© 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

SKRIPSI

Pengembangan Sistem Proteksi Termal Bertingkat Berbasis *FMEA* pada *Excavator* Kobelco SK200-6 untuk Mitigasi Risiko *Overheating* dan *Downtime*

Oleh:

SYUJA TABRIZ ARYAPUTERA NIM. 2202441027

PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN

TEKNOLOGI REKAYASA PEMELIHARAAN ALAT BERAT

JURUSAN TEKNIK MESIN

POLITEKNIK NEGERI JAKARTA

JULY, 2026

© Hak cipta milik Politeknik Negeri Jakarta
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 PERSETUJUAN

SKRIPSI

Pengembangan Sistem Proteksi Termal Bertingkat Berbasis *FMEA* pada *Excavator* Kobelco SK200-6 untuk Mitigasi Risiko *Overheating* dan *Downtime*

Oleh:

Syuja Tabriz Aryaputera

NIM. 2202441027

Program Studi D-IV Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing 1	Pembimbing 2
(Dr. Sonki Prasetya,S.T., M.Sc.)	(Ahmad Bustomi, S.T., M.Tr..T)
NIP. 19751222200821003	NIP. 199107252024061001

Kepala Program Studi

Diploma IV Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat

(Muhammad Todaro S.T., MTr.T)

NIP. 199105012024061003

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

HALAMAN PENGESAHAN

SKRIPSI

Pengembangan Sistem Proteksi Termal Bertingkat Berbasis *FMEA* pada *Excavator* Kobelco SK200-6 untuk Mitigasi Risiko *Overheating* dan *Downtime*

Oleh:

Syuja Tabriz Aryaputera

NIM.2202441027

Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang sarjana terapan dihadapan Dewan Penguji pada tanggal 28 Juli 2026 dan diterima sebagai persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan pada Program Studi D-IV Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat Jurusan Teknik Mesin.

DEWAN PENGUJI

No.	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Ahmad Bustomi S.T, M.Tr.T NIP. 199107252024061001	Ketua		
2.	Muhammad Todaro , S.T., M.Tr.T. NIP. 199105012024061003	Anggota		
3.	Asep Yana Yusyama S.Pd., M.Pd NIP. 199001112019031016	Anggota		30/07/2026

Depok, 2026

Disahkan oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin

(Dr. Fuad Zainuri S.T., M.Si)

NIP: 197602252000121002

© 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

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Syuja Tabriz Aryaputera

NIM : 2202441027

Program Studi : Diploma IV Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat

Menyatakan bahawa yang dituliskan di dalam Laporan Tugas Akhir (atau Skripsi) ini adalah hasil karya saya sendiri bukan jiplakan (plagiasi) karya orang lain baik Sebagian atau seluruhnya. Pendapat, gagasan, atau temuan orang lain yang terdapat di dalam Laporan Tugas Akhir (atau Skripsi) telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, ... 2026

Materai 10.000

Syuja Tabriz Aryaputera

NIM. 2202441027

© 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

Syuja Tabriz, Sonki Prasetya[1)], Ahmad Bustomi

[1)]Program Studi Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus Universitas Indonesia, Depok, 16424

Email: sonki.prasetya@mesin.pnj.ac.id

ABSTRAK

Excavator Kobelco SK200-6 bermesin *diesel* mekanikal di PT. Gunung Raja Paksi hanya dilengkapi indikator suhu tanpa mekanisme penghentian otomatis, sehingga penanganan *overheating* bergantung pada kesigapan operator. Kondisi ini menyebabkan *overheating* berulang, dengan suhu mesin mencapai 108°C hingga memicu *downtime* selama dua hari, jauh di atas suhu normal 80–90°C. Penelitian ini bertujuan mengembangkan sistem proteksi termal bertingkat yang dapat diterapkan tanpa mengganggu sistem mekanikal yang ada guna memitigasi risiko *overheating* dan *downtime*. Metode yang digunakan meliputi analisis *Failure Mode and Effects Analysis* (*FMEA*) untuk mengidentifikasi faktor dominan penyebab kegagalan, penetapan ambang temperatur (*setting point*), serta perancangan dan pengujian fungsional sistem. Data diperoleh melalui observasi lapangan, pengukuran temperatur, wawancara, dan studi literatur. Sistem dirancang bertingkat berupa aktivasi *extra fan* sebagai mitigasi awal dan *interlock* berbasis *solenoid* untuk memutus suplai bahan bakar pada kondisi kritis, tanpa modifikasi internal mesin. Hasil *FMEA* menunjukkan penyumbatan saluran *coolant* pada radiator sebagai risiko tertinggi (*RPN* 224), diikuti kontaminasi *coolant* (*RPN* 210). Sistem proteksi terbukti mampu menurunkan laju kenaikan suhu dan menghentikan mesin otomatis pada kondisi kritis, sehingga menurunkan risiko *overheating* dan *downtime* dibandingkan sebelum penerapan.

