



TUGAS AKHIR – TLI

ALAT PENGINGAT WAKTU PENGANTIAN OLI MESIN DOZER BERBASIS MIKROKONTROLER DAN *INTERNET OF THINGS*

Oleh:

Zayyadi

NRP. 33112301024

Dosen Pembimbing:

A Labib Fardany Faisal, M.T.I. Pembimbing I

Ir. Akhmad Arif Kurdianto, S.ST., M.T. Pembimbing II

PROGRAM STUDI DIII TEKNIK LISTRIK INDUSTRI

JURUSAN TEKNOLOGI ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI MADURA

SAMPANG

2026



TUGAS AKHIR – TLI

**ALAT PENGINGAT WAKTU
PENGANTIAN OLI MESIN DOZER
BERBASIS MIKROKONTROLER DAN
*INTERNET OF THINGS***

Oleh:

Zayyadi

NRP. 33112301024

Dosen Pembimbing:

A Labib Fardany Faisal, M.T.I. Pembimbing I

Ir. Akhmad Arif Kurdianto, S.ST., M.T. Pembimbing II

PROGRAM STUDI DIII TEKNIK LISTRIK INDUSTRI

JURUSAN TEKNOLOGI ELEKTRO

POLITEKNIK NEGERI MADURA

SAMPANG

2026

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN

Saya mahasiswa Politeknik Negeri Madura, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi:

Nama : Zayyadi
NRP : 33112301024
Program Studi : D3 Teknik Listrik Industri
Jurusan : Teknologi Elektro

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang saya buat dengan judul “Alat Pengingat Waktu Penggantian Oli Mesin Dozer Berbasis Mikrokontroler Dan *Internet Of Things*”:

- Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, bimbingan dengan dosen pembimbing dan pembimbing penelitian, melalui tanya jawab maupun asistensi serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada Tugas Akhir ini.

Bukan merupakan duplikasi yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas/Perguruan.

Tinggi lain, kecuali pada bagian-bagian tertentu digunakan referensi pendukung untuk melengkapi informasi dan sumber informasi dengan dicantumkan melalui referensi yang semestinya.

- Bukan merupakan karya tulis terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada Tugas Akhir ini.

Jika terbukti saya tidak memenuhi apa yang telah saya nyatakan seperti apa yang di atas, maka Tugas Akhir saya ini dibatalkan.



LEMBAR PENGESAHAN

ALAT PENGGANTI OLI MESIN DOZER BERBASIS MIKROKONTROLER DAN IOT

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh

Gelar Ahli Madya Teknik (A.Md.T)

Pada

Jurusan Teknologi Elektro Politeknik Negeri Madura

Oleh:

ZAYYADI

NRP. 33112301024

Tugas Akhir ini telah disidangkan pada tanggal 28 Juli 2026 dan
telah sesuai dengan ketentuan.

Disetujui oleh Tanda Tangan

1. A Labib Fardany Faisal M.T.I. (Pembimbing I)
2. Ir Akhmad Arif Kurdianto, S.ST., M.T. (Pembimbing II)
3. Dr Kuku Widarsono, M.T. (Penguji I)
4. Ahmad Mustofa, S.Kom., M.Kom. (Penguji II)
5. Helmy Sahirul Alim, S.S., M.Pd. (Penguji III)
6. Endin Tri Hartanto A.MD.,ST.,MT.,M.,Tr.,Ops. (Penguji III)

Sampang,

28 Juli 2026

LEMBAR PERSETUJUAN SIDANG TUGAS AKHIR

Judul Tugas Akhir : Alat Pengingat Waktu Penggantian Oli
Mesin Dozer Berbasis Mikrokontroler
Dan *Internet Of Things*

Penulis : Zayyadi

NRP : 33112301024

Program Studi : DIII Teknik Listrik Industri

Jurusan : Teknologi Elektro

Tugas Akhir ini telah diperiksa dan disetujui untuk disidangkan
Ditandatangani di Gedung A, Politeknik Negeri Madura.

Menyetujui,

Dosen Pembimbing II

Dosen Pembimbing I



Akhmad Arif Kurdianto, S.ST., M.T.
NIP : 198403152021211002



A Labib Fardany Faisal, M.T.I.
NIP. 199304132022031015

Koordinator Program Studi
Teknik Listrik Industri



Bayu Praharsena, S.ST., M.T.
NIP. 199405312019031009

Ketua Jurusan
Teknologi Elektro



Mohammad Nur, S.Si., M.T.
NIP. 198605082019031007



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA

ABSTRAK



ALAT PENGINGAT WAKTU PENGGANTIAN OLI MESIN DOZER BERBASIS MIKROKONTROLER DAN *INTERNET OF THINGS*

Nama : Zayyadi
NRP : 33112301024
Dosen Pembimbing I : A Labib Fardany Faisal, M.T.I.
Dosen Pembimbing II : Ir. Akhmad Arif Kurdianto,
S.ST.,M.T.

ABSTRAK

Penggantian oli mesin secara teratur sangat penting untuk menjaga kinerja optimal kendaraan dan memperpanjang umur pakainya. Banyak pemilik kendaraan yang mungkin lupa melakukan penggantian oli karena kesibukan sehari-hari. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem cerdas berbasis mikrokontroler dan *IoT* untuk mengingatkan waktu penggantian oli. Sistem ini memantau jarak tempuh dan kualitas oli menggunakan sensor, kemudian mengirim data ke cloud server melalui *Wi-Fi*. Pengguna dapat memantau status oli secara *real-time* lewat aplikasi *smartphone*. Jika oli perlu diganti, sistem akan mengirim notifikasi peringatan kepada pengguna.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sistem ini mampu memberikan pemantauan yang akurat dan efektif. Dengan adanya sistem ini, risiko kerusakan mesin dapat diminimalkan, sehingga perawatan kendaraan menjadi lebih mudah dan terukur.

Kata Kunci: Oli Mesin, Mikrokontroler, *Internet of Things*, Notifikasi, Pemeliharaan Kendaraan.



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA

ABSTRACT



***ENGINE OIL REPLACEMENT TIME REMINDER
FOR DOZERS BASED ON MICROCONTROLLER
AND THE INTERNET OF THINGS***

Nama : Zayyadi
NRP : 33112301024
Dosen Pembimbing I : A Labib Fardany Faisal, M.T.I.
Dosen Pembimbing II : Ir. Akhmad Arif Kurdianto, S.ST.,
M.T.

ABSTRACT

Regular engine oil replacement is crucial for maintaining optimal vehicle performance and extending its lifespan. Many vehicle owners may forget to change the oil due to their daily busy schedules. This study aims to develop an intelligent system based on microcontrollers and IoT to remind users of the proper time for oil changes. The system monitors mileage and oil quality using sensors, then sends the data to a cloud server via Wi-Fi. Users can monitor the oil status in real-time through a smartphone application. If the oil needs to be changed, the system will send a warning notification to the user. Test results indicate that this system

is capable of providing accurate and effective monitoring. With the implementation of this system, the risk of engine damage can be minimized, making vehicle maintenance easier and more measurable.

Keywords: Engine Oil, Microcontroller, Internet of Things, Notifications, Vehicle Maintenance.



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



KATA PENGANTAR



POLTERA



KATA PENGANTAR

Alhamdulillah segala puji syukur kepada Allah Yang Maha Esa yang telah memberi kekuatan, kemampuan, dan kesabaran kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Tujuan penulisan tugas akhir adalah memenuhi salah satu persyaratan bagi mahasiswa untuk dapat menyelesaikan pendidikan Diploma-3 Program Studi Teknik Listrik Industri di Politeknik Negeri Madura.

Dalam tugas akhir ini, penulis berperan sebagai editor telah menyunting karya produk buku informasi anak tentang pengingat waktu penggantian oli. Berdasarkan karya tersebut, penulis menyusun laporan TA berjudul “ALAT PENGINGAT WAKTU PENGGANTIAN OLI MESIN *DOZER* BERBASIS MIKROKONTROLER DAN *INTERNET OF THINGS*”

Laporan TA ini tidak akan selesai dengan baik tanpa bantuan, bimbingan, dan dorongan dari orang-orang yang berada di sekitar penulis. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih banyak kepada:

1. Ibu Laily Ulfiyah, S.T., MT., Direktur Politeknik

Negeri Madura.

2. Bapak M. Musta'in, S.T., MT., Wakil Direktur Bidang Akademik.
3. Bapak Mohammad Nur, S.S.i., M.T., Ketua Jurusan Teknologi Elektro.
4. Bapak Ibrahim Saiful Millah, M.T, Sekretaris Jurusan Teknologi Elektro.
5. Bapak A Labib Fardany Faisal, M.T.I., selaku Pembimbing I.
6. Bapak Ir. Akhmad Arif Kurdianto, S.ST., M.T, selaku Pembimbing II.
7. Para Bapak/Ibu dosen dan tenaga kependidikan Politeknik Negeri Madura yang telah melayani.
8. Kedua orang tua penulis, yang senantiasa memberi motivasi dan dukungan kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

Para dosen dan tenaga kependidikan Politeknik Negeri Madura yang telah melayani penulis selama menempuh pendidikan. Penulis menyadari masih terdapat kekurangan



Tugas Akhir TLI

dan mengharapkan kritik serta saran yang membangun untuk tugas akhir ini.

