



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



INTEGRASI SENSOR DAN AKTUATOR *ARM ROBOT* BERBASIS MODBUS TCP/IP

SKRIPSI

RICKY EKA ANANDA

2103411003

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

PROGRAM STUDI TEKNIK OTOMASI LISTRIK INDUSTRI

JURUSAN TEKNIK ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

2025



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



**INTEGRASI SENSOR DAN AKTUATOR *ARM ROBOT*
BERBASIS MODBUS TCP/IP**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Terapan**

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

**RICKY EKA ANANDA
2103411003**

**PROGRAM STUDI TEKNIK OTOMASI LISTRIK INDUSTRI
JURUSAN TEKNIK ELEKTRO
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA**

2025



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.

Nama : RICKY EKA ANANDA

NIM : 2103411003

Tanda Tangan

Tanggal

: 13 Juni 2025

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

**LEMBAR PENGESAHAN
SKRIPSI**

Tugas Akhir diajukan oleh :

Nama : Ricky Eka Ananda
NIM : 2103411003
Program Studi : D4 – Teknik Otomasi Listrik Industri
Judul Tugas Akhir : Integrasi Sensor dan Aktuator *Arm Robot* Berbasis
Modbus TCP/IP

Telah diuji oleh tim penguji dalam Sidang Tugas Akhir pada 17 Juni 2025 dan dinyatakan **LULUS**.

Pembimbing I : Silawardono, S.T., M.Si.
(NIP. 196205171988031002) (.....)

Pembimbing II : Nuha Nadiroh, S.T., M.T.
(NIP. 199007242018032001) (.....)

Depok, 1 Juli 2025

Disahkan oleh

Ketua Jurusan Teknik Elektro



Dr. Muris Dwiyaniti, S. T., M. T.
(NIP. 197803312003122002)



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul “Integrasi Sensor dan Aktuator *Arm Robot* berbasis Modbus TCP/IP”. Penulisan Skripsi ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Terapan Politeknik.

Laporan ini membahas tentang sistem integrasi antara sensor dan aktuator pada *arm robot* yang dikendalikan melalui protokol komunikasi Modbus TCP/IP. Penelitian ini bertujuan untuk merancang sistem otomatis yang mampu membaca data dari sensor, mengirimkan ke PLC, dan memberikan perintah kepada aktuator robot agar dapat melakukan proses kerja secara otomatis dan efisien. Sistem ini diharapkan dapat menjadi solusi dalam penerapan teknologi industri 4.0, terutama dalam bidang otomasi dan integrasi perangkat industri.

Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan Skripsi ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan Skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Silawardono, S.T., M.Si., selaku dosen pembimbing I dan Ibu Nuha Nadhiroh, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing II yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam perancangan alat dan laporan skripsi;
2. Bapak/ Ibu Dosen Jurusan Teknik Elektro, Program Studi Teknik Listrik dan Teknik Otomasi Listrik Industri, Politeknik Negeri Jakarta yang telah memberikan ilmu pengetahuan, wawasan, keahlian dan pengalaman yang sangat berharga bagi penulis selama menempuh pendidikan di Jurusan Teknik Elektro, Program studi Teknik Otomasi Listrik Industri;
3. Orang tua, saudara dan keluarga penulis yang telah memberikan bantuan dukungan berupa material dan nasihat moral sehingga penulis mampu menyelesaikan laporan skripsi;
4. Staf bengkel dan laboratorium Teknik Listrik dan Teknik Otomasi Listrik Industri, Politeknik Negeri Jakarta yang telah banyak membantu dalam



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

perizinan peminjaman alat – alat untuk keperluan mengerjakan alat yang mendukung pengerjaan skripsi;

5. Rekan satu tim dan teman – teman seperjuangan yang telah banyak membantu baik dalam berbagi ilmu, perancangan alat dan dukungan bagi penyelesaian skripsi ini;
6. Miafitri Karlina selaku orang terdekat penulis yang telah memberikan dukungan agar penulis lebih percaya diri dalam penyusunan tugas akhir ini;
7. Agung Saputra sebagai sahabat penulis yang telah membantu dalam mempelajari tentang sensor dan robotika serta memberikan ide bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi;

Akhir kata, penulis berharap Tuhan Yang Maha Esa berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga Skripsi ini membawa manfaat dalam pengembangan ilmu bagi mahasiswa dan khalayak umum.

Depok, 13 Juni 2025

Ricky Eka Ananda

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Integrasi Sensor Dan Aktuator *Arm Robot* Berbasis Modbus TCP/IP

ABSTRAK

Perkembangan teknologi otomasi dan sistem komunikasi digital mendorong penerapan sistem industri yang efisien dan saling terintegrasi, khususnya dalam sektor manufaktur produksi. Penelitian ini merancang sistem *sorting station* berbasis Modbus TCP/IP yang mengintegrasikan perangkat sensor warna TCS34725 dengan mikrokontroler ESP32, *arm robot* dengan 6 derajat kebebasan, serta PLC Schneider TM221CE24T sebagai *controller* utama. Sistem ini mampu melakukan penyortiran objek berdasarkan tiga kategori warna yaitu biru, pink, abu - abu. Proses integrasi diawali dengan sensor membaca nilai warna dasar (merah, hijau, dan biru) pada objek. Kemudian, data hasil pembacaan diolah oleh ESP32 menjadi data *integer* dan dikirimkan ke PLC menggunakan protokol Modbus TCP/IP. PLC mengolah data tersebut untuk mengatur pergerakan *arm robot* melalui pengiriman *register integer* sudut ke ESP32 sebagai *robot driver*. Hasil pengujian menunjukkan sensor warna mampu memberikan data RGB yang stabil dan presisi dengan nilai *integer* 19522 (biru), 19280 (pink), dan 22855 (abu-abu). Waktu tanggap pengiriman data pada sistem tercatat rata-rata di bawah 1 detik mulai dari yang terendah sebesar 1,97 ms hingga yang paling lambat sebesar 600 ms dengan pengujian yang memiliki keterlambatan pengiriman sekitar 5,33% dari 150 kali data pengiriman pada pengujian integrasi. Sistem ini mendukung dua mode operasi (otomatis dan manual), serta dilengkapi fitur pendeteksi gangguan seperti objek tertinggal, kelebihan jumlah, dan gangguan sensor. Seluruh proses dapat dipantau melalui HMI, serta terhubung dengan sistem SCADA untuk keperluan pemantauan *real-time*. Penelitian ini memberikan solusi terhadap tantangan integrasi perangkat industri dan menjadi acuan dalam pengembangan sistem kontrol berbasis jaringan yang presisi, responsif, dan fleksibel.

Kata kunci: *Arm Robot*, ESP32, Modbus TCP/IP, PLC Schneider, Sensor warna TCS34725, *Sorting Station*

POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Integrating Sensors and Actuators for Arm Robots based on Modbus TCP/IP

ABSTRACT

The development of automation technology and digital communication systems encourages the implementation of efficient and integrated industrial systems, especially in the manufacturing sector. This study designs a sorting station system based on the Modbus TCP/IP protocol, integrating a TCS34725 color sensor, ESP32 microcontroller, a 6-degree-of-freedom robotic arm, and a Schneider TM221CE24T PLC as the main controller. This system is capable of sorting objects into three color categories: blue, pink, and gray. The integration process starts with the sensor reading the basic color values (red, green, and blue) of the object. The ESP32 then processes the data into integer values and sends it to the PLC using the Modbus TCP/IP protocol. The PLC processes the data and sends angle register values to the ESP32 to control the robotic arm. Test results show that the color sensor provides stable and accurate RGB data, with integer values of 19522 (blue), 19280 (pink), and 22855 (gray). The average data transmission response time in the system is under 1 second, ranging from as low as 1.97 ms to a maximum of 600 ms, with a data delay rate of around 5.33% from 150 transmissions during integration testing. The system supports two operating modes (automatic and manual) and is equipped with error detection features such as leftover objects, excess quantity, and sensor faults. All processes can be monitored through an HMI and are connected to a SCADA system for real-time supervision. This research offers a solution to industrial device integration challenges and serves as a reference for developing precise, responsive, and flexible network-based control systems.

Keywords: Arm Robot, ESP32, color sensor TCS34725, Modbus TCP/IP, PLC Schneider, Sorting Station

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	iii
KATA PENGANTAR	iv
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Tujuan	3
1.4. Luaran	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Penelitian Terdahulu.....	5
2.2. Robot dan <i>Arm Robot</i>	7
2.2.1. Komponen <i>Arm Robot</i>	8
2.2.2. Aplikasi <i>Arm Robot</i> dalam Industri.....	9
2.3. Sensor dan Aktuator dalam Sistem Robotik	10
2.3.1. Jenis-jenis Sensor	10
2.3.2. Jenis Aktuator.....	11
2.3.3. Mikrokontroler ESP32	11
2.3.4. Peran Sensor dan Aktuator dalam Sistem Kontrol	12
2.4. Sistem Kontrol pada <i>Arm Robot</i>	12
2.4.1. Konsep Dasar Sistem Kontrol	12
2.4.3. Integrasi Sensor dan Aktuator dalam Sistem Kontrol	15
2.5. Protokol Komunikasi Modbus	15
2.5.1. Modbus <i>Remote Terminal Unit</i> (RTU).....	17
2.5.2. Modbus ASCII.....	18
2.5.3. Modbus TCP/IP.....	18
2.5.4. Aplikasi Modbus TCP/IP dalam Robotik.....	19
BAB III PERENCANAAN DAN REALISASI	20
3.1. Rancangan Alat	20
3.1.1. Deskripsi Alat	22
3.1.1. Cara Kerja Alat.....	23
3.1.2. Spesifikasi Alat.....	32
3.1.3. Diagram Blok	34
3.1.4. <i>Wiring</i>	35
3.2. Realisasi Alat	36
3.2.1. Konfigurasi Sensor Warna.....	36
3.2.2. Konfigurasi Arm Robot.....	38
3.2.3. Konfigurasi Modbus TCP/IP.....	44
BAB IV PEMBAHASAN	48
4.1. Pengujian Kalibrasi Sensor warna TCS34725	48



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

4.1.1. Deskripsi Pengujian Kalibrai Sensor warna TCS34725	48
4.1.2. Prosedur Pengujian Kalibrasi Sensor warna TCS34725	48
4.1.3. Data Hasil Pengujian Kalibrasi Sensor Warna TCS34725.....	49
4.1.4. Analisis Data / Evaluasi kalibrasi Sensor warna	50
4.2. Pengujian Kendali <i>Arm Robot</i>	53
4.2.1. Deskripsi Pengujian Kendali <i>Arm Robot</i>	53
4.2.2. Prosedur Pengujian Kendali <i>Arm Robot</i>	53
4.2.3. Data Hasil Pengujian Kendali <i>Arm Robot</i>	54
4.2.4. Analisis Data / Evaluasi	55
4.3. Pengujian Integrasi Sensor dan <i>Arm Robot</i>	60
4.3.1. Deskripsi Pengujian integrasi sensor dan <i>arm robot</i>	60
4.3.2. Prosedur Pengujian integrasi sensor dan <i>arm robot</i>	60
4.3.3. Data hasil integrasi sensor dan <i>arm robot</i>	61
4.3.4. Analisis Data/ Evaluasi	64
BAB V PENUTUP	65
5.1. Kesimpulan	65
5.2. Saran	66
DAFTAR PUSTAKA.....	68
DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS	xiii
LAMPIRAN.....	xiv

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. <i>Arm Robot</i>	7
Gambar 2. 2. Aplikasi <i>Arm Robot</i> dalam Proses <i>Packing Barang</i>	9
Gambar 2. 3. Blok Diagram PLC	13
Gambar 2. 4. Proses <i>Master</i> dan <i>Slave</i> pada Komunikasi Modbus	15
Gambar 2. 5. Frame Modbus	16
Gambar 2. 6. Format frame Modbus RTU	17
Gambar 2. 7. Topologi penerapan Modbus TCP	19
Gambar 3. 1. <i>Design 3D Alat</i>	20
Gambar 3. 2. Tampak Atas (<i>Top View</i>)	21
Gambar 3. 3. Tampak Depan (<i>Front View</i>)	21
Gambar 3. 4. Tampak Samping Kiri (<i>Left Sideview</i>) dan Tampak Samping Kanan (<i>Right Sideview</i>)	22
Gambar 3. 5. Pemilihan Mode	24
Gambar 3. 6. Cara Kerja <i>Auto</i>	25
Gambar 3. 7. Cara Kerja <i>Auto</i>	26
Gambar 3. 8. Cara Kerja Manual	27
Gambar 3. 9. Cara Kerja Manual	28
Gambar 3. 10. Kondisi Gangguan 1 dan Gangguan 2	29
Gambar 3. 11. Kondisi Gangguan 3 dan Gangguan 4	30
Gambar 3. 12. Kondisi Gangguan 5 dan Gangguan 6	31
Gambar 3. 13. Kondisi Gangguan 7 dan Gangguan 8	32
Gambar 3. 14. Diagram Blok <i>Sorting Station</i>	35
Gambar 3. 15. <i>Plant Sorting Station</i>	36
Gambar 3. 16. Alur sistem pengolahan data pada sensor warna	37
Gambar 3. 17. <i>Axis Arm Robot</i>	38
Gambar 3. 18. Alur pengendalian robot dari PLC ke <i>motor driver</i>	39
Gambar 3. 19. Pengaturan IP Address PLC	45
Gambar 3. 20. Pengaturan Modbus TCP PLC	46
Gambar 3. 21. Modbus TCP/IP pada PLC	47
Gambar 4. 1. Grafik Pengujian Kalibrasi Objek Warna Biru	51
Gambar 4. 2. Grafik Pengujian Kalibrasi Objek Warna Pink	52
Gambar 4. 3. Grafik Pengujian Kalibrasi Objek Warna Abu - abu	52
Gambar 4. 4. Grafik Pengujian Kendali <i>Arm Robot</i> pada Bagian Capit	56
Gambar 4. 5. Grafik Pengujian Kendali <i>Arm Robot</i> pada Pergelangan Vertikal	57
Gambar 4. 6. Grafik Pengujian Kendali <i>Arm Robot</i> pada Pergelangan Rotasi	57
Gambar 4. 7. Grafik Pengujian Kendali <i>Arm Robot</i> pada Bagian Siku	58
Gambar 4. 8. Grafik Pengujian Kendali <i>Arm Robot</i> pada Bagian Bahu	59
Gambar 4. 9. Grafik Pengujian Kendali <i>Arm Robot</i> pada Pengujian <i>Base</i>	59



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1. Spesifikasi Alat.....	33
Tabel 3. 2. <i>Register</i> Kode Warna.....	37
Tabel 3. 3. <i>Axis</i> pada <i>Arm Robot</i>	39
Tabel 3. 4. <i>Step Move</i> Robot Benda Biru	40
Tabel 3. 5. <i>Step Move</i> Robot Benda Pink.....	41
Tabel 3. 6. <i>Step Move</i> Robot Benda Abu-abu	43
Tabel 3. 7. <i>IP Address</i> Perangkat yang Digunakan	44
Tabel 3. 8. Alamat Register PLC.....	47
Tabel 4. 1. Pengujian Kalibrasi Warna	49
Tabel 4. 2. Pengujian dinamik <i>Arm Robot</i>	54
Tabel 4. 3. Integrasi sensor TCS 34725 pada <i>Plan Sorting Station</i>	62
Tabel 4. 4. Integrasi <i>Arm Robot</i> pada <i>Plan Sorting Station</i>	63



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambar Tampak.....	xiv
Lampiran 2. <i>Built Of Material</i>	xix
Lampiran 3. <i>Single Line Diagram</i>	xx
Lampiran 4. <i>Wiring</i>	xxi
Lampiran 5. Program ESP32 SENSOR TCS34725	xxvi
Lampiran 6. Program ESP32 <i>ARM ROBOT</i>	xxviii
Lampiran 7. Program Python	xxx
Lampiran 8. Program PLC	xxxiii
Lampiran 9. Dokumentasi perancangan.....	xl



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada industri manufaktur terdapat berbagai proses produksi, diantaranya adalah proses pemilahan dan pemindahan barang yang sangat berperan penting untuk meningkatkan nilai produktivitas. Proses produksi yang konvensional seperti sistem pneumatik, hidrolik, dan lain-lain sangat efektif untuk proses produksi yang bersifat massal, namun permasalahannya adalah kurang fleksibel terhadap variasi produk yang meningkat (Amelia et al., 2021). Berdasarkan pertimbangan tersebut, diperlukanlah suatu alat yang dapat mendukung peningkatan kinerja agar nilai produktivitas terpenuhi (Rahman et al., 2020). Perkembangan teknologi otomasi dan robotika menjadi dua hal yang sangat penting dalam meningkatkan nilai produktivitas agar lebih efisien (Wijaya et al., 2024). kemajuan teknologi robot yang sangat pesat berpengaruh dalam menggantikan peralatan yang bersifat konvensional, salah satunya adalah penggunaan robot lengan (Anggi & Iklima, 2021).

Robot lengan (*Arm robot*) merupakan jenis robot yang tersusun oleh lengan mekanik terprogram untuk mengeksekusi berbagai tugas, memindahkan objek melalui pergerakan, meniru atau memperagakan gerakan layaknya lengan manusia (Kurniawan Saputro et al., 2025; Prasetyo et al., 2024). Pada umumnya, persendian lengan robot digerakkan oleh motor ataupun aktuator sejenisnya yang diklasifikasikan berdasarkan jumlah derajat kebebasan. Derajat kebebasan (*Degree of Freedom*) merupakan sambungan pada lengan yang dapat dibengkokkan, digeser dan diputar (Irwan, 2022). Secara umum, sistem pada robot tersusun oleh beberapa komponen utama yaitu sensor, unit proses, dan aktuator. Sensor berperan sebagai *input* yang menerima informasi dari objek dan diteruskan ke unit proses, unit proses sebagai *controller* yang mengolah data dari sensor dan mengatur pekerjaan robot, aktuator sebagai *output* yang menerima perintah dari unit proses (Zefani et al., 2020).



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Pada sistem integrasi, pengiriman data dari unit sensor ke *controller*, dan sinyal kendali dari *controller* ke aktuator membutuhkan protokol komunikasi data. Protokol Komunikasi merupakan parameter penting dalam melakukan perancangan integrasi yang baik pada sistem (Abadi et al., 2022; Fauzy Kusuma et al., 2024). Protokol komunikasi yang digunakan untuk melakukan pertukaran data adalah Modbus. Modbus merupakan protokol komunikasi berstandar internasional yang bersifat *open source* dan beroperasi pada berbagai jenis media antarmuka (Mulyana & Tosin, 2021). Protokol modbus TCP sebagai varian dari modbus memanfaatkan komunikasi TCP/IP dengan model *client/server* (Ananda et al., 2023). Keunggulan Modbus TCP adalah *open source* yang memudahkan pengguna dalam menggunakan dan memeliharanya. Selain itu, protokol ini juga fleksibel dan mampu menghubungkan hingga 247 perangkat slave dalam satu jaringan. Namun, Modbus TCP memiliki kelemahan dalam hal keterbatasan jarak, di mana jangkauannya bergantung pada media yang digunakan dalam koneksi TCP/IP (Amaliawati et al., 2020).

Beberapa tahun terakhir, integrasi sensor dan aktuator pada sistem kontrol otomatisasi telah menjadi fokus utama. Penelitian terdahulu telah merancang integrasi antara *arm robot* dengan *conveyor* pada sistem pemindahan barang (Luha et al., 2024). Integrasi pada sensor terhadap *controller* tidak langsung sehingga membutuhkan *relay* bantu yang memberi sinyal pada *controller* (Febriansyah et al., 2024). Fokus lainnya juga pada *microcontroller* sebagai sistem utama yang melakukan pengolahan data dan pengendalian *arm robot* (Darusman, 2024; Imran & Pakondo, 2023; Permana et al., 2020; Sutita & Irwan, 2024).

Penelitian - penelitian sebelumnya cenderung berfokus pada integrasi tidak langsung antara sensor, *arm robot* dan PLC sebagai sistem, juga terdapat peran *microcontroller* sebagai *controller* utama. Secara tidak langsung, sistem ini menunjukkan berbagai macam kelemahan, diantaranya yaitu integrasi yang tidak langsung menyebabkan pengendalian dan pengolahan data pada *controller* menjadi kurang sinkron dan minim dalam mendapatkan data dari sensor. Terdapat pihak ketiga dalam pemberian sinyal input pada *controller* seperti penggunaan relay yang memberikan sinyal pada input PLC. Tidak sesuai sistem kontrol terhadap standar yang berlaku sehingga masih rawan terjadi gangguan (*error*).



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Penelitian ini bertujuan untuk menghadirkan inovasi baru dengan mengintegrasikan sensor, PLC, dan aktuator melalui protokol komunikasi Modbus TCP/IP. Pada pengembangan ini, PLC Schneider berperan sebagai kendali utama yang melakukan pertukaran data dari sensor dan aktuator *arm robot*. Tidak hanya itu, integrasi yang dilakukan juga bersifat nirkabel (*wireless*), sehingga tercipta jaringan pertukaran data terpadu yang meminimalisirkan penggunaan kabel. Keunggulan penelitian ini memberikan solusi nyata terhadap tantangan teknis integrasi yang fleksibel sehingga dapat diadopsi untuk meningkatkan performa dan efektivitas sistem kontrol industri.

1.2. Perumusan Masalah

Dari latar belakang tersebut, terdapat beberapa rumusan masalah pada penelitian ini, adapun rumusan masalahnya yaitu:

1. Bagaimana pembacaan sensor pada *plan sorting station* dengan menggunakan modbus TCP/IP?
2. Bagaimana pembacaan data sensor warna TCS34725 pada PLC dengan komunikasi Modbus TCP/IP?
3. Bagaimana pengiriman data dari PLC ke ESP32 sebagai *robot driver* dalam pengendalian *Arm Robot*?
4. Bagaimana kehandalan kinerja sistem integrasi antara PLC, Sensor, dan Aktuator pada *plan Sorting Station*?

1.3. Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dijabarkan, terdapat tujuan dari dilakukannya pada penelitian ini, adapun berbagai tujuannya yaitu:

1. Melakukan perancangan sensor pada *plan sorting station* dengan menggunakan modbus TCP/IP.
2. Menguji pembacaan data pada sensor warna TCS34725 pada *register* PLC.
3. Menguji pengiriman data dari PLC ke ESP32 sebagai *robot driver* dalam pengendalian *Arm Robot*.
4. Menguji kehandalan kinerja sistem integrasi antara PLC, sensor, dan aktuator pada *plan Sorting Station* dengan pengujian berulang secara *real-time*.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

1.4. Luaran

Terdapat beberapa luaran yang ingin dicapai dalam tugas akhir ini, adapun berbagai luaran diantaranya yaitu:

1. *Plan sorting station* warna berbasis modbus TCP/IP yang terintegrasi oleh sistem SCADA dan IoT dengan menggunakan *Arm robot*.
2. Modul pembelajaran terkait *plan sorting station* berbasis modbus TCP/IP untuk modul praktikum pada Mata Kuliah Bengkel Otomasi 2 di Politeknik Negeri Jakarta.
3. Alat terkait *plan sorting station* berbasis modbus TCP/IP untuk pameran guna membranding program studi D4 Teknik Otomasi Listrik Industri.
4. Artikel ilmiah yang sesuai dengan topik yang dibahas, dan disubmit dalam jurnal SNTE (Seminar Nasional Teknik Elektro), jurnal Electricities PNJ, serta jurnal Internasional.
5. Hak cipta pemrograman, dan modul terkait *plan sorting station* berbasis modbus TCP/IP.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian Integrasi sensor dan aktuator *Arm robot* berbasis Modbus TCP/IP, yang diterapkan pada *sorting station plan*, ditemukan beberapa kesimpulan, adapun diantaranya yaitu:

- Pada penelitian ini berhasil merealisasikan sistem integrasi antara sensor, PLC, dan aktuator *arm robot* pada protokol komunikasi Modbus TCP/IP. Integrasi ini memungkinkan proses pengolahan data sensor dan perintah kontrol yang dilakukan secara *real-time* dengan konektivitas jaringan yang stabil dan efisien.
- Sensor warna TCS34725 yang digunakan mampu mendeteksi objek berdasarkan kategori warna (biru, pink, dan abu-abu) dengan hasil pembacaan yang akurat berdasarkan persentase warna dasar RGB (merah, hijau dan biru). Data yang diperoleh dari sensor dikirimkan secara langsung ke PLC melalui komunikasi Modbus TCP/IP tanpa perantara *relay*, yang secara umum digunakan dalam sistem integrasi konvensional.
- Proses pengiriman data dari PLC ke ESP32 sebagai robot driver untuk mengatur pergerakan setiap *axis* pada *arm robot* juga berjalan dengan baik. Setiap register data yang dikirim dari PLC dapat diterima oleh ESP32 dan diterjemahkan menjadi perintah gerakan motor servo sesuai dengan urutan step yang telah diprogram pada PLC.
- Data yang diperoleh dari pembacaan sensor TCS 34725 dan yang diterima oleh *robot driver* berbentuk *register integer*.
- Dari hasil pengujian dan evaluasi, sistem menunjukkan respon yang cenderung stabil, baik dalam pembacaan sensor warna TCS 34725 maupun pengendalian *arm robot*. Penggunaan protokol Modbus TCP/IP juga mendukung proses komunikasi secara nirkabel (*wireless*), yang memudahkan fleksibilitas dalam pemasangan dan pemeliharaan sistem.
- Keandalan sistem dibuktikan dengan pengujian berulang terhadap berbagai skenario operasi dan kondisi gangguan. Sistem mampu memberikan notifikasi gangguan melalui indikator dan *buzzer*, serta memiliki sistem reset otomatis



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

yang memastikan keberlanjutan proses *sorting* tanpa campur tangan teknis secara langsung.

- Inovasi yang ditawarkan dalam penelitian ini menunjukkan bahwa sistem otomasi berbasis komunikasi jaringan industri modern dapat diimplementasikan secara praktis dalam lingkungan pendidikan dan industri, serta dapat dijadikan acuan dalam pengembangan modul pembelajaran pada mata kuliah otomasi di Politeknik.

5.2. Saran

Pada penelitian ini, terdapat beberapa rekomendasi atau saran yang dapat membangun pengembangan lebih lanjut mengenai sistem integrasi antara sensor dan aktuator *arm robot* berbasis Modbus TCP/IP. Adapun beberapa saran tersebut adalah sebagai berikut:

- Pengembangan sistem lebih lanjut disarankan menggunakan kamera dan teknologi pengolahan citra (*machine vision*) untuk meningkatkan kemampuan deteksi objek sehingga tidak hanya berdasarkan warna, tetapi juga berdasarkan bentuk, ukuran, atau bahkan kode QR, agar sistem lebih adaptif dan sesuai dengan kebutuhan industri modern.
- Perlu dilakukan pengujian lanjutan dalam berbagai skenario kondisi lapangan, seperti variasi pencahayaan, dan beban kerja sistem secara terus-menerus, agar keandalan dan daya tahan sistem dapat diketahui secara lebih komprehensif.
- Komunikasi Modbus TCP/IP yang digunakan sudah cukup efektif, namun untuk pengembangan lebih lanjut dapat dikombinasikan dengan protokol komunikasi lain seperti MQTT atau OPC UA yang lebih fleksibel dalam memenuhi kebutuhan integrasi antar sistem berbasis cloud, edge computing, atau SCADA berbasis IoT.
- Optimasi program PLC dan ESP32 juga sangat disarankan, agar penggunaan memori dan waktu eksekusi menjadi lebih efisien. Dengan begitu, sistem dapat menangani jumlah objek dan skenario kerja yang lebih kompleks tanpa mengalami keterlambatan proses.
- Diperlukan dokumentasi sistem secara menyeluruh, termasuk wiring diagram, daftar alamat register, serta flowchart komunikasi antar perangkat, guna



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

mempermudah proses pemeliharaan dan pengembangan lebih lanjut, baik oleh teknisi maupun tim akademik.