Kata kunci: *proteksi termal bertingkat, FMEA, overheating, downtime, excavator Kobelco SK200-6, extra fan, interlock solenoid*

© 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

ABSTRACT

The Kobelco SK200-6 excavator at PT. Gunung Raja Paksi, which features a mechanical diesel engine, is equipped only with a temperature indicator and lacks an automatic shutdown mechanism; consequently, managing overheating relies entirely on the operator's responsiveness. This situation has led to recurring overheating incidents—with engine temperatures reaching 108°C (well above the normal 80–90°C range) and causing two days of downtime. This study aims to develop a multi-stage thermal protection system that can be implemented without interfering with the existing mechanical setup, thereby mitigating the risks of overheating and downtime. The methodology employed includes Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) to identify dominant failure factors, the determination of temperature thresholds (set points), and the design and functional testing of the system. Data were gathered through field observations, temperature measurements, interviews, and a literature review. The system features a multi-stage design: an auxiliary fan activates as an initial mitigation measure, while a solenoid-based interlock cuts off the fuel supply during critical conditions—all without requiring internal engine modifications. FMEA results identified radiator coolant channel blockage as the highest risk (RPN 224), followed by coolant contamination (RPN 210). The protection system proved capable of slowing the rate of temperature rise and automatically shutting down the engine during critical conditions, thereby reducing the risks of overheating and downtime compared to pre-implementation levels.

Keywords: multi-stage thermal protection, FMEA, overheating, downtime, Kobelco SK200-6 excavator, extra fan, interlock solenoid

© 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

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadirat Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, atas segala Rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan Skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Program Studi Diploma IV Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat di Politeknik Negeri Jakarta. Skripsi ini tidak akan selesai tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, saya ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Syamsurizal, S.E., M.M., selaku Direktur Politeknik Negeri Jakarta, yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk menempuh pendidikan di Politeknik Negeri Jakarta.
2. Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si., selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta, atas arahan, dukungan, serta fasilitas yang diberikan selama penulis menempuh pendidikan dan menyelesaikan penyusunan skripsi ini.
3. Dr. Sonki Prasetya, S.T., M.Sc., selaku Dosen Pembimbing, yang telah meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran untuk memberikan bimbingan, arahan, kritik, serta saran yang sangat berharga sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
4. Ahmad Bustomi S.T, M.Tr.T, selaku Dosen Pembimbing 2, yang telah memberikan bimbingan, masukan, motivasi, serta perhatian selama proses penyusunan skripsi sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini dengan baik.
5. Kedua orang tua saya bapak Charis Afrianto, ibu Ranti Anggrainy dan keluarga yang selalu memberikan dukungan moral maupun materil pada skripsi ini.
6. Bapak Pujianto. selaku *foreman* PT. Gunung Raja Paksi yang telah berkenan menjadi mentor. Penulis sangat berterima kasih atas segala bimbingan, arahan, ilmu, pengalaman, serta masukan teknis yang diberikan, sehingga penulis dapat

© 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

memahami permasalahan di lapangan dengan lebih baik dan menyelesaikan penelitian ini dengan optimal.

7. seluruh teman-teman Alat Berat angkatan 22 yang senantiasa memberikan semangat, dukungan, serta menemani penulis selama proses penyusunan skripsi ini. Kebersamaan, canda tawa, dan hiburan yang diberikan di tengah berbagai tantangan penyusunan skripsi telah menjadi penyemangat tersendiri bagi penulis untuk tetap berusaha menyelesaikan penelitian ini.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang konstruktif untuk perbaikan di masa mendatang.