Sampang, 13 Januari 2026

Zayyadi

NRP. 33112301034

Halaman ini sengaja dikosongkan



DAFTAR ISI



DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PERSETUJUAN SIDANG TUGAS AKHIR.....	iv
ABSTRAK.....	vi
<i>ABSTRACT</i>	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG	xx
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB 1	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan	4
1.5 Manfaat	5
BAB II.....	8
TINJAUAN PUSTAKA.....	8
2.1 Penelitian Sebelumnya	8
2.1.1 Proses Akuisisi dan Digitalisasi Data	9
2.1.2 Konsep Sistem Monitoring Terintegrasi	10
2.1.3 Efisiensi Operasional melalui Monitoring Real-Time	10

2.1.4 Kemudahan Mencari dan Memantau Data	11
2.2 Landasan Teori	12
2.2.1 Pelumasan (Oli) Pada Pembakaran Dalam Mesin ...	12
2.2.2 Mikrokontroler Dalam Sistem Pemantauan Pintar ...	12
2.2.3 <i>Internet of Things (IoT)</i>	13
2.2.4 Integrasi Teknologi Sensor	13
BAB III	16
METODOLOGI PENELITIAN	16
3.1 Diagram Alir Penelitian	16
3.2 Tahap Persiapan	20
3.2.1 Perancangan dan Implementasi Perangkat (<i>Hardware</i>)	21
3.2.2 Pengujian Fitur dan Validasi	21
3.2.3 Pengujian Kriteria dan Analisis Akhir	22
3.2.4 Diagram alur kerja alat	22
3.2.5 Alur Diagram Alat	25
3.2.6 Blok diagram alat	28
3.2.7 Spesifikasi Alat dan Bahan	30
3.2.8 Arduino Uno	31
3.2.9 Sumber Daya Arduino Uno	32
3.2.10 <i>Real time clock module</i>	32
3.2.11 LCD (<i>Liquid Qrystal Display</i>)	33
3.2.12 Alternator	33
3.2.13 Module step-down XL 7015	35
3.2.14 SIM7000	36
3.2.15 FM24C64A-P	37
3.2.16 Desain alat	38

3.2.17 Jadwal Kegiatan	39
BAB IV	41
HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1 Pengujian Sistem Konversi Daya	41
4.1.1 Tujuan dan Prosedur Pengujian	42
4.1.2 Hasil Pengukuran Tegangan Output	43
4.1.3 Analisis dan Pembahasan	44
4.2 Pengujian Integritas Penyimpanan Data Memori FRAM ..	45
4.2.1 Tujuan dan Prosedur Pengujian	46
4.2.2 Hasil Pengujian Retensi Data	48
4.2.3 Analisis dan Pembahasan	49
4.3 Pengujian Sistem Pengingat Otomatis dan Notifikasi IoT	50
4.3.1 Tujuan dan Prosedur Pengujian	51
4.3.2 Hasil Pengujian Respons Peringatan dan Notifikasi ..	53
4.3.3 Analisis dan Pembahasan	54
BAB V	58
KESIMPULAN DAN SARAN	58
5.1 Kesimpulan	58
5.2 Saran	59
DAFTAR PUSTAKA	60



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA

DAFTAR TABEL



DAFTAR TABEL

Tabel 3.2.17 Jadwal Kegiatan Penelitian	39
Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Tegangan Input dan Output Modul Step-Down	43
Tabel Monitoring Komponen dan Notifikasi	56

Halaman ini sengaja dikosongkan



DAFTAR GAMBAR



DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1 Diagram Penelitian	19
Gambar 3.2.4 Diagram Alur Kerja Alat.	22
Gambar 3.2.5 Alur Diagram Alat	25
Gambar 3.2.6 Blok Diagram Alat.	28
Gambar 3.2.8 Arduino Uno.	31
Gambar 3.2.10 <i>Real Time Clock Module</i> DS3	32
Gambar 3.2.11 LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>).....	33
Gambar 3.2.12 Alternator	34
Gambar 3.2.13 Module <i>step-down</i> XL7015 Error! Bookmark not defined.	
Gambar 3.2.14 SIM7000	36
Gambar 3.2.15 FM24C64A-P	37
Gambar 3.2.16 desain box PCB	38
Gambar 4.1 Hasil Pengukuran Tegangan <i>Output</i> Modul <i>Step-Down</i> Menggunakan Multimeter Digital Menunjukkan Nilai Stabil 5,01	44
Gambar 4.2 Pengujian Retensi Data Riwayat Hour Meter pada Layar LCD Sebelum dan Sesudah Pemutusan Arus Listrik Secara Mendadak	48
Gambar 4.3.3 Tampilan Notifikasi Peringatan Oli Mesin Dozer Jarak Jauh yang berhasil diterima pada perangkat <i>smartphone</i> melalui jaringan <i>IoT</i> SIM7000	53





POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



DAFTAR SINGKATAN

DAN LAMBANG



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

<i>OMM</i>	<i>: Operation Maintenance Manual</i>
<i>TA</i>	<i>: Tugas Akhir</i>
<i>RTC</i>	<i>: Real Time Clock</i>
<i>LCD</i>	<i>: Liquid Crystal Display</i>
<i>IC</i>	<i>: Integrated Circuit</i>
<i>PCB</i>	<i>: Printed Circuit Board</i>
<i>TFT</i>	<i>: Thin Film Transistor</i>
<i>POLTERA</i>	<i>: Politeknik Negeri Madura</i>
<i>IDE</i>	<i>: Integrated Development Environment</i>



DAFTAR LAMPIRAN



DAFTAR LAMPIRAN



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA

BAB 1

PENDAHULUAN



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kendaraan bermotor merupakan alat transportasi vital bagi masyarakat *modern*, menopang mobilitas dan produktivitas harian. Oli mesin berperan penting dalam menjaga kinerja mesin, mengurangi gesekan antar komponen, membersihkan sisa pembakaran, dan mendinginkan suhu internal mesin. Kualitas oli yang menurun akibat penggunaan berlebihan bisa menyebabkan kerusakan permanen pada mesin. Oleh karena itu, perawatan oli mesin sangat krusial untuk menjaga umur kendaraan.

Banyak pemilik kendaraan sering terlambat melakukan penggantian oli karena kesibukan sehari-hari dan kurangnya sistem pengingat yang efektif. Metode konvensional seperti stiker di speedometer atau catatan manual sering kali tidak diandalkan, rentan hilang, atau terabaikan. Hal ini membuat perawatan kendaraan menjadi tidak teratur dan sering kali dilakukan setelah muncul gejala kerusakan. Ini bisa berakibat pada biaya perbaikan yang lebih mahal dan risiko kerusakan mesin yang lebih besar.[1]

Konsep *Internet of Things* (IoT) menawarkan solusi inovatif untuk mengatasi masalah pemantauan aset secara real-time. Dengan mengintegrasikan sensor pada kendaraan, parameter seperti jarak tempuh dan kondisi oli dapat dipantau secara digital dan otomatis. Mikrokontroler sebagai otak sistem memungkinkan pengolahan data sensor secara presisi, yang kemudian dapat ditransmisikan ke jaringan *internet*. Ini membuka peluang bagi terciptanya sistem pemeliharaan yang cerdas dan mandiri.[2]

Dengan adanya sistem pemantauan berbasis *IoT*, perawatan kendaraan menjadi lebih efisien dan terukur. Notifikasi otomatis ke *smartphone* membantu pemilik kendaraan melakukan perawatan preventif tepat waktu, tanpa harus mengecek *odometer* secara berkala. Implementasi teknologi ini diharapkan dapat meningkatkan efisiensi perawatan, memperpanjang usia pakai mesin, dan mengurangi biaya perbaikan akibat kerusakan yang seharusnya dapat dicegah. Sistem ini juga meningkatkan kesadaran pemilik kendaraan akan pentingnya perawatan rutin.[3]

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka penulis dapat merumuskan beberapa masalah antara lain:

1. Bagaimana cara membuat alat monitoring kendaraan berbasis *IoT* yang otomatis mengirim notifikasi ke *smartphone* saat sudah waktunya ganti oli?
2. Bagaimana merancang system regulasi tegangan yang aman untuk mengubah arus DC dari aki kendaraan (yang sering Fluktuatif) menjadi arus stabil yang dibutuhkan oleh komponen *IOT*?
3. Bagaimana merancang sistem pengarsipan data operasional mesin yang mampu mengurangi risiko kehilangan data akibat degradasi media penyimpanan dalam jangka panjang?

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian dapat dilaksanakan dan terfokus pada tujuan yang telah ditetapkan, maka penulis membatasi penelitian ini antara lain:

1. Alat bantu ini akan dirancang untuk bekerja dengan jenis mikrokontroler arduino Nano.
2. Notifikasi akan diberikan dalam bentuk visual pada

layar LCD yang terpasang pada *Dozer*.

3. Tampilan yang di program di lcd berupa detik dan tulisan ganti oli ketika sudah mencapai pergantian.

1.4 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai penelitian ini antara lain:

1. Membangun dan menguji sistem pengingat penggantian oli mesin otomatis yang mampu mengolah data dari sensor secara presisi melalui mikrokontroler, serta berhasil mengintegrasikannya dengan *platform IoT* untuk mengirimkan notifikasi peringatan ke *smartphone* pengguna secara akurat dan tepat waktu.
2. Mengimplementasikan sistem konversi daya yang mampu menurunkan tegangan fluktuatif dari aki kendaraan (12V- 5V) menjadi tegangan konstan dengan tingkat toleransi *error* yang sangat rendah agar aman bagi komponen *IoT*.
3. Mengimplementasikan sistem pencatatan *log* penggantian oli yang mampu menjamin integritas data selama lebih dari 20 tahun dengan mengintegrasikan teknologi *Ferroelectric RAM (F-*

RAM) pada chip FM24C64A-P sebagai media penyimpanan utama yang tahan terhadap degradasi termal dan kegagalan siklus tulis.

1.5 Manfaat

Manfaat yang ingin dicapai dengan disusunnya penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Alat bantu ini dapat membantu dengan lebih efisien dalam melakukan perawatan berkala.
2. Dengan deteksi dini waktu penggantian oli, kerusakan mesin dapat dicegah sehingga memperpanjang umur pakai *Dozer*.
3. Dengan melakukan penggantian oli sesuai jadwal, biaya pemeliharaan *Dozer* di industri dapat ditekan.
4. Pengembangan alat bantu ini dapat mendorong inovasi dalam bidang perawatan mesin di PT Adiluhung Sarasagara Indonesia.