- Sistem yang dikembangkan dapat menjadi modul pembelajaran praktikum untuk mahasiswa, sehingga disarankan untuk dilakukan penyusunan buku panduan penggunaan (user manual) dan buku ajar berbasis *project-based learning* yang relevan dengan kompetensi bidang Teknik Otomasi Listrik Industri.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- Abadi, S. C., Nugraha, N. W., & Aminah, S. (2022). Implementasi Wireless Sensor Network pada Sistem Manajemen Gedung Menggunakan Protokol Komunikasi Modbus TCP. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 10(3), 514. <https://doi.org/10.26760/elkomika.v10i3.514>
- Alfa, M., Fikri, Z., Soetedjo, A., Limpraptono, Y., Sulistiawati, I. B., Susanti, D. B., & Sukowiyono, G. (2024). *PERANCANGAN SCADA UNTUK SISTEM OTOMASI ENERGI LISTRIK DIGEDUNG LABORATORIUM TEKNIK ELEKTRO ITN MALANG*.
- Amaliawati, R., Surya Wibowo, A., & Murti, M. A. (2020). *PERANCANGAN SISTEM KOMUNIKASI PLC DENGAN RASPBERRY PI VIA PROTOKOL MODBUS DESIGN OF PLC COMMUNICATION SYSTEMS WITH RASPBERRY PI VIA MODBUS PROTOCOL*.
- Amelia, T., Lestari, W. S., & Yanto, W. N. (2021). Rancang Bangun Prototipe Robot Pemungut Sampah. *Jurnal Teknologi*, 8(2), 121–132. <https://doi.org/10.31479/jtek.v8i2.80>
- Ananda, A. S. P., Ii Munadhif, I. M., Isa, I. R., Ryan, R. Y. A., & Rini, R. I. (2023). Integrasi Sistem Komunikasi Modbus TCP/IP pada PLC Siemens S7-1200, ESP32, dan HMI. *Jurnal Elektronika Dan Otomasi Industri*, 10(2), 234–244. <https://doi.org/10.33795/elkolind.v10i2.3254>
- Andrian, Rahmadewi, R., & Bangsa, I. A. (2020). *ARM ROBOT PEMINDAH BARANG (AtwoR) MENGGUNAKAN MOTOR SERVO MG995 SEBAGAI PENGGERAK ARM BERBASIS ARDUINO* (Vol. 6, Issue 2).
- Anggi, J. M., & Iklima, Z. (2021). Robot Lengan 4 Derajat Kebebasan Menggunakan Tampilan Antarmuka Pengguna Berbasis Arduino Uno. *Jurnal Teknologi Elektro*, 12(3), 134. <https://doi.org/10.22441/jte.2021.v12i3.006>
- Ariwibisono, F. X., Muljanto, W. P., & Pemanfaatan, A. (2023). *Terakreditasi SINTA 5 Implementasi Sistem Monitoring Produksi Energi PLTS Berbasis Protokol Modbus RTU Dan Modbus TCP* (Vol. 17). <https://journal.fkom.uniku.ac.id/ilkom>
- Darusman. (2024). Robot Penempatan Barang Berdasarkan Kode Warna Rgb Menggunakan Arduino Nano. *Informatics for Educators and Professionals. Journal of Informatics*, 9(2), 171–181.
- Dewantoro, D. W., Soetedjo, A., & Somawirata, K. (2020). *Rancang Bangun Lengan Robot Pemilah Barang Berdasarkan Berat Dengan Pemanfaatan Internet Of Things (IoT) Sebagai Kontrol Dan Monitoring Jarak Jauh*.
- Fauzy Kusuma, J., Rifa'i, M., & Saukani, I. (2024). Implementasi Protokol Komunikasi Modbus Untuk Mini Scada Pada Plant Pengisian Serbuk Temulawak. *Multidiciplinary Scientifict Journal*, 2.



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

- Febriansyah, A., Dwisaputra, I., & Manufaktur Negeri Bangka Belitung, P. (2024). *Implementasi HMI Pada Penyortiran Buah Jeruk Berbasis PLC*. 02(1), 160.
- Imran, A., & Pakondo, M. R. (2023). *PROTOTYPE ROBOT LENGAN PEMINDAH BARANG PADA CONVEYOR SECARA OTOMATIS BERBASIS ARDUINO UNO* (Vol. 20, Issue 3).
- Irwan, M. (2022). *SISTEM KENDALI LENGAN ROBOT 4-DOF UNTUK PEMINDAH BARANG* (Vol. 2, Issue 2). <http://jurnal.umpar.ac.id/index/jmosfet> 16
- Kurniawan Saputro, A., Rahmawati, D., & Fiqhi Ibadillah Teknik Elektro, A. (2025). Implementasi Sistem Inverse Kinematics Pada Robot Arm Untuk Pemindahan Dan Penempatan Gelas Implementation of Inverse Kinematics System in Robotic Arm for Glass Pick and Place Operations. *Jambura Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 63.
- Luha, A. F., Sonalitha, E., & Permatasari, D. C. (2024). INTEGRASI SISTEM CONVEYOR DAN LENGAN ROBOT BERBASIS PLC DAN ARDUINO DALAM PROSES PEMINDAHAN BARANG. *Jurnal Qua Teknika*, 14(02), 1–11.
- Mukhtar, A., Hermana, R., Burhanudin, A., & Setyoadi, Y. (2023). *SENSOR DAN AKTUATOR: KONSEP DASAR DAN APLIKASI*. www.freepik.com
- Mulyana, & Tosin. (2021). Perancangan dan Implementasi Komunikasi RS-485 Menggunakan Protokol Modbus RTU dan Modbus TCP Pada Sistem Pick-By-Light. *Komputika : Jurnal Sistem Komputer*, 10(1), 85–91. <https://doi.org/10.34010/komputika.v10i1.3557>
- Nurkholik, Z., Alif, F., & Arie, D. (2022). *RANCANGAN BANGUN LENGAN ROBOT ARM UNTUK MENGGAMBAR MENGGUNAKAN INVERS KINEMATIKA*. <http://ejurnal.provisi.ac.id/index.php/JUISI> page59
- Permana, A., Tupan, H. K., Hutagalung, R., Masahida, Z., Teknik,), Politeknik, E., & Ambon, N. (2020). *PENGEMBANGAN JOBSHEET TRAINER MIKROKONTROLLER ROBOT LENGAN BERBASIS ARDUINO UNO*. 10(1).
- Pramono, S. (2023). *Peningkatan Keamanan Siber dalam Sistem Kontrol Industri: Pendekatan Pembelajaran Mendalam (Deep Learning)* (Vol. 1, Issue 1). Mei. <https://journal.institutemandalika.com/index.php/jte/index>
- Pranoto, B., & Firdaus, A. (2021). *Rancang Bangun Lengan Robot dengan Sistem Kontrol Otomatis dan Human Machine Interface untuk Mesin Operasional Industri Manufaktur*. 4(1), 13–16. <http://jetm.polinema.ac.id/>
- Prasetyo, B. P., Fauzi, R., Subito, M., Ardias, E., & Mustari, A. (2024). RANCANG BANGUN TRAINER ROBOT LENGAN UNTUK PRAKTIKUM ROBOTIKA PADA PRODI S1 TEKNIK ELEKTRO FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS TADULAKO. *Foristek*, 14(1). <https://doi.org/10.54757/fs.v14i1.373>



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Putri, W. D., & Yurika. (2025). *PERANCANGAN DAN PEMBUATAN SISTEM PENGAMBILAN SAMPAH SECARA OTOMATIS MENGGUNAKAN PLC OMRON CP1E-E40DR-A*.

Rahman, F., Faridah, F., Nur, A. I., & Makkaraka, A. N. (2020). RANCANG BANGUN PROTOTIPE MANIPULATOR LENGAN ROBOT MENGGUNAKAN MOTOR SERVO BERBASIS MIKROKONTROLER. *ILTEK : Jurnal Teknologi*, 15(01), 42–46. <https://doi.org/10.47398/iltek.v15i01.11>

Reza Andika Pratama, M., Paramytha, N., Jendral Ahmad Yani No, J., Seberang Ulu, K. I., Palembang, K., & Selatan, S. (2024). *Jurnal Teknik Elektro RANCANG BANGUN INTEGRASI ARM ROBOT PADA SISTEM KONVEYOR BERBASIS PLC UNTUK PEMILAHAN OBJEK SECARA OTOMATIS DESIGN AND CONSTRUCTION OF ARM ROBOT INTEGRATION ON PLC-BASED CONVEYOR SYSTEM FOR AUTOMATIC OBJECT SORTING*.

Rijaluddin Tahfiz, M., Azis, A., & Nurdiana, N. (2023). *Perancangan Sistem Penggerak Panel Surya pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Mobile Berbasis Arduino* (Vol. 17, Issue 2).

Sohibul Hajah, M., & Nur, M. (2023). *Rancang Bangun Prototype Robot Arm Palletizing Menggunakan Sekuensial Kontrol*.

Sutisna, N. A., Suwarno, P., & Firmansyah, A. R. (2022). RANCANG BANGUN ROBOT ARM BERBASIS RASPBERRY PI MENGGUNAKAN PRINTER 3D. In *Journal of Mechanical Engineering and Mechatronics* (Vol. 7, Issue 2).

Sutita, Y. izzah, & Irwan, H. (2024). Perancangan Arduino Uno pada Design Mesin Pick and Place Sorting Colour Automation untuk Meningkatkan Produktivitas. *Journal of Manufacturing in Industrial Engineering & Technology*, 3(2), 72–82. <https://doi.org/10.30651/mine-tech.v3i2.23987>

Tanzil Huda, F. M., Riza Pratama, Y. A., Saputra, F. R., Hadiazzaka, R., & Priambodo, A. S. (2025). PENERAPAN KINEMATIKA TERBALIK PADA ROBOT LENGAN LIMA SENDI (5 DOF) DENGAN CITRA DIGITAL. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 13(1). <https://doi.org/10.23960/jitet.v13i1.5564>

Wijaya, A. R., Mandasari, R. D., & Rosano, A. (2024). Analisis dan Optimasi Sistem Kendali Robot Falcon Millenium: Automatic Robot Palletizer Menggunakan PLC Omron. *Faktor Exacta*, 17(1). <https://doi.org/10.30998/faktorexacta.v17i1.19593>

Winarta, D. K., Widodo, R. B., & Subianto, M. (2024). *RANCANG BANGUN PENGONTROL GERAKAN ROBOT OPEN MANIPULATOR DENGAN MATLAB*.

Zefani, R., Zurendra, A., Maulana, R., & Fitriyah, H. (2020). *Implementasi Inverse Kinematics Pada Robot Lengan Untuk Pengambilan Benda Dengan Koordinat Awal Acak* (Vol. 4, Issue 2). <http://j-ptiik.ub.ac.id>



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR RIWAYAT HIDUP PENULIS



Ricky Eka Ananda

Lulus dari SDN 001 Batu Aji Batam tahun 2014, SMPN 2 Kepanjen Malang tahun 2017, dan SMK Muhammadiyah 1 Kepanjen Malang tahun 2021. Penulis menjalani pendidikan lanjut di Politeknik Negeri Jakarta dengan Program Studi D4 Teknik Otomasi Listrik Industri, Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Jakarta.

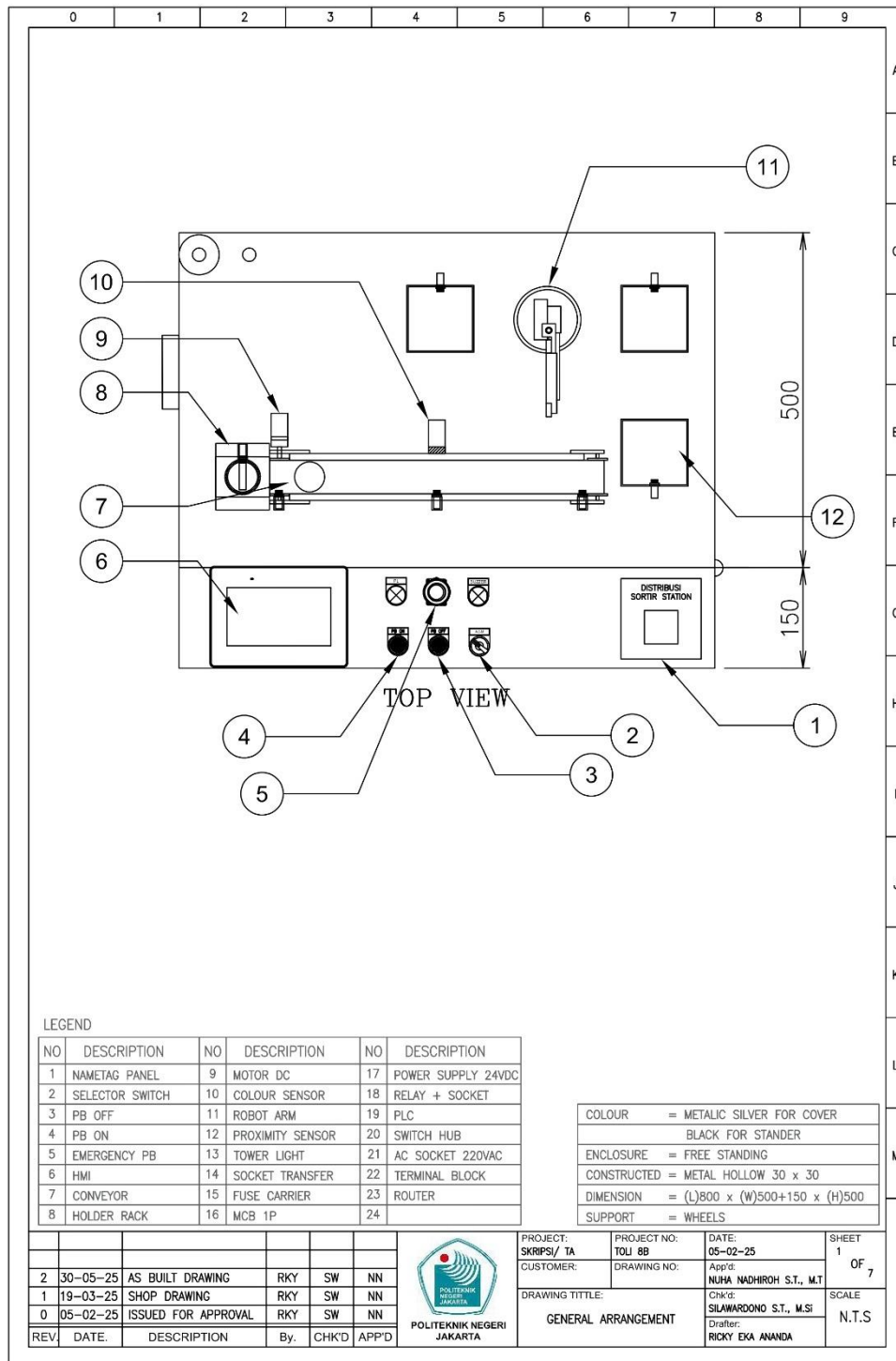


LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambar Tampak

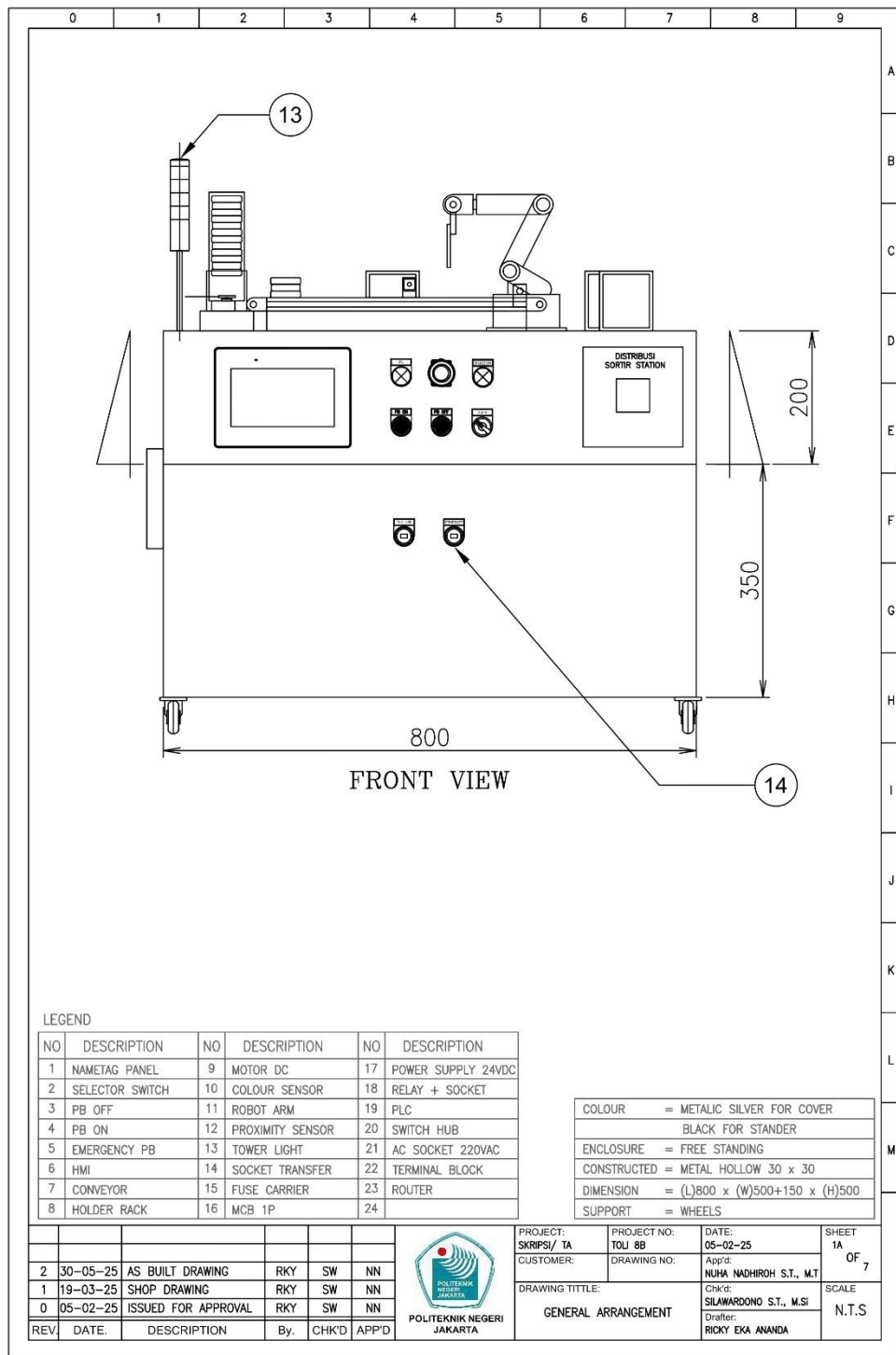
Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

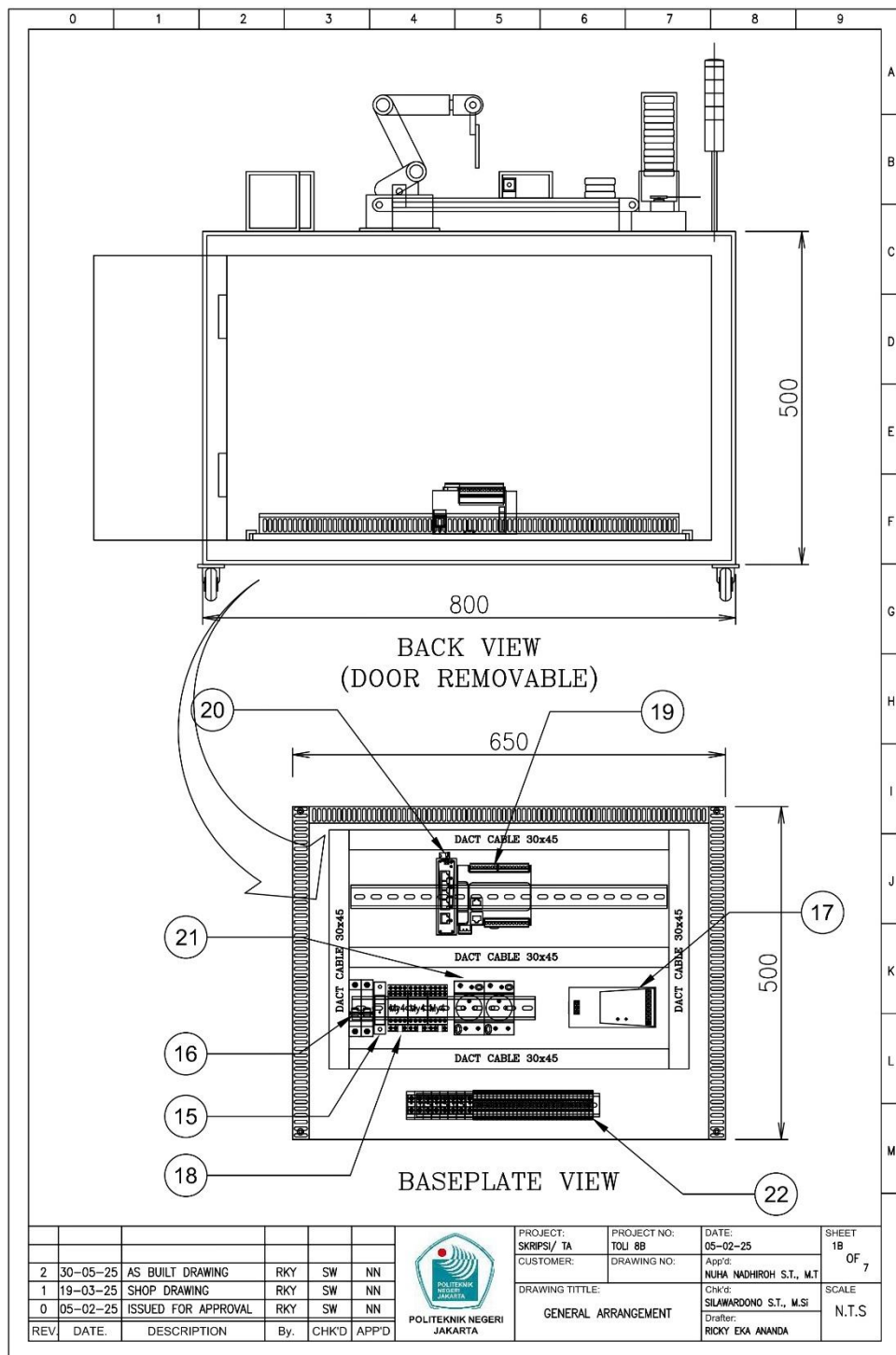




© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

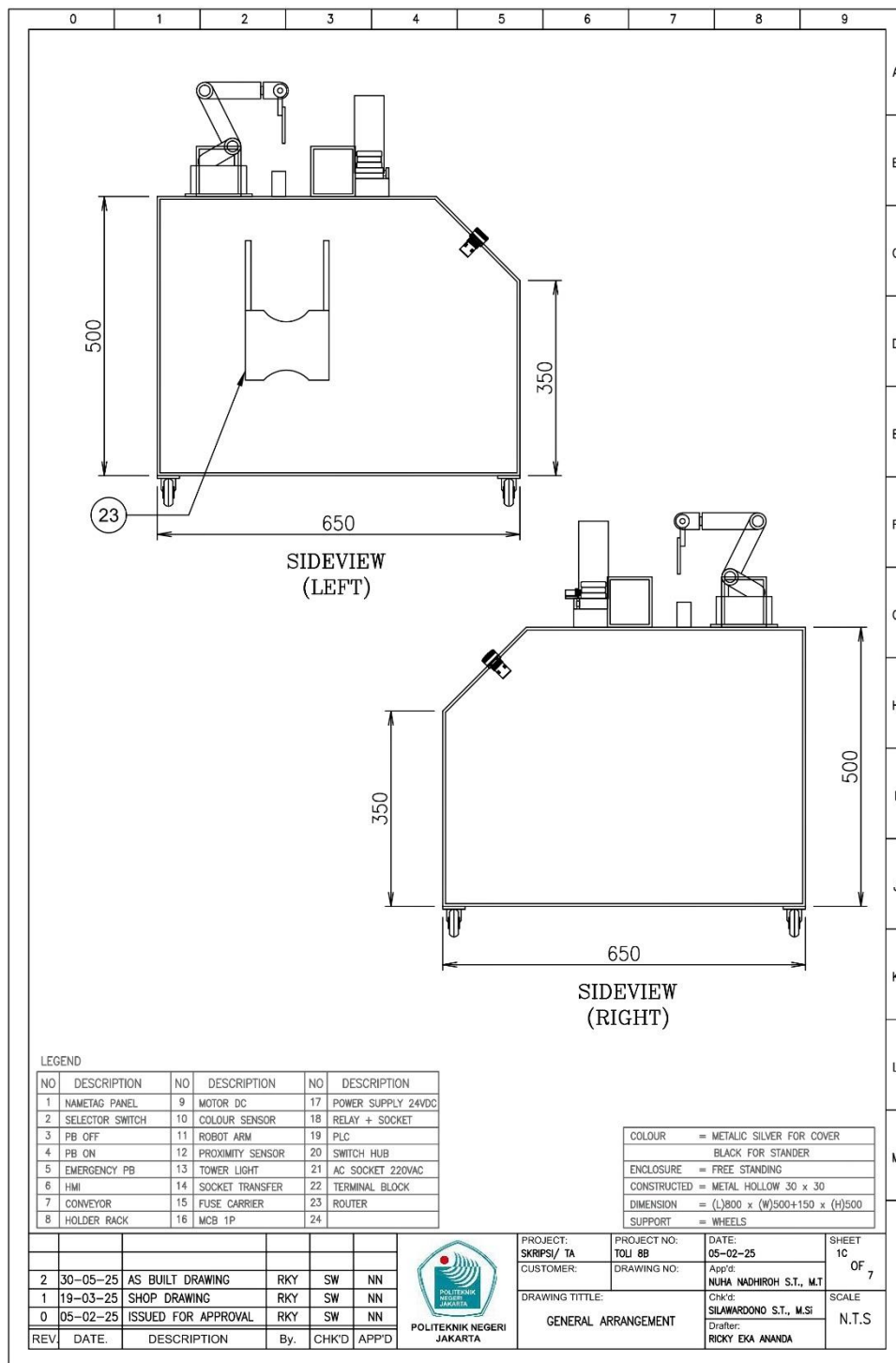




© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

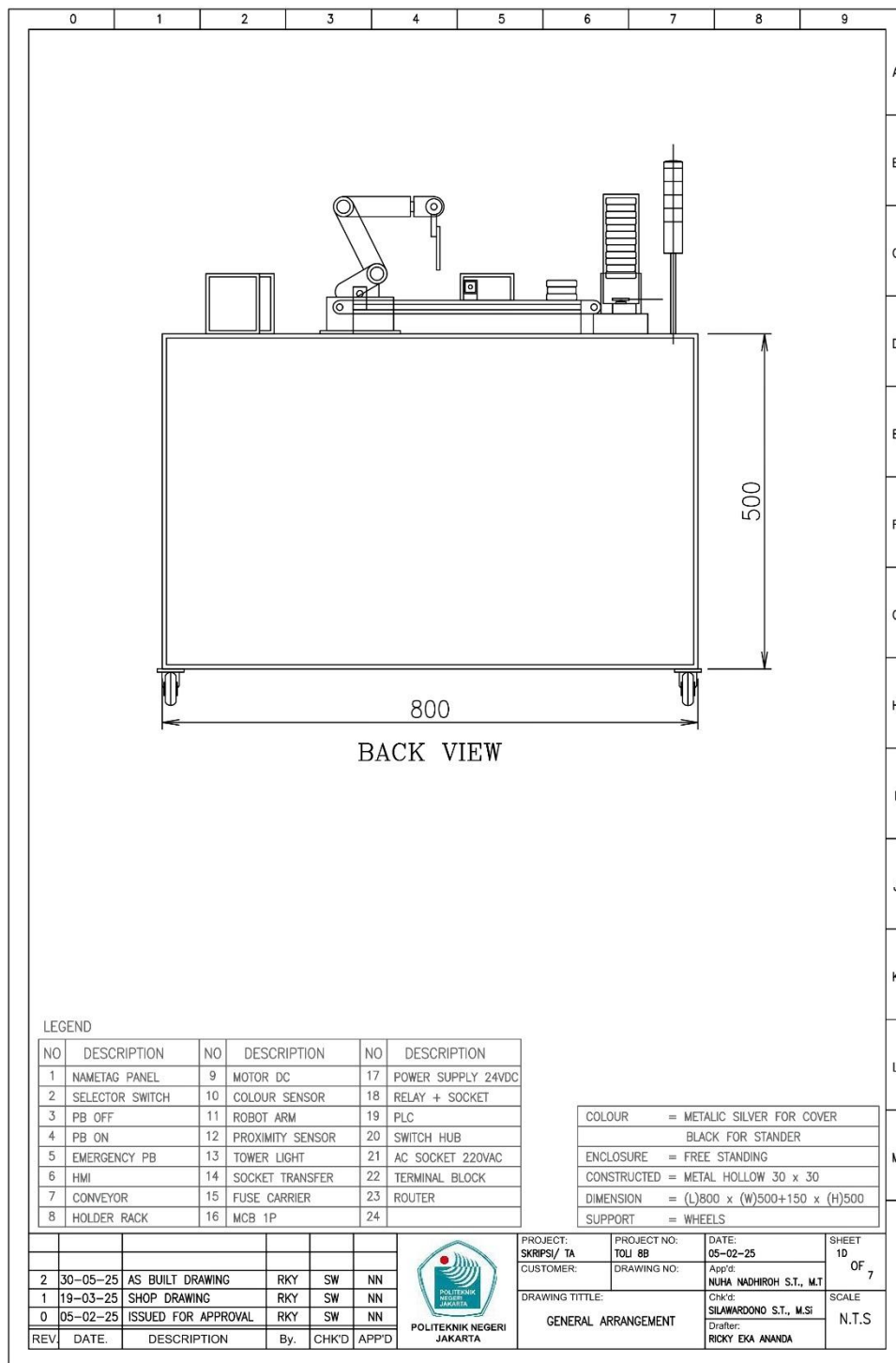




© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



Lampiran 2. Built Of Material

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
										A
										B
										C
										D
										E
										F
										G
										H
										I
										J
										K
										L
										M

NO	DESCRIPTION	BRAND	TYPE	QTY
1	INCOMING			
2	MCB 1P 6A 6KA	BROCO	13706C	4
3	FUSE CARRIER	FORT	RT - 18 32	1
	OUTGOING			
4	PLC 24V 24IO TRANSISTOR	SCHNEIDER	TM221CE24T	1
5	ETHERNET HUB	MERCUSYS	MS105	1
6	POWER SUPPLY 24VDC 15A	LOCAL	LOCAL	1
7	SOCKET POWER AC 220V	FORT	LOCAL	2
8	RELAY 4CO 24VDC + SOCKET	OMRON	MYAF	4
10	PHOTOELECTRIC PROXIMITY SENSOR	LOCAL	LOCAL	6
11	COLOUR SENSOR	ADAFRUIT	TCS34725	2
12	ESP32	LOCAL	LOCAL	2
	ARM ROBOT 6 AXIS + HOLDER RACK			
13	SERVO 180 DEGREE, METAL GEAR MG995 SERIES	MICROSERVO	MG995R	3
14	SERVO 180 DEGREE, METAL GEAR MG90 SERIES	MICROSERVO	MG90	2
15	SERVO 180 DEGREE, PLASTIC GEAR SG SERIES	MICROSERVO	SG90	1
16	MOTOR DC 24V	LOCAL	LOCAL	1
17	PUSH BUTTON START NO	FORT	LAY5-B4	1
18	PUSH BUTTON STOP NC	FORT	LAY5-B4	1
19	PUSH BUTTON EMERGENCY	FORT	HB-2511TS	1
20	SELECTOR SWITCH Auto - Off - Manual	FORT	LA11-A5	1
21	HMI	WEINTEK - WEINVIEW	MT8070IP-MT8070IH	1
22	INDICATOR ON	FORT	AD22-22DS	1
23	INDICATOR STANDBY	FORT	AD22-22DS	1
24	TOWER LIGH 3 COLOUR	LOCAL	LOCAL	1
25	TERMINAL BLOCK	LOCAL	LOCAL	1
26	ROUTER	TP - LINK	WR820N	1
	BOX & ACCESSORRIES			
27	ACCESSORRIES	LOCAL	LOCAL	1
28	BOX PANEL (L)800 x (W)500+150 x (H)500 METAL HOLLOW 30 x 30 PVC SHEET 3mm GREY WHEELS SUPPORT	LOCAL	FREE STANDING	1

2	30-05-25	AS BUILT DRAWING	RKY	SW	NN
1	19-03-25	SHOP DRAWING	RKY	SW	NN
0	05-02-25	ISSUED FOR APPROVAL	RKY	SW	NN
REV.	DATE.	DESCRIPTION	By.	CHK'D	APP'D

 POLITEKNIK NEGERI JAKARTA	PROJECT: SKRIPSI/ TA	PROJECT NO: TOL 88	DATE: 05-02-25	SHEET 1E OF 7
	CUSTOMER:	DRAWING NO:	App'd: NUHA NADHIROH S.T., MT	
	DRAWING TITLE: BUILT OF MATERIAL		CHK'd: SILAWARDONO S.T., M.Si	SCALE N.T.S
			Drafter: RICKY EKA ANANDA	

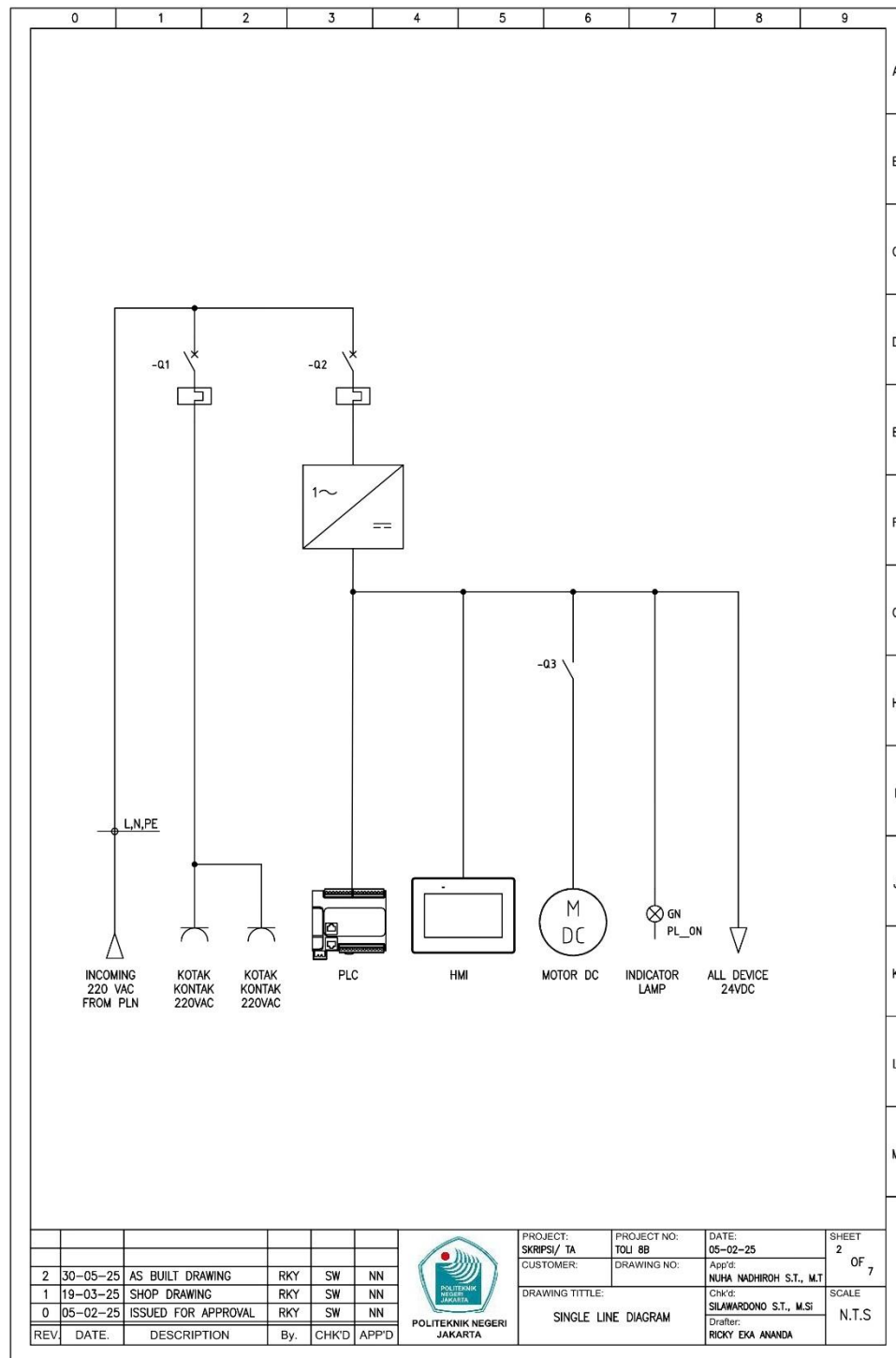


© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 3. Single Line Diagram



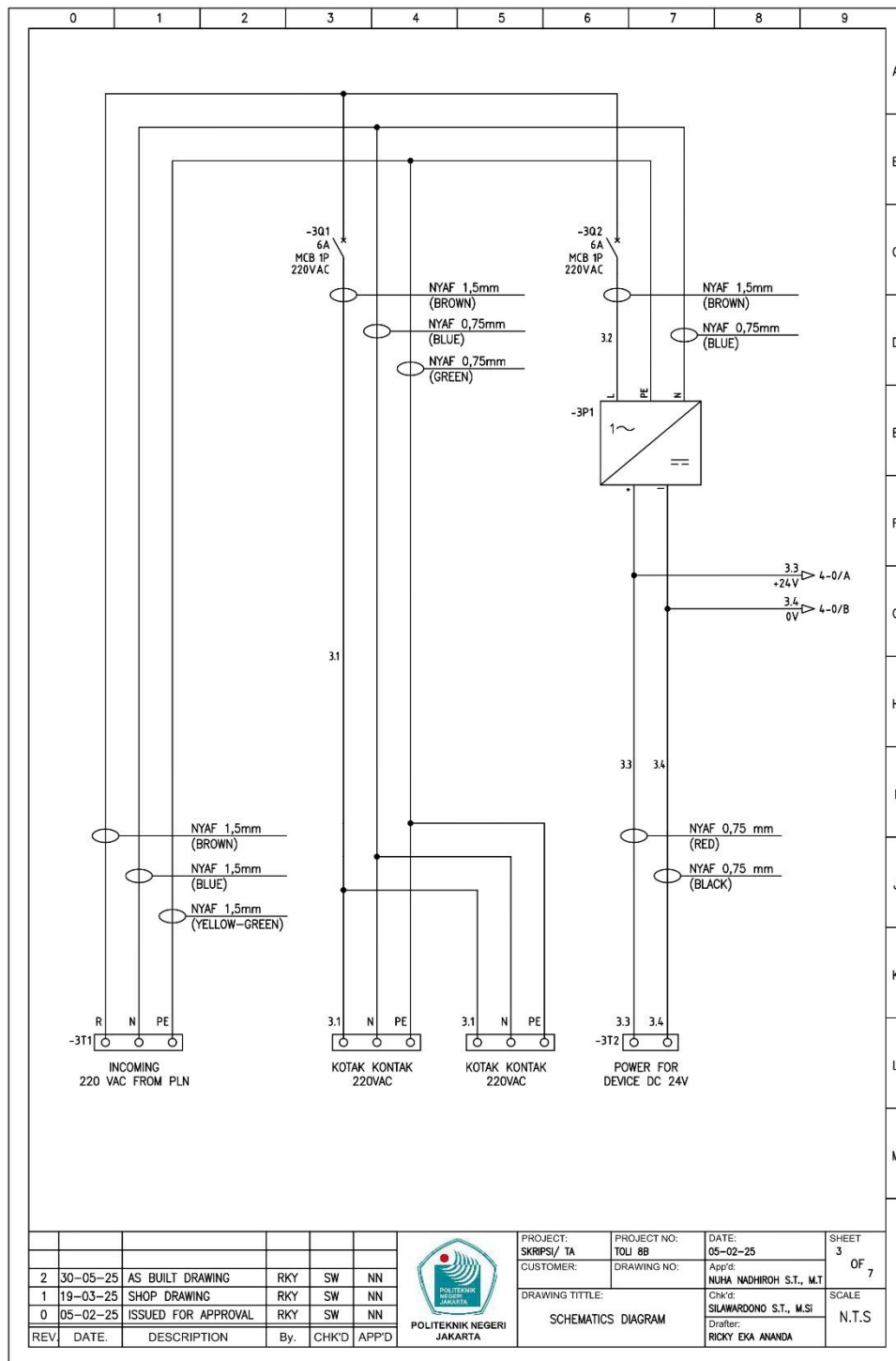


© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 4. Wiring

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

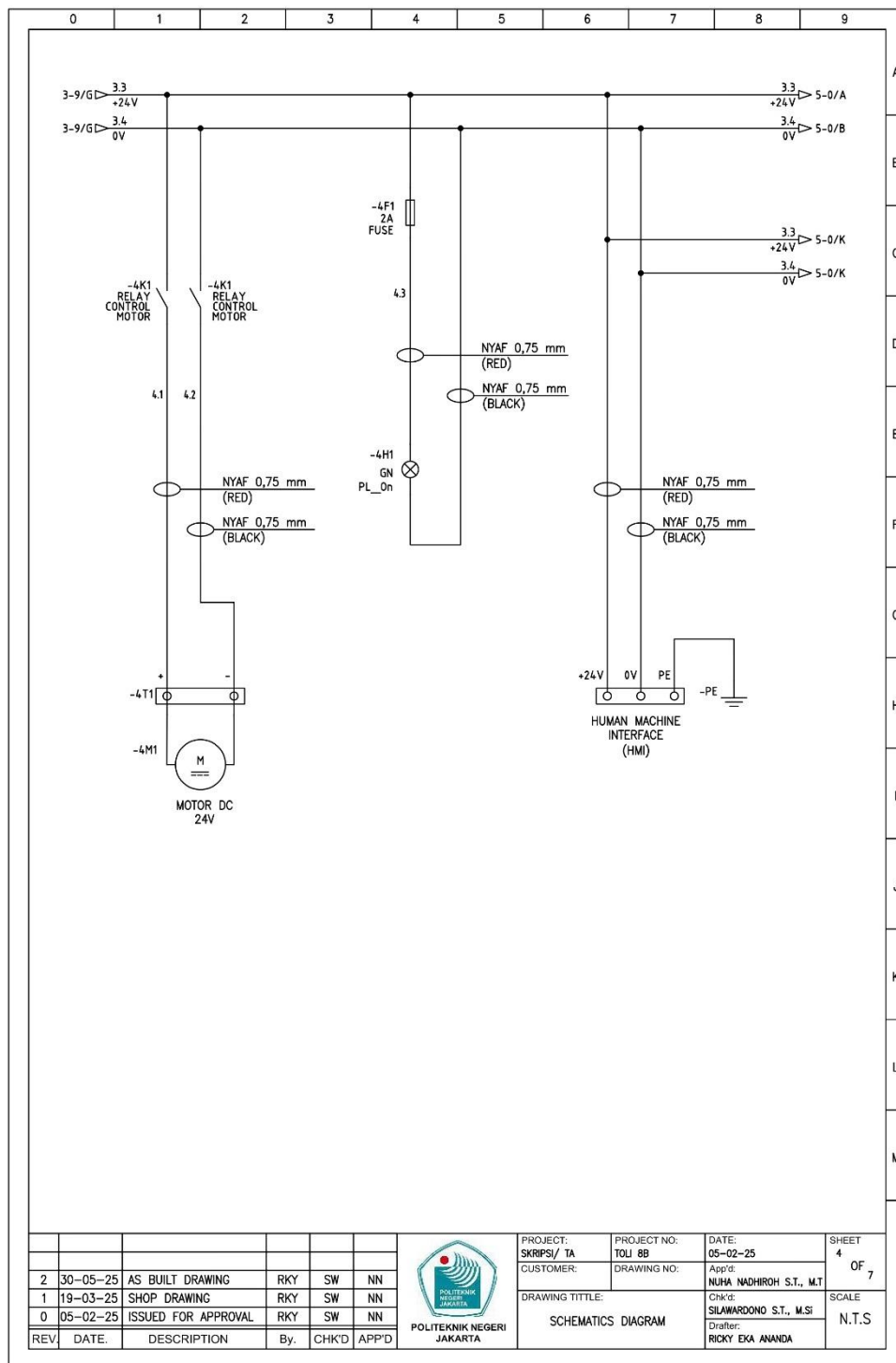




© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

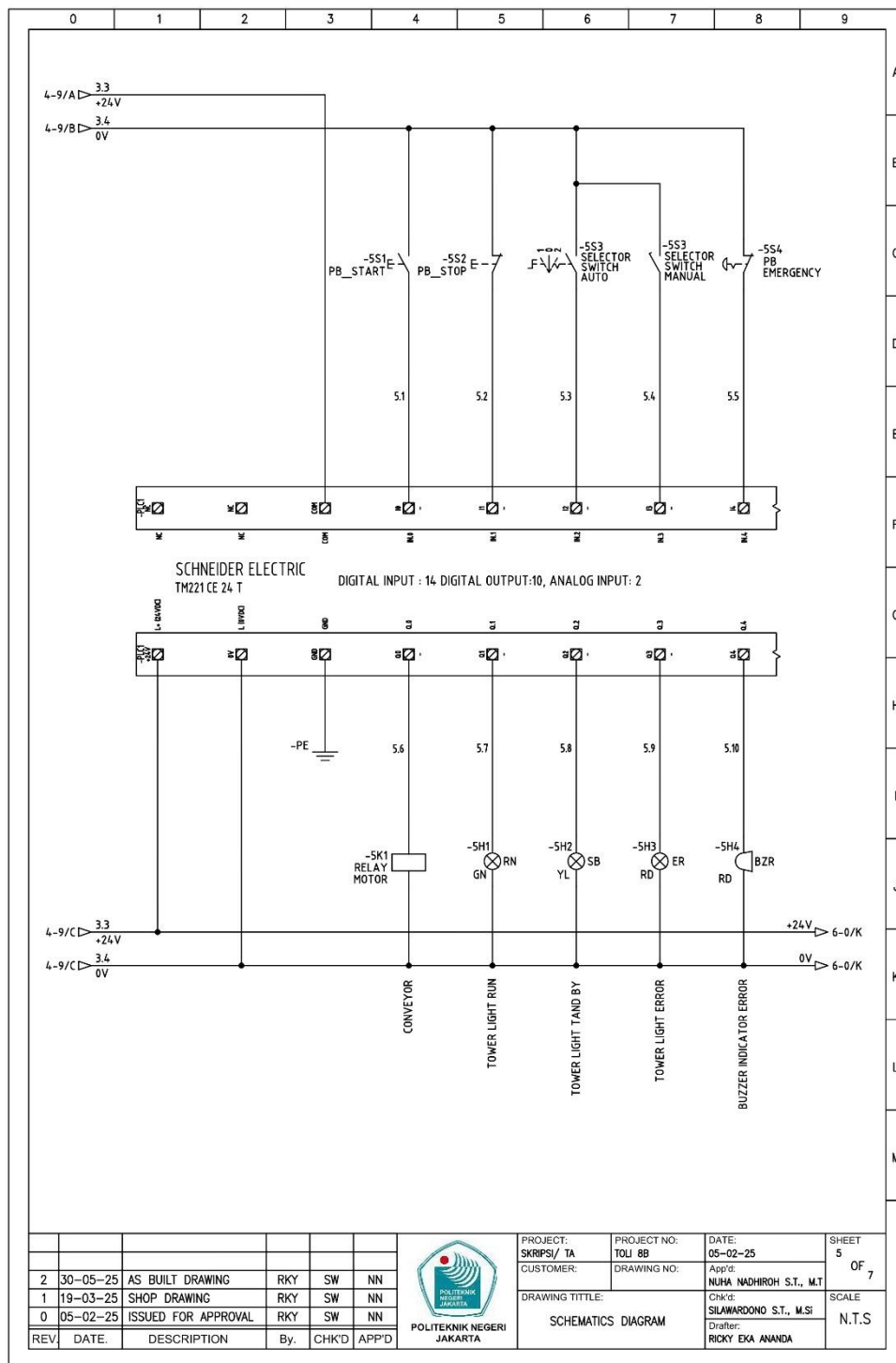




© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

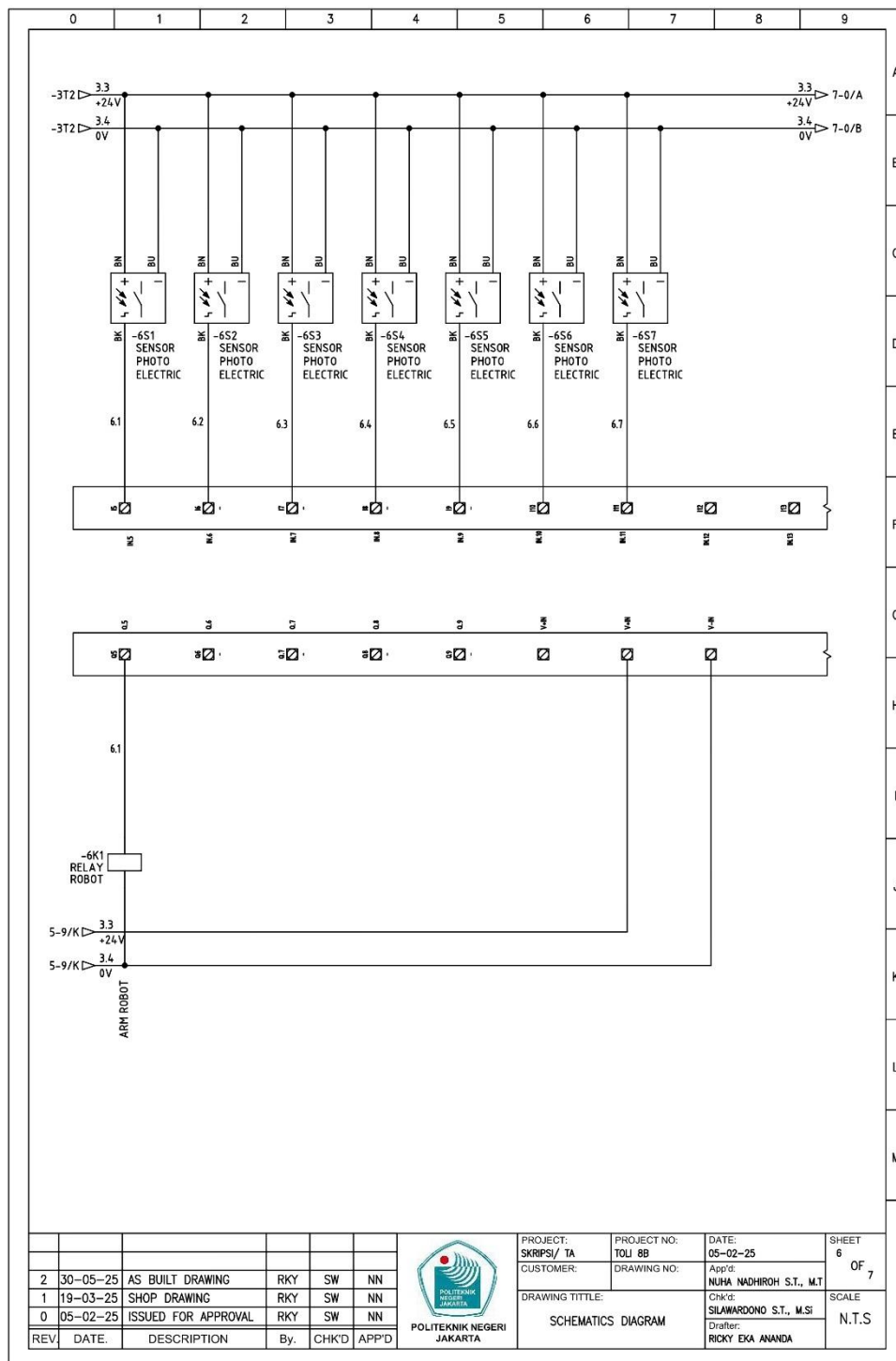




© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

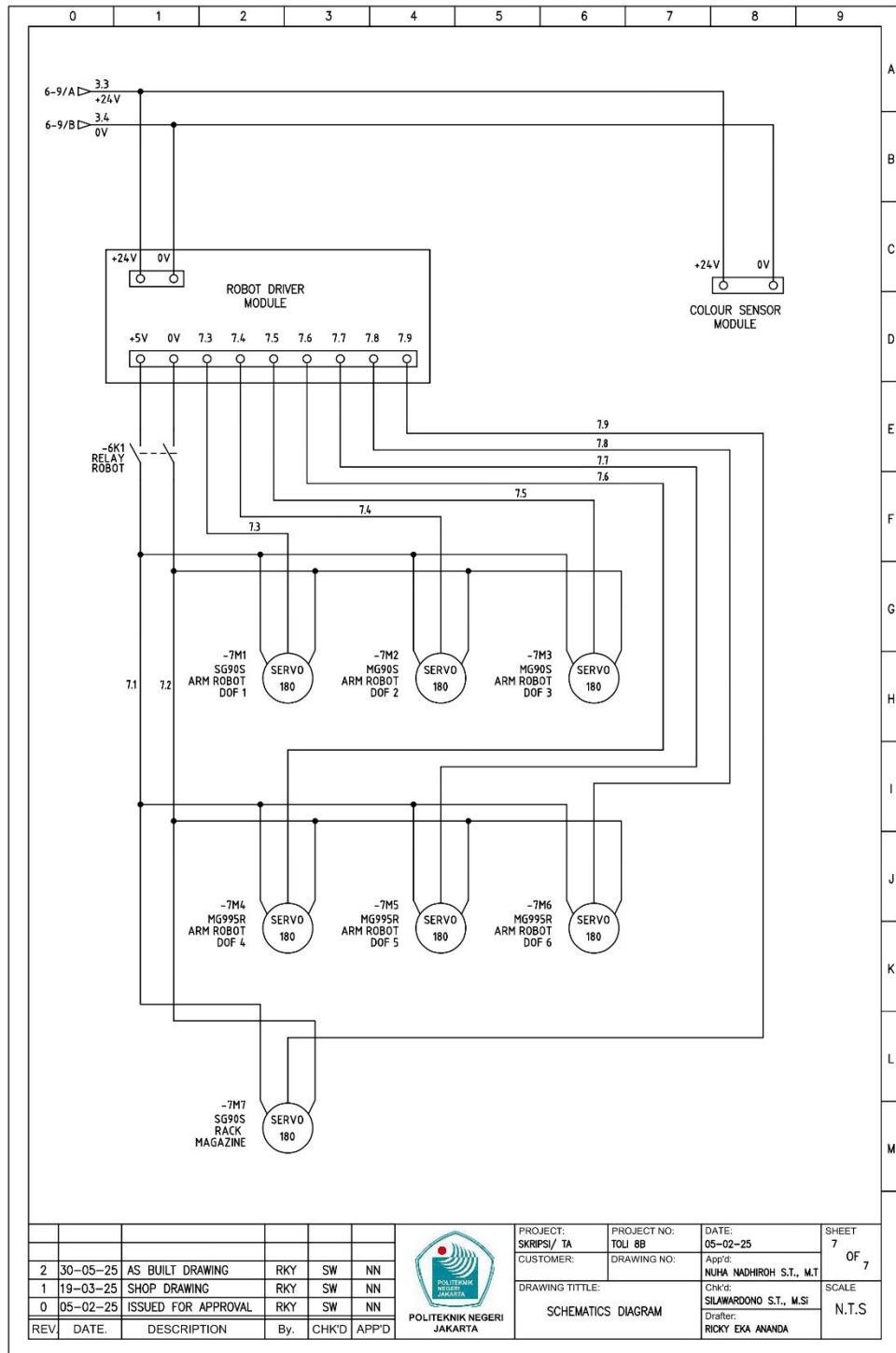




© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 5. Program ESP32 SENSOR TCS34725

```

sensor_warna_persen.ino
1  #ifndef ESP8266
2  #include <ESP8266WiFi.h>
3  #else
4  #include <WiFi.h>
5  #define LED_PIN 13 // Ganti sesuai pin PWM yang Anda gunakan di ESP32
6  #endif
7  #include <ModbusIP_ESP8266.h>
8  #include <Adafruit_TCS34725.h>
9
10 const int COLOR_REG_RED = 11;
11 const int COLOR_REG_GREEN = 12;
12 const int COLOR_REG_BLUE = 13;
13 const int COLOR_REG_COMBINED = 14;
14
15 IPAddress remote(192, 168, 1, 100);
16 IPAddress local_IP(192, 168, 1, 11);
17 IPAddress gateway(192, 168, 1, 1);
18 IPAddress subnet(255, 255, 255, 0);
19 IPAddress primaryDNS(8, 8, 8, 8);
20 IPAddress secondaryDNS(8, 8, 4, 4);
21
22 ModbusIP mb;
23 Adafruit_TCS34725 tcs = Adafruit_TCS34725(TCS34725_INTEGRATIONTIME_50MS, TCS34725_GAIN_4X);
24
25 // Variabel untuk mengatur intensitas LED (0-255)
26 uint8_t ledBrightness = 128; // Default
27
28 // Konfigurasi batas minimum dan maksimum clear untuk mapping cahaya ruangan
29 const uint16_t CLEAR_MIN = 50; // Cahaya sangat gelap
30 const uint16_t CLEAR_MAX = 1000; // Cahaya sangat terang

```

```

sensor_warna_persen.ino
32 void setup() {
33   Serial.begin(115200);
34
35   pinMode(LED_PIN, OUTPUT);
36   analogWrite(LED_PIN, ledBrightness);
37
38   if (!WiFi.config(local_IP, gateway, subnet, primaryDNS, secondaryDNS)) {
39     Serial.println("Failed to configure static IP");
40   }
41
42   WiFi.begin("SORTINGPLAN", "");
43   while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
44     delay(500);
45     Serial.print(".");
46   }
47   Serial.println("\nWiFi Connected");
48   Serial.println("IP address: ");
49   Serial.println(WiFi.localIP());
50
51   mb.client();
52
53   if (tcs.begin()) {
54     Serial.println("Found TCS34725 sensor");
55   } else {
56     Serial.println("No TCS34725 found ... check your connections");
57     while (1);
58   }
59 }
60
61 void loop() {
62   uint16_t r, g, b, c;
63   tcs.getRawData(&r, &g, &b, &c);
64

```




Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

sensor_warna_persen.ino
61 void loop() {
62   uint16_t r, g, b, c;
63   tcs.getRawData(&r, &g, &b, &c);
64
65   // Mapping nilai clear ke intensitas LED (semakin terang, semakin kecil brightness)
66   uint16_t clearVal = c;
67   // Pastikan clearVal berada di rentang yang diinginkan
68   if (clearVal < CLEAR_MIN) clearVal = CLEAR_MIN;
69   if (clearVal > CLEAR_MAX) clearVal = CLEAR_MAX;
70   // Mapping: terang (CLEAR_MAX) -> brightness rendah, gelap (CLEAR_MIN) -> brightness tinggi
71   ledBrightness = map(clearVal, CLEAR_MIN, CLEAR_MAX, 255, 0); // 255=terang, 0=gelap
72
73   // Terapkan ke LED
74   analogWrite(LED_PIN, ledBrightness);
75
76   if (mb.isConnected(remote)) {
77     uint16_t total = r + g + b;
78     uint16_t rPercent = (total == 0) ? 0 : (r * 100) / total;
79     uint16_t gPercent = (total == 0) ? 0 : (g * 100) / total;
80     uint16_t bPercent = (total == 0) ? 0 : (b * 100) / total;
81     uint16_t combinedData = (rPercent + gPercent + bPercent);
82
83     mb.writeHreg(remote, COLOR_REG_RED, rPercent);
84     mb.writeHreg(remote, COLOR_REG_GREEN, gPercent);
85     mb.writeHreg(remote, COLOR_REG_BLUE, bPercent);
86     mb.writeHreg(remote, COLOR_REG_COMBINED, combinedData);
87     delay(10);
88   } else {
89     mb.connect(remote);
90   }
91   mb.task();
92   delay(1000);
93 }

```

```

sensor_warna_persen.ino
79   uint16_t gPercent = (total == 0) ? 0 : (g * 100) / total;
80   uint16_t bPercent = (total == 0) ? 0 : (b * 100) / total;
81   uint16_t combinedData = (rPercent + gPercent + bPercent);
82
83   mb.writeHreg(remote, COLOR_REG_RED, rPercent);
84   mb.writeHreg(remote, COLOR_REG_GREEN, gPercent);
85   mb.writeHreg(remote, COLOR_REG_BLUE, bPercent);
86   mb.writeHreg(remote, COLOR_REG_COMBINED, combinedData);
87   delay(10);
88 } else {
89   mb.connect(remote);
90 }
91 mb.task();
92 delay(1000);
93
94 // Tampilkan ke Serial Monitor
95 uint16_t total = r + g + b;
96 uint16_t rPercent = (total == 0) ? 0 : (r * 100) / total;
97 uint16_t gPercent = (total == 0) ? 0 : (g * 100) / total;
98 uint16_t bPercent = (total == 0) ? 0 : (b * 100) / total;
99 uint16_t combinedData = (rPercent + gPercent + bPercent);
100
101 Serial.print("Red: "); Serial.print(r);
102 Serial.print(" Green: "); Serial.print(g);
103 Serial.print(" Blue: "); Serial.print(b);
104 Serial.print(" Clear: "); Serial.print(c);
105 Serial.print(" Red%: "); Serial.print(rPercent);
106 Serial.print(" Green%: "); Serial.print(gPercent);
107 Serial.print(" Blue%: "); Serial.print(bPercent);
108 Serial.print(" Combined%: "); Serial.print(combinedData);
109 Serial.print(" LED Brightness: "); Serial.print(ledBrightness);
110 Serial.println();
111 }

```



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 6. Program ESP32 *ARM ROBOT*

```

robot_final.ino
1  #ifndef ESP8266
2  #include <ESP8266WiFi.h>
3  #else
4  #include <WiFi.h>
5  #endif
6  #include <ModbusIP_ESP8266.h>
7  #include <ESP32Servo.h> // Library Servo
8  #include <Preferences.h> // Library untuk menyimpan data di NVS
9
10 const int REGISTERS[] = {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6}; // Alamat register untuk masing-masing servo
11 IPAddress remote(192, 168, 1, 100); // Alamat Modbus Slave device (PLC)
12 const int LOOP_COUNT = 10;
13 const int STEP_DELAY = 15; // Delay between each step in milliseconds
14 const int STEP_SIZE = 1; // Step size for smooth transition
15
16 // Static IP configuration
17 IPAddress local_IP(192, 168, 1, 10); // Static IP of ESP32
18 IPAddress gateway(192, 168, 1, 1); // Gateway IP
19 IPAddress subnet(255, 255, 255, 0); // Subnet mask
20 IPAddress primaryDNS(8, 8, 8, 8); // Optional: Primary DNS (Google's DNS)
21 IPAddress secondaryDNS(8, 8, 4, 4); // Optional: Secondary DNS (Google's DNS)
22
23 ModbusIP mb; // Objek ModbusIP
24 uint16_t res[7]; // Array untuk menyimpan nilai pembacaan untuk masing-masing servo
25 uint8_t show = LOOP_COUNT;
26
27 Servo myservos[7]; // Array untuk membuat objek servo untuk mengontrol servo
28 const int servoPins[] = {13, 12, 14, 27, 26, 25, 33}; // Pin tempat servo terhubung
29 int currentPos[7] = {0, 0, 0, 0, 0, 0, 0}; // Initial positions of the servos (home positions)
30
31 bool allowMovement = false; // Flag to allow servo movement
32
33 Preferences preferences; // Objek untuk akses NVS
34
35 void setup() {
36   Serial.begin(115200);
37
38   // Load saved positions from NVS
39   preferences.begin("servo-pos", true); // Mode read-only
40   for (int i = 0; i < 7; i++) {
41     currentPos[i] = preferences.getInt((String("servo") + i).c_str(), 0); // Default to 0 if no saved value
42   }
43   preferences.end();
44
45   // Fail-safe: Nonaktifkan semua servo saat reset
46   for (int i = 0; i < 7; i++) {
47     if (myservos[i].attached()) {
48       myservos[i].detach(); // Detach servo jika sudah terattach
49     }
50   }
51
52   delay(1000); // Tuvonggu sistem stabil
53
54   // Inisialisasi servo ke posisi terakhir (bukan posisi home/default)
55   for (int i = 0; i < 7; i++) {
56     myservos[i].attach(servoPins[i]);
57     delay(100); // Delay untuk stabilisasi pin
58     myservos[i].write(currentPos[i]); // Langsung ke posisi terakhir
59   }
60
61   // Configure static IP
62   if (!WiFi.config(local_IP, gateway, subnet, primaryDNS, secondaryDNS)) {
63     Serial.println("Failed to configure static IP");
64   }

```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
robot_final.ino
--
66 // Inisialisasi WiFi dan Modbus
67 WiFi.begin("SORTINGPLAN", "");
68 while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
69     delay(500);
70     Serial.print(".");
71 }
72 Serial.println("");
73 Serial.println("WiFi Connected");
74 Serial.println("IP address: ");
75 Serial.println(WiFi.localIP());
76
77 mb.client();
78 }
79
80 void loop() {
81     if (mb.isConnected(remote)) {
82         bool success = true;
83         // Membaca nilai dari semua register
84         for (int i = 0; i < 7; i++) {
85             if (!mb.readHreg(remote, REGISTERS[i], &res[i])) {
86                 Serial.println("Gagal membaca data dari PLC");
87                 success = false;
88                 break;
89             }
90         }
91         if (success) {
92             // Mengatur flag untuk mengizinkan gerakan servo
93             allowMovement = true;
94
95             // Hanya menggerakkan servo jika flag diizinkan
96             if (allowMovement) {
```

```
robot_final.ino
--
97         // Menggerakkan servo yang bergerak
98         for (int i = 0; i < 7; i++) {
99             if (i == 6) {
100                 // Gerakan tanpa smooth untuk register terakhir
101                 if (res[i] != currentPos[i]) {
102                     myservos[i].write(res[i]);
103                     currentPos[i] = res[i]; // Update posisi saat ini
104                 }
105             } else {
106                 // Gerakan dengan smooth untuk servo lain
107                 if (res[i] != currentPos[i]) {
108                     smoothMove(i, res[i]);
109                 }
110             }
111         }
112     }
113     delay(100);
114 } else {
115     mb.connect(remote); // Mencoba untuk terhubung jika tidak ada koneksi
116 }
117 mb.task(); // Tugas Modbus lokal umum
118 delay(500);
119 if (!show--) { // Menampilkan nilai register Slave dua kali per detik
120     for (int i = 0; i < 7; i++) {
121         Serial.print("Servo ");
122         Serial.print(i);
123         Serial.print(": ");
124         Serial.println(res[i]);
125     }
126     show = LOOP_COUNT;
127 }
128 }
```




© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```
// Save current positions to NVS periodically
preferences.begin("servo-pos", false); // Mode write
for (int i = 0; i < 7; i++) {
  preferences.putInt((String("servo") + i).c_str(), currentPos[i]);
}
preferences.end();
}

void smoothMove(int servoIndex, int targetPos) {
  int currentPosition = myservos[servoIndex].read(); // Read the current position of the servo
  if (currentPosition < targetPos) {
    for (int pos = currentPosition; pos <= targetPos; pos += STEP_SIZE) {
      myservos[servoIndex].write(pos);
      delay(STEP_DELAY);
    }
  } else {
    for (int pos = currentPosition; pos >= targetPos; pos -= STEP_SIZE) {
      myservos[servoIndex].write(pos);
      delay(STEP_DELAY);
    }
  }
  currentPos[servoIndex] = targetPos; // Update posisi saat ini setelah pergerakan
}
```





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Lampiran 7. Program Python

```
modbus log data.py - C:\Users\Ricky\Downloads\modbus log data.py (3.10.0)
File Edit Format Run Options Window Help

import time
from pymodbus.client.tcp import ModbusTcpClient
from tabulate import tabulate
import matplotlib.pyplot as plt
from collections import deque
import csv
import os

PLC_IP = '192.168.1.100'
PLC_PORT = 502

# Ganti path ini ke lokasi Google Drive Anda!
GOOGLE_DRIVE_FOLDER = r"G:\My Drive\Modbus Track"
os.makedirs(GOOGLE_DRIVE_FOLDER, exist_ok=True)

DATA_LOG_FILE = os.path.join(GOOGLE_DRIVE_FOLDER, "modbus_monitor_log.csv")

MW_LIST = [
    (0, "Axis Robot 1"),
    (1, "Axis Robot 2"),
    (2, "Axis Robot 3"),
    (3, "Axis Robot 4"),
    (4, "Axis Robot 5"),
    (5, "Axis Robot 6"),
    (6, "Dispenser"),
    (11, "Sensor Red (MW11)"),
    (12, "Sensor Green (MW12)"),
    (13, "Sensor Blue (MW13)"),
    (23, "Colour Code"),
]

def read_single_register(client, addr):
    start_time = time.perf_counter()
    rr = client.read_holding_registers(addr)
    end_time = time.perf_counter()
    elapsed_ms = (end_time - start_time) * 1000
    if hasattr(rr, 'isError') and rr.isError():
        return None, elapsed_ms
    elif hasattr(rr, 'registers') and len(rr.registers) > 0:
        return rr.registers[0], elapsed_ms
    else:
        return None, elapsed_ms

def write_log(filename, header, row):
    file_exists = os.path.isfile(filename)
    with open(filename, 'a', newline='', encoding='utf-8') as csvfile:
        writer = csv.writer(csvfile)
```



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

```

else:
    return None, elapsed_ms

def write_log(filename, header, row):
    file_exists = os.path.isfile(filename)
    with open(filename, 'a', newline='', encoding='utf-8') as csvfile:
        writer = csv.writer(csvfile)
        if not file_exists:
            writer.writerow(header)
        writer.writerow(row)

if __name__ == "__main__":
    client = ModbusTcpClient(PLC_IP, port=PLC_PORT)
    if not client.connect():
        print(f"Tidak dapat terkoneksi ke PLC di {PLC_IP}:{PLC_PORT}")
        exit(1)

    max_points = 30 # jumlah data yang disimpan dan ditampilkan di grafik
    data_history = {label: deque(maxlen=max_points) for _, label in MW_LIST}
    time_history = {label: deque(maxlen=max_points) for _, label in MW_LIST}
    timestamps = deque(maxlen=max_points)

    plt.ion()
    fig, ax = plt.subplots(figsize=(16, 8))

    # Gabung header: Timestamp + [label] + [label (ms)]
    headers = ["Timestamp"] + [label for _, label in MW_LIST] + [f"{label} (ms)" for _, label in MW_LIST]
    try:
        while True:
            current_time = time.strftime("%Y-%m-%d %H:%M:%S")
            timestamps.append(current_time)
            row_data = []
            row_time = []
            row_for_log = [current_time]
            for addr, label in MW_LIST:
                value, elapsed_ms = read_single_register(client, addr)
                value = value if value is not None else 0
                # Simpan waktu sebagai angka float dengan dua desimal
                row_data.append(value)
                row_time.append(f"{elapsed_ms:.2f}")
                row_for_log.append(value)
                data_history[label].append(value)
                time_history[label].append(elapsed_ms)
            # Tambahkan waktu pengiriman ke log, simpan sebagai float (bukan string)
            for i, elapsed in enumerate([time_history[label][-1] for _, label in MW_LIST]):
                row_for_log.append(f"{elapsed:.2f}")

            # Tampilkan tabel di terminal
            print("\n" + tabulate([row_data], headers=[label for _, label in MW_LIST], tablefmt="grid"))
            print("Waktu baca masing-masing MW (ms):")
            print(tabulate([row_time], headers=[f"{label} (ms)" for _, label in MW_LIST], tablefmt="grid"))

            # Simpan ke satu file log CSV (data dan waktu baca) di Google Drive folder
            write_log(DATA_LOG_FILE, headers, row_for_log)

