



© 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



**OPTIMALISASI PERAWATAN
AIR CONDITIONING TIPE SPLIT
DENGAN SISTEM PEMBERSIH FILTER OTOMATIS
BERBASIS *CONDITION-BASED MAINTENANCE***

TESIS

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Mencapai Gelar
Magister Terapan Dalam Bidang Rekayasa Teknologi Manufaktur

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Bemly Hartman
NIM. 2309521002

**PROGRAM STUDI MAGISTER TERAPAN
REKAYASA TEKNOLOGI MANUFAKTUR
PASCASARJANA POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
DEPOK
JUNI 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 BEBAS *PLAGIARISME*

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Bemly Hartman
NIM : 2309521002
Program Studi : Magister Terapan Rekayasa Teknologi Manufaktur
Jenis Karya : Tesis

menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis ini saya susun, tanpa tindakan *plagiarisme* dan sesuai dengan peraturan yang berlaku di Politeknik Negeri Jakarta. Jika di kemudian hari ternyata saya melakukan tindakan *plagiarisme*, saya akan bertanggung jawab sepenuhnya dan menerima sanksi yang diajukan oleh Politeknik Negeri Jakarta kepada saya.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**

Depok, 16 Juni 2025

Bemly Hartman



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

Dengan ini, saya menyatakan bahwa tesis ini adalah hasil karya saya sendiri, dan semua sumber, baik yang dikutip maupun yang dirujuk, telah dinyatakan dengan benar.

Nama : BEMLY HARTMAN

NIM : 2309521002

Tanda Tangan :

Tanggal : 16 Juni 2025

**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

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini yang diajukan oleh:

Nama : BEMLY HARTMAN
NIM : 2309521002
Program Studi : Magister Terapan Rekayasa Teknologi Manufaktur
Judul : OPTIMALISASI PERAWATAN *AIR CONDITIONING*
TIPE *SPLIT* DENGAN SISTEM PEMBERSIH FILTER
OTOMATIS BERBASIS *CONDITION-BASED MAINTENANCE*

telah diuji oleh Tim Penguji dalam Sidang Tesis pada hari Senin tanggal 16 Juni tahun 2025 dan dinyatakan LULUS untuk memperoleh derajat gelar Magister Terapan pada Program Studi Magister Terapan Rekayasa Teknologi Manufaktur Politeknik Negeri Jakarta.

Pembimbing I : Dr. Dianta Mustofa Kamal, S.T., M.T. (.....)

Pembimbing II : Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si. (.....)

Penguji I : Dr. Belyamin, M.Sc. Eng., B.Eng(Hons). (.....)

Penguji II : Dr. Paulus Sukusno, S.T., M.T. (.....)

Penguji III : Dr. Ghany Heryana, S.T., M.T. (.....)

Depok, 16 Juni 2025

Disahkan oleh

Ketua Pascasarjana Politeknik Negeri Jakarta



Dr. Isdawimah, S.T., M.T.
NIP. 196305051988112001



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

Segala puji dan syukur penulis haturkan ke hadirat Allah SWT atas curahan rahmat dan karunia-Nya yang tak terhingga. Berkat kemudahan yang Dia berikan, penulis akhirnya dapat menyelesaikan penulisan tesis berjudul “Optimalisasi Perawatan Air Conditioning Tipe *Split* dengan Sistem Pembersih Filter Otomatis Berbasis *Condition-Based Maintenance*”, dengan penuh rasa syukur. Penulisan tesis ini bertujuan sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar Magister Teknik Terapan (S2) yang diselenggarakan oleh Politeknik Negeri Jakarta.

Dengan hati yang tulus, penulis menyampaikan apresiasi setinggi-tingginya kepada seluruh pihak. Mulai dari pembimbing tesis, para mentor akademik, rekan kerja, dukungan tak ternilai dari orang tua, hingga dorongan penuh kasih dari keluarga untuk setiap kontribusi, baik moral maupun material, menjadi fondasi penting dalam menyelesaikan karya ini.

Sepenuhnya penulis sadar bahwa tesis ini masih menyisakan ruang untuk peningkatan. Keterbatasan waktu, kedalaman analisis, dan cakupan wawasan penulis mungkin menjadi hambatan dalam penyempurnaan tesis ini. Oleh karena itu, kritik konstruktif dan saran bijak dari para pembaca sangat dinantikan sebagai bahan refleksi untuk penelitian mendatang yang lebih komprehensif.

Akhirnya, semoga buah pemikiran dalam tesis ini dapat menjadi langkah kecil yang bermakna, khususnya bagi akademisi, praktisi, atau pihak-pihak yang sedang menekuni bidang serupa. Besar harapan penulis agar gagasan dalam karya ini mampu menjadi pemantik diskusi dan inovasi baru di kemudian hari.

Depok, 16 Juni 2025

Bemly Hartman



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 PERSETUJUAN PUBLIKASI
TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIK**

Sebagai sivitas akademik Politeknik Negeri Jakarta, saya bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Bemly Hartman
NIM : 2309521002
Program Studi : Magister Terapan Rekayasa Teknologi Manufaktur
Jenis Karya : Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Politeknik Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul:

OPTIMALISASI PERAWATAN *AIR CONDITIONING* TIPE *SPLIT*
DENGAN SISTEM PEMBERSIH FILTER OTOMATIS
BERBASIS *CONDITION-BASED MAINTENANCE*.

Beserta perangkat yang ada. Dengan Hak Bebas Royalti Non-eksklusif ini, Politeknik Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan/mengalihformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tesis saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 16 Juni 2025

Yang menyatakan,

Bemly Hartman

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

ABSTRAK

Akumulasi debu pada filter *Air Conditioning (AC)* tipe *split* dapat mengurangi efisiensi sistem dan memperpendek umur pakai komponen. Perawatan filter pada sistem *AC* tipe *split* yang umumnya dilakukan secara manual dan berbasis waktu (*Time-Based Maintenance/TBM*) memiliki kelemahan signifikan, seperti risiko pemeliharaan berlebih (*over-maintenance*) dan pemeliharaan kurang (*under-maintenance*) akibat ketidaksesuaian dengan kondisi aktual. Kondisi ini menyebabkan peningkatan konsumsi energi, penurunan performa, dan biaya operasional yang tidak efisien.

Penelitian sebelumnya cenderung hanya menekankan pemantauan kondisi secara waktu nyata (*real-time*) tanpa integrasi tindakan pembersihan otomatis. Sebaliknya, beberapa penelitian telah mengembangkan pembersihan otomatis, tetapi tanpa mempertimbangkan kondisi aktual filter. Kesenjangan ini menunjukkan perlunya sistem terintegrasi yang mampu melakukan pembersihan otomatis berbasis kondisi aktual.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan mengembangkan konsep purwarupa (*Proof-of-Concept/PoC*) sistem pembersih filter *AC* tipe *split* yang bekerja secara otomatis dengan pendekatan *Condition-Based Maintenance (CBM)*, menggunakan integrasi sensor dan teknologi *Internet of Things (IoT)* sederhana.

Metodologi yang digunakan mengacu pada pendekatan desain rekayasa sistematis menurut *Pahl dan Beitz*, yang terdiri atas perencanaan, perancangan konsep, perancangan bentuk, dan perancangan detail produk.

Purwarupa dikembangkan dengan menggabungkan sensor debu, suhu, dan konsumsi daya, serta penggerak mekanis berbasis mikrokontroler untuk mengaktifkan sistem pembersih vakum dan sikat secara otomatis, tanpa integrasi teknologi kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*).

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem pembersih filter otomatis berbasis *CBM* mampu mengurangi konsumsi energi hingga 50%, serta menurunkan durasi aktivitas pembersihan sebesar 75% dibandingkan dengan metode manual berbasis jadwal tetap (*TBM*). Selain meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi ketergantungan terhadap air sebagai media pembersih, sistem ini juga berkontribusi pada aspek keberlanjutan.

Dengan demikian, solusi yang diusulkan memberikan pendekatan baru dalam perawatan *AC* yang lebih efisien, ekonomis, ramah lingkungan, serta berpotensi diterapkan secara luas dalam industri maupun bangunan komersial.