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Alat pengingat ganti oli dengan sensor *Hall Effect*, tapi bekerja *offline via* LCD. Penelitian lain fokus pada transmisi data parameter oli ke *database*, tapi belum optimalkan notifikasi *push*. [4]

Penelitian sistem pemantauan kendaraan telah dilakukan dengan berbagai pendekatan. Dengan mengembangkan sistem monitoring perawatan kendaraan berfokus pada sensor *odometer* untuk menentukan jadwal servis. Untuk memantau kondisi oli mesin dengan protokol *MQTT*, tapi antarmuka masih statis. [5]

Menggunakan sensor *odometer* untuk melacak jarak tempuh kendaraan sebagai indikator servis berkala, Guna memberikan dasar logika perhitungan waktu servis, namun pada *Dozer* Anda perlu mengonversinya ke *Hour Meter* (HM) karena alat berat dihitung berdasarkan jam kerja mesin, bukan jarak (km). [5]

Penelitian ini menggabungkan sensor jarak, mikrokontroler ESP32, dan *IoT* untuk notifikasi *real-time* ke smartphone, membuat pemeliharaan lebih proaktif dan

efisien. Sistem ini diharapkan meningkatkan responsivitas perawatan kendaraan.[6]

Pada penelitian ini dalam pengimplementasi *IoT* khusus untuk sistem informasi pemeliharaan alat berat, Guna memperkuat urgensi penggunaan *IoT* pada alat berat seperti *Dozer* untuk menghindari *downtime* yang mahal.[7]

Pada penelitian Karim Abdul Jabbar dengan judul pengingat waktu penggantian oli mesin dozer berbasis IOT memiliki sebuah kekurangan yang terletak di teknologi TKT seperti:

- Alat tidak tahan getar.
- Alat tidak bisa mencatat waktu dengan cepat.
- Alat tidak dapat mencatat waktu dalam jangka panjang.
- Alat belum terbukti andal jikadi pakai terus.

2.1.1 Proses Akuisisi dan Digitalisasi Data

Transmisi data dimulai dengan proses akuisisi data dari sensor yang terpasang pada mesin *dozer*, di mana besaran fisik seperti jam operasional (*Hour Meter*) atau kualitas oli dikonversi menjadi sinyal digital oleh mikrokontroler. Data yang telah terdigitalisasi ini kemudian dikemas dalam format paket data kecil agar efisien saat dikirimkan melalui jaringan nirkabel.[4]

2.1.2 Konsep Sistem Monitoring Terintegrasi

Sistem monitoring adalah sebuah proses pengumpulan dan analisis data secara terus-menerus terhadap parameter tertentu pada kendaraan untuk memastikan kinerja tetap optimal. Dalam konteks alat berat seperti *dozer*, sistem ini berfungsi sebagai pengawas kondisi mesin yang bekerja secara mandiri tanpa memerlukan pengecekan manual yang repetitif oleh operator atau mekanik.[5]

Pada tugas akhir saya ini, sistem monitoring dikembangkan secara khusus untuk memantau jam operasional (*hour meter*) serta kondisi oli pada mesin *dozer* secara *real-time*. Informasi hasil pemantauan ditayangkan melalui layar LCD dan *platform Web IoT*, serta dilengkapi indikator suara berupa *Buzzer* untuk memberikan peringatan otomatis apabila mesin telah mencapai batas waktu perawatan atau penggantian oli.

2.1.3 Efisiensi Operasional melalui Monitoring Real-Time

Mikrokontroler meningkatkan efisiensi dengan mengotomatisasi pengumpulan data *Hour Meter* (HM) secara presisi. Hal ini meminimalkan waktu henti mesin

(*downtime*) tidak terencana karena jadwal penggantian oli dapat diprediksi lebih awal. Selain itu, manajemen logistik pelumas menjadi lebih tertata karena kebutuhan penggantian oli pada unit *Dozer* dapat dipantau langsung melalui dasbor tanpa harus mendatangi lokasi tambang atau konstruksi yang jauh. [6]

Selain itu pada alat yang saya buat, pada manajemen logistik pelumas menjadi lebih efektif dan efisien karena status kebutuhan penggantian oli pada unit *dozer* dapat dipantau secara jarak jauh melalui dasbor *Web IoT* tanpa harus mendatangi lokasi tambang atau area konstruksi secara langsung.

2.1.4 Kemudahan Mencari dan Memantau Data

Penggunaan *IoT* mengubah proses pengecekan jam operasional (*hour meter*) dozer dari manual menjadi otomatis. Hal ini menggeser pola kerja dari manusia yang mencari informasi menjadi sistem yang secara aktif memberikan laporan kepada pengguna.[7]

Melalui integrasi dasbor *Web IoT* dan antarmuka LCD, pengguna maupun tim pemeliharaan dapat mengakses informasi jam kerja serta status kelayakan oli secara *real-time* kapan saja dan di mana saja. Hal ini tidak hanya

mempermudah pengawasan unit alat berat, tetapi juga meningkatkan akurasi data guna mendukung pengambilan keputusan perawatan secara cepat dan presisi.

2.2 Landasan Teori

Adapun penulis melampirkan landasan teori sebagai mana yang terlampir di bawah ini:

2.2.1 Pelumasan (Oli) Pada Pembakaran Dalam Mesin

Sistem pelumasan sangat penting untuk mesin pembakaran dalam karena meminimalisir gesekan antar komponen logam yang bergerak. Oli mesin berfungsi membentuk lapisan film tipis yang mencegah kontak langsung antar permukaan, sehingga mengurangi panas berlebih dan mencegah keausan. Selain itu, oli juga membersihkan sisa pembakaran dan mencegah korosi pada bagian dalam mesin. Kualitas oli yang menurun bisa menyebabkan kerusakan permanen jika tidak diganti tepat waktu.[8]

2.2.2 Mikrokontroler Dalam Sistem Pemantauan Pintar

Mikrokontroler seperti Arduino Nano atau NodeMCU sering digunakan dalam sistem pintar karena

memiliki modul Wi-Fi dan Bluetooth terintegrasi. Mikrokontroler ini mengolah data dari sensor, melakukan komputasi berdasarkan algoritma yang diprogram, dan mengontrol output berupa pengiriman data ke server. Kemampuan pemrosesan yang cepat dan konsumsi daya yang rendah menjadikan mikrokontroler solusi ideal untuk perangkat pemantauan kendaraan yang bekerja kontinu.[9]

2.2.3 *Internet of Things (IoT)*

Internet of Things (IoT) memungkinkan objek fisik dihubungkan ke internet untuk pertukaran data secara mandiri. Dalam konteks sistem pengingat ganti oli, *IoT* memungkinkan data yang diolah oleh mikrokontroler dikirim ke *cloud platform* secara *real-time*. Protokol komunikasi seperti MQTT digunakan untuk menjamin transmisi data yang efisien dari perangkat ke *server*. Dengan *IoT*, status kendaraan dapat diakses dari mana saja selama ada koneksi internet.[9]

2.2.4 Integrasi Teknologi Sensor

Sensor mengubah besaran fisik menjadi sinyal elektrik untuk diproses mikrokontroler. Sensor *Hall Effect* umum digunakan untuk menghitung putaran, sementara

sensor viskositas atau suhu memantau kondisi fisik oli secara langsung. Data tersebut menjadi dasar sistem untuk mengirimkan notifikasi otomatis ke *smartphone* pengguna saat parameter mencapai ambang batas. Integrasi ini menciptakan sistem perawatan kendaraan yang proaktif, terotomatisasi, dan memudahkan pengambilan keputusan.[10]



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN



BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir di bawah menggambarkan tahapan pelaksanaan penelitian dalam perancangan Alat Pengingat Waktu Penggantian Oli Mesin Dozer Berbasis Mikrokontroler dan Internet of Things, dengan penjelasan sebagai berikut:

1. Mulai — Tahap awal yang menandai dimulainya seluruh rangkaian proses penelitian.
2. Studi Literatur — Dilakukan pengumpulan dan pengkajian teori, jurnal, serta penelitian terdahulu yang relevan dengan sistem monitoring, mikrokontroler, dan IoT sebagai dasar teori dan acuan perancangan alat.
3. Mencari Datasheet Komponen — Berdasarkan hasil studi literatur, dilakukan pencarian datasheet setiap komponen elektronik yang akan digunakan (mikrokontroler, sensor, modul komunikasi, regulator tegangan, dll.) untuk memastikan spesifikasi teknisnya sesuai kebutuhan sistem.
4. Membeli Komponen — Pengadaan komponen

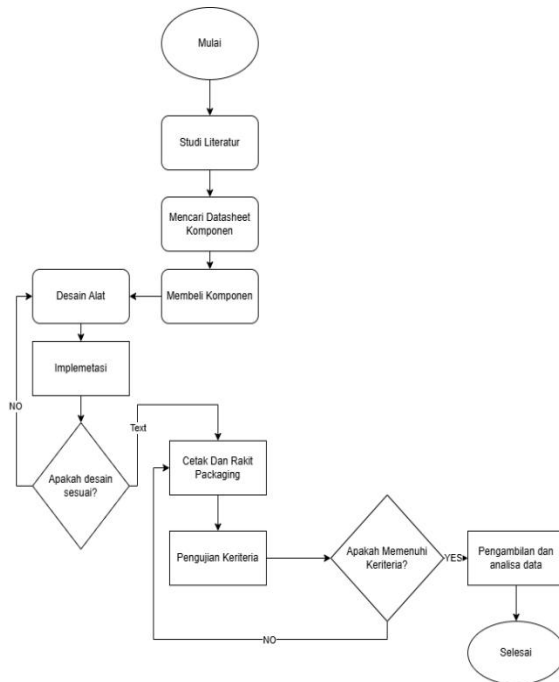
dilakukan berdasarkan datasheet yang telah dipelajari pada tahap sebelumnya. Desain Alat — Tahap perancangan alat, mencakup desain rangkaian elektronik (skematik), desain regulasi tegangan, dan arsitektur sistem monitoring beserta pengarsipan data. Implementasi — Hasil desain diwujudkan secara fisik melalui perakitan rangkaian dan pemrograman mikrokontroler sesuai rancangan yang telah dibuat.