            # Grafik: Semua Data dan Waktu Baca MW dalam satu tampilan
            ax.clear()
            colors = plt.cm.get_cmap('tab10', len(MW_LIST))
            for i, (_, label) in enumerate(MW_LIST):
                ax.plot(timestamps, list(data_history[label]), label=label, color=colors(i))
            ax.set_title("Monitoring Semua Register Modbus")
            ax.set_xlabel("Waktu")
            ax.set_ylabel("Nilai Register")
            ax.legend(loc='upper left', ncol=2)
            ax.grid(True)
            plt.xticks(rotation=45)
            plt.tight_layout()
            plt.pause(0.01)
            time.sleep(3)
    except KeyboardInterrupt:
        print("Program dihentikan user.")
    finally:
        client.close()

```


Lampiran 8. Program PLC

Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Configuration Programming Display Commissioning

Modbus TCP

Modbus mapping

☐ Enabled Unit ID Output registers (%IWM) 0 Input registers (%QWM) 0

Client mode: remote device table (max 16)

☐ Enable Modbus TCP I/O Scanner

IP address Generic Drive ATV12 Predefined ATS22 Altistart Add

ID	Name	Address	Type	Index	IP address	Resp...	Reset variable	Scanned	Init R...	Init. requests	Chan.
0	Device 0		Generic Device	1	192.168.1.10	10			255	...	255
1	Device 1		Generic Device	2	192.168.1.11	10			255	...	255

Apply Cancel

Configuration Programming Display Commissioning

2 - MODBUS TCP Comment

LD Rung0

Rung body

Time base of 10...
SB_TB100MS
%S5

EXECUTE
Symbol
%WRITE_VAR0
Link: 3 - ETH1
Id: 1
Timeout: 100
ObjType: 0 - Write multiple words - N
FirstObj: 0
Quantity: 7
IndexData: 0
CommError: 0
OperError: 0

ABORT
Symbol
%M501
Symbol
%M502
Symbol
%M503
Symbol
%MWS00X10

LD Rung1

Rung body

Time base of 10...
SB_TB100MS
%S5

EXECUTE
Symbol
%READ_VAR0
Link: 3 - ETH1
Id: 1
Timeout: 100
ObjType: 0 - Read multiple words - N
FirstObj: 10
Quantity: 4
IndexData: 0
CommError: 0
OperError: 0

ABORT
Symbol
%M504
Symbol
%M505
Symbol
%M506
Symbol
%M507
Symbol
%MWS01X10



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

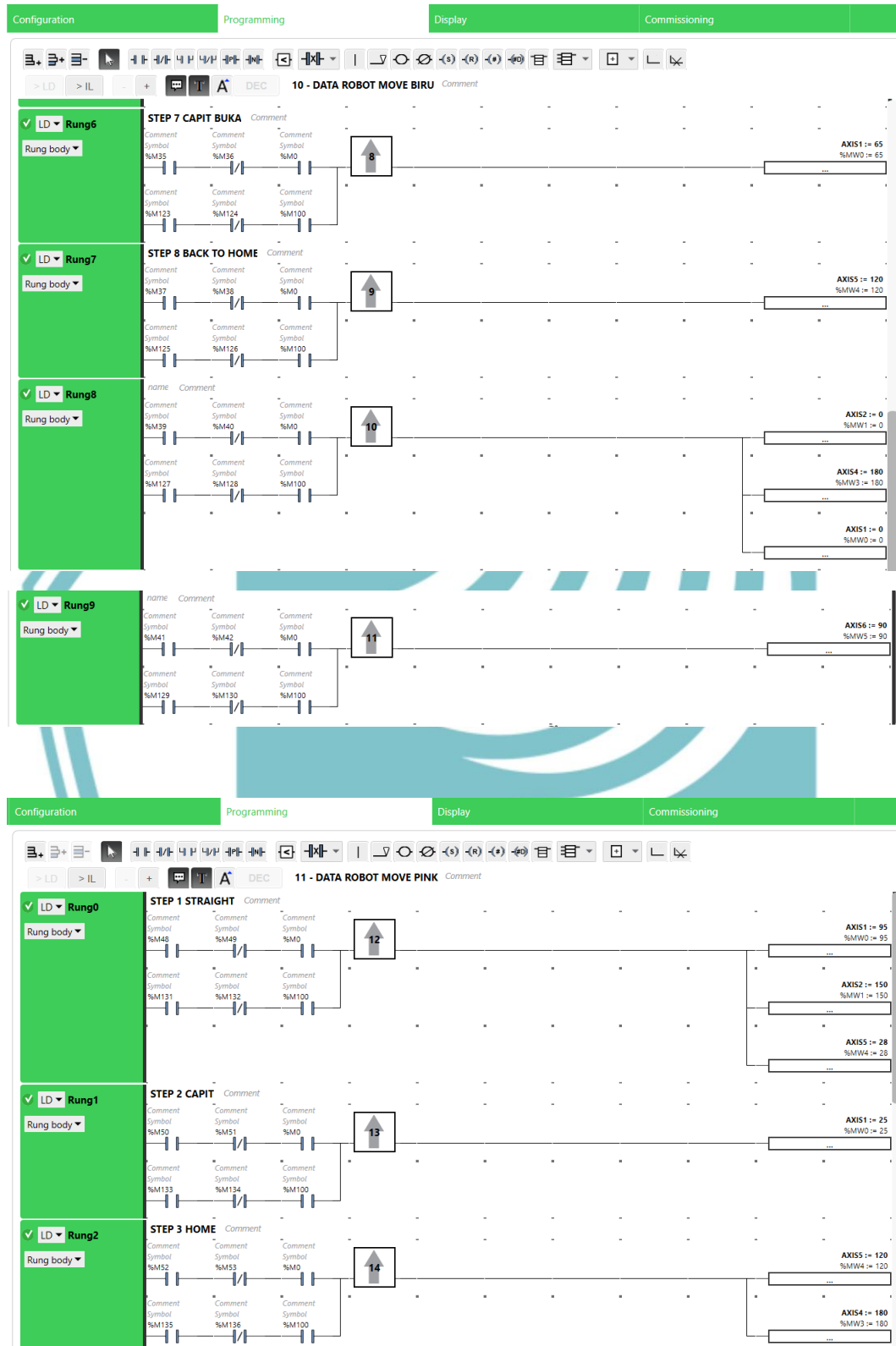
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penerbitan karya ilmiah, penerbitan laporan, penerbitan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengutip dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Hak Cipta :

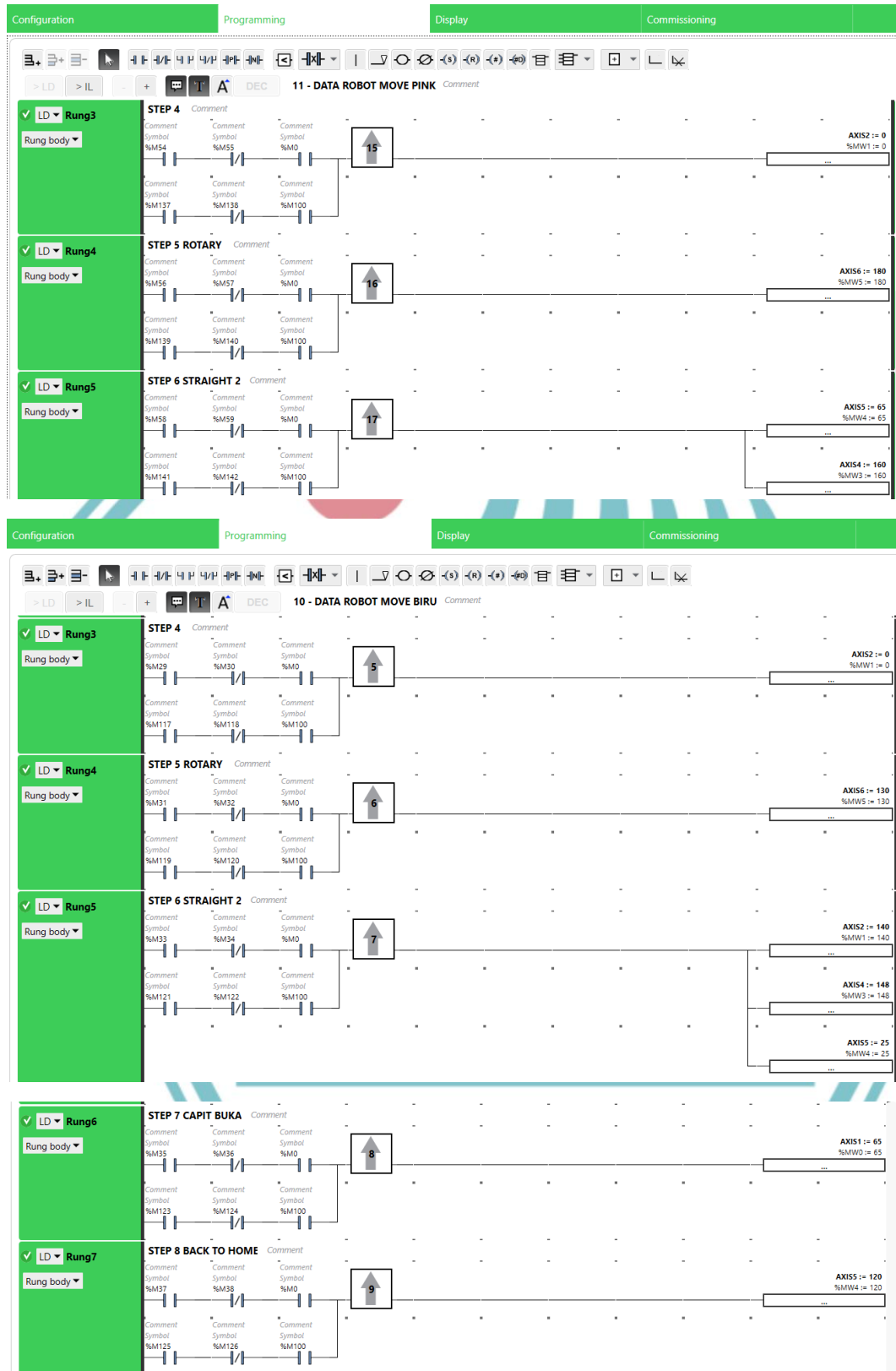
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

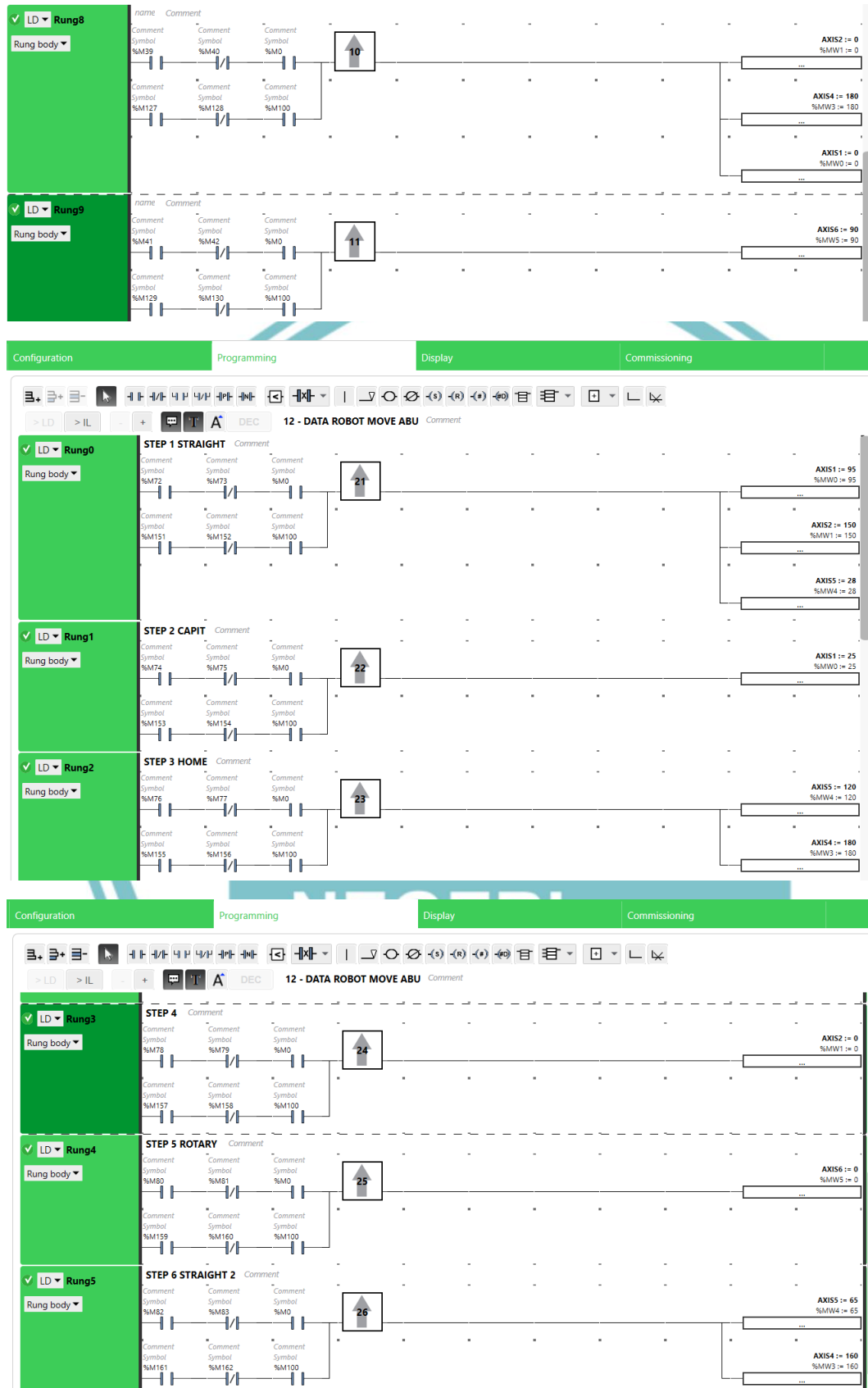




© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

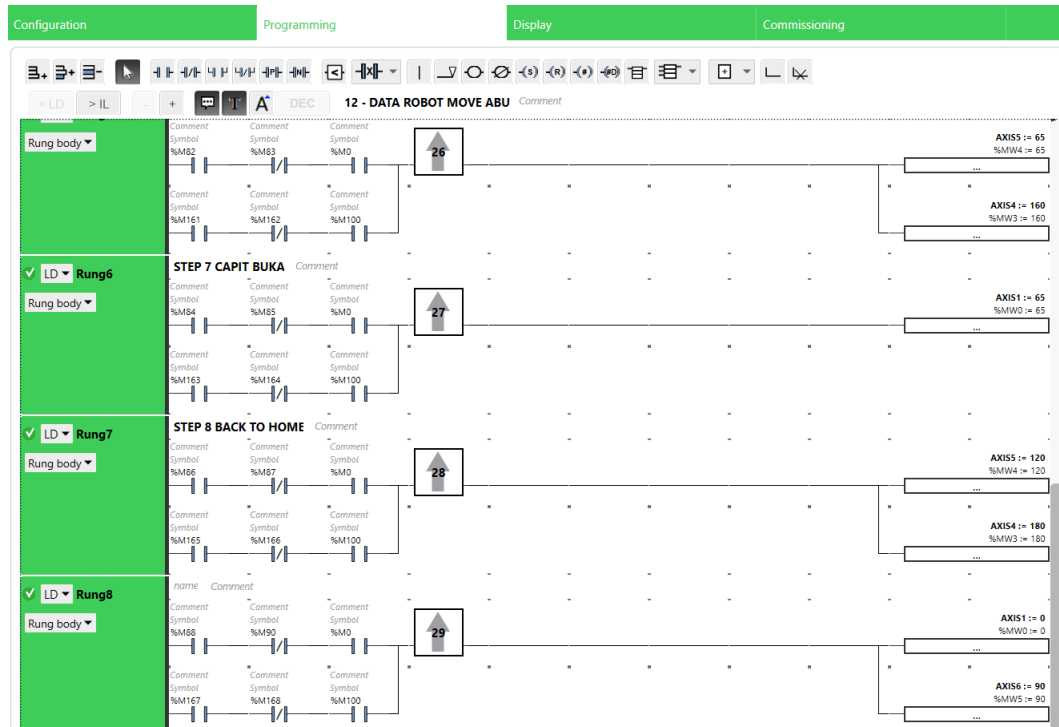




© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta





NO	KETERANGAN	GAMBAR
1	Perancangan mekanik membuat lubang pada rangka besi hollow.	
2	Cutting untuk cover rangka <i>plan sorting station</i> .	
3	Pemasangan cover, HMI dan <i>Push button</i> pada rangka <i>plan sorting station</i> .	

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

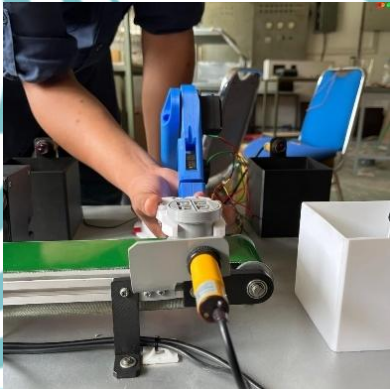
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

NO	KETERANGAN	GAMBAR
4	Kegiatan wiring instal rangka <i>plan sorting station</i> .	
5	Merakit komponen elektronika dengan solder untuk modul sensor dan modul <i>robot driver</i> .	
6	pemrograman PLC	



Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

NO	KETERANGAN	GAMBAR
7	Menguji pergerakan robot berdasarkan sudut <i>setpoint</i> .	
8	Pemasangan <i>arm robot</i> pada <i>plan sorting station</i> dan mengkalibrasi jarak robot.	
9	Bentuk final dari <i>plan sorting station</i> .	