Kata Kunci: *Air Conditioning, Condition-Based Maintenance, Otomatisasi, Filter, Internet of Things.*



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 PERNYATAAN BEBAS <i>PLAGIARISME</i>	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
HALAMAN SIMBOL DAN SINGKATAN	xvi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Konsep <i>Air Conditioning (AC)</i> Tipe <i>Split</i>	6
2.2 Perawatan (<i>Maintenance</i>)	7
2.3 Sistem Kendali.....	10
2.4 Perancangan dan Pengembangan Metode <i>Pahl dan Beitz</i>	13
2.5 Kajian Artikel Penelitian Terkait	14
2.6 Kajian Referensi Paten Terkait.....	16
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....	25
3.1 Diagram Alir Penelitian.....	25



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

3.2 Perencanaan dan Penjelasan Tugas (<i>Planning and Task Clarification</i>)	25
3.3 Perancangan Konsep Produk (<i>Conceptual Design</i>)	27
3.4 Perancangan Bentuk Produk (<i>Embodiment Design</i>)	36
3.5 Perancangan Detail Produk (<i>Detail Design</i>)	47
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	75
4.1 Konsep dan Validasi Prinsip Dasar	75
4.2 Validasi Komponen dan Purwarupa Awal	80
4.3 Uji Hasil dari Kerja Sistem Pembersih	84
4.4 Uji Data Tersimpan	84
4.5 Demonstrasi Konsep Purwarupa di Lingkungan Nyata	86
4.6 Perbandingan Purwarupa dengan Paten Terkait	98
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	101
5.1 Kesimpulan	101
5.2 Saran	101
DAFTAR PUSTAKA	103

**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 TABEL

Tabel 3.1 Analisis Spesifikasi Produk.....	27
Tabel 3.2 <i>Morphological Chart</i>	28
Tabel 3.3 Proses Menentukan Kombinasi.....	30
Tabel 3.4 Variasi Kombinasi.....	31
Tabel 3.5 Skala Penilaian <i>AHP</i>	33
Tabel 3.6 Matriks <i>AHP</i>	33
Tabel 3.7 Kriteria Evaluasi dan Penetapan Bobot.....	34
Tabel 3.8 Rincian Penetapan Skala Ordinal.....	35
Tabel 3.9 Hasil Sistem Penilaian dan Analisis Skor PT XYZ.....	36
Tabel 3.10 Penentuan Komponen	38
Tabel 3.11 Spesifikasi Unit AC split.....	48
Tabel 3.12 Spesifikasi Motor stepper NEMA 17	50
Tabel 3.13 Spesifikasi Penyangga Motor Stepper NEMA 17	50
Tabel 3.14 Spesifikasi As Shaft Coupler.....	51
Tabel 3.15 Spesifikasi Lead screw	51
Tabel 3.16 Spesifikasi Screw Nut Grain.....	52
Tabel 3.17 Spesifikasi Support Screw Nut Grain.....	52
Tabel 3.18 Spesifikasi Bearing KP08.....	53
Tabel 3.19 Spesifikasi Support Lead Screw KP08.....	53
Tabel 3.20 Spesifikasi Shaft Linear WCS8	54
Tabel 3.21 Spesifikasi LM8UU Linear Bearing	54
Tabel 3.22 Spesifikasi Support Bearing Linear LM8UU	55
Tabel 3.23 Support Shaft Linear SK8	55
Tabel 3.24 Spesifikasi Support SK8 Linear Shaft.....	56
Tabel 3.25 Spesifikasi Nozzle Vakum.....	57
Tabel 3.26 Spesifikasi Motor Vakum CDS-LM.....	57
Tabel 3.27 Spesifikasi Kotak Pelindung Motor Vakum	58
Tabel 3.28 Spesifikasi Sensor Debu DSM501A	59



© 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

Tabel 3.29 Spesifikasi Sensor Suhu DHT11	59
Tabel 3.30 Spesifikasi Sensor PZEM-004T	60
Tabel 3.31 Spesifikasi ESP8266	60
Tabel 3.32 Spesifikasi Driver Stepper A4988	61
Tabel 3.33 Spesifikasi Relay 5V	61
Tabel 3.34 Spesifikasi ESP32-CAM	62
Tabel 3.35 Spesifikasi TCRT 5000	62
Tabel 3.36 Spesifikasi Housing	63
Tabel 3.37 Tabel Rekapitulasi Kebutuhan Daya	64
Tabel 3.38 Spesifikasi RemoteXY	66
Tabel 3.39 Spesifikasi <i>Antares</i>	67
Tabel 4.1 Kondisi Komponen	81
Tabel 4.2 Suhu dan Kelembapan	88
Tabel 4.3 Persyaratan Umum Instalasi Listrik	91
Tabel 4.4 Estimasi Perawatan	93
Tabel 4.5 Perbandingan Durasi di PT XYZ	96
Tabel 4.6 Perbandingan Fitur Purwarupa dan Paten-Paten Terkait	99



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 Sistem AC split	7
Gambar 2.2 Keterkaitan <i>Maintenance</i> dengan Sumber Informasi	10
Gambar 2.3 Ilustrasi tentang cara kerja sensor.....	12
Gambar 2.4 Paten JP 6290492B1.....	16
Gambar 2.5 Paten CN 201621831U.....	17
Gambar 2.6 Paten CN 102297479A.....	18
Gambar 2.7 Paten CN 2315464Y.....	18
Gambar 2.8 Paten CN 115638497A.....	19
Gambar 2.9 Paten JP 2007101113A.....	20
Gambar 2.10 Paten US 10814359B2	21
Gambar 2.11 Paten US 11231190B2]	21
Gambar 2.12 Paten KR 101345263B.....	22
Gambar 2.13 Paten JP 2019060599A	23
Gambar 2.14 Paten TWI 689688B.....	23
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	25
Gambar 3.2 Blok Fungsi	28
Gambar 3.3 Diagram Subfungsi Sistem Pembersih Filter Otomatis.....	37
Gambar 3.4 Rancangan Konsep Purwarupa Tahap 1	41
Gambar 3.5 Konsep Purwarupa Tahap 1.....	42
Gambar 3.6 Rancangan Konsep Purwarupa Tahap 2	43
Gambar 3.7 Konsep Purwarupa Tahap 2.....	44
Gambar 3.8 Rancangan Konsep Purwarupa Tahap 3	45
Gambar 3.9 Diagram blok rancangan konsep purwarupa elektrik.....	46
Gambar 3.10 Diagram Blok <i>Internet of Things (IoT)</i>	47
Gambar 3.11 Unit AC tipe split.....	48
Gambar 3.12 Rancangan Konsep Purwarupa Terpilih	49
Gambar 3.13 Motor stepper NEMA 17.....	50



© 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

Gambar 3.14 Penyangga Motor Stepper NEMA 17.....	50
Gambar 3.15 As Shaft Coupler.....	51
Gambar 3.16 Lead Screw.....	51
Gambar 3.17 Screw Nut Grain.....	52
Gambar 3.18 Support Screw Nut Grain.....	52
Gambar 3.19 Bearing KP08.....	53
Gambar 3.20 Support Lead Screw KP08.....	53
Gambar 3.21 Shaft Linear WCS8.....	54
Gambar 3.22 LM8UU Linear Bearing.....	54
Gambar 3.23 Support Bearing Linear LM8UU.....	55
Gambar 3.24 Support Shaft Linear SK8.....	55
Gambar 3.25 Support SK8 Linear Shaft.....	56
Gambar 3.26 Nozzle Vakum.....	56
Gambar 3.27 Motor Vakum CDS-LM.....	57
Gambar 3.28 Kotak Pelindung Motor Vakum.....	58
Gambar 3.29 Sensor Debu DSM501A.....	58
Gambar 3.30 Sensor Suhu DHT11.....	59
Gambar 3.31 PZEM-004T.....	59
Gambar 3.32 Mikrokontroler ESP8266.....	60
Gambar 3.33 Driver Stepper A4988.....	60
Gambar 3.34 Modul Relay 5V.....	61
Gambar 3.35 Modul Kamera ESP32-CAM.....	61
Gambar 3.36 Sensor TCRT 5000.....	62
Gambar 3.37 <i>Housing</i> Elektronik ABS.....	62
Gambar 3.38 Catu Daya 12V/5A.....	63
Gambar 3.39 Skematik rangkaian elektronik.....	65
Gambar 3.40 Antarmuka <i>RemoteXY</i>	66
Gambar 3.41 Antarmuka Antares.....	67
Gambar 3.42 Konsep Purwarupa Tahap 3 tampak Depan.....	68
Gambar 3.43 Konsep Purwarupa Tahap 3 tampak Isometri.....	69
Gambar 3.44 Instalasi Komponen Elektrik pada Konsep Purwarupa.....	69



© 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

Gambar 3.45 Mekanisme Operasional Sistem	73
Gambar 3.46 Diagram Alur Tahapan Pengujian Sistem	74
Gambar 4.1 Hasil Simulasi Virtual terhadap Beban Mekanis tampak depan	76
Gambar 4.2 Hasil Simulasi Virtual terhadap Beban Mekanis tampak atas.....	76
Gambar 4.3 Tampilan data pada <i>serial monitor Arduino</i>	77
Gambar 4.4 Hasil Pengukuran dengan GVDA Environmental Meter	77
Gambar 4.5 Uji komunikasi antara <i>Arduino</i> dan <i>RemoteXY</i>	78
Gambar 4.6 Uji komunikasi antara <i>Arduino</i> dan <i>Antares</i>	79
Gambar 4.7 Tampilan Parameter Suhu pada Antarmuka <i>Antares</i>	79
Gambar 4.8 Tampilan Parameter Debu pada Antarmuka <i>Antares</i>	79
Gambar 4.9 Tampilan Parameter Energi pada Antarmuka <i>Antares</i>	80
Gambar 4.10 Tampilan Parameter Daya pada Antarmuka <i>Antares</i>	80
Gambar 4.11 Pengukuran Laju Aliran Udara pada Nozzle.....	80
Gambar 4.12 Tombol <i>RUN (RUNNING)</i> pada Mode Manual	81
Gambar 4.13 Kondisi hasil uji ketahanan gerakan mekanik di PT XYZ	81
Gambar 4.14 Pembacaan Energi terpakai (kWh) di <i>RemoteXY</i>	82
Gambar 4.15 Pembacaan Arus, Daya, Energi dan Tegangan di <i>Serial Monitor</i> ...	82
Gambar 4.16 Pembacaan Arus pada <i>Digital Clamp Meter DT266</i>	82
Gambar 4.17 Koneksi <i>RemoteXY</i>	83
Gambar 4.18 Kondisi Filter <i>AC Split</i>	84
Gambar 4.19 Mengunduh Data Tersimpan	85
Gambar 4.20 Data Sensor Tersimpan dalam Format <i>CSV</i>	86
Gambar 4.21 Instalasi model GWC09NA di Gudang <i>GA PT XYZ</i>	86
Gambar 4.22 Hasil Uji Kebisingan	88
Gambar 4.23 Hasil Uji Getaran (<i>Vibration</i>)	90
Gambar 4.24 Konsumsi Energi (kWh).....	95
Gambar 4.25 Perbandingan Durasi di PT XYZ	97
Gambar 4.26 Hasil Evaluasi Penggunaan Media Air model GWC09NA.....	98



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. Kode Program Utama

Lampiran 2. Gambar *Nozzle* Pembersih AC *Split* Model FTE50KV14

Lampiran 3. Gambar *Nozzle* Pembersih AC *Split* Model GWC09NA





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 SIMBOL DAN SINGKATAN

<i>AC</i>	: <i>Air Conditioning</i>
<i>TBM</i>	: <i>Time-Based Maintenance</i>
<i>CBM</i>	: <i>Conditioning-Based Maintenance</i>
<i>IoT</i>	: <i>Internet of Things</i>
<i>PLA</i>	: <i>Polylactic Acid</i>
<i>AI</i>	: <i>Artificial Intelligence</i>
<i>EER</i>	: <i>Energy Efficiency Ratio</i>
<i>SSID</i>	: <i>Service Set Identifier</i>
<i>MQTT</i>	: <i>Message Queuing Telemetry Transport</i>
<i>CCW</i>	: <i>Counter-Clockwise</i>
<i>LED</i>	: <i>Light Emitting Diode</i>
<i>HTTP</i>	: <i>Hypertext Transfer Protocol</i>
<i>CoAP</i>	: <i>Constrained Application Protocol</i>
<i>LPWAN</i>	: <i>Low-Power Wide-Area Network</i>
<i>LoRa</i>	: <i>Long Range</i>
<i>OEE</i>	: <i>Overall Equipment Effectiveness</i>
<i>AHP</i>	: <i>Analytical Hierarchy Process</i>
<i>PoC</i>	: <i>Proof-of-Concept</i>
<i>VRV</i>	: <i>Variable Refrigerant Volume</i>
<i>ML</i>	: <i>Machine Learning</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 mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem pendingin udara (*Air Conditioning/AC*) tipe *split* kini menjadi elemen penting dalam mewujudkan kenyamanan suhu ideal di berbagai ruangan, baik di perumahan, perkantoran, pusat bisnis, maupun industri [1],[2]. Keberadaannya tidak hanya berfungsi sebagai pendingin, tetapi juga sebagai pengatur iklim mikro yang mendukung aktivitas manusia secara optimal [3],[4]. Untuk menjaga kualitas udara dalam ruangan, filter AC merupakan komponen penting dalam sistem operasionalnya [5]. Namun, penumpukan debu pada permukaan filter dapat menurunkan efisiensi sistem, seperti meningkatkan konsumsi energi antara 15% hingga 30% [6],[7], serta menyebabkan pemanasan berlebihan yang memperpendek umur pakai komponen [8],[9].

Secara historis, metode perawatan berbasis jadwal tetap (*Time-Based Maintenance/TBM*) dengan cara manual [10] digunakan untuk perawatan filter AC tipe *split* [11]. Namun, metode ini memiliki kelemahan. Pertama, waktu perawatan yang terlalu lama dapat menyebabkan kotoran menumpuk, sehingga mengganggu kinerja sistem. Kedua, interval yang terlalu singkat mengakibatkan perawatan berlebihan [12]. Selain itu, *TBM* tidak dapat menyesuaikan dengan berbagai kondisi lingkungan yang dapat mempengaruhi laju penyumbatan filter [13]. Ketidakesesuaian antara jadwal perawatan dan kondisi aktual inilah yang mendorong perlunya sistem yang dapat menyesuaikan waktu perawatan berdasarkan kondisi *real-time* komponen, khususnya filter AC. Dengan menerapkan perawatan berbasis kondisi (*Condition-Based Maintenance/CBM*), sistem dapat memberikan respons yang lebih akurat dan efisien dalam menentukan kebutuhan perawatan. Lebih lanjut, penerapan sistem otomatisasi dalam proses pembersihan filter AC memungkinkan tindakan perawatan dilakukan secara mandiri tanpa memerlukan intervensi manusia, sehingga risiko keterlambatan tindakan perawatan dapat dihilangkan.



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

Beberapa studi menunjukkan bahwa perawatan berbasis kondisi (*CBM*) diterapkan untuk mengatasi kelemahan perawatan berbasis jadwal tetap (*TBM*) [14] dan penerapan otomatisasi untuk menghilangkan risiko keterlambatan pengerjaan oleh manusia. Sebagai contoh pada penelitian [15], mengembangkan sistem pemantauan *AC* berbasis kondisi dengan penerapan *Internet of Things (IoT)*. Sistem ini menggunakan sensor *IoT* untuk mengumpulkan data berupa suhu, kelembapan, dan konsumsi daya secara *real-time*. Tujuan utamanya adalah mendeteksi kerusakan awal dan mengoptimalkan jadwal perawatan, agar *AC* beroperasi efisien, hemat energi, serta mengurangi biaya operasional dan kemungkinan gangguan. Namun, sistem ini hanya dapat memonitor performa *AC*, sehingga masih memerlukan intervensi manusia yang dijadwalkan, khususnya dalam proses pembersihan komponen filter *AC*.

Penelitian [16] mengembangkan sistem kontrol *AC* berbasis *cloud* dan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence/AI*) yang mengintegrasikan data seperti suhu ruang, kecepatan kompresor, tekanan refrigeran (*freon*), serta data kondisi lingkungan secara *real-time*. Data tersebut dianalisis secara *real-time* untuk memprediksi kebutuhan perawatan, sehingga dapat meningkatkan efisiensi energi sebesar 9,12%. Meskipun begitu, sistem ini masih memiliki keterbatasan. Sistem tersebut belum terintegrasi secara penuh dengan otomatisasi berbasis kondisi (*CBM*), sehingga tetap memerlukan intervensi manusia yang dijadwalkan, khususnya dalam proses pembersihan filter *AC*.

Peneliti [17] menggunakan teknologi *Internet of Things (IoT)* untuk mengembangkan sistem pemantauan secara *real-time* dan respon otomatis guna mengurangi kerusakan pada *AC* yang disebabkan oleh kebocoran air. Meskipun solusi ini efektif dalam mendeteksi dan mengatasi kebocoran air secara otomatis, sistem tersebut belum mencakup aspek perawatan komponen filter pada *AC*.

Penelitian lain [18], merancang sistem pembersihan otomatis (*self-cleaning*) untuk *AC* yang dikendalikan secara otomatis dengan mikrokontroler. Sistem ini menggunakan data dari sensor tingkat air dan suhu ruangan untuk menentukan kapan proses pembersihan berlangsung berdasarkan jadwal yang bisa disesuaikan oleh pengguna. Meskipun pembersihan dilakukan secara otomatis dengan



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

mengintegrasikan logika berbasis waktu, sistem ini memiliki keterbatasan, yakni jadwal pembersihannya bersifat tetap tanpa mempertimbangkan kondisi aktual komponen. Selain itu, cakupan pembersihannya hanya mencakup evaporator dan kondensor, tidak termasuk filter *AC*.

Dari beberapa penelitian tersebut, teridentifikasi dua kesenjangan utama, yaitu peneliti yang berfokus pada pemantauan *real-time* tanpa tindakan otomatis dan peneliti yang mengimplementasikan tindakan otomatis tanpa mempertimbangkan kondisi aktual komponen. Dengan demikian, terdapat celah penelitian berupa belum adanya sistem otomatisasi pembersihan filter *AC split* berbasis kondisi (*CBM*) yang menggabungkan kedua aspek tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang dan kesenjangan pada penelitian terdahulu, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

Bagaimana merancang dan mengembangkan sistem pembersihan filter *AC* tipe *split* yang beroperasi secara otomatis berbasis kondisi (*CBM*)?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan uraian latar belakang dan rumusan masalah yang telah dikemukakan sebelumnya, tujuan dari penelitian ini adalah:

Merancang dan mengembangkan konsep purwarupa (*Proof-of-Concept/PoC*) sistem pembersihan filter *AC* tipe *split* yang dapat beroperasi secara otomatis tanpa memerlukan intervensi manual, serta menerapkan metode perawatan berbasis kondisi (*CBM*) untuk menentukan waktu pembersihan filter secara tepat berdasarkan parameter kondisi aktual.

1.4 Batasan Penelitian

Agar analisis tetap terarah dan mendalam, peneliti sengaja membatasi cakupan kajian dengan beberapa parameter berikut:

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

1.4.1 Batasan Objek dan Lingkup

1. Sistem dikembangkan khusus untuk *AC* tipe *split* di PT XYZ dengan model GWC09NA dan FTE50KV14, tidak termasuk *AC* sentral atau *Variable Refrigerant Volume (VRV)*.
2. Sistem perawatan otomatis hanya difokuskan pada komponen filter *AC*, tidak mencakup evaporator, kondensor, kompresor, dan pipa kapiler.
3. Sistem pengukuran menggunakan sensor komersial yang umum digunakan, tanpa melibatkan analisis visual berbasis kamera dan *CBM* berbasis kecerdasan buatan (*AI*).

1.4.2 Batasan Teknis

1. Algoritma sederhana (*rule-based*), bukan algoritma *machine learning* yang kompleks.
2. Sistem hanya menerapkan pendekatan *Condition-Based Maintenance (CBM)* sebagai dasar pengambilan keputusan pembersihan, tidak membandingkan secara langsung dengan metode lain seperti *Predictive Maintenance*.
3. Meski sistem menentukan waktu optimal perawatan untuk proses pembersihan filter *AC*, dalam kondisi tertentu masih membutuhkan intervensi manual.

1.4.3 Batasan Lingkungan dan Operasional

1. Pengaruh kondisi eksternal seperti tingkat polusi udara tidak diperhitungkan selama periode pengujian.
2. Pengujian kinerja sistem dilakukan dalam jangka waktu terbatas dan tidak mencakup pengamatan jangka panjang.
3. Penelitian ini mengasumsikan operasional *AC* setiap hari selama 8–12 jam dengan beban kerja stabil, tanpa mempertimbangkan variasi ekstrem, seperti penggunaan 24 jam *nonstop*.

1.4.4 Batasan Ekonomis

Perhitungan efisiensi tidak mencakup analisis biaya, penelitian hanya membandingkan metode perawatan manual berbasis waktu (*TBM*) dan metode otomatis berbasis *CBM* untuk perawatan filter.



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

1.5 Manfaat Penelitian

1.5.1 Manfaat Bidang Akademik dan Keilmuan

Menambah literatur dan referensi ilmiah dalam bidang otomasi, perawatan berbasis kondisi, dan penerapan *Internet of Things (IoT)* pada sistem pendingin udara.

1.5.2 Manfaat Teknis

Memberikan solusi otomatisasi berbasis kondisi (*CBM*) untuk pembersihan filter *AC* tipe split yang dapat meningkatkan efisiensi energi dan memperpanjang umur pakai komponen.

1.5.3 Manfaat Ekonomis

Mengurangi biaya operasional dan pemeliharaan *AC* akibat perawatan yang tidak efektif, serta menurunkan konsumsi listrik karena performa *AC* yang lebih optimal.

1.5.4 Manfaat Praktis

Mengurangi ketergantungan terhadap perawatan manual dengan menciptakan sistem yang dapat bekerja secara otomatis.

**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

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini telah berhasil merancang dan mengembangkan purwarupa (*Proof-of-Concept/PoC*) sistem pembersih filter AC tipe *split* yang dapat beroperasi secara otomatis tanpa memerlukan intervensi manual, serta menerapkan metode perawatan berbasis kondisi (*Condition-Based Maintenance/CBM*) untuk menentukan waktu pembersihan filter secara tepat berdasarkan parameter kondisi aktual. Hasil uji coba penerapan purwarupa di PT XYZ menunjukkan bahwa sistem ini mampu menurunkan konsumsi energi dari $\pm 0,04$ kWh menjadi $\pm 0,02$ kWh per siklus pembersihan, yang berarti terdapat penghematan energi sebesar 50%. Durasi pembersihan juga mengalami penurunan dari ± 8 menit menjadi ± 2 menit atau terjadi efisiensi waktu sebesar 75% dibandingkan metode manual berbasis *TBM*. Keunggulan lain dari sistem ini adalah tidak digunakannya air dalam proses pembersihan filter, sedangkan metode sebelumnya memerlukan ± 4 liter per siklus. Integrasi teknologi *Internet of Things (IoT)* pada sistem ini memungkinkan pengguna untuk memantau dan mengendalikan proses pembersihan secara jarak jauh melalui antarmuka aplikasi, sehingga sistem menjadi lebih adaptif terhadap kebutuhan pengguna.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil yang telah dicapai, disarankan agar pengembangan lebih lanjut mempertimbangkan integrasi teknologi kecerdasan buatan (*AI*) guna memungkinkan sistem memprediksi kebutuhan perawatan berdasarkan pola data historis, serta meningkatkan akurasi dalam penentuan kondisi filter.

Dari aspek desain mekanis, perlu dilakukan optimalisasi pada bentuk mekanisme *nozzle* dan saluran hisap untuk meningkatkan efisiensi pembersihan dan mengurangi hambatan aliran udara.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Selain itu, kajian mengenai aspek kelayakan produksi dan evaluasi ekonomi, termasuk analisis biaya dan manfaat (*cost-benefit analysis*), perlu dilakukan agar sistem ini dapat diproduksi secara massal dan diadopsi secara luas, baik di sektor industri maupun rumah tangga.



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 mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. O. Amoabeng, R. Opoku, S. Boahen, and G. Y. Obeng, “Analysis of indoor set-point temperature of split-type ACs on thermal comfort and energy savings for office buildings in hot-humid climates,” *Energy and Built Environment*, vol. 4, no. 3, 2023, doi: 10.1016/j.enbenv.2022.02.006.
- [2] I. P. Widiarta, M. Suarda, M. Sucipta, and I. G. K. Sukadana, “Simulasi CFD Pertukaran Udara di Ruang Tindakan Klinik Kesehatan,” *Jurnal METTEK*, vol. 8, no. 2, p. 83, 2022, doi: 10.24843/mettek.2022.v08.i02.p03.
- [3] F. M. Rizky, “Perancangan Sistem Kontroling Dan Monitoring Kepadatan Debu Pada Sistem Pendingin Dan Tata Udara Untuk Skala Maintenance (Perawatan) Berbasis Internet Of Things (IoT),” vol. 4, no. 2, pp. 101–110, 2025.
- [4] P. Palulun, Y. D. Rasita, N. Massi, R. Sjahril, S. Katu, and I. Pattelongi, “Identification of Airborne Aerobic Bacteria in the Intensive Care Room Using Maldi-Tof Ms,” *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, vol. 16, no. 1, pp. 68–75, 2024, doi: 10.20473/jkl.v16i1.2024.68-75.
- [5] S. Arief, “Analisa Kerusakan dan Pengaruh Variasi Massa Refrigerant Terhadap Koefisien Prestasi (COP) Sistem Pengkondisian Udara AC Praktikum Lab Mesin,” *Mechonversio: Mechanical Engineering Journal*, vol. 3, no. 1, p. 29, 2020, doi: 10.51804/mmej.v3i1.837.
- [6] A. Zayadi, K. Yoga Utomo, A. Sugiaharto, W. S. C. HP, and A. R. Madaskala, “Analisis Sebelum dan Sesudah Dilakukan Proses Pembersihan Terhadap Performa AC Tipe Split Wall Kapasitas 1 1/2 PK,” *Jurnal Teknologi Kedingrantaan*, vol. 6, no. 1, 2021, doi: 10.35894/jtk.v6i1.19.

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

- [7] M. A. Rozaq, B. Sukoco, and D. Nugroho, "Analisa Pengaruh Setting Suhu Air Conditioner Terhadap Konsumsi Energi Listrik Pada Air Conditioner Kapasitas 5 Pk Type PSF 5001," *Konferensi Ilmiah Mahasiswa UNISSULA*, pp. 354–369, 2019, [Online]. Available: <http://lppm-unissula.com/jurnal.unissula.ac.id/index.php/kimueng/article/download/8603/3964>
- [8] R. Bachrul Ulum, Tarman, H. Firmansyah, and R. F. Ramdhani, "RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE (RCM) DALAM MENGANALISIS PADA PRECISION AIR CONDITIONING (PAC) DI PT XYZ," *Jurnal Teknologika*, vol. 13, no. 1, 2023, doi: 10.51132/teknologika.v13i1.239.
- [9] D. Suryanto, "Analisis Perawatan Ac (Air Conditioner) Unit Split Duct Menggunakan Metode Failure Mode and Effect Analysis Fmea Di Hotel Harris Yello," *JITMI (Jurnal Ilmiah Teknik dan Manajemen Industri)*, vol. 3, no. 1, p. 67, 2020, doi: 10.32493/jitmi.v3i1.y2020.p67-75.
- [10] F. Amri and I. Fitriyanto, "Pelatihan Perawatan (Maintenance) AC Split Wall di SMA Negeri 1 Sliyeg, Kabupaten Indramayu," *Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat Indonesia*, vol. 1, no. 6, 2022, doi: 10.55542/jppmi.v1i6.377.
- [11] N. F. Fatma, H. Ponda, and T. A. Saputra, "Perbaikan Perencanaan Penjadwalan Maintenance Pada Air Conditioner (AC) Menggunakan Metode Realibility Centered Maintenance (RCM) Di PT. Tifico Fiber Indonesia Tbk," *Journal Industrial Manufacturing*, vol. 7, no. 2, 2022, doi: 10.31000/jim.v7i2.6935.
- [12] N. Es-sakali, M. Cherkaoui, M. O. Mghazli, and Z. Naimi, "Review of predictive maintenance algorithms applied to HVAC systems,"

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

- Energy Reports*, vol. 8, no. November, pp. 1003–1012, 2022, doi: 10.1016/j.egyr.2022.07.130.
- [13] H. T. Alassafi, K. S. Al-Gahtani, A. S. Almohsen, and A. M. Alsugair, “HVAC maintainability risks in healthcare facilities: a design optimization perspective,” *Facilities*, vol. 42, no. 15–16, pp. 30–52, 2024, doi: 10.1108/F-09-2022-0121.
- [14] E. Quatrini, F. Costantino, G. Di Gravio, and R. Patriarca, “Condition-based maintenance-An extensive literature review,” 2020. doi: 10.3390/MACHINES8020031.
- [15] Y. Zheng Yew, M. H. Md Saad, S. Sahrani, K. Habib, and A. Hussain, “Internet of Things (IoT) Based Air Conditioner Monitoring System for Intelligent Facility Maintenance,” *Jurnal Kejuruteraan*, vol. 35, no. 6, pp. 1487–1500, 2023, doi: 10.17576/jkukm-2023-35(6)-22.
- [16] D. Lee and F. P. Tsai, “Air conditioning energy saving from cloud-based artificial intelligence: Case study of a split-type air conditioner,” *Energies (Basel)*, vol. 13, no. 8, 2020, doi: 10.3390/en13082001.
- [17] E. A. S. Aji, J. Jamaaluddin, A. Ahfas, and S. D. Ayuni, “Leak Monitoring in Split Duct Air Conditioner Based on Internet of Things,” *JEEE-U (Journal of Electrical and Electronic Engineering-UMSIDA)*, vol. 7, no. 2, 2023, doi: 10.21070/jeeeu.v7i2.1678.
- [18] L. Lloren *et al.*, “Design and Prototype Development of a Self-Cleaning Portable Air Conditioning Device and System I,” 2022. [Online]. Available: www.ijisrt.com
- [19] K. Kusnandar and Y. Kurniawan, “PERBANDINGAN COP AC SPLIT KAPASITAS 1 PK MENGGUNAKAN REFRIGERANT R410a DAN R32 DENGAN VARIASI KECEPATAN FAN EVAPORATOR,” *TURBULEN Jurnal Teknik Mesin*, vol. 2, no. 2, 2020, doi: 10.36767/turbulen.v2i2.553.

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

- [20] I. G. Wiratmaja, G. Widayana, and E. Elisa, "Analisis Pengaruh Variasi Jarak Katup Ekspansi Dengan Kondensor Terhadap Laju Pendinginan Ruangan Dan COP Mesin Pengkondisian Udara Tipe Split Air Conditioning," *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, vol. 10, no. 1, 2022, doi: 10.23887/jptm.v10i1.45806.
- [21] M. Jamlaay, "PEMELIHARAAN DAN PERBAIKAN AIR CONDITIONING MASYARAKAT DESA HARIA, KECAMATAN SAPARUA, KABUPATEN MALUKU TENGAH," *JURNAL PENGABDIAN MASYARAKAT IRON*, vol. 5, no. 2, 2023, doi: 10.31959/jpmi.v5i2.1502.
- [22] T. Zonta, C. A. da Costa, R. da Rosa Righi, M. J. de Lima, E. S. da Trindade, and G. P. Li, "Predictive maintenance in the Industry 4.0: A systematic literature review," *Comput Ind Eng*, vol. 150, 2020, doi: 10.1016/j.cie.2020.106889.
- [23] M. Achouch *et al.*, "On Predictive Maintenance in Industry 4.0: Overview, Models, and Challenges," 2022. doi: 10.3390/app12168081.
- [24] J. Fink, B. Friis, J. F. Andersen, and B. F. Nielsen, "A comparative study of time-based maintenance and condition-based maintenance for multi-component systems Publication date : Publisher ' s PDF , also known as Version of record A comparative study of time-based maintenance and condition-based maintenance ," 2025, doi: 10.1016/j.res.2024.110759.
- [25] C. Nata, Laurence, N. Hartono, and L. Cahyadi, "Implementation of Condition-based and Predictive-based Maintenance using Vibration Analysis," in *Proceedings - 2021 4th International Conference on Computer and Informatics Engineering: IT-Based Digital Industrial Innovation for the Welfare of Society, IC2IE 2021*, 2021. doi: 10.1109/IC2IE53219.2021.9649400.

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

- [26] K. Anwar, I. Sukmana, and A. Y. E. Risano, "Optimalisasi Condition Based Maintenance (CBM) untuk Meningkatkan Keandalan Peralatan Critical Upk Sebalang dengan Penerapan Teknologi Thermography," *Seminar Nasional Insinyur Profesional (SNIP)*, vol. 3, no. 1, 2023, doi: 10.23960/snip.v3i1.362.
- [27] H. N. Teixeira, I. Lopes, and A. C. Braga, "Condition-based maintenance implementation: A literature review," in *Procedia Manufacturing*, 2020. doi: 10.1016/j.promfg.2020.10.033.
- [28] A. Ali and A. Abdelhadi, "Condition-Based Monitoring and Maintenance: State of the Art Review," 2022. doi: 10.3390/app12020688.
- [29] L. Chen, H. Su, and L. Huangfu, "Preventive maintenance model analysis on wind-turbine gearbox under stochastic disturbance," *Energy Reports*, vol. 8, 2022, doi: 10.1016/j.egyr.2021.11.084.
- [30] R. Meissner, H. Meyer, and K. Wicke, "Concept and economic evaluation of prescriptive maintenance strategies for an automated condition monitoring system," *Int J Progn Health Manag*, vol. 12, no. 3, 2021, doi: 10.36001/ijphm.2021.v12i3.2911.
- [31] L. Pincioli, P. Baraldi, and E. Zio, "Maintenance optimization in industry 4.0," *Reliab Eng Syst Saf*, vol. 234, no. February, p. 109204, 2023, doi: 10.1016/j.ress.2023.109204.
- [32] Y. Jiang, S. Yin, J. Dong, and O. Kaynak, "A Review on Soft Sensors for Monitoring, Control, and Optimization of Industrial Processes," 2021. doi: 10.1109/JSEN.2020.3033153.
- [33] M. A. Sehr *et al.*, "Programmable Logic Controllers in the Context of Industry 4.0," *IEEE Trans Industr Inform*, vol. 17, no. 5, 2021, doi: 10.1109/TII.2020.3007764.

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

- [34] Y. Jiang, S. Yin, J. Dong, and O. Kaynak, "A Review on Soft Sensors for Monitoring, Control, and Optimization of Industrial Processes," 2021. doi: 10.1109/JSEN.2020.3033153.
- [35] N. H. M. Ali, R. Ghazali, H. I. Jaafar, M. F. Ghani, C. C. Soon, and Z. Has, "Comparison Study between Open-Loop and Closed-Loop Identification for Industrial Hydraulics Actuator System," *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, vol. 13, no. 5, pp. 516–521, 2024, doi: 10.18178/ijmerr.13.5.516-521.
- [36] J. Schöning and H. J. Pfisterer, "Safe and Trustful AI for Closed-Loop Control Systems," *Electronics (Switzerland)*, vol. 12, no. 16, 2023, doi: 10.3390/electronics12163489.
- [37] M. Haller, "DHT11 Sensor: A Comprehensive Study on Temperature and Humidity Sensor," *Interantional Journal of Scientific Research in Engineering and Management*, vol. 08, no. 03, pp. 1–11, 2024, doi: 10.55041/ijssrem29310.
- [38] Rizki juli syahputra, "Monitoring The Temperature And Humidity Air In The Room Using A Sensor IOT-Based DHT-11," *Journal of Artificial Intelligence and Engineering Applications (JAIEA)*, vol. 3, no. 1, pp. 363–367, 2023, doi: 10.59934/jaiea.v3i1.329.
- [39] A. P. Pradana, N. Aminudin, F. Rizki, and D. Feriyanto, "Design and Building of an Automatic Water Filling System on Water Container Media Based on Arduino Esp8266," *IJOEM Indonesian Journal of E-learning and Multimedia*, vol. 3, no. 1, pp. 14–21, 2024, doi: 10.58723/ijoem.v3i1.233.
- [40] S. Supriyadi, A. Burhanudin, Y. Setiyoadi, and I. B. Setyono, "Analisis Kinerja Ventilator Mekanis Dengan Pengerak Motor Stepper Berbasis Arduino," *Seminar Nasional Hasil Penelitian (Snhp)*, 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

- [41] M. Javaid, A. Haleem, S. Rab, R. Pratap Singh, and R. Suman, "Sensors for daily life: A review," 2021. doi: 10.1016/j.sintl.2021.100121.
- [42] A. Aboelhassan, M. Abdelgeliel, E. E. Zakzouk, and M. Galea, "Design and implementation of model predictive control based pid controller for industrial applications," *Energies (Basel)*, vol. 13, no. 24, 2020, doi: 10.3390/en13246594.
- [43] O. Barambones, J. A. Cortajarena, and P. Alkorta, "New Control Schemes for Actuators," 2024. doi: 10.3390/act13030099.
- [44] M. G. A. Prayoga, D. Dahlan, and A. R. Tatak, "Perancangan Mesin Pembuat Tepung Jagung Kapasitas 5 kg/jam dengan Metode Pahl dan Beitz," *Jurnal Asimetri: Jurnal Ilmiah Rekayasa & Inovasi*, 2023, doi: 10.35814/asiimetrik.v5i1.4143.
- [45] A. Suwandi and M. Abdurrahman, "Perancangan Mesin Pencacah Masker Dengan Metode Pahl & Beitz," *JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa)*, vol. 8, no. 1, 2023, doi: 10.31544/jtera.v8.i1.2022.75-86.
- [46] Yudhi Chandra Dwiaji, "Perancangan Mesin Pembuat Pellet Untuk Campuran Cangkang Telur Sebagai Konsentrat Kapasitas 10 Kg/Jam Dengan Metode Pahl dan Beitz," *Journal of Applied Mechanical Engineering and Renewable Energy*, vol. 3, no. 2, 2023, doi: 10.52158/jamere.v3i2.570.
- [47] Y. R. Hadi Putra and A. Suryadi, "PERANCANGAN MESIN PENGAYAK DAUN KERING BAHAN BAKU PUPUK ORGANIK DI CV. GLOBAL BUMI PUTRA DENGAN PENDEKATAN METODE PAHL AND BEITZ," *JUMINTEN*, vol. 2, no. 4, 2021, doi: 10.33005/juminten.v2i4.293.
- [48] A. Suwandi, N. D. H., R. Nuryadin, E. Maulana, and B. M. Suyitno, "Perancangan Produk dan Proses Manufaktur Biodigester Tipe Fixed

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

- Dome untuk Rumah Mandiri Energi,” *JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa)*, vol. 6, no. 2, 2021, doi: 10.31544/jtera.v6.i2.2021.285-296.
- [49] A. M. R. P. Nugraha, “Tinjauan Yuridis Hak Paten di Dalam Kerangka Hukum Nasional di Indonesia,” *Binamulia Hukum*, vol. 11, no. 1, 2022, doi: 10.37893/jbh.v11i1.668.
- [50] U. Umezawa, Shigeru Takahata, Takao Ueda, “Air conditioner,” 2018. [Online]. Available: <https://patents.google.com/patent/JP6290492B1>
- [51] L. Haowei, “Split air conditioner self-cleaning device,” 2020 [Online]. Available: <https://patents.google.com/patent/CN201621831U>
- [52] Chen Jifei, “Energy-saving humidification and dust removal air conditioning device,” 2011 [Online]. Available: <https://patents.google.com/patent/CN102297479A>
- [53] X. Baoan, “Air conditioning filter evaporator,” 2007 [Online]. Available: <https://patents.google.com/patent/CN2315464Y>
- [54] L. M. Depeng, Chen ZhengzhongGuo, HuafengShen, “Automatic cleaning control method for air conditioner and filter,” 2023 [Online]. Available: <https://patents.google.com/patent/CN115638497A>
- [55] T. O. Hiroki Kuchino, Hideo Tanaka, “Automatic cleaning device for air conditioner filter,” 1999 [Online]. Available: <https://patents.google.com/patent/JP2884541B2>
- [56] Y. Kawabe, “Filter cleaning device,” 2007 [Online]. Available: <https://patents.google.com/patent/JP2007101113A>
- [57] M. Hayashi, “Air conditioner equipped with an indoor unit with an automatic air filter cleaning function,” 2004 [Online]. Available: <https://patents.google.com/patent/WO2004079270A1>



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

- [58] Z. L. Jiebin Yu, “Cleaning Mechanism, Cleaning Device, and Air Conditioner,” 2020 [Online]. Available: <https://patents.google.com/patent/US10814359B2>
- [59] L. V. Ivan Suchansky, “Filter cleaning device for an air conditioner and air conditioner having such filter cleaning device,” 2022 [Online]. Available: <https://patents.google.com/patent/US11231190B2>
- [60] Kang Seok-Hyeon, “Air conditioner and Control method,” 2013 [Online]. Available: <https://patents.google.com/patent/KR101345263B1>
- [61] M. Akimoto, “Air conditioner,” 2021 [Online]. Available: <https://patents.google.com/patent/JP2019060599A>
- [62] T. T. Mao Zedong, “Air conditioner, control method and program of air conditioner,” 2020. [Online]. Available: <https://patents.google.com/patent/TWI689688B>

**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

LAMPIRAN

Lampiran 1. Kode Program Utama

```
#define REMOTEXY_MODE__ WIFI_POINT

#include <ESP8266WiFi.h>
#include <RemoteXY.h>
#include <BasicStepperDriver.h>
#include <DHT.h>
#include <SoftwareSerial.h>
#include <PZEM004Tv30.h>
#include <AntaresESP8266MQTT.h>

#define REMOTEXY_WIFI_SSID "bemlyhartman"
#define REMOTEXY_WIFI_PASSWORD "11111111"
#define REMOTEXY_SERVER_PORT 6377

// ----- Konfigurasi WiFi -----
const char* ssid = "bemly";
const char* password = "hartman";

// ----- Konfigurasi Antares -----
#define ACCESSKEY "1d136a6109cc646e:f32195a2da540b77"
#define PROJECT_NAME "Temp_Monitoring"
#define DEVICE_NAME "sensor_suhu"
AntaresESP8266MQTT antares(ACCESSKEY);

#include <RemoteXY.h>

// RemoteXY GUI configuration
#pragma pack(push, 1)
uint8_t RemoteXY_CONF[] = // 335 bytes
{ 255,5,0,25,0,72,1,19,0,0,0,84,114,105,97,108,32,80,90,69,
  77,0,31,1,106,200,1,1,28,0,130,243,71,135,132,27,179,130,252,0,
  119,73,27,152,130,54,35,64,38,27,198,1,70,47,24,24,0,204,31,0,
  68,5,88,46,34,1,8,36,68,55,88,48,34,1,8,36,68,5,148,48,
  34,1,8,36,2,28,9,55,23,0,2,26,31,31,77,97,110,117,97,108,
  0,74,111,103,0,130,252,35,58,38,27,205,1,1,45,24,24,0,78,31,
  0,1,28,45,24,24,0,105,31,0,129,74,55,16,9,64,16,82,117,110,
```

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

```
0,129,6,45,16,27,64,16,43,0,129,35,45,8,27,64,16,45,0,129,
3,79,46,8,64,24,84,101,109,112,101,114,97,116,117,114,101,0,129,42,
1,26,9,64,24,77,79,68,69,0,129,70,79,19,9,64,24,68,117,115,
116,0,129,14,139,31,10,64,24,69,110,101,114,103,121,0,130,250,72,132,
5,27,214,129,7,37,36,8,64,24,74,111,103,32,77,111,100,101,0,129,
56,38,49,8,64,24,77,97,110,117,97,108,32,77,111,100,101,0,130,56,
146,50,52,27,78,129,59,152,45,9,64,24,69,109,101,114,103,101,110,99,
121,0,67,5,122,46,10,77,2,26,2,67,55,122,48,10,77,2,26,2,
67,5,182,48,10,77,2,26,2,2,59,163,44,22,0,1,26,31,31,79,
78,0,79,70,70,0,70,5,10,18,18,16,134,36,0 };
```

```
// this structure defines all the variables and events of your control interface
struct {
```

```
    // input variables
    uint8_t Auto; // =1 if button pressed, else =0
    uint8_t Mode; // =1 if switch ON and =0 if OFF
    uint8_t Plus; // =1 if button pressed, else =0
    uint8_t Minus; // =1 if button pressed, else =0
    uint8_t Emergency; // =1 if switch ON and =0 if OFF
```

```
    // output variables
    float Temperature;
    float Dust;
    float Power;
    float Temperature_Value;
    float Dust_Value;
    float Power_Value;
    uint8_t Infra_Red; // from 0 to 1
```

```
    // other variable
    uint8_t connect_flag; // =1 if wire connected, else =0
```

```
} RemoteXY;
#pragma pack(pop)

#define MOTOR_STEPS 200
#define STEP_PIN D0
#define DIR_PIN D5
#define RELAY_PIN D1
#define DHT_PIN D2
```


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

```
#define DHT_TYPE DHT11

#define DUST_PIN A0      // DSM501A pada pin analog A0
#define TCRT_PIN D4      // TCRT5000 pada pin digital D4

#define RPM 55

#define TEMP_THRESHOLD 30.0
#define DUST_THRESHOLD 50.0
#define TRIGGER_COUNT 5

#define PZEM_RX_PIN D6
#define PZEM_TX_PIN D7

SoftwareSerial pzemSWSerial(PZEM_RX_PIN, PZEM_TX_PIN);
PZEM004Tv30 pzem(pzemSWSerial);

BasicStepperDriver stepper(MOTOR_STEPS, DIR_PIN, STEP_PIN);
DHT dht(DHT_PIN, DHT_TYPE);

uint32_t lastStepTime = 0;
bool isStepping = false;
int stepsRemaining = 0;
bool autoRunning = false;
uint32_t autoStartTime = 0;
int autoStage = 0;
bool readTemperature = true;
bool readDust = true;
bool readEnergy = true;
bool readInfraRed = true;
unsigned long lastDHTRead = 0;
unsigned long lastDustRead = 0;
unsigned long lastTCRTRead = 0;
unsigned long lastPzemRead = 0;
unsigned long tempTriggerStartTime = 0;
unsigned long dustTriggerStartTime = 0;
unsigned long autoCooldownUntil = 0; // Untuk mencegah auto berulang cepat
const unsigned long SENSOR_HOLD_TIME = 6000; // 6 detik sensor harus stabi
int dustTriggerCount = 0;
int tempTriggerCount = 0;
bool tcrtDetectedWhite = false;
bool plusPressed = false;
bool minusPressed = false;
bool tempReady = false;
bool dustReady = false;
```



© 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

```
unsigned long relayTimer = 0; // Timer untuk relay
bool emergencyActive = false;
unsigned long lastAntaresMillis = 0;
const unsigned long antaresInterval = 900000; // 15 detik untuk uji coba
bool antaresCon = false;
float temp;
float dustLevel;
float energy;
float power;

void setup() {
  RemoteXY_Init();
  stepper.begin(RPM, 1);
  pinMode(RELAY_PIN, OUTPUT);
  digitalWrite(RELAY_PIN, LOW);
  pinMode(TCRT_PIN, INPUT);
  dht.begin();
  Serial.begin(115200);
  pzemSWSerial.begin(9600);
  Serial.println("Menghubungkan ke WiFi...");
  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(1000);
    Serial.print(".");
  }
  Serial.println("\nTerhubung ke WiFi");

  antares.setDebug(true);
  antaresCon = antares.wifiConnection(ssid, password);
  antares.setMqttServer();
  Serial.println("===== SISTEM DIMULAI =====");
}

void antaresSendWithMillis() {
  if (RemoteXY.connect_flag) {
    // RemoteXY sedang aktif, tidak mengirim ke Antares
    return;
  }

  // Cek apakah sudah waktunya mengirim data
  if (millis() - lastAntaresMillis >= antaresInterval) {
```




© 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

```
// Reset timer
lastAntaresMillis = millis();

// Coba sambung dan kirim data
antares.checkMqttConnection(); // Pastikan koneksi aktif
antaresCon = true;

if (antaresCon) {
  antares.add("suhu", temp);
  antares.add("debu", dustLevel);
  antares.add("energy", energy);
  antares.add("daya", power);
  antares.publish(PROJECT_NAME, DEVICE_NAME);
  Serial.println("Data berhasil dikirim ke Antares.");
} else {
  Serial.println("Gagal koneksi ke Antares MQTT.");
}
}

void loop() {
  RemoteXY_Handler();
  // =====
  // >>> Emergency Section <<<
  // =====
  bool autoEmergency = (RemoteXY.Temperature > 40.0);

  if (RemoteXY.Emergency == 1 || autoEmergency) {
    if (!emergencyActive) {
      emergencyActive = true;
      autoRunning = false;
      isStepping = false;
      stepsRemaining = 0;
      digitalWrite(RELAY_PIN, LOW);
      // Matikan pembacaan sensor selama auto jalan
      readTemperature = false;
      readDust = false;
      readEnergy = false;
      readInfraRed = false;
      // Reset counter sensor
      tempTriggerCount = 0;
```

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

```
dustTriggerCount = 0;
tempTriggerStartTime = 0;
dustTriggerStartTime = 0;
tctDetectedWhite = false;
}
} else {
if (emergencyActive) {
    emergencyActive = false;

    // Matikan pembacaan sensor selama auto jalan
    readTemperature = true;
    readDust = true;
    readEnergy = true;
    readInfraRed = true;
    // Reset counter sensor
    tempTriggerCount = 0;
    dustTriggerCount = 0;
    tempTriggerStartTime = 0;
    dustTriggerStartTime = 0;
    tctDetectedWhite = false;
}
}

if (emergencyActive) {
    return; // Jika emergency aktif, hentikan loop di sini
}

// =====
// >>> End Emergency Section
// =====

// --- Program Anda lanjut seperti biasa ---

// 1. Baca sensor DHT
if (readTemperature && millis() - lastDHTRed >= 2000) {
    lastDHTRed = millis();
    temp = dht.readTemperature();
    RemoteXY.Temperature = temp;
    RemoteXY.Temperature_Value = temp;
    Serial.print(" [SENSOR] Suhu: "); Serial.print(RemoteXY.Temperature); Serial.println(" °C");

    if (temp >= TEMP_THRESHOLD) {
```


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

```

if (tempTriggerStartTime == 0) tempTriggerStartTime = millis();
tempTriggerCount++;
if (tempTriggerCount >= TRIGGER_COUNT) tempTriggerCount = TRIGGER_COUNT;
} else {
tempTriggerStartTime = 0;
tempTriggerCount = 0;
}
Serial.print("Suhu tinggi: "); Serial.print(tempTriggerCount); Serial.println(" kali");
if (temp > 40) {
emergencyActive = 1;
}
}

// 2. Baca DSM501A dari analog pin A0
if (readDust && millis() - lastDustRead >= 2000) {
lastDustRead = millis();
int raw = analogRead(DUST_PIN);
dustLevel = map(raw, 0, 1023, 0, 100);
RemoteXY.Dust = dustLevel;
RemoteXY.Dust_Value = dustLevel;
Serial.print("Debu: "); Serial.println(dustLevel);

if (dustLevel >= DUST_THRESHOLD) {
if (dustTriggerStartTime == 0) dustTriggerStartTime = millis();
dustTriggerCount++;
if (dustTriggerCount >= TRIGGER_COUNT) dustTriggerCount = TRIGGER_COUNT;
} else {
dustTriggerStartTime = 0;
dustTriggerCount = 0;
}
Serial.print("Debu tinggi: "); Serial.print(dustTriggerCount); Serial.println(" kali");
}

// 3. Baca TCRT5000 dari pin digital D4
if (readInfraRed && millis() - lastTCRTRead >= 2000) {
lastTCRTRead = millis();
int tcrtVal = digitalRead(TCRT_PIN);
if (tcrtVal == LOW) {
Serial.println("terdeteksi kotor");
tcrtDetectedWhite = true;
RemoteXY.Infra_Red = 1; // Aktifkan LED RemoteXY

```

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

```

    } else {
        Serial.println("terdeteksi bersih");
        tcrDetectedWhite = false;
        RemoteXY.Infra_Red = 0; // Matikan LED RemoteXY
    }
}

// 4. Baca energi dari PZEM
if (readEnergy && millis() - lastPzemRead >= 2000) {
    lastPzemRead = millis();
    energy = pzem.energy();
    power = pzem.power();
    RemoteXY.Power = energy;
    RemoteXY.Power_Value = energy;
    Serial.print("Energy: ");
    Serial.println(RemoteXY.Power);
}

// 5. Fungsi Manual (Plus/Minus)
if (!autoRunning) {
    if (RemoteXY.Plus == 1 && !plusPressed && !isStepping) {
        stepsRemaining = MOTOR_STEPS;
        digitalWrite(DIR_PIN, HIGH);
        isStepping = true;
        plusPressed = true;
    }
    if (RemoteXY.Plus == 0) plusPressed = false;
    if (RemoteXY.Minus == 1 && !minusPressed && !isStepping) {
        stepsRemaining = MOTOR_STEPS;
        digitalWrite(DIR_PIN, LOW);
        isStepping = true;
        minusPressed = true;
    }
    if (RemoteXY.Minus == 0) minusPressed = false;
}

// 6. Auto manual via tombol
if (!autoRunning && millis() > autoCooldownUntil && RemoteXY.Mode == 1 && RemoteXY.Auto == 1) {
    Serial.println("🌀 AUTO MODE STARTED!");
    autoRunning = true;
    digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH); // Nyalakan relay

```


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

```

relayTimer = millis(); // Start the relay timer
autoStartTime = millis();
autoStage = 1;

// Matikan pembacaan sensor selama auto jalan
readTemperature = false;
readDust = false;
readEnergy = false;
readInfraRed = false;
// Reset counter sensor
tempTriggerCount = 0;
dustTriggerCount = 0;
tempTriggerStartTime = 0;
dustTriggerStartTime = 0;
tcrtdetectedWhite = false;
}

// 7. Auto trigger sensor (suhu & permukaan putih)
if (!RemoteXY.connect_flag && !autoRunning && tempTriggerCount >= TRIGGER_COUNT &&
dustTriggerCount >= TRIGGER_COUNT && tcrtdetectedWhite) {
    autoRunning = true;
    digitalWrite(RELAY_PIN, HIGH);
    relayTimer = millis();
    autoStartTime = millis();
    autoStage = 1;
    // Matikan pembacaan sensor selama auto jalan
    readTemperature = false;
    readDust = false;
    readEnergy = false;
    readInfraRed = false;
    // Reset counter sensor
    tempTriggerCount = 0;
    dustTriggerCount = 0;
    tempTriggerStartTime = 0;
    dustTriggerStartTime = 0;
    tcrtdetectedWhite = false;
}

// 8. Proses Auto
if (autoRunning) {
    uint32_t elapsedTime = millis() - autoStartTime;
    switch (autoStage) {

```



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

```
case 1:
    // Relay aktif 3 detik sebelum motor bergerak
    if (elapsedTime >= 2000 && millis() - relayTimer >= 3000) {
        autoStartTime = millis();
        autoStage = 2;
        stepsRemaining = MOTOR_STEPS * 70;
        digitalWrite(DIR_PIN, HIGH);
        isStepping = true;
    }
    break;
case 2:
    // Setelah CCW selesai
    if (stepsRemaining == 0) {
        autoStartTime = millis(); // mulai hitung waktu tunggu
        autoStage = 3; // ganti ke stage 3.5
    }
    break;
case 3:
    // Tunggu 3 detik setelah CCW sebelum balik arah
    if (elapsedTime >= 3000) {
        autoStartTime = millis();
        autoStage = 4;
        stepsRemaining = MOTOR_STEPS * 70;
        digitalWrite(DIR_PIN, LOW);
        isStepping = true;
    }
    break;
case 4:
    if (stepsRemaining == 0) {
        autoStartTime = millis();
        autoStage = 5;
    }
    break;
case 5:
    if (elapsedTime >= 2000) {
        digitalWrite(RELAY_PIN, LOW);
        autoRunning = false;
        tempTriggerCount = 0;
        dustTriggerCount = 0;
```


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

```

    tcrDetectedWhite = false;
    RemoteXY.Temperature = 0;
    RemoteXY.Dust = 0;
    RemoteXY.Infra_Red = 0;
    tempTriggerStartTime = 0;
    dustTriggerStartTime = 0;
    readTemperature = true;
    readDust = true;
    readEnergy = true;
    readInfraRed = true;
    tempReady = false;
    dustReady = false;
    autoCooldownUntil = millis() + 10000; // cooldown 10 detik
  }
  break;
}
}

// 9. Eksekusi stepper motor
if (isStepping && stepsRemaining > 0) {
  if (millis() - lastStepTime >= 2) {
    digitalWrite(STEP_PIN, HIGH);
    delayMicroseconds(2500);
    digitalWrite(STEP_PIN, LOW);
    stepsRemaining--;
    lastStepTime = millis();
  }
  else {
    isStepping = false;
  }
  antaresSendWithMillis();
}

```

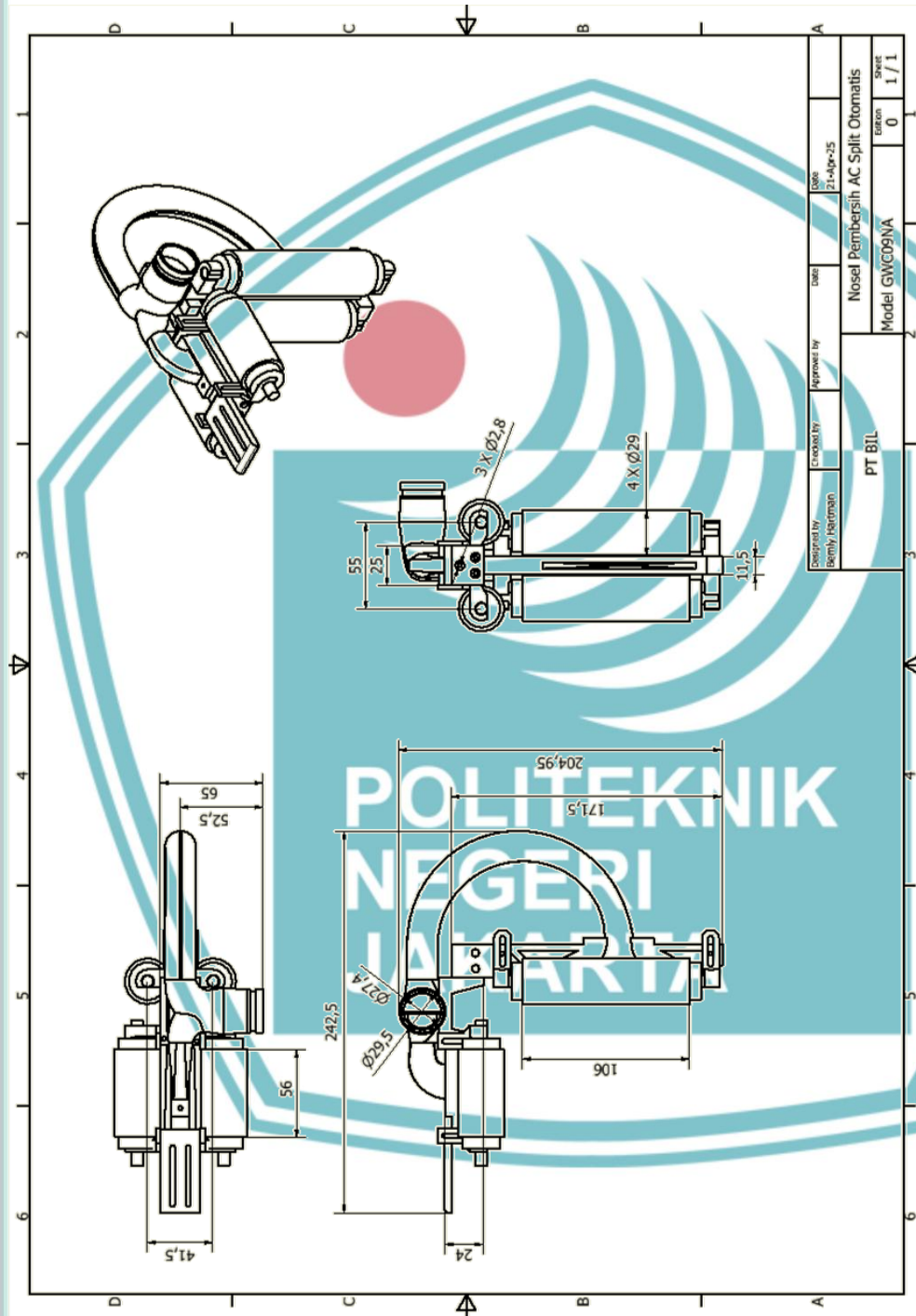
Lampiran 2. Desain *Nozzle* Pembersih *AC Split* Otomatis Model FTE50KV14



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

Lampiran 3. Desain *Nozzle* Pembersih *AC Split* Otomatis Model GWC09NA



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