5. Apakah Desain Sesuai? — Hasil implementasi dievaluasi kesesuaiannya dengan desain awal.
6. Jika belum sesuai, proses kembali ke tahap Desain Alat untuk direvisi (iterasi pertama).
7. Jika sudah sesuai, penelitian dilanjutkan ke tahap berikutnya.
8. Cetak dan Rakit Packaging — Tahap pembuatan casing/kemasan alat serta perakitan akhir seluruh komponen ke dalam housing agar siap diuji dan dipasang pada unit dozer.
9. Pengujian Kriteria — Alat diuji berdasarkan parameter keberhasilan yang ditetapkan, misalnya akurasi pembacaan jam operasional, kestabilan tegangan keluaran regulator, keberhasilan pengiriman

notifikasi ke smartphone, dan keandalan sistem pengarsipan data. Apakah Memenuhi Kriteria? — Hasil pengujian dievaluasi terhadap kriteria tersebut.

10. Jika belum memenuhi, proses kembali ke tahap Cetak dan Rakit Packaging untuk diperbaiki (iterasi kedua). Jika sudah memenuhi, penelitian dilanjutkan ke tahap pengambilan data.
11. Pengambilan dan Analisa Data — Data hasil pengujian alat dikumpulkan dan dianalisis untuk menarik kesimpulan mengenai kinerja dan keberhasilan alat yang dirancang.

Selesai — Tahap akhir yang menandai berakhirnya seluruh proses penelitian.



Gambar 3.1 Diagram Penelitian.

3.2 Tahap Persiapan

Proses dimulai dengan Studi Literatur untuk memahami karakteristik mesin *Dozer* dan kebutuhan *interval* penggantian oli. Selanjutnya, dilakukan pencarian *Datasheet* Komponen untuk memastikan kompatibilitas antara komponen utama:

1. Mikrokontroler: Arduino Nano sebagai unit pemeroses pusat.
2. Penyimpanan & Waktu: RTC DS3231 untuk data waktu presisi (*real-time*) dan FM24C64A-P (EEPROM) untuk menyimpan *log* data permanen.
3. Konektivitas *IoT*: Modul SIM7000 untuk transmisi data ke *platform IoT*.
4. *User Interface*: LCD sebagai tampilan visual, Keypad untuk *input* data, dan *Buzzer* sebagai alarm peringatan.
5. Manajemen Daya: *Stepdown* 12V ke 5V untuk menyesuaikan tegangan aki *Dozer* dengan kebutuhan komponen elektronik.

3.2.1 Perancangan dan Implementasi Perangkat (*Hardware*)

Setelah komponen dibeli, alur memasuki fase Desain Alat dan Implementasi. Pada tahap ini, dilakukan integrasi skematik antara Arduino Nano dengan sensor dan modul komunikasi. Jika desain awal tidak memenuhi standar (jalur logika *No*), sistem akan dievaluasi kembali pada tahap desain. Jika desain sesuai (*Yes*), proses dilanjutkan ke Cetak PCB dan Perakitan fisik alat.

3.2.2 Pengujian Fitur dan Validasi

Tahap Pengujian Fitur dilakukan untuk memastikan setiap komponen berfungsi sesuai fungsinya (misalnya: *SMS/Data* terkirim *via* SIM7000 atau waktu terbaca tepat oleh *RTC*).

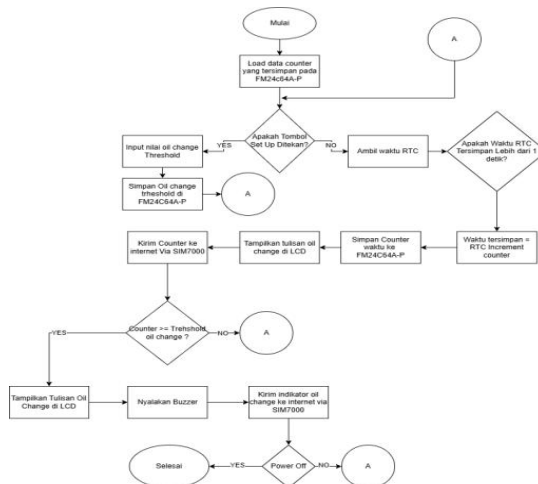
- Jika fitur belum sesuai, dilakukan perbaikan pada tahap perakitan.
- Jika fitur sudah stabil, dilanjutkan ke Cetak dan Rakit Packaging untuk melindungi perangkat dari lingkungan ekstrim mesin Dozer.

3.2.3 Pengujian Kriteria dan Analisis Akhir

Langkah terakhir adalah Pengujian Kriteria, di mana alat diuji langsung pada kondisi operasional mesin untuk melihat apakah peringatan penggantian oli muncul tepat waktu.

- Iterasi: Jika kriteria belum terpenuhi, dilakukan revisi pada *packaging* atau posisi alat.
- Finalisasi: Jika kriteria terpenuhi (Yes), dilakukan Pengambilan dan Analisa Data untuk memvalidasi performa sistem *IoT* dalam mengirimkan notifikasi pengingat oli secara *real-time*.

3.2.4 Diagram alur kerja alat



Gambar 3.2.4 Diagram Alur Kerja Alat.

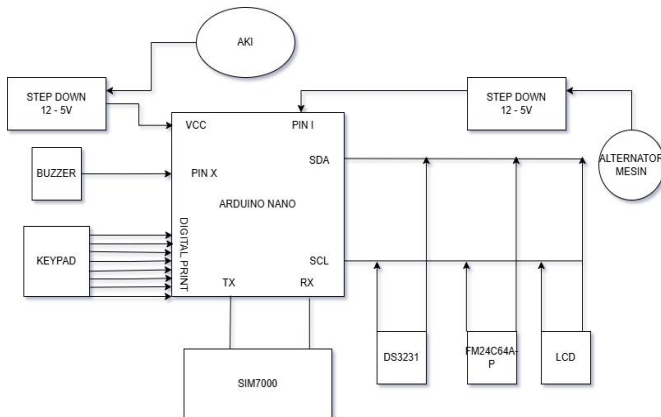
Diagram di atas menjelaskan algoritma operasional alat pengingat penggantian oli mesin *dozer* sejak dinyalakan hingga dimatikan, dengan penjelasan sebagai berikut:

1. Mulai Sistem mulai dijalankan saat alat dinyalakan (*power on*).
2. Load data counter yang tersimpan pada FM24C64A-P — Mikrokontroler memuat kembali nilai *counter* (akumulasi jam operasional) yang tersimpan pada FM24C64A-P, yaitu *chip* memori FRAM (*Ferroelectric RAM*). Tahap ini memastikan data jam operasional tidak hilang meskipun alat sempat mati/*restart* — inilah bagian yang menjawab rumusan masalah pengarsipan data, karena FRAM memiliki ketahanan tulis (*write endurance*) jauh lebih tinggi dan risiko degradasi lebih rendah dibanding EEPROM biasa untuk penyimpanan jangka panjang.
3. Apakah Tombol Set Up Ditekan? — Sistem mengecek apakah pengguna menekan tombol setup.
 - *YES*: masuk ke Input nilai *oil change threshold* (pengguna memasukkan ambang batas jam operasional untuk penggantian oli) → Simpan *oil change threshold* di FM24C64A-P (nilai *threshold* disimpan permanen di FRAM) → kembali ke titik A (lanjut ke siklus utama).
 - *NO*: lanjut ke Ambil waktu RTC (mikrokontroler membaca waktu berjalan dari modul RTC/*Real Time Clock*).

4. Apakah Waktu RTC Tersimpan Lebih dari 1 Detik? — Sistem memeriksa apakah selisih waktu RTC yang tersimpan sudah lebih dari 1 detik sejak pembacaan terakhir (mekanisme *debounce* agar *counter* hanya bertambah sekali per detik, bukan berkali-kali dalam satu siklus *loop*) → Waktu tersimpan = RTC increment counter (jika terpenuhi, nilai waktu tersimpan diperbarui dan counter jam operasional bertambah).
5. Simpan *Counter* waktu ke FM24C64A-P — Nilai counter terbaru disimpan kembali ke FRAM agar data tetap konsisten dan tidak hilang.
6. Tampilkan tulisan *oil change di LCD* — Informasi status oli (*counter*/waktu tersisa) ditampilkan pada layar LCD alat sebagai indikator lokal.
7. Kirim *Counter* ke internet via SIM7000 — Data counter dikirim ke *server/cloud* melalui modul SIM7000 (modul komunikasi seluler GSM/LTE), memungkinkan pemantauan jarak jauh — ini adalah implementasi inti dari rumusan masalah monitoring berbasis *IoT*.
8. *Counter Threshold Oil Change?* Sistem membandingkan nilai counter dengan threshold yang telah diset.
 - *NO*: kembali ke titik A (siklus berulang, alat terus memantau).
 - *YES*: lanjut ke tahap peringatan:

- a. Tampilkan Tulisan Oil Change di LCD — LCD menampilkan peringatan bahwa oli sudah waktunya diganti.
 - b. Nyalakan Buzzer Alarm bunyi diaktifkan sebagai peringatan lokal di unit dozer.
 - c. Kirim indikator *oil change ke internet via SIM7000* — Notifikasi peringatan dikirim melalui SIM7000, yang selanjutnya diteruskan sebagai *push notification* ke *smartphone* operator/teknisi.
9. *Power Off?* — Sistem mengecek apakah alat dimatikan.
- NO*: kembali ke titik A, siklus (*loop*) berlanjut tanpa henti.
- YES*: sistem berhenti → Selesai.

3.2.5 Alur Diagram Alat



Gambar 3.2.5 Alur Diagram Alat

Diagram di atas menunjukkan arsitektur perangkat keras alat pengingat penggantian oli mesin dozer, dengan penjelasan sebagai berikut:

1. Jalur Catu Daya Utama (Aki → Arduino) Sumber daya utama alat berasal dari AKI kendaraan (tegangan 12V DC). Tegangan ini diturunkan oleh modul *STEP DOWN 12–5V (buck converter)* menjadi tegangan stabil 5V DC sebelum masuk ke pin VCC Arduino Nano. Bagian inilah yang menjawab rumusan masalah kedua penelitian ini — mengubah arus DC aki yang fluktuatif menjadi tegangan stabil yang aman bagi komponen mikrokontroler.

2. Arduino Nano sebagai Pusat Kendali Arduino Nano bertindak sebagai mikrokontroler utama yang memproses seluruh logika sistem, dengan alokasi pin sebagai berikut: Digital Print (pin digital) → terhubung ke Keypad, sebagai input manual pengguna (misalnya untuk mengatur/mengecek threshold oli).

PIN X → terhubung ke Buzzer, sebagai output alarm suara saat oli sudah waktunya diganti. TX/RX → terhubung secara serial (UART) ke modul SIM7000, untuk mengirim data counter dan status oli ke internet. SDA/SCL → jalur bus I2C, digunakan untuk berkomunikasi dengan tiga modul sekaligus: DS3231 (modul *RTC/Real Time Clock*, sumber acuan waktu), *FM24C64A-P (chip FRAM*, media penyimpanan data *counter* dan *threshold*

jangka panjang), dan LCD (layar tampilan status).

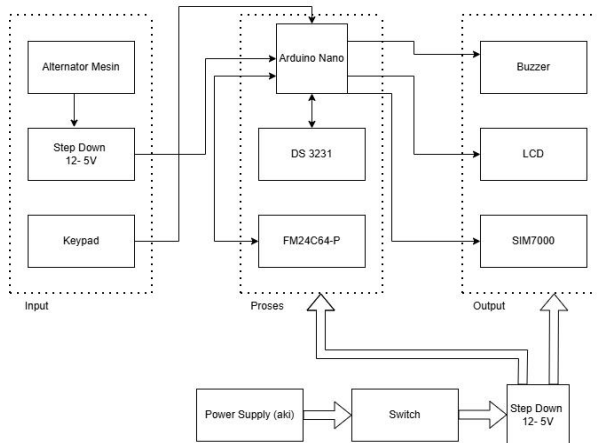
3. Jalur Catu Daya Kedua (Alternator Mesin ke Modul I2C)

Selain aki, terdapat sumber tegangan kedua dari Alternator Mesin dozer (aktif saat mesin menyala), yang juga diturunkan melalui modul *STEP DOWN* 12–5V terpisah, kemudian menyuplai daya khusus untuk modul *DS3231*, *FM24C64A-P*, dan LCD. Pemisahan jalur daya ini relevan dengan rumusan masalah kedua dan ketiga sekaligus: menstabilkan tegangan dari dua sumber DC yang sama-sama fluktuatif (aki dan alternator), sekaligus menjaga modul *RTC* dan *FRAM* tetap tercatu secara independen dari beban Arduino sehingga pencatatan waktu dan data operasional tetap andal meski terjadi gangguan pada jalur daya utama.

4. Komunikasi ke Internet

Data yang telah diproses dan disimpan dikirim melalui SIM7000, memungkinkan sistem monitoring dan notifikasi berbasis *IoT* berjalan sesuai rumusan masalah pertama penelitian ini.

3.2.6 Blok diagram alat



Gambar 3.2.6 Blok Diagram Alat.

Diagram di atas menggambarkan arsitektur fungsional alat secara garis besar, terbagi menjadi tiga kelompok utama beserta satu blok pendukung catu daya:

1. Blok Input

Kelompok komponen yang berfungsi menghasilkan data atau sinyal masukan bagi sistem:

Alternator Mesin — sumber tegangan dari mesin dozer saat menyala, diturunkan melalui *Step Down* 12–5V sebelum masuk ke blok Proses.

Keypad — input manual dari pengguna, misalnya untuk mengatur nilai threshold penggantian oli.

2. Blok Proses

Kelompok komponen yang mengolah data:

Arduino Nano — mikrokontroler utama yang menjadi pusat kendali seluruh sistem, menerima data dari *blok Input* dan mengirim perintah ke *blok Output*.

DS3231 — modul *RTC (Real Time Clock)* yang menyediakan acuan waktu untuk menghitung akumulasi jam operasional mesin.

FM24C64A-P — chip FRAM yang menyimpan data counter jam operasional dan nilai *threshold* secara *non-volatile* (tetap tersimpan meski alat dimatikan), sehingga menjawab rumusan masalah pengarsipan data agar tahan terhadap degradasi media penyimpanan.

3. Blok Output

Kelompok komponen yang menghasilkan keluaran/aksi dari hasil pemrosesan:

Buzzer — alarm bunyi sebagai peringatan lokal saat oli harus diganti.

LCD — layar yang menampilkan status jam operasional dan peringatan penggantian oli.

SIM7000 — modul komunikasi seluler yang mengirim data dan notifikasi ke internet, sebagai implementasi inti sistem monitoring

berbasis *IoT* (menjawab rumusan masalah pertama).

4. Blok Catu Daya

Ditampilkan terpisah di bagian bawah karena berfungsi lintas *blok* (menyuplai daya ke *blok* Proses maupun *Output*):

Power Supply (aki) → *Switch* (saklar *on/off* manual) → *Step Down* 12–5V (menstabilkan tegangan 12V aki yang fluktuatif menjadi 5V DC stabil) → didistribusikan ke blok Proses dan *Output*. Bagian ini menjawab rumusan masalah kedua penelitian, yakni regulasi tegangan aman dari sumber DC aki yang fluktuatif.

3.2.7 Spesifikasi Alat dan Bahan

a. Alat

1. *Box PCB*.
2. *Ampermeter*.
3. Akrilik.
4. Obeng
5. Kunci ukuran 6, 7, 10, 12.
6. Solder

b. Bahan

1. Kabel sensor.
2. Majun.
3. Isolasilistik.
4. *RTC*.

5. Arduino Nano.
6. *Stepdown12v-5v*.

3.2.8 Arduino Uno

Arduino Uno merupakan papan mikrokontroler berbasis ATmega328P yang populer dan fleksibel untuk berbagai proyek elektronika. Papan ini dilengkapi dengan pin *header* standar yang memudahkan penghubungan komponen luar menggunakan kabel *jumper*, sehingga sangat praktis digunakan untuk proses prototipe dan pengujian sirkuit.



Gambar 3.2.8 Arduino Uno.

3.2.9 Sumber Daya Arduino Uno

Arduino Uno dilengkapi dengan fitur pemilihan sumber daya otomatis (*auto-power switch*). Selain dapat dihubungkan ke komputer melalui jalur USB, papan ini juga dapat ditenagai oleh sumber daya eksternal seperti baterai atau adaptor AC-DC. Penggunaan baterai sebagai sumber daya eksternal dilakukan dengan menghubungkan kutub negatif baterai ke pin GND (*ground*) dan kutub positif ke pin Vin (*voltage input*) pada papan Arduino Uno.

3.2.10 *Real time clock module*

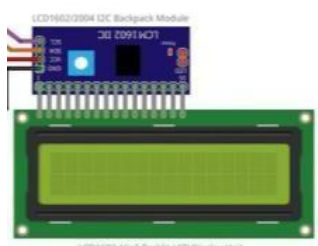
RTC (*Real Time Clock*) adalah *chip* IC yang berfungsi menghitung waktu secara akurat mulai dari detik, menit, jam, hari, tanggal, bulan dan tahun. Untuk menjaga atau menyimpan data waktu yang telah dihidupkan modul memiliki sumber listrik sendiri yaitu baterai jam tombol, dan keakuratan data waktu yang ditampilkan menggunakan osilator Kristal eksterna.



Gambar 3.2.10 Real Time Clock Module DS3

3.2.11 LCD (*Liquid Qrystal Display*)

LCD (*Liquid Crystal Display*) merupakan salah satu teknologi tampilan elektronik yang lazim digunakan. LCD beroperasi



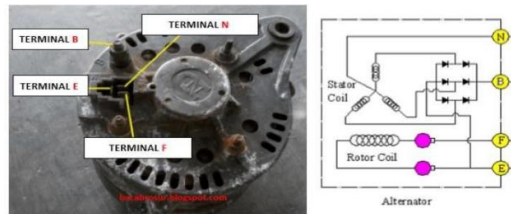
Gambar 3.2.11 LCD (*Liquid Crystal Display*)

berdasarkan prinsip modulasi cahaya, di mana cahaya dari sumber eksternal (*front – lit* atau *back - lit*) di modul polarisasi oleh kristal cair untuk menghasilkan gambar. Teknologi ini memanfaatkan matriks transistor film tipis (*Thin Film Transistor* atau *TFT*) yang terintegrasi dengan molekul Kristal cair untuk mengontrol polarisasi cahaya.

3.2.12 Alternator

Alternator adalah komponen vital dalam sistem kelistrikan alat berat. mengoperasikan berbagai komponen listrik lainnya. Proses kerja alternator didasarkan pada prinsip induksi *elektromagnetik*. Ketika mesin alat berat hidup, poros alternator ikut berputar. Putaran ini

menggerakkan medan magnet di dalam alternator, yang kemudian menginduksi arus listrik pada kumparan. Arus listrik inilah yang kemudian dialirkan ke sistem kelistrikan alat berat. alternator memiliki beberapa terminal utama, diantaranya terminal B+, terminal N, terminal F, terminal E, dan *Ground*.



Gambar 3.2.12 Alternator

- Terminal N

Terminal N terhubung dengan stator *coil* dan menghasilkan tegangan listrik bolak balik menuju ke kumparan pada *volt ageregulator*, berfungsi untuk menarik saklar dalam *voltage regulator* sehingga dapat mematikan lampu *charging* atau lampu indikator aki di *instrument dashboard*.

- Terminal E

Terminal E merupakan terminal *Ground* yaitu

terminal yang terhubung dengan massa dan body alternator sebagai *grounding*.

- Terminal B

Terminal B merupakan terminal yang langsung terhubung dengan Aki mobil (*battery*) dan *voltage regulator*. Pada alternator, terminal ini menjadi terminal pengisian aki mobil dan sekaligus digunakan untuk menghidupkan beban listrik di mobil.

- Terminal F

Terminal F merupakan terminal yang terhubung dengan dengan terminal F pada *regulator*. Terminal F ini merupakan terminal yang mengatur tegangan dan arus listrik yang mengalir menuju *field coil* (*rotor coil*)

3.2.13 Module step-down XL 7015

Module step-down XL7015 adalah modul penurun tegangan DC-DC yang menggunakan IC XL7015, Kelebihan *Module step-down XL7015*:

1. Fitur Ini memiliki fungsi perlindungan shutdown overheating, output perlindungan hubung singkat dan perlindungan arus lebih.

2. Tegangan dari *input* DC5V-80V dan *outputnya* dari DC5V-20V.

Spesifikasi:

1. Arus *switching* maksimum: 0.8A
 2. Tujuan: tegangan turun DC
1. Bahan: ABS



Gambar 3.2.13 Module step-down XL7015

3.2.14 SIM7000

SIM7000 adalah modul koneksi seluler yang dirancang khusus untuk aplikasi *IoT*. Dengan SIM7000, Anda dapat menghubungkan perangkat *IoT* Anda ke jaringan seluler dan mengirimkan data secara efisien dan andal.



Gambar 3.2.14 SIM7000

- Transmisi Data Jarak Jauh (*Telemetry*): Alat berat sering beroperasi di area pertambangan atau perkebunan yang sinyal selulernya tidak selalu stabil.
- Pelacakan Lokasi (*Built-in GNSS*): SIM7000 sudah dilengkapi dengan fitur GPS/GNSS terintegrasi.
- Sistem Peringatan *Real-Time* (*SMS & MQTT*): Untuk memastikan operator atau pemilik tidak lupa, SIM7000 bertindak sebagai jembatan komunikasi.

3.2.15 FM24C64A-P

FM24C64A-P adalah sirkuit terintegrasi *RAM ferroelectric* (F-RAM) 64Kbit dengan antarmuka serial I²C, yang menawarkan memori cepat, hemat daya, dan *non-volatile*, cocok untuk aplikasi *embedded* yang andal.

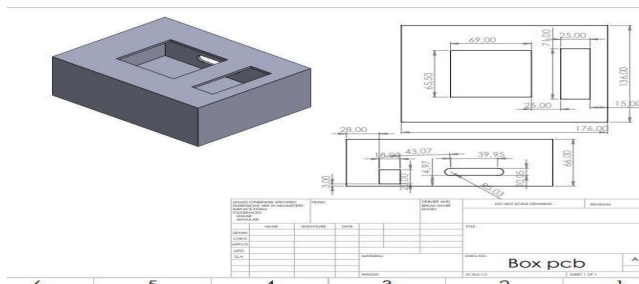


Gambar 3.2.15 FM24C64A-P

- Penyimpanan Data Jam Kerja (*Non-Volatile*): Fungsi paling kritis adalah menyimpan akumulasi jam kerja mesin.
- Menyimpan Ambang Batas Ganti Oli (*Threshold*): Alat berat biasanya memerlukan ganti oli setiap 250 atau 500 jam.

3.2.16 Desain alat

Berikut adalah rencana desain casing alat Pengingat Jadwal Pergantian Oli Berbasis Mikrokontroler dan *IOT*

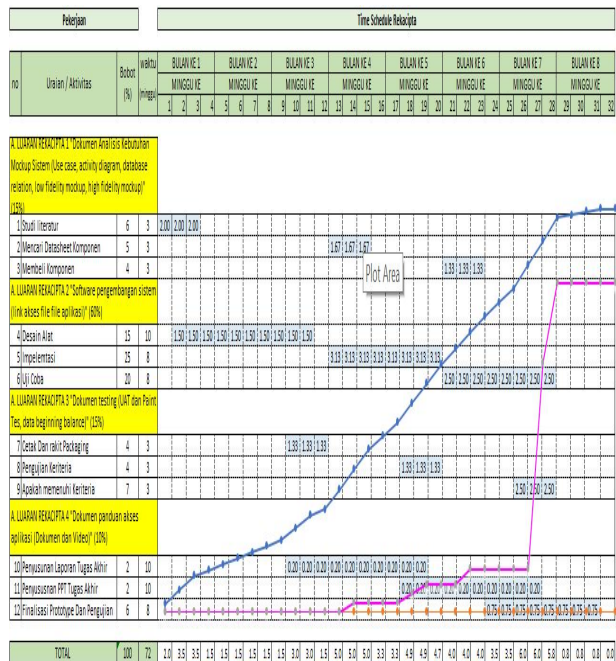


Gambar 3.2.16 desain box PCB

3.2.17 Jadwal Kegiatan

Berikut ini Adalah jadwal kegiatan tugas akhir yang akan di Menunjukkan Kegiatan penulis dalam merancang alat pada Tabel 3.2.17 Jadwal Kegiatan Penelitian.

Tabel 3.2.17 Jadwal Kegiatan Penelitian.





POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN



POLTERA



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Sistem Konversi Daya

Sub-bab ini saya membahas hasil pengujian modul *step-down* (regulator tegangan) yang berfungsi menurunkan tegangan fluktuatif dari aki kendaraan *dozer* (12V) menjadi tegangan stabil 5V. Secara umum, regulator tegangan itu berperan mempertahankan besar tegangan keluaran tetap konstan atau tidak berubah-ubah meskipun terjadi variasi pada tegangan sumber maupun beban yang terhubung padanya. [10]

Pengujian ini penting dilakukan karena komponen elektronik utama pada sistem, yaitu Arduino Uno dan modul *IoT* SIM7000 yang umum digunakan pada sistem pemantauan kendaraan berbasis Arduino hanya mampu bekerja pada rentang tegangan operasional tertentu dan berisiko mengalami kerusakan permanen apabila menerima tegangan input yang melebihi batas toleransi (*overvoltage*). [11]

4.1.1 Tujuan dan Prosedur Pengujian

Pengujian sistem konversi daya ini bertujuan untuk:

1. Mengetahui kapailtas modul *step-down* dalam menstabilkan tegangan output pada nilai 5V meskipun tegangan input dari aki berubah-ubah.
2. Memastikan tegangan output tetap berada dalam rentang aman bagi modul SIM7000 (toleransi $\pm 5\%$ dari 5V, yaitu 4.75V–5.25V).
3. Mengevaluasi kestabilan sistem pada dua kondisi operasional, yaitu saat mesin dozer mati dan saat mesin dozer menyala.

Adapun prosedur pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Multimeter digital dihubungkan pada jalur output modul *step-down* (antara pin *output* dan *ground*).
2. Pengujian tahap pertama dilakukan saat mesin dalam kondisi mati, sehingga tegangan aki berada pada kondisi murni tanpa pengaruh sistem pengisian (*charging*).

3. Pengujian tahap kedua dilakukan saat mesin dihidupkan, di mana alternator aktif mengisi aki sehingga tegangan input meningkat dan berfluktuasi.
4. Data hasil pengukuran dicatat secara berkala pada masing-masing kondisi untuk melihat konsistensi tegangan output yang dihasilkan.

4.1.2 Hasil Pengukuran Tegangan Output

Ringkasan hasil pengukuran tegangan input dan output modul *step-down* ditunjukkan pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Tegangan Input dan output Modul Step-Down

Kondisi Pengujian	Vin Aki (V)	Vout Step-Down (V)	Status
Mesin Mati (tanpa <i>charging</i>)	12.4	4,96 – 5.00	Stabil
Mesin Menyala (<i>charging</i> aktif)	12.4 – 14.2	5.00 – 5.02	Stabil

Berdasarkan Tabel 4.1, terlihat bahwa, meskipun tegangan input mengalami kenaikan hingga 1,8V (dari 12,4V menjadi 14,2V) akibat proses pengisian aki oleh

alternator, tegangan output tetap terkunci pada rentang sempit 4,96 – 5,00, dengan selisih maksimum output hanya sebesar 0,06V.[11]



Gambar 4.1 Hasil Pengukuran Tegangan Output Modul Step-Down Menggunakan Multimeter Digital Menunjukkan Nilai Stabil 5,01 Volt

4.1.3 Analisis dan Pembahasan

Untuk menilai kualitas regulasi tegangan secara kuantitatif, digunakan rumus persentase deviasi terhadap tegangan referensi ($V_{ref} = 5V$) sebagai berikut.

$$\%Deviasi = |V_{out} - V_{ref}| / V_{ref} \times 100\%$$

Berdasarkan nilai output tertinggi yang terukur (5,02V), maka persentase deviasi dihitung sebagai berikut.

$$\%Deviasi = |5,02 - 5| / 5 \times 100\% = 0,4\%$$

Nilai deviasi sebesar 0,4% tersebut jauh berada di bawah batas toleransi umum regulator tegangan ($\pm 5\%$),

sehingga modul *step-down* dapat dikategorikan memiliki kinerja regulasi yang sangat baik (*line regulation*), yaitu mampu mempertahankan tegangan output tetap stabil meskipun tegangan input berubah-ubah secara signifikan[11]

Hasil pengujian ini juga membuktikan bahwa sistem konversi daya berhasil melindungi komponen sensitif, yaitu modul IoT SIM7000, dari risiko *overvoltage*, terutama pada kondisi mesin menyala yang berpotensi menghasilkan lonjakan tegangan aki hingga 14,2V akibat proses *charging*.

4.2 Pengujian Integritas Penyimpanan Data Memori FRAM

Sub-bab ini menguji keandalan IC FRAM (*Ferroelectric Random Access Memory*) FM24C64-P dalam menjaga integritas data riwayat penggantian oli mesin *dozer* agar tidak hilang saat terjadi pemutusan daya mendadak. Keandalan penyimpanan data riwayat jam kerja (*hourmeter*) menjadi aspek krusial pada sistem monitoring perawatan berkala kendaraan maupun alat berat berbasis *IoT*, karena data tersebut menjadi acuan utama dalam penentuan jadwal servis.[12]

Berbeda dengan RAM konvensional yang bersifat volatile, FRAM menyimpan data dalam bentuk polarisasi material ferroelektrik yang tetap stabil meskipun catu daya listrik terputus, sehingga tergolong sebagai memori non-volatile yang tidak memerlukan proses refresh maupun baterai cadangan.[12]

4.2.1 Tujuan dan Prosedur Pengujian

Pengujian integritas penyimpanan data memori FRAM bertujuan untuk:

1. Membuktikan bahwa data riwayat jam kerja (*hour meter*) yang tersimpan pada IC FRAM FM24C64-P tidak hilang maupun berubah saat terjadi pemutusan daya listrik secara mendadak.
2. Mengetahui kemampuan sistem dalam membaca kembali data terakhir yang tersimpan segera setelah alat dinyalakan ulang, tanpa memerlukan proses booting atau inisialisasi ulang yang lama.
3. Mengevaluasi karakteristik *non-volatile* dari IC FRAM sebagai media penyimpanan jangka panjang tanpa suplai baterai cadangan (*backup battery*).

Adapun prosedur pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Alat dinyalakan dan dibiarkan berjalan pada mode simulasi hingga nilai jam kerja (*hour meter*) pada layar LCD menunjukkan angka 56,18 Menit.
2. Pada kondisi tersebut, aliran listrik utama diputus secara mendadak tanpa melalui prosedur mematikan alat secara normal, guna mensimulasikan kondisi pemadaman listrik tiba-tiba (*sudden power loss*) di lapangan.
3. Alat dibiarkan dalam kondisi mati (tanpa daya) selama beberapa saat.
4. Alat kemudian dinyalakan kembali dengan menyambungkan kembali aliran listrik utama.
5. Nilai jam kerja yang tampil pada layar LCD segera setelah alat menyala kembali dicatat dan dibandingkan dengan nilai sebelum pemutusan daya (56,18 Menit).

4.2.2 Hasil Pengujian Retensi Data

Berdasarkan pengujian yang dilakukan dengan memutus aliran listrik utama secara mendadak saat simulasi jam kerja *dozer* berada di angka 56,18 Menit, diperoleh hasil ketika alat dinyalakan kembali, layar LCD langsung membaca dan menampilkan angka yang sama, yaitu 56,18 Menit. Data tidak kembali ke nol maupun menampilkan nilai yang keliru, yang menunjukkan bahwa proses penulisan data ke IC FRAM sebelum pemutusan daya telah tersimpan secara permanen pada memori. Karakteristik *instant-on* tanpa proses *booting* ulang yang panjang ini merupakan salah satu keunggulan FRAM dibandingkan media penyimpanan *non-volatile* lainnya seperti EEPROM maupun Flash.[12]



Gambar 4.2 Pengujian Retensi Data Riwayat Hour Meter pada Layar LCD
Sebelum dan Sesudah Pemutusan Arus Listrik Secara Mendadak

4.2.3 Analisis dan Pembahasan

Keberhasilan IC FRAM FM24C64-P dalam mempertahankan nilai 56,18 Menit tanpa mengalami reset ke nol disebabkan oleh prinsip kerja memori *ferroelektrik* yang secara fundamental berbeda dari RAM konvensional. Data pada FRAM disimpan melalui perubahan arah polarisasi material ferroelektrik (umumnya *lead zirconate titanate*/PZT) di dalam kapasitor sel memori. Polarisasi ini bersifat stabil dan tetap dipertahankan meskipun tidak ada suplai tegangan, sehingga data tidak hilang saat daya listrik terputus.[13]

Karakteristik *non-volatile* dari IC FRAM ini menjamin retensi penyimpanan data yang kuat selama rentang waktu 20 hingga 50 tahun sesuai spesifikasi pabrikan, tanpa memerlukan suplai baterai cadangan sebagaimana yang umum dibutuhkan pada modul RTC (*Real Time Clock*) dengan memori SRAM. Keunggulan ini menjadikan FRAM lebih sesuai digunakan pada aplikasi pencatatan data kritis (*critical data logging*) dibandingkan EEPROM, mengingat FRAM tidak memerlukan siklus penghapusan (*erase cycle*) sebelum penulisan data baru dan

memiliki ketahanan tulis (*write endurance*) yang jauh lebih tinggi, yaitu hingga miliaran siklus baca-tulis dibandingkan EEPROM yang umumnya terbatas pada ratusan ribu siklus.[13]

Hasil pengujian ini membuktikan bahwa pemilihan IC FRAM sebagai media penyimpanan data riwayat *hour meter* pada alat pengingat penggantian oli mesin *dozer* telah tepat, karena mampu menjaga integritas data operasional yang menjadi acuan utama jadwal perawatan meskipun terjadi gangguan kelistrikan mendadak di lapangan. Hal ini konsisten dengan pentingnya keandalan pencatatan waktu operasional pada sistem monitoring perawatan berkala alat berat berbasis *IoT*, di mana kehilangan atau kekeliruan data jam kerja dapat menyebabkan jadwal servis menjadi tidak akurat dan berpotensi meningkatkan risiko kerusakan komponen akibat keterlambatan perawatan.[13]

4.3 Pengujian Sistem Pengingat Otomatis dan Notifikasi IoT

Sub-bab ini membuktikan keselarasan kerja antara input data sensor, output peringatan lokal (Buzzer & LCD I2C), dan pengiriman data jarak jauh (Modul IoT SIM7000).

Ketiga komponen tersebut merupakan satu kesatuan sistem pengingat otomatis yang dirancang agar informasi mengenai kebutuhan penggantian oli mesin dozer dapat diketahui baik oleh operator di dalam kabin maupun oleh pengawas yang berada di lokasi lain, sehingga mendukung pengambilan keputusan perawatan secara lebih cepat dan tepat waktu.[14]

4.3.1 Tujuan dan Prosedur Pengujian

Pengujian sistem pengingat otomatis dan notifikasi *IoT* bertujuan untuk:

1. Membuktikan bahwa sistem mampu memicu peringatan lokal secara otomatis, yaitu *Buzzer* yang aktif berbunyi dan LCD I2C yang menampilkan teks peringatan, ketika waktu operasional *dozer* mencapai batas maksimal penggantian oli.
2. Mengetahui keberhasilan modul *IoT* SIM7000 dalam terhubung ke jaringan internet dan mengirimkan data status peringatan ke *smartphone* pengawas.
3. Mengukur waktu tundaan (*delay*) pengiriman notifikasi, yaitu selisih waktu sejak kondisi ambang batas terdeteksi oleh sistem hingga notifikasi diterima pada perangkat *smartphone*.

Adapun prosedur pengujian yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Nilai ambang batas (*threshold*) penggantian oli disetel pada 1 jam kerja sebagai skenario simulasi.
2. Alat dijalankan pada mode simulasi hingga nilai waktu operasional (*hour meter*).
3. Respons *Buzzer* dan perubahan tampilan pada LCD I2C diamati secara langsung pada saat nilai ambang batas tercapai.
4. Proses koneksi modul SIM7000 ke jaringan internet dan pengiriman data status darurat ke smartphone pengawas dipantau secara bersamaan.
5. Waktu tundaan (*delay*) pengiriman notifikasi dicatat menggunakan stopwatch, dihitung sejak *Buzzer* aktif hingga notifikasi diterima pada smartphone.
6. Pengujian diulang sebanyak beberapa kali pada kondisi jaringan seluler yang sama untuk melihat konsistensi waktu tundaan pengiriman.

4.3.2 Hasil Pengujian Respons Peringatan dan Notifikasi

Saat simulasi waktu operasional dozer mencapai batas maksimal penggantian oli, yaitu pada angka 250 jam, sistem secara otomatis memicu respons ganda. Komponen Buzzer aktif mengeluarkan suara peringatan di dalam kabin, dan LCD I2C mengubah tampilan visual menjadi teks peringatan ganti oli. Secara bersamaan, modul SIM7000 berhasil terhubung ke jaringan internet dan mengirimkan data status darurat ke smartphone pengawas, dengan waktu tundaan (delay) pengiriman yang sangat singkat, yaitu berkisar antara 3 hingga 5 detik.



Gambar 4.3.3 Tampilan Notifikasi Peringatan Oli Mesin Dozer Jarak Jauh yang berhasil diterima pada perangkat Smartphone melalui jaringan IoT SIM7000

4.3.3 Analisis dan Pembahasan

Keberhasilan sistem dalam memicu peringatan lokal (*Buzzer* dan LCD I2C) secara bersamaan dengan pengiriman notifikasi jarak jauh melalui modul SIM7000 menunjukkan bahwa mekanisme peringatan pada alat ini dirancang dengan prinsip redundansi informasi. Peringatan lokal memastikan operator yang berada langsung di dalam kabin *dozer* segera menyadari kebutuhan penggantian oli, sedangkan notifikasi jarak jauh memungkinkan pengawas atau bagian perawatan di lokasi lain turut memperoleh informasi yang sama tanpa harus berada di lapangan. Pendekatan ini sejalan dengan konsep sistem pelaporan terintegrasi pada monitoring perawatan berkala alat berat berbasis *IoT*, yang bertujuan mempercepat proses pengambilan keputusan penjadwalan servis.[14]

Waktu tundaan (*delay*) pengiriman notifikasi yang terukur pada rentang 3 hingga 5 detik tergolong cepat untuk komunikasi data berbasis jaringan seluler GSM/GPRS yang digunakan oleh modul SIM7000. Kecepatan respons ini sejalan dengan karakteristik modul SIM7000 yang umum diterapkan pada sistem pemantauan kendaraan berbasis

Arduino untuk pengiriman data secara *near real-time*. [14]

Sebagai catatan tambahan untuk pengembangan lebih lanjut, keberhasilan pengiriman notifikasi pada pengujian ini masih bergantung pada ketersediaan sinyal jaringan seluler di lokasi pengujian. Pada kondisi operasional di lapangan, khususnya di area pertambangan atau lokasi proyek konstruksi yang minim jangkauan sinyal GSM/GPRS, keberhasilan dan kecepatan pengiriman notifikasi berpotensi menurun. Oleh karena itu, penambahan jalur komunikasi cadangan, misalnya melalui modul *LoRa* atau komunikasi satelit, dapat menjadi bahan pengembangan lanjutan untuk meningkatkan keandalan sistem notifikasi

Tabel Monitoring Komponen dan Notifikasi

No	Jam (Waktu)	Komponen / Notifikasi		
		Buzzer	LCD	IoT / Web
1	00.00-00.02	Tidak berbunyi	Belum ganti oli	Belum ganti oli
2	00.02-00.04	Tidak berbunyi	Belum ganti oli	Belum ganti oli
3	00.04-00.06	Tidak berbunyi	Belum ganti oli	Belum ganti oli
4	00.06-00.08	Tidak berbunyi	Belum ganti oli	Belum ganti oli
5	00.08-00.10	Tidak berbunyi	Belum ganti oli	Belum ganti oli
6	00.10-00.12	Tidak berbunyi	Belum ganti oli	Belum ganti oli
7	00.12-00.14	Tidak berbunyi	Belum ganti oli	Belum ganti oli
8	00.14-00.16	Tidak berbunyi	Belum ganti oli	Belum ganti oli
9	00.16-00.18	Tidak berbunyi	Belum ganti oli	Belum ganti oli
10	00.18-00.20	Tidak berbunyi	Belum ganti oli	Belum ganti oli
11	00.20-00.22	Tidak berbunyi	Belum ganti oli	Belum ganti oli
12	00.22-00.24	Tidak berbunyi	Belum ganti oli	Belum ganti oli
13	00.24-00.26	Tidak berbunyi	Belum ganti oli	Belum ganti oli
14	00.26-00.28	Tidak berbunyi	Belum ganti oli	Belum ganti oli
15	00.28-00.30	Tidak berbunyi	Belum ganti oli	Belum ganti oli
16	00.30-00.32	Tidak berbunyi	Belum ganti oli	Belum ganti oli
17	00.32-00.34	Tidak berbunyi	Belum ganti oli	Belum ganti oli
18	00.34-00.36	Tidak berbunyi	Belum ganti oli	Belum ganti oli
19	00.36-00.38	Tidak berbunyi	Belum ganti oli	Belum ganti oli
20	00.38-00.40	Tidak berbunyi	Belum ganti oli	Belum ganti oli
21	00.40-00.42	Tidak berbunyi	Belum ganti oli	Belum ganti oli
22	00.42-00.44	Tidak berbunyi	Belum ganti oli	Belum ganti oli
23	00.44-00.46	Tidak berbunyi	Belum ganti oli	Belum ganti oli
24	00.46-00.48	Tidak berbunyi	Belum ganti oli	Belum ganti oli
25	00.48-00.50	Tidak berbunyi	Belum ganti oli	Belum ganti oli
26	00.50-00.52	Tidak berbunyi	Belum ganti oli	Belum ganti oli
27	00.52-00.54	Tidak berbunyi	Belum ganti oli	Belum ganti oli
28	00.54-00.56	Tidak berbunyi	Belum ganti oli	Belum ganti oli
29	00.56-00.58	Tidak berbunyi	Belum ganti oli	Belum ganti oli
30	00.58-01.00	Tidak berbunyi	Belum ganti oli	Belum ganti oli
31	01.00-01.02	Berbunyi	Ganti oli	Ganti oli
32	01.02-01.04	Berbunyi	Ganti oli	Ganti oli
33	01.04-01.06	Berbunyi	Ganti oli	Ganti oli
34	01.06-01.08	Berbunyi	Ganti oli	Ganti oli
35	01.08-01.10	Berbunyi	Ganti oli	Ganti oli

Ket. Buzzer, LCD & Web IOT akan Kembali ke semula (Tidak berbunyi, belum ganti oli) apabila batas penggantian oli di up.



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA



POLTERA

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pembuatan, dan pengujian alat Tugas Akhir yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Sistem pengingat penggantian oli mesin *dozer* otomatis berbasis mikrokontroler telah berhasil dibangun dan mampu menyelaraskan fungsi indikator lokal (*Buzzer* & LCD I2C) serta pengiriman data jarak jauh melalui modul IoT SIM7000 secara presisi dengan delay pengiriman hanya 3–5 detik.
2. Implementasi modul konversi daya (*step-down*) sukses mengamankan sirkuit internal alat dengan menurunkan dan mengunci tegangan fluktuatif aki *dozer* dari 12V–14V menjadi tegangan stabil 5V DC.
3. Penggunaan IC FRAM FM24C64-P terbukti 100% menjamin integritas penyimpanan data hour meter secara permanen, sehingga riwayat jam kerja tidak

hilang atau ter-reset meskipun sistem mengalami mati listrik mendadak di lapangan.

5.2 Saran

Untuk pengembangan dan penyempurnaan alat pengingat waktu ganti oli ini di masa mendatang, disarankan beberapa poin berikut:

1. Mempertimbangkan penambahan komponen karet peredam getaran (*rubber damper*) pada dudukan internal alat untuk mengantisipasi guncangan mekanis yang sangat ekstrem pada unit alat berat *dozer*.
2. Menambahkan modul penyimpanan lokal tambahan seperti SD Card sebagai sistem penyimpanan cadangan (*backup offline*) jika unit dozer sedang beroperasi di area pertambangan terpencil yang terisolasi dari sinyal internet seluler.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. F. Kurniawan, M. S. Anwar, K. Nadiyyah, M. Mashuri, T. Triwikantoro, and D. Darminto, "Mechanical Exfoliation of Reduced Graphene Oxide From Old Coconut Shell as Radar Absorber in X-Band," *Mater. Sci. Forum*, vol. 966, pp. 25–29, Aug. 2019, doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.966.25.
- [2] B. D. Retyanto, D. I. Maghfiroh, and I. Hidayah, "Rancang Bangun Prototipe Alat Ukur Golongan Darah Manusiaberbasis Arduino Uno," *SPEKTRA J. Kaji. Pendidik. Sains*, vol. 4, no. 2, p. 188, Sep. 2018, doi: 10.32699/spektra.v4i2.60.
- [3] "Dinas Pertanian, Ketahanan Pangan & Perikanan Kota Probolinggo." Accessed: Jan. 12, 2022. [Online]. Available: <https://dpkpp.probolinggokota.go.id/>
- [4] A. Setiawan and A. Budiyo, "Development of Vehicle Maintenance Monitoring System Based on Odometer Sensor and Microcontroller," *Journal of Applied Electrical Engineering*, vol. 4, no. 2, pp. 45-50, Dec. 2020.
- [5] "A. N. Trisetiyanto and Djuniadi, "Pengembangan Sistem Peringatan Ganti Oli pada Sepeda Motor," *Jurnal Teknik Elektro*, vol. 3, no. 1, pp. 1-1, Jan.-Jun.2011.
- [6] "Politeknik Negeri Jember, "BAB 1. Pendahuluan," SIPORA Polije, [Online]. Available: <https://sipora.polije.ac.id>. [Accessed: 26-Jan-2026].
- [7] "B. A. Setyawan, S. Prayitno, and D. Rhakasywi, "Mempertahankan KondisiAwal Power Motor 4 T pada Bengkel Prapto Motor Service Jakarta Timur,"
- [8] A. Nugroho and M. Cholish, "Engine Oil Condition

Monitoring System Using NodeMCU and MQTT Protocol Based on Internet of Things," *Jurnal Teknik Elektro dan Indonesia (JTEIN)*, vol. 1, no. 1, pp. 12-18, June 2019.

- [9] Ali, M., Khuzaimah, A. U., & Ikbal, M. S. (2026). Analysis of the use of a Zener diode as a voltage regulator in a Zener follower circuit. *Al-Khazini: Jurnal Pendidikan Fisika*, 6(1), 41–51. <https://doi.org/10.24252/al-khazini.v6i1.64968>
- [10] Febriana, A., Dahlan, A., & Firdaus, F. (2021). Rancang bangun GPS tracker pada kendaraan bermotor menggunakan SIM7000 NB-IoT berbasis Arduino. *Elektron: Jurnal Ilmiah*, 13(2), 60–67. <https://doi.org/10.30630/eji.13.2.225>
- [11] Pratama, H. Y., Surojo, Wicaksono, M. H., & Bahiuddin, I. (2025). Pengembangan sistem monitoring berbasis Internet of Things untuk perawatan berkala kendaraan dan alat berat dengan fitur pelaporan terintegrasi dan GPS. *Jurnal Teknologi Rekayasa Alat Berat (JTRAB)*, 2, 52–57. <https://doi.org/10.22146/jtrab.v2i2.18656>
- [12] Regivan, R., & Almasri, A. (2019). Analisis perbandingan IC regulator linier dengan IC regulator switching dalam rangkaian regulator tegangan pada power supply DC. *Ranah Research: Journal of Multidisciplinary Research and Development*, 1(4), 1090–1099.
- [13] Syah, C. N., Fattah, F., & Manga', A. R. (2024). Sistem keamanan sepeda motor menggunakan radio frequency identification memanfaatkan e-KTP sebagai tag berbasis Arduino Nano. *LINIER: Literatur Informatika & Komputer*, 1(2), 153–159. <https://doi.org/10.33096/linier.v1i2.2492>

- [14] Vasanthamma, H., Rathore, L. S., Hussaini, S. S. P., Inayatulla, & Vijay, T. (2024). Ferro-electric RAM. International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology (IJARSCT), 4(2), 182–187. <https://doi.org/10.48175/IJARSCT-18128>