



**DESAIN PENGOPERASIAN MODULAR OPERATING
THEATRE (MOT) PADA RUANG OPERASI
MENGUNAKAN TEKNOLOGI PROGRAMMABLE LOGIC
CONTROLLERS (PLC)**

TESIS

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Magister Teknik



TANDI PANGGESANG
NPM. 092022090114

**PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK DAN ILMU KOMPUTER
UNIVERSITAS GLOBAL JAKARTA
2024**

PERNYATAAN ORISINALITAS TESIS

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas di dalam Naskah Tesis ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Tesis ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Tesis dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Depok, 3 Agustus 2024
Mahasiswa,




Tandi Panggesang
NIM. 092022090114

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

Tesis ini diajukan oleh :
Nama : Tandi Panggesang
NPM : 092022090114
Program Studi : Magister Teknik Elektro
Judul Tesis : Desain Pengoperasian Modular Operating Theater
(MOT) pada Ruang Operasi Menggunakan
Teknologi Programmable Logic Controllers (PLC)

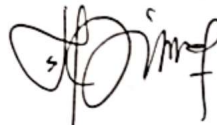
Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik, pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Global Jakarta.

Pembimbing 1



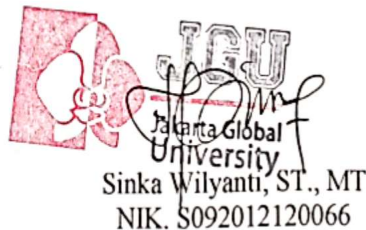
Dr. Antonius Darma Setiawan, S.Si., MT
NIK. S092020100001

Pembimbing 2



Sinka Wilyanti, ST., MT
NIK. S092012120066

Ketua Program Studi
Magister Teknik Elektro



Sinka Wilyanti, ST., MT
NIK. S092012120066

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 16 Agustus 2024

HALAMAN PENGESAHAN DEWAN PENGUJI

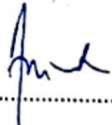
Tesis ini diajukan oleh :
Nama : Tandi Panggesang
NPM : 092022090114
Program Studi : Magister Teknik Elektro
Judul Tesis : Desain Pengoperasian Modular Operating Theater
(MOT) pada Ruang Operasi Menggunakan
Teknologi Programmable Logic Controllers (PLC)

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik, pada Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer, Universitas Global Jakarta.

DEWAN PENGUJI

Penguji 1 : Dr. Ir. Sidik Mulyono, M.Eng (.....)

Penguji 2 : Mauludi Manfaluthy, S.T., M.T (.....)

Penguji 3 : Hamzah, S.T., M.T., Ph.D. (.....)

Ditetapkan di : Depok
Tanggal : 16 Agustus 2024

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang dengan karunia dan rahmat-Nya sehingga dapat menyelesaikan tesis ini dengan baik dan tepat waktu. Shalawat serta salam penulis sampaikan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW yang merupakan suri teladan bagi seluruh umat. Penulis menyadari terselesaikannya tesis ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu dalam kesempatan yang baik ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Antonius Darma Setiawan, S.Si., M.T., selaku dosen pembimbing yang telah banyak memberikan arahan dan bimbingan serta masukan kepada penulis selama pengerjaan tesis ini;
2. Ibu Sinka Wilyanti, S.T., MT., sebagai ketua program studi teknik elektro dan juga dosen pembimbing, serta kepada seluruh dosen yang mengajar dari Semester 1 sampai selesai di Universitas Global Jakarta;
3. Pihak PT Modular Global Teknindo yang telah banyak membantu dalam memperoleh data yang saya perlukan;
4. Mamah, Bapak dan Keluarga tercinta yang tidak pernah berhenti memberikan support nya kepada penulis sampai penulis dapat menyelesaikan tesis ini.
5. Istri Tercinta Kometa Anggraeny yang selalu memberikan masukan dan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan perkuliahan.
6. Anak – anaku Muhammad Tsabit Panggesang dan Mufia Khaira Putri terima kasih atas pengertian kalian selama papa menyelesaikan pendidikan ini.
7. Teman-teman Magister Teknik Elektro yang telah berjuang bersama 2 tahun ini, semoga kita semua senantiasa diberikan kesuksesan, kesehatan dan keberkahan dari Tuhan Yang Maha Esa.

Kritik dan saran atas tesis ini sangat diharapkan untuk menjadi lebih baik lagi. Semoga apa yang penulis sajikan ini berguna dan bermanfaat. Terima kasih.

Depok, Agustus 2024

Penulis

PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika Universitas Global Jakarta, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Tandi Panggesang
NPM : 092022090114
Program Studi : Magister Teknik Elektro
Fakultas : Teknik dan Ilmu Komputer
Jenis Karya : Tesis

demikian pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Global Jakarta **Hak Bebas Royalti Non-eksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Desain Pengoperasian Modular Operating Theatre (MOT) Pada Ruang Operasi Menggunakan Teknologi Programmable Logic Controllers (PLC) beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ini Universitas Global Jakarta berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada Tanggal : 16 Agustus 2024

Yang menyatakan,


 nggesang

ABSTRAK

Efisiensi menjadi tuntutan disegala bidang sebagai salah satu parameter sukses di dunia industri. Salah satu layanan dibidang industri kesehatan yang tak luput dari tuntutan efisiensi tersebut adalah pelayanan pembedahan di ruang operasi. Tingkat efisiensi pada ruang operasi saat ini dapat dilihat pada Ruang Operasi Modular atau yang biasa disebut *Modular Operating Theater* (MOT). MOT adalah konsep ruang operasi yang dirancang dengan pendekatan modular, memungkinkan fleksibilitas tinggi dalam pengaturan dan konfigurasi. Sistem pengendalian MOT menggunakan suatu program untuk mengatur perintah yang disebut dengan *Programmable Logic Controller* (PLC). Desain pengoperasian MOT menggunakan PLC pada penelitian ini difokuskan pada sensor yang memastikan bahwa lingkungan ruang operasi selalu dalam kondisi optimal. Sensor memberikan data yang vital, dan PLC bertindak sebagai pengendali utama yang memastikan semua parameter lingkungan berada dalam batas yang aman dan sesuai standar medis. Pengujian terhadap sensor suhu, sensor kelembaban dan sensor tekanan udara menunjukan nilai pembacaan dalam ambang batas toleransi. Integrasi yang baik antara sensor, PLC, dan sistem *Heating, Ventilation, and Air Conditioning* (HVAC) menghasilkan ruang operasi yang efisien, aman, dan andal. Dengan nilai selisih pembacaan di alat sensor BME280 dengan alat ukur standar = pengujian sensor suhu 0,079°C; 0,067°C; 0,082°C atau persentase kesalahan = 0,9%; 0,77%; 0,8%. dan untuk pengujian sensor kelembaban 0,254; 0,245; 0,356 atau nilai persentase kesalahan = 1,6% RH; 1,54%RH; 2%RH. Untuk selisih pembaca antara sensor Dwyer Magnesense MSX dengan alat ukur standar adalah 0,109Pa; 0,365Pa; 0,153Pa atau nilai persentase kesalahan = 0,28%; 0,21%, 0.613%, dari hasil yang di dapat bahwa seluruh sensor masih dalam batas toleransi.

Kata kunci: *Modular Operating Theatre* (MOT), *Programmable Logic Controllers* (PLC),

ABSTRACT

Efficiency has become a demand in all fields as one of the parameters of success in the industrial world. One of the services in the healthcare industry that has not escaped the call for efficiency is surgical services in the operating room. The level of efficiency in the operating room can currently be seen in the Modular Operating Theater (MOT). MOT is an operating room concept designed with a modular approach, allowing high flexibility in arrangement and configuration. The control system of the MOT uses a program to manage commands called the Programmable Logic Controller (PLC). The design of the MOT (Modular Operating Theatre) operation using PLC in this study focuses on air sensors to ensure that the operating room environment is always in optimal condition. The air sensors provide critical data, and the PLC acts as the main controller to ensure that all environmental parameters remain within safe and medically appropriate limits. Testing of temperature sensors, humidity sensors, and air pressure sensors shows that the readings are within the acceptable range. The effective integration of air sensors, PLC, and the Heating, Ventilation, and Air Conditioning (HVAC) system results in an efficient, safe, and reliable operating room. With the value of the difference in readings in the BME280 sensor tool with standard measuring instruments = temperature sensor testing 0,079 ° C; 0,067 ° C; 0.082 ° C or percentage error = 0,9%; 0,77%; 0,8%. and for humidity sensor testing 0,254; 0,245; 0,356 or percentage error value = 1,6% RH; 1,54%RH; 2%RH. For the reader difference between the Dwyer Magnesense MSX sensor and the standard measuring instrument is 0,109Pa; 0,365Pa; 0,153Pa or the percentage error value = 0,28%; 0,21%; 0,613%, from the results obtained that all sensors are still within tolerance limits.

Keywords: Modular Operating Theater (MOT), Programmable Logic Controllers (PLC).

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN DEWAN PENGUJI.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vi
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISTILAH	ix
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR SINGKATAN.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah Penelitian	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Manfaat Penelitian.....	2
1.5. Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1. Ruang Operasi.....	7
2.1.1. Pengertian Ruang Operasi.....	7
2.1.2. Pedoman Teknis Ketentuan Ruang Operasi	8
2.1.3. Persyaratan Umum Ruang Operasi	8
2.2. <i>Modular Operating Theatre (MOT)</i>	9
2.2.1. Pengertian MOT.....	9
2.2.2. Sistem Diagram Modular Operation Theatre	11
2.3. <i>Programmable Logic Controller (PLC)</i>	11
2.3.1. Pengertian PLC.....	11
2.3.2. Bagian – Bagian PLC	17
2.3.3. Prinsip Kerja PLC.....	22
2.4. Pengoperasian MOT dalam Ruang Operasi dengan Teknologi PLC.....	29
2.5. Perbandingan MOT dengan Ruang Operasi Konvensional	35
2.6. Sensor BME280	35
2.7. Sensor Dwyer Magnesense MSX	36
2.8. Alat Ukur Standar.....	37
BAB III METODE PENELITIAN	39
3.1. Model Penelitian.....	39
3.2. Tempat Penelitian	41
3.3. Fokus Penelitian	41
3.4. Alat dan Bahan.....	41

3.5. Sensor Pada Sistem MOT	41
3.6. Pengujian Sensor Pada Sistem MOT	42
3.7. Analisis Data	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	43
4.1. Pengujian Sensor Suhu.....	43
4.2. Pengujian Sensor Kelembaban.....	45
4.3. Pengujian Sensor Tekanan Udara.....	47
BAB V PENUTUP.....	50
5.1. Kesimpulan.....	50
5.2. Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN.....	53

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Rumah sakit merupakan salah satu jenis pelayanan kesehatan. Menurut WHO (*World Health Organization*), rumah sakit adalah bagian integral dari suatu organisasi sosial dan kesehatan dengan fungsi menyediakan pelayanan paripurna (komprehensif), penyembuhan penyakit (kuratif) dan pencegahan penyakit (preventif) kepada masyarakat. Kegiatan utama sebuah rumah sakit yaitu memberikan pelayanan kesehatan yang maksimal kepada pasien (Al Hakim et al., 2020, 2021; Mahendradhata et al., 2021). Sistem otomatis di ruang operasi saat ini yang dikenal salah satunya yaitu Ruang Operasi Modular atau biasa disebut *Modular Operating Theatre* (MOT). MOT adalah konsep ruang operasi yang dirancang dengan pendekatan modular, memungkinkan fleksibilitas tinggi dalam pengaturan dan konfigurasi. MOT secara luas melibatkan penggunaan panel dinding dan langit-langit pra-fabrikasi dengan sistem aliran laminar, pintu tertutup rapat, lantai anti-statis, lampu ruangan yang bisa diatur dalam satu dan banyak lagi. Kemajuan teknologi modern ini, yang tidak biasa terlihat di ruang bedah konvensional, menjadikan ruang operasi dengan sistem MOT sebagai pilihan yang lebih disukai rumah sakit atau institusi medis mana pun (Groot, 2022).

Alasan utama MOT adalah untuk keselamatan pasien dan kemudahan pemasangan serta pengaturannya memastikan bahwa semua peralatan bedah yang diperlukan berada dalam jangkauan tangan. MOT adalah terobosan dalam industri perawatan kesehatan, yang memenuhi semua kondisi tersebut dan menggabungkan semua fungsi yang diperlukan (Groot, 2022). Sistem pengendalian MOT tentunya membutuhkan suatu program untuk mengatur perintah. Adapun pengendalian MOT tersebut dilakukan dengan sistem *Programmable Logic Controller* (PLC). PLC (merupakan perangkat yang digunakan untuk mengontrol dan mengatur sistem otomatis dengan menggunakan bahasa pemrograman. Kontrol

program dari PLC yaitu menganalisis sinyal *input* kemudian mengatur keadaan *output* sesuai dengan keinginan pemakai.

penelitian ini akan menggunakan metode kualitatif yang sama dengan penelitian sebelumnya tetapi dengan objek sensor yang berbeda dengan harapan tingkat keakurasian semakin presisi dan bisa masuk di tingkat produksi, dengan merancang sensor terhadap PLC untuk di gunakan di sistem MOT maka tingkat sensitifitas dan presisi sangat dibutuhkan hal itu penguji mencoba menggunakan sensor suhu dan kelembaban BME280 dan sensor tekanan udara Dwyer Magnesense MSX yang mana dari hasil pengujian di dapat tingkat persentase kesalahan untuk sensor suhu dan kelembaban adalah $\pm 0,9\%$ dan sensor tekanan udara tertinggi di $\pm 0,613\%$.

1.2. Rumusan Masalah Penelitian

Berdasarkan latar belakang tersebut dapat ditarik rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana desain pengoperasian MOT menggunakan teknologi PLC yang dapat menghasilkan ruang operasi yang efisien, aman dan andal?
2. Bagaimana proses pengujian sensor PLC yang paling optimal untuk digunakan dalam pengoperasian MOT?

1.3. Tujuan Penelitian

Merancang pengoperasian MOT menggunakan PLC dengan fokus pada sensor untuk memastikan bahwa lingkungan ruang operasi selalu dalam kondisi optimal. Sensor ini memberikan data yang vital, dan PLC bertindak sebagai pengendali utama yang memastikan semua parameter lingkungan berada dalam batas yang aman dan sesuai standar medis. Integrasi yang baik antara sensor , PLC, dan HVAC menghasilkan ruang operasi yang efisien, aman, dan andal..

1.4. Manfaat Penelitian

Secara teoritis penelitian ini diharapkan mampu menjadi bahan referensi penggunaan PLC pada MOT juga menjadi pemicu untuk mengangkat ide - ide baru dalam penggunaan PLC pada MOT yang

memajukan dunia kesehatan. Adapun beberapa rincian manfaat dari penelitian ini antara lain:

1. Memberikan kontribusi terhadap peningkatan efisiensi dan efektivitas saat operasi.
2. Mendukung dan menerapkan standar kesehatan lingkungan di ruang operasi melalui inovasi teknologi dan sistem otomasi yang sesuai dengan regulasi nasional

Dengan demikian, penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi praktis dan teknis untuk sensor pada MOT sehingga dapat menghasilkan desain pengoperasi MOT menggunakan teknologi PLC yang efisien, aman, dan andal.

1.5. Batasan penelitian

Adapun batasan masalah atau ruang lingkup pembahasan pada penelitian ini adalah :

1. PLC yang dipakai adalah Merk :IDEC dengan Type : FC6A – C24R1CE yang digunakan pada MOT.
2. Menjelaskan perbedaan ruang operasi konvensional (OT, *Operating Theatre*) dengan MOT.
3. Pengujian dilakukan terhadap sensor suhu, kelembaban dan tekanan udara pada PLC.

DAFTAR PUSTAKA

- Akhmad Mutohar. (2021). perancangan Prototype Alat Monitoring Kualitas Udara Di Ruang Operasi Yang Terintegrasi Berbasis IoT.
- Al Hakim, R. R., Billian, M. Y., & Muchsin, A. (2020). Pendekatan Postulat Jarak Terdekat Rumah Sakit Rujukan Covid-19 di Keresidenan Surakarta Indonesia Menggunakan Haversine Formula. *SEMASTER: Seminar Nasional Teknologi Informasi & Ilmu Komputer*, 1(1), 103–111. <https://doi.org/10.31849/semaster.v1i1.6033>
- Bergam, N., Chen, L., Lende, S., Snow, S., Zhang, J., Dibuono, M., & Calzaretto, N. (2020). Designing and Simulating a Smart Air Purifier to Combat HVAC-induced COVID-19 Transmission. *2020 IEEE MIT Undergraduate Research Technology Conference, URTC 2020*. <https://doi.org/10.1109/URTC51696.2020.9668856>
- Elo, Y. La. (2020). Simulasi Kontrol Motor Y-Δ Menggunakan Lampu Berbasis PLC. *Jurnal Informasi, Sains Dan Teknologi*, 3(1), 9–14. <https://doi.org/10.55606/ISAINTEK.V3I1.29>
- Groot, M. J. A. de. (2022). *Sustainability of the HVAC systems in the clinical operating room department* [University of Twente]. <https://essay.utwente.nl/93198/>
- Hariyadi, M. (2016). Rancangan Sistem Kendali Pemanas Air dari Panas Buang Air Conditioning menggunakan Programmable Logic Controller (PLC). *Menara Ilmu*, 10, 60–65.
- Hulewicz, A., Krawiecki, Z., & Dziarski, K. (2019). Distributed control system DCS using a PLC controller. *ITM Web of Conferences*, 28, 01041. <https://doi.org/10.1051/ITMCONF/20192801041>
- Hussain, T., Agarwal, P., & Hafiz, A. (2020). HVAC Systems and Environmental Controls in Hospital Operation Theatres. *Proceedings of International Conference in Mechanical and Energy Technology*, 174, 675–684. https://doi.org/10.1007/978-981-15-2647-3_63
- Mahendradhata, Y., Andayani, N. L. P. E., Hasri, E. T., Arifi, M. D., Siahaan, R. G. M., Solikha, D. A., & Ali, P. B. (2021). The Capacity of the Indonesian Healthcare System to Respond to COVID-19. *Frontiers in Public Health*, 9, 887. <https://doi.org/10.3389/FPUBH.2021.649819/BIBTEX>
- Muhammad Sulthon Nashir 1 , Wisnu Kartika2 , Susilo Ari Wibowo3. (2022) Pemantauan Suhu Kelembaban dan Tekanan Udara Terpusat pada Ruang Operasi Menggunakan Aplikasi Blynk

- Olivia, S., Gibson, J., & Nasrudin, R. (2020). Indonesia in the Time of Covid-19. *Bulletin of Indonesian Economic Studies*, 56(2), 143–174. <https://doi.org/10.1080/00074918.2020.1798581>
- Paupi, G. A., Suryadi, O. F., Susanto, G. N., & Junaidi, J. (2020). Rancang Bangun Sistem Monitoring Kualitas Air Tambak Udang (*Litopenaeus Vannamei*) Menggunakan Wireless Sensor Sistem (WSS) yang Terintegrasi dengan PLC CPM1A. *Journal of Energy, Material, and Instrumentation Technology*, 1(3), 103–112. <https://doi.org/10.23960/JEMIT.V1I3.34>
- Rafdito Harisuryo, Sumardi, and Budi Setiyono. (2015). Sistem Pengukuran Data Suhu, Kelembaban, Dan Tekanan Udara Dengan Telemetry Berbasis Frekuensi Radio
- Sandi Andoni, Dibyo Susanto. (2015) Alat Pengukur Suhu, Kelembaban Relatif, dan Tekanan Udara Digital
- Tejero-González, A., DeFreitas-Barros-Galvão, V. M., Zarzuelo-Sánchez, A. M., & SanJosé-Alonso, J. F. (2021). Energy use optimization in ventilation of operating rooms during inactivity periods. *Building Research & Information*, 49(3), 308–324. <https://doi.org/10.1080/09613218.2020.1817723>
- Tomar, B., & Kumar, N. (2020, November 6). PLC and SCADA based Industrial Automated System. *2020 IEEE International Conference for Innovation in Technology (INOCON)*.