



**IMPLEMENTASI SISTEM OTOMATISASI DAN
REDUNDANSI POMPA *SEA WATER INTAKE* PADA
FASILITAS PEMURNIAN NIKEL**

**TUGAS AKHIR
APLIKATIF**

MUHAMMAD IQBAL
41424120013

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
(2026)**



**IMPLEMENTASI SISTEM OTOMATISASI DAN
REDUNDANSI POMPA SEA WATER INTAKE PADA
FASILITAS PEMURNIAN NIKEL**

**TUGAS AKHIR
APLIKATIF**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana

MUHAMMAD IQBAL
41424120013

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MERCU BUANA
JAKARTA
(2026)**

HALAMAN PENYATAAN KARYA SENDIRI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Iqbal
NIM : 41424120013
Fakultas/Program Studi : Teknik/S1 Teknik Elektro

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa Tugas Akhir berjudul:
“Implementasi Sistem Otomatisasi dan Redundansi Pompa *Sea Water Intake* Pada Fasilitas Pemurnian Nikel” adalah hasil karya saya sendiri, tidak mengandung unsur plagiarisme, pelanggaran hak cipta, atau konten ilegal dalam bentuk apapun dan tidak melanggar hukum atau hak pihak manapun.

Apabila di kemudian hari ditemukan pelanggaran terhadap pernyataan ini, saya bersedia menanggung seluruh konsekuensi hukum dan membebaskan Universitas Mercu Buana dari segala bentuk tuntutan hukum dan saya siap mendapatkan sanksi akademis yang berlaku di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya untuk digunakan sebagaimana mestinya.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 4 Agustus 2026



Muhammad Iqbal

SURAT KETERANGAN HASIL *SIMILARITY*

Menerangkan bahwa Jurnal / Karya Ilmiah / Laporan Tugas Akhir pada BAB I, BAB III, BAB IV, dan BAB V / Praktek Keinsinyuran atas nama:

Nama : **Muhammad Iqbal**
NIM : **41424120013**
Program Studi : **Teknik Elektro**
Judul Tugas Akhir / Tesis
/ Praktek Keinsinyuran : **Implementasi Sistem Otomatisasi dan Redundansi Pompa Sea Water Intake Pada Fasilitas Pemurnian Nikel**

Telah dilakukan pengecekan *Similarity* menggunakan aplikasi/sistem *Turnitin* pada **Sabtu, 15 Agustus 2026** dengan hasil presentase sebesar **3 %** dan dinyatakan memenuhi standar sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Demikian surat keterangan ini dibuat dan digunakan sebagaimana mestinya.

Jakarta, 15 Agustus 2026

Administrator Turnitin,

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Itmam Haidi Syarif

HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Muhammad Iqbal
NIM : 41424120013
Fakultas/Program Studi : Teknik/S1 Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir : Implementasi Sistem Otomatisasi dan
Redundansi Pompa *Sea Water Intake* Pada
Fasilitas Pemurnian Nikel

Telah berhasil dipertahankan pada sidang tanggal 4 Agustus 2026 dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi S1 Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana.

Disahkan oleh:

Pembimbing



UNIVERSITAS

MERCU BUANA

(Ir. Said Attamimi, M.T.)

NUPTK: 0339739640130083

Jakarta, 4 Agustus 2026

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik

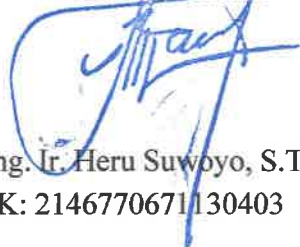


(Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, M.T.)

NUPTK: 6639750651230132

Ketua Program Studi

S1 Teknik Elektro



(Dr. Eng. Ir. Heru Suwoyo, S.T., M.Sc.)

NUPTK: 2146770671130403

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini. Penulisan Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana S1 Teknik Elektro pada Fakultas Teknik Universitas Mercu Buana. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan Tugas Akhir ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Andi Adriansyah, M.Eng. selaku Rektor Universitas Mercu Buana
2. Dr. Zulfa Fitri Ikatrinasari, MT. selaku Dekan Fakultas Teknik
3. Dr. Eng. Ir. Heru Suwoyo, S.T., M.Sc. selaku Ketua Program Studi S1 Teknik Elektro
4. Ir. Said Attamimi, M.T. selaku Dosen Pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan Tugas Akhir ini

Akhir kata, saya berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Tugas Akhir ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

UNIVERSITAS
MERCU BUANA

Jakarta, 4 Agustus 2026

Muhammad Iqbal

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR DI REPOSITORI UMB**

Sebagai sivitas akademik Universitas Mercu Buana, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Iqbal
NIM : 41424120013
Fakultas/Program Studi : Teknik/S1 Teknik Elektro
Judul Tugas Akhir : Implementasi Sistem Otomatisasi dan Redundansi Pompa *Sea Water Intake* Pada Fasilitas Pemurnian Nikel

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, dengan ini memberikan izin dan menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Mercu Buana **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul di atas beserta perangkat yang ada (jika diperlukan).

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Universitas Mercu Buana berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan Tugas Akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

MERCU BUANA

Jakarta, 4 Agustus 2026

Yang menyatakan,



(Muhammad Iqbal)

**IMPLEMENTASI SISTEM OTOMATISASI DAN REDUNDANSI POMPA
SEA WATER INTAKE PADA FASILITAS PEMURNIAN NIKEL
MUHAMMAD IQBAL**

ABSTRAK

Proses pendinginan pada *furnace* dan *desalination system* pada fasilitas pemurnian nikel memerlukan pasokan air laut yang kontinu sehingga keandalan sistem *Sea Water Intake* (SWI) menjadi faktor yang sangat penting. Gangguan pada salah satu pompa berpotensi menyebabkan terhentinya suplai air pendingin yang berdampak pada proses berjalannya produksi. Penelitian ini bertujuan merancang dan mengimplementasikan sistem otomatisasi dan redundansi pompa SWI yang mampu menjaga kontinuitas suplai air serta mendukung pengelolaan waktu pemeliharaan melalui pemerataan jam operasi pompa.

Variabel yang diteliti meliputi keberhasilan komunikasi Modbus TCP/IP, status operasi pompa seperti *ready*, *running*, *fault*, dan lain-lain, mekanisme *automatic changeover* berdasarkan *fault* dan *running hours*. Objek penelitian terdiri atas satu PLC Siemens S7-1500 sebagai PLC Master yang berkomunikasi menggunakan protokol Modbus TCP/IP dengan dua PLC lokal sebagai pengendali masing-masing pompa SWI. Penelitian menggunakan metode perancangan sistem kontrol berbasis filosofi *duty-standby pump system* dengan *automatic changeover (lead-lag control)*, sedangkan analisis data dilakukan secara deskriptif berdasarkan hasil implementasi dan pengujian fungsional sistem. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komunikasi Modbus TCP/IP berhasil mengirimkan seluruh data atau sinyal dengan benar. Sistem juga mampu melakukan perpindahan operasi pompa secara otomatis ketika terjadi kondisi *fault* maupun berdasarkan *running hours* sehingga kontinuitas suplai air tetap terjaga. Mekanisme *running hours balancing* berhasil menjaga pemerataan jam operasi kedua pompa sehingga mendukung aspek *asset management* dan perencanaan pemeliharaan.

Integrasi antara PLC Master dan dua PLC lokal telah berjalan sesuai perancangan, Sistem yang dirancang telah berhasil mengintegrasikan komunikasi antara PLC Master dengan dua PLC RO sebagai pengendali masing-masing pompa, sehingga fungsi monitoring, pertukaran data, dan pengendalian redundansi dapat berjalan sesuai dengan perancangan. meskipun integrasi langsung dengan *Distributed Control System* (DCS) belum dapat dilakukan karena fasilitas masih berada pada tahap pembangunan. Dengan demikian, sistem otomatisasi dan redundansi yang dirancang mampu meningkatkan keandalan operasi pompa SWI serta mendukung peningkatan *availability* suplai air pada fasilitas pemurnian nikel.

Kata Kunci: *Sea Water Intake*, redundansi pompa, Modbus TCP/IP, PLC Siemens S7-1500, *lead-lag control*

**IMPLEMENTATION OF AUTOMATION AND REDUNDANCY
SYSTEMS FOR SEA WATER INTAKE PUMPS AT A NICKEL
REFINING FACILITY
MUHAMMAD IQBAL**

ABSTRACT

The furnace cooling process and desalination system in a nickel refining facility requires a continuous seawater supply, making the reliability of the Sea Water Intake (SWI) system a critical factor. A failure in one of the pumps may interrupt the cooling water supply and adversely affect the production process. This study aims to design and implement an automated pump redundancy system for the SWI that ensures continuous water supply while supporting maintenance scheduling through balanced pump operating hours.

The variables investigated include Modbus TCP/IP communication, pump operating status, and the automatic changeover mechanism based on fault conditions and running hours. The system consists of a Siemens S7-1500 Master PLC communicating with two local PLCs controlling each SWI pump via Modbus TCP/IP. The study applies a duty–standby pump system with automatic changeover (lead–lag control), and the system performance was evaluated through implementation and functional testing. The results show that Modbus TCP/IP communication successfully transmitted all data and signals. The system automatically transferred pump operation under fault conditions and based on running hours, ensuring continuous water supply. In addition, the running hours balancing mechanism equalized the operating hours of both pumps, supporting asset management and maintenance planning.

The integration between the Master PLC and the two local PLCs was successfully implemented as designed, enabling monitoring, data exchange, and redundancy control functions to operate as intended. Although direct integration with the Distributed Control System (DCS) could not be performed because the facility is still under construction, the proposed automation and redundancy system is expected to improve the reliability of SWI pump operation and enhance the availability of water supply in the nickel refining facility.

Keywords: *Sea Water Intake, pump redundancy, Modbus TCP/IP, Siemens S7-1500 PLC, lead–lag control*

DAFTAR ISI

HALAMAN PENYATAAN KARYA SENDIRI.....	ii
HALAMAN SURAT KETERANGAN HASIL UJI TURNITIN	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR DI REPOSITORI UMB	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
BAB II LANDASAN TEORI / TINJAUAN PUSTAKA / KAJIAN PUSTAKA..	6
2.1 Penelitian Terdahulu.....	6
2.2 Perangkat Keras.....	13
2.2.1 SIMATIC S7-1500, CPU 1513-1 PN	13
2.2.2 SIMATIC ET 200SP IM 155-6 PN ST Interface Module	14
2.2.3 SIMATIC ET 200SP, CM PTP Communication Module	14
2.2.4 ET 200SP Digital Input Module DI 16x24VDC ST.....	15
2.2.5 ET 200SP Digital Output Module DQ 16x24VDC/0.5A ST.....	16

2.2.6 ET 200SP Server Module	16
2.2.7 SCALANCE XB008.....	17
2.2.8 SIMATIC HMI TP700 Comfort	18
2.2.9 IE FC TP Standard Cable GP 2x2 (Type A).....	18
2.3 Perangkat Lunak.....	19
2.3.1 TIA Portal V18	19
BAB III METODE/METODOLOGI PENELITIAN/PERANCANGAN	21
3.1 Diagram Blok	21
3.2 Lokasi Panel	23
3.3 Perancangan Elektrikal	24
3.4 Perancangan <i>Software</i>	30
3.4.1 Ladder Logic Program	31
3.4.2 Desain Tampilan HMI	39
3.5 Perancangan <i>Flowchart</i>	42
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	44
4.1 Hasil Pengujian.....	44
4.1.1 Pengujian Komunikasi Modbus TCP/IP Sinyal Digital dan Analog	45
4.1.2 Pengujian <i>Switching Pump</i>	51
4.2 Pembahasan	60
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	62
5.1 Kesimpulan.....	62
5.2 Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN.....	67

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Studi Literatur	6
Tabel 4.1 Hasil Pengujian Sinyal PLC Master dan PLC RO1	45
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Sinyal PLC Master dan PLC RO2	46
Tabel 4.3 Hasil Pengujian <i>switching pump</i> RO berdasarkan <i>fault</i>	58
Tabel 4.4 Hasil Pengujian <i>switching pump</i> RO berdasarkan <i>running hours</i>	59



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 SIMATIC S7-1500, CPU 1513-1 PN.....	13
Gambar 2.2 SIMATIC ET 200SP IM 155-6 PN ST Interface Module	14
Gambar 2.3 SIMATIC ET 200SP, CM PTP Communication Module.....	15
Gambar 2.4 ET 200SP Digital Input Module DI 16x24VDC ST	15
Gambar 2.5 ET 200SP Digital Output Module DQ 16x24VDC/0.5A ST	16
Gambar 2.6 ET 200SP Server Module.....	17
Gambar 2.7 SCALANCE XB008	17
Gambar 2.8 SIMATIC HMI TP700 Comfort	18
Gambar 2.9 IE FC TP Standard Cable GP 2x2 (Type A)	18
Gambar 3.1 Arsitektur PLC Master dan PLC Desalination/RO Pump 1 dan 2	21
Gambar 3.2 Lokasi <i>Desalination Pump</i> di <i>SWI Pump House</i>	23
Gambar 3.3 Lokasi Panel <i>Desalination Pump</i> di <i>SWI Pump House</i>	23
Gambar 3.4 <i>Layout</i> Panel PLC Master	24
Gambar 3.5 Daftar Komponen Panel PLC Master	25
Gambar 3.6 List Kabel Panel PLC Master.....	25
Gambar 3.7 List Simbol Panel PLC Master.....	26
Gambar 3.8 <i>Power Supply</i> Panel PLC Master	27
Gambar 3.9 <i>Heater</i> dan <i>Fan</i> Panel PLC Master	27
Gambar 3.10 CPU Panel PLC Master.....	28
Gambar 3.11 HMI dan Scalance 1 Panel PLC Master.....	29
Gambar 3.12 Scalance 2 Panel PLC Master	29
Gambar 3.13 IM Panel PLC Master.....	30
Gambar 3.14 ModbusTCP [FC3] network 2.....	31
Gambar 3.15 ModbusTCP [FC3] network 4.....	32
Gambar 3.16 ModbusTCP [FC3] network 8.....	32

Gambar 3.17 Pump RO_1 [FC11] network 1	33
Gambar 3.18 Pump RO_1 [FC11] network 2	33
Gambar 3.19 Pump RO_1 [FC11] network 3	34
Gambar 3.20 Pump RO_1 [FC11] network 4	34
Gambar 3.21 Pump RO_1 [FC11] network 5	35
Gambar 3.22 Pump RO_1 [FC11] network 6	35
Gambar 3.23 Pump RO_1 [FC11] network 7	36
Gambar 3.24 Pump RO_1 [FC11] network 8	36
Gambar 3.25 Pump RO_1 [FC11] network 9	37
Gambar 3.26 Pump RO_1 [FC11] network 12 bagian 1.....	37
Gambar 3.27 Pump RO_1 [FC11] network 12 bagian 2.....	37
Gambar 3.28 Pump RO_1 [FC11] network 13	38
Gambar 3.29 Pump RO_1 [FC11] network 14	38
Gambar 3.30 <i>Main Screen</i>	39
Gambar 3.31 Desalination Electric Pump 1 Screen	40
Gambar 3.32 Desalination Electric Pump 2 Screen	41
Gambar 3.33 <i>Flowchart</i>	42
Gambar 4.1 414-PP-506_ModbusConnect [DB7]	47
Gambar 4.2 414-PP-506_WRITE_ModbusConnect [DB40]	47
Gambar 4.3 414-PP-505_ModbusConnect [DB11]	48
Gambar 4.4 414-PP-505_WRITE_ModbusConnect [DB41]	48
Gambar 4.5 Tampilan 415-PP-506 <i>Remote</i> and <i>Motor Ready</i>	49
Gambar 4.6 Tampilan 415-PP-506 <i>Remote</i> and <i>Motor Running</i>	49
Gambar 4.7 Tampilan 415-PP-505 <i>Remote</i> and <i>Motor Ready</i>	50
Gambar 4.8 Tampilan 415-PP-505 <i>Remote</i> and <i>Motor Running</i>	50
Gambar 4.9 Tampilan 415-PP-506 <i>Running</i> dan 415-PP-505 <i>Ready</i>	51

Gambar 4.10 Tampilan 415-PP-506 <i>Ready</i> dan 415-PP-505 <i>Ready</i>	52
Gambar 4.11 Tampilan 415-PP-506 <i>Ready</i> dan 415-PP-505 <i>Running</i>	52
Gambar 4.12 Tampilan 415-PP-506 <i>Ready</i> dan 415-PP-505 <i>Ready</i>	53
Gambar 4.13 Tampilan 415-PP-506 <i>Running</i> dan 415-PP-505 <i>Ready</i>	53
Gambar 4.14 Tampilan 415-PP-506 <i>Ready</i> dan 415-PP-505 <i>Ready</i>	54
Gambar 4.15 Tampilan 415-PP-506 <i>Ready</i> dan 415-PP-505 <i>Ready</i>	54
Gambar 4.16 Tampilan 415-PP-506 <i>Running</i> dan 415-PP-505 <i>Ready</i>	55
Gambar 4.17 Tampilan 415-PP-506 <i>Ready</i> dan 415-PP-505 <i>Running</i>	55
Gambar 4.18 Tampilan 415-PP-505 <i>Running</i>	56
Gambar 4.19 Tampilan 415-PP-505 <i>Running</i> dan 415-PP-506 <i>Ready</i>	56
Gambar 4.20 Tampilan Utama 415-PP-505 <i>Running</i> dan 415-PP-506 <i>Ready</i>	57
Gambar 4.21 Tampilan Utama 415-PP-505 <i>Ready</i> dan 415-PP-506 <i>Running</i>	57
Gambar 4.22 Tampilan 415-PP-505 <i>Ready</i> dan 415-PP-506 <i>Running</i>	58



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Komponen-komponen utama panel PLC Master	67
Lampiran 2 Foto saat pengujian dan diskusi.....	68
Lampiran 3 Wiring Diagram Lanjutan.....	69
Lampiran 4 Ladder Logic Program.....	71
Lampiran 5 <i>Curriculum Vitae</i>	76

