motor untuk menaikkan sumber yang telah dipilih	99%	1%
13	Menjalankan fungsi <i>timer</i>	100%	0%
14	Mengaktifkan motor untuk menurunkan sumber yang telah dipilih secara otomatis	100%	0%
15	Mengaktifkan motor untuk menurunkan sumber yang telah dipilih secara manual	98%	2%
16	Mematikan sistem kendali pesawat kalibrator OB34	100%	0%
	Rata-rata	99,2%	0,8%

Berdasarkan Tabel 2 didapatkan rata-rata tingkat keberhasilan pada HMI sebesar 99,2% dengan demikian, maka dapat dinyatakan bahwa HMI dikatakan berhasil dikarenakan rata-rata keberhasilan HMI diatas 95% [9] yaitu sebesar 99,2%. Adapun penyebab adanya tingkat kegagalan pada pengujian ini disebabkan oleh waktu “wait” atau *delay* yang kurang dari 2,5 detik pada *block diagram* LabVIEW pada 20 percobaan pertama. Selain itu ketika memberikan perintah dari HMI ke PLC terdapat *delay* sekitar 2,5 detik, hal ini dikarenakan bagian “*block diagram*” pada LabVIEW terdapat program “wait” sebesar 2500 milidetik yang menandakan ketika operator memberikan perintah dari HMI maka terdapat waktu delay selama 2,5 detik untuk perintah tersebut sampai ke PLC. Selain itu ketika penggunaan indikator pada HMI terdapat *delay* sekitar 3-6 detik setelah PLC menerima perintah dari HMI.

4. Simpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan maka didapatkan kesimpulan bahwa dapat dibuat *human machine interface* untuk sistem kendali pada pesawat kalibrator OB34 dengan menggunakan laptop yang berisi perangkat lunak LabVIEW, dan didapatkan hasil pengujian dimana HMI dapat bekerja sesuai dengan alamat PLC pada cx-programmer dan sistem kendali pesawat kalibrator OB34 dengan rata-rata tingkat keberhasilan diatas 99,1875%.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam mengerjakan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] N. Nazaroh, “KALIBRASI DOSIMETER SAKU GAMMA (DSG) DAN TLD/FILM BADGE (FB) DI LABORATORIUM PTKMR-BATAN,” *J. Stand.*, vol. 13, no. 2, Art. no. 2, Jul. 2011, doi: 10.31153/js.v13i2.132.
- [2] BAPETEN, *Peraturan Kepala Badan No 11 Tahun 2015 Tahun 2015 Tentang Laboratorium Dosimetri Eksterna*. 2015. Accessed: Feb. 24, 2022. [Online]. Available: <https://jdih.bapeten.go.id/id/dokumen/peraturan/peraturan-kepala-badan-no-11-tahun-2015-tahun-2015-tentang-laboratorium-dosimetri-eksterna>
- [3] IAEA, *Calibration of Radiation Protection Monitoring Instruments*. Vienna: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, 2000. [Online]. Available: <https://www.iaea.org/publications/5149/calibration-of-radiation-protection-monitoring-instruments>
- [4] BAPETEN, *Peraturan Kepala Badan Pengawas Tenaga Nuklir Nomor 1 Tahun 2006 tentang Laboratorium Dosimetri, Kalibrasi Alat Ukur Radiasi Dan Keluaran Sumber Radiasi Terapi, Dan Standardisasi Radionuklida*. 2006, p. 14.
- [5] Buchler, *CALIBRATOR OB34 Nuclides: Cesium-137; Cobalt-60 INSTRUCTIONS FOR USE*.
- [6] PTKMR-BATAN, “Pusat Teknologi Keselamatan dan Metrologi Radiasi.” http://repo-nkm.batan.go.id/3826/1/Booklet_PTKMR_Final.pdf (accessed Oct. 05, 2021).
- [7] M. S. Kadam, M. A. Ovhal, M. K. Kajulkar, and M. R. Lad, “Importance of Human-Machine Interface in Artificial Intelligence and Data Science,” *Int. J. Eng. Res. Technol.*, vol. 8, no. 5, Mar. 2020, Accessed: Nov. 24, 2021. [Online]. Available: <https://www.ijert.org/research/importance-of-human-machine-interface-in-artificial-intelligence-and-data-science-IJERTCONV8IS05035.pdf>, <https://www.ijert.org/importance-of-human-machine-interface-in-artificial-intelligence-and-data-science>

- [8] K. Stouffer, V. Pillitteri, S. Lightman, M. Abrams, and A. Hahn, "Guide to Industrial Control Systems (ICS) Security," National Institute of Standards and Technology, NIST SP 800-82r2, Jun. 2015. doi: 10.6028/NIST.SP.800-82r2.
- [9] R. Glass, "IT Failure Rates--70% or 10-15%?," *Softw. IEEE*, vol. 22, pp. 112–111, Jun. 2005, doi: 10.1109/MS.2005.66.
- [10] Maloney, "How to Calculate Success Rate," *Sciencing*, Dec. 08, 2020. <https://sciencing.com/calculate-success-rate-8092890.html> (accessed Jun. 15, 2022).