Depok, Juli 2026

Syuja Tabriz Aryaputera

© 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

DAFTAR ISI

SKRIPSI 1
HALAMAN PERSETUJUAN i
HALAMAN PENGESAHAN ii
LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS iii
ABSTRAK iv
ABSTRACT v
KATA PENGANTAR vi
DAFTAR ISI viii
DAFTAR TABEL xii
DAFTAR LAMPIRAN xiii
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang Penelitian 1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian 3
1.3 Batasan Masalah 3
1.4 Pertanyaan Penelitian 4
1.5 Tujuan Penelitian 4
1.5.1 Tujuan umum 4
1.5.2 Tujuan khusus 4
1.6 Manfaat Penelitian 5
1.6.1 Maanfaat Teoritis 5
Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan kajian mengenai integrasi antara *FMEA* dan perancangan sistem proteksi termal pada mesin *diesel* mekanikal alat berat 5
1.6.2 Manfaat Praktis 5
1.7 Sistematika Penulisan Skripsi 5
BAB II 7
LANDASAN TEORI 7
2.1 Landasan Teori 7
2.1.1 *Excavator* 7
2.1.2 Teori Perpindahan Panas pada Mesin *Diesel* 8
2.1.3 Sistem Pendingin Mesin *Diesel* 8

© 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

2.1.4 *Overheating* 9
2.1.5 Konsep *Overheating* dan Dampaknya terhadap Keandalan 9
2.1.6 *Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)* 10
2.1.7 *Arduino* 11
2.1.8 Konsep Proteksi dan *Interlock* 11
2.1.9 Sistem Monitoring Temperatur 12
2.1.10 Proteksi Termal Bertingkat 13
2.1.11 Kajian Sistem Proteksi Termal Bertingkat 13
2.1.12 Keandalan(*Reliability)* 14
2.2 Kajian Literatur 14
2.3kajian sistem 19
2.3.1 Penelitian terdahulu 20
2.3.2 Sintetis Penelitian 23
2.4 Kerangka Pemikiran dan Pengembangan Hipotesis 23
BAB III 27
3.1 Diagram Alir 27
3.1.1 Penjelasan Langkah Kerja 28
3.2 Jenis Penelitian 31
3.3 Objek Penelitian 33
3.2.1 Rancangan dan Cara Kerja Sistem Proteksi Termal Otomatis 34
3.3 Metode Pengambilan Sampel 39
3.4 Jenis dan Sumber Data Penelitian 40
3.5 Metode Pengumpulan Data Penelitian 41
3.5.1 Observasi Lapangan 43
3.5.2 Pengukuran Parameter Temperatur 43
3.5.3 Wawancara 45
3.5.4 Studi Dokumentasi dan Literatur 48
3.6 Metode Analisis Data 52
3.6.1 Analisis Deskriptif Kondisi Operasional 52
3.6.2 Analisa Menggunakan *FMEA* 52
3.6.3 Analisis Penetapan Ambang Temperatur (*Setting Point*) 59
3.6.4 Analisis Pengujian Fungsional Sistem 60
3.6.5 Analisis Pengaruh terhadap Risiko *Overheating* dan *Downtime* 62

© 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

BAB IV 64
HASIL DAN PEMBAHASAN 64
4.1 Hasil Analisis *FMEA* Sistem Pendingin 64
4.1.1 Analisis Nilai *RPN* dan Prioritas Kegagalan 69
4.2 Penetapan Ambang Temperatur (*Setting Point*) 73
4.3 Rancangan Sistem Proteksi Termal Bertingkat 75
4.4 Hasil Pengujian Fungsional Sistem 77
4.5 Analisis Pengaruh terhadap Risiko *Overheating* dan *Downtime* 80
BAB V 83
5.1 Kesimpulan 83
5.2 Saran 84
DAFTAR PUSTAKA 86

© 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

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Gambar Excavator KOBELCO SK200-6 7
Gambar 2. 2 Diagram Alir Kerja..... 25
Gambar 3. 1 Diagram alir penelitian..... 28
Gambar 3. 2 Excavator KOBELCO SK 200-6 33
Gambar 3. 3 Diagram Alir Sistem Kerja Alat Proteksi Termal Otomatis 35
Gambar 3. 4 Skema Rangkaian Sistem Proteksi Termal Bertingkat Excavator Kobelco SK200-6 37
Gambar 3. 5 Dokumentasi Instalasi Fisik Komponen Sistem Proteksi Termal Excavator Kobelco SK200-6..... 63
Gambar 4. 1 Nilai Severity, Occurrence, dan Detection 69
Gambar 4. 2 Nilai RPN Komponen Sistem Pendingin 72
Gambar 4. 3 Foto Radiator yang Mengalami Kerusakan (RPN Tertinggi)..... 73
Gambar 4. 4 Ambang Temperatur Sistem Proteksi Bertingkat 75
Gambar 4. 5 Proses pengerjaan..... 76
Gambar 4. 6 Posisi Termokopel 77
Gambar 4. 7 Ambang Rancangan vs Hasil Pengujian Aktual 79
Gambar 4. 8 Temperatur Tertinggi Sebelum vs Setelah Implementasi 82

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

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 tabel kajian literatur 15
Tabel 2. 2 Penelitian Terdahulu 21
Tabel 3. 1 Teknik Pengumpulan Data, Instrumen, dan Output Data 42
Tabel 3. 2 Titik Pengukuran Temperatur dan Prosedur Pengambilan Data 44
Tabel 3. 3 Daftar Responden dan Pertanyaan Wawancara Semi-terstruktur beserta Alasan Pemilihan Pertanyaan 46
Tabel 3. 4 Klasifikasi Dokumen dan Literatur Spesifik yang Digunakan dalam Penelitian 49
Tabel 3. 5 Hasil Analisis FMEA Sistem Pendingin Excavator Kobelco SK200-6 54
Tabel 3. 6 Data Logging Suhu Aktual dan Setting Point Hasil Pengujian Lapangan . 59
Tabel 3. 7 Hasil Pengujian Fungsional Sistem Proteksi Termal Bertingkat 61
Tabel 4. 1 Hasil Analisis FMEA Sistem Pendingin Excavator Kobelco SK200-6 ..... **Error! Bookmark not defined.**
tabel 4. 2 Peringkat Komponen Berdasarkan Nilai RPN ..... **Error! Bookmark not defined.**
tabel 4. 3 Setting Point Sistem Proteksi Termal Bertingkat ..... **Error! Bookmark not defined.**
tabel 4. 4 Hasil Pengujian Fungsional Sistem Proteksi Termal Bertingkat ..... **Error! Bookmark not defined.**
tabel 4. 5 Perbandingan Kondisi Sebelum dan Setelah Implementasi Sistem Proteksi ..... **Error! Bookmark not defined.**

© 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

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup..... **Error! Bookmark not defined.**
Lampiran 2 Kode Program Lengkap Mikrokontroler Sistem Proteksi Termal..... 91
Lampiran 3 Skema Rangkaian dan Peta Pengkabelan (Wiring) Sistem 92
Lampiran 4 Tabel Lengkap Analisis FMEA Sistem Pendingin..... 93
Lampiran 5 Data Pengujian Temperatur (Keluaran Serial Monitor Arduino IDE).... 94

© 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

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Penelitian

PT. Gunung Raja Paksi merupakan perusahaan industri baja yang menggunakan alat berat untuk mendukung proses produksi dan penanganan material. Kinerja alat berat sangat mempengaruhi kelancaran operasional perusahaan. Salah satu unit yang digunakan adalah *excavator* Kobelco SK200-6 dengan sistem mesin *diesel mekanikal*.

Excavator menggunakan mesin diesel yang bekerja pada beban tinggi menghasilkan panas dalam jumlah besar sebagai konsekuensi dari proses pembakaran. Sebagian besar energi pembakaran berubah menjadi energi panas yang harus dikelola oleh sistem pendingin agar temperatur mesin tetap berada dalam kondisi kerja yang aman (Nisrina et al., 2024).

Excavator Kobelco SK200-6 menggunakan proteksi terhadap kenaikan temperatur umumnya terbatas pada indikator suhu di panel instrumen. Sistem ini hanya berfungsi sebagai peringatan dan belum dilengkapi mekanisme penghentian mesin secara otomatis. Dengan demikian, tindakan penghentian mesin sepenuhnya bergantung pada kesigapan operator dalam merespons indikator temperatur.

Sistem pendingin mesin *diesel* pada umumnya bekerja dengan prinsip sirkulasi *coolant* melalui radiator, *thermostat*, dan *water pump*. Mekanisme ini terdiri atas sirkulasi internal dan eksternal yang diatur sesuai dengan temperatur mesin (Shougang, 2022). Ketidaksesuaian kerja pada salah satu komponen tersebut, seperti kerusakan *thermostat* atau hambatan pada radiator, dapat mengganggu proses pelepasan panas dan memicu peningkatan temperatur mesin (Ramli et al., 2023).

Kondisi *overheating* yang terjadi secara berulang dapat menimbulkan tegangan termal berlebih pada komponen vital seperti piston, kepala silinder,

© 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

serta gasket. Akumulasi tegangan termal tersebut berpotensi mempercepat degradasi komponen dan menurunkan performa mesin (Daminov et al., 2020). Kegagalan pada sistem pendingin termasuk dalam kategori mode kegagalan yang berdampak langsung terhadap tingkat kesiapan operasional alat berat serta meningkatkan risiko *downtime* (Oghu et al., 2023).

Hasil survei melalui wawancara dengan operator dan teknisi menunjukkan terjadinya *overheating* berulang pada *excavator* Kobelco SK200-6. Suhu mesin mencapai 108°C hingga menyebabkan mesin mati dan *downtime* selama 2 hari. Setelah perbaikan, suhu masih mencapai 104°C, di atas suhu normal 80–90°C, sehingga diperlukan analisis untuk mengetahui penyebab overheating secara menyeluruh. *FMEA* digunakan untuk menelusuri faktor-faktor penyebab utama suatu kegagalan melalui pendekatan sebab-akibat yang terstruktur(Fathoni, 2025).

Seiring dengan perkembangan teknologi, sistem pengendalian temperatur berbasis sensor dan kontrol otomatis telah diterapkan pada berbagai peralatan industri untuk meningkatkan keandalan operasi (Yousuf et al., 2024). Selain itu, pendekatan pengendalian temperatur secara adaptif juga terbukti mampu meningkatkan stabilitas kerja mesin melalui optimasi sistem pendinginan (Zhang et al., 2021). Hal ini menunjukkan perlunya analisis akar penyebab serta perancangan sistem proteksi yang lebih proaktif.

Berdasarkan uraian tersebut, diperlukan pengembangan sistem proteksi termal yang mampu merespons kenaikan temperatur secara otomatis melalui aktivasi *extra fan* sebagai mitigasi awal dan mekanisme *interlock* berbasis *solenoid* untuk menghentikan suplai bahan bakar saat temperatur mencapai kondisi kritis.

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

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

1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, permasalahan dalam penelitian ini di rumuskan sebagai berikut :

1. Faktor dominan penyebab terjadinya *overheating* pada sistem pendingin mesin diesel *excavator* Kobelco SK200-6.
2. Karakteristik temperatur kerja mesin yang berpotensi meningkatkan risiko *overheating* pada kondisi operasional unit.
3. Keterbatasan sistem proteksi temperatur pada *excavator* Kobelco SK200-6 dalam mencegah kerusakan mesin akibat kenaikan suhu berlebih.

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini tetap terfokus dan mendalam, penulis menetapkan batasan-batasan ruang lingkup sebagai berikut:

1. Objek penelitian dibatasi pada *excavator* Kobelco SK200-6 yang menggunakan sistem mesin *diesel* mekanikal di PT Gunung Raja Paksi.
2. Analisis difokuskan pada sistem pendingin mesin dan mekanisme penghentian suplai bahan bakar (*fuel shut-off*), tidak mencakup analisis menyeluruh terhadap sistem hidrolik, sistem kelistrikan utama, maupun komponen internal mesin secara detail.
3. Metode analisis kegagalan yang digunakan terbatas pada *FMEA*
4. Pengembangan sistem hanya mencakup perancangan sistem proteksi termal bertingkat berupa aktivasi *extra fan* dan mekanisme *interlock* berbasis *solenoid*, tanpa melakukan modifikasi pada konstruksi internal mesin.
5. Penentuan parameter temperatur dan ambang batas aktivasi sistem proteksi didasarkan pada data literatur, karakteristik operasional mesin, dan hasil observasi lapangan, tanpa pengujian destruktif terhadap komponen mesin.

© 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

6. Evaluasi sistem dilakukan pada aspek logika kerja dan potensi mitigasi risiko *overheating*, tidak mencakup analisis ekonomis maupun pengujian jangka panjang (*long-term durability test*).

1.4 Pertanyaan Penelitian

Penelitian ini di arahkan untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan berikut:

1. Faktor apa yang paling dominan berkontribusi terhadap terjadinya *overheating* pada mesin *diesel* Kobelco SK200-6?
2. Pada rentang temperatur berapa sistem pendingin tambahan (*extra fan*) harus diaktifkan agar mampu menurunkan laju kenaikan suhu?
3. Pada temperatur kritis berapa *interlock solenoid* harus bekerja untuk menghentikan suplai bahan bakar sebagai mekanisme proteksi akhir?
4. Bagaimana cara kerja sistem proteksi bertingkat tanpa mengubah konstruksi internal mesin?

1.5 Tujuan Penelitian

1.5.1 Tujuan umum

Mengembangkan sistem proteksi termal bertingkat yang dapat di terapkan tanpa menggangu sistem mekanikal yang sudah ada.

1.5.2 Tujuan khusus

1. Diperolehnya faktor dominan penyebab *overheating* pada sistem pendingin mesin *diesel excavator* Kobelco SK200-6 berdasarkan analisis *FMEA*
2. Ditetapkannya batas temperatur operasional yang berada di suhu 80-90 derajat *celcius* serta ambang aktivasi sistem proteksi termal yang berada di suhu 95-100 derajat *celcius.*

© 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

3. Tersusunnya rancangan sistem proteksi termal bertingkat berbasis extra fan dan interlock solenoid untuk mitigasi risiko *overheating* dan *downtime* tanpa mengubah internal mesin.

1.6 Manfaat Penelitian

1.6.1 Maanfaat Teoritis

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam pengembangan kajian mengenai integrasi antara *FMEA* dan perancangan sistem proteksi termal pada mesin *diesel* mekanikal alat berat**.**

1.6.2 Manfaat Praktis

1. Memberikan dasar teknis penentuan ambang temperatur sistem proteksi termal pada mesin secara sistematis.
2. Menyediakan rancangan sistem proteksi tambahan yang aplikatif tanpa modifikasi internal mesin pada unit *excavator* mekanikal.
3. Mengurangi potensi kerusakan komponen akibat *overheating*.
4. Meminimalkan risiko *downtime* operasional.
5. Meningkatkan aspek keselamatan operasional unit.

1.7 Sistematika Penulisan Skripsi

Untuk menjaga penulisan agar tetap terstruktur, berikut ini adalah sistematika penulisan pada penelitian ini:

1. BAB I PENDAHULUAN

   Bab ini menjelaskan latar belakang dilakukannya penelitian, perumusan masalah pada penelitian, batasan masalah, tujuan dan manfaat yang diharapkan dari penelitian, serta sistematika penulisan skripsi secara keseluruhan.

2. BAB II TINJAUAN PUSTAKA

© 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

Bab ini memuat landasan teori penelitian, kajian hasil-hasil penelitian terdahulu yang relevan sebagai referensi dan pembanding, serta kerangka pemikiran penelitian ini ditulis.

3. BAB III METODOLOGI PENELITIAN

   Bab ini menjelaskan metode yang digunakan dalam penelitian, meliputi tahapan perancangan, pengumpulan data, pelaksanaan simulasi, serta metode analisis yang digunakan untuk menjawab rumusan masalah.

4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

   Bab ini menyajikan hasil yang diperoleh dari proses penelitian serta analisis pembahasan yang dilakukan berdasarkan data dan teori yang relevan.

5. BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

   Bab ini berisi kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan dan saran-saran untuk pengembangan atau penelitian selanjutnya.

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

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai pengembangan sistem proteksi termal bertingkat pada *excavator* Kobelco SK200-6 di PT Gunung Raja Paksi, diperoleh kesimpulan yang disusun sesuai dengan tujuan khusus penelitian sebagai berikut:

1. Faktor dominan penyebab *overheating* pada sistem pendingin mesin *diesel excavator* Kobelco SK200-6 berhasil diidentifikasi melalui analisis *Failure Mode and Effects Analysis* (*FMEA*). Hasil analisis menunjukkan bahwa penyumbatan saluran *coolant* pada radiator merupakan faktor paling dominan dengan nilai *Risk Priority Number* (*RPN*) tertinggi, yaitu 224, diikuti *coolant* yang terkontaminasi atau kadaluarsa (*RPN* 210), sensor temperatur (*RPN* 196), tutup radiator (*RPN* 180), dan kipas pendingin (*RPN* 175). Temuan ini sejalan dengan hasil observasi dan wawancara yang menunjukkan penggantian *coolant* serta *flushing* radiator tidak dilakukan secara terjadwal, sehingga menjadi pemicu utama degradasi kinerja sistem pendingin hingga terjadinya *overheating* berulang.
2. Batas temperatur operasional dan ambang aktivasi sistem proteksi termal berhasil ditetapkan berdasarkan spesifikasi mesin Mitsubishi 6D34-TE1, data pengukuran lapangan, dan referensi literatur. Temperatur kerja normal mesin ditetapkan pada rentang 80–90°C, sedangkan ambang aktivasi sistem proteksi termal ditetapkan pada rentang 95–100°C. Secara rinci, *extra fan* diaktifkan pada suhu 95°C sebagai proteksi tingkat pertama untuk menurunkan laju kenaikan temperatur, dan *interlock solenoid* diaktifkan pada suhu 100°C sebagai proteksi tingkat akhir untuk menghentikan suplai bahan bakar. Hasil pengujian fungsional memverifikasi bahwa *extra fan* aktif konsisten pada 95,3°C dan *interlock solenoid* aktif pada 100,2°C dengan waktu respons di bawah lima detik, sehingga ambang tersebut ditetapkan sebagai *setting point* final sistem.

© 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

3. Rancangan sistem proteksi termal bertingkat berbasis *extra fan* dan *interlock solenoid* berhasil disusun dan terbukti mampu memitigasi risiko *overheating* serta mengurangi potensi *downtime* tanpa mengubah konstruksi internal mesin. Sistem yang dikendalikan oleh mikrokontroler ini memberikan dua lapis perlindungan otomatis, yaitu mengaktifkan *extra fan* saat suhu mencapai **95°C** dan menghentikan operasi mesin secara otomatis (*interlock shutdown*) ketika suhu mencapai **100°C**. Dengan pengaturan tersebut, suhu mesin dijaga agar tidak melampaui **100°C**, sehingga kondisi *overheating* yang sebelumnya mencapai **108°C** dapat dicegah. Pendekatan non-invasif ini tidak membatalkan garansi komponen, mengurangi potensi kerusakan pada komponen vital, menekan *downtime* operasional, serta meningkatkan keandalan unit sehingga layak diterapkan pada unit sejenis di lingkungan kerja PT Gunung Raja Paksi.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang dapat dikemukakan untuk pengembangan dan penyempurnaan penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Perusahaan disarankan menerapkan jadwal perawatan preventif yang konsisten, khususnya *flushing* radiator dan penggantian *coolant* sesuai interval pabrikan, karena komponen dengan nilai *RPN* tertinggi berkaitan langsung dengan pemeliharaan yang tidak terjadwal.
2. Sistem proteksi termal bertingkat disarankan diuji dalam jangka panjang (*long-term durability test*) pada kondisi operasional yang beragam untuk mengevaluasi keandalan dan ketahanan komponen *extra fan*, *solenoid*, serta sensor dalam periode pemakaian yang lebih panjang.
3. Pengembangan sistem selanjutnya dapat menambahkan fitur *monitoring* jarak jauh berbasis *Internet of Things* (*IoT*) dan pencatatan data (*logging*) otomatis agar riwayat temperatur dan aktivasi proteksi dapat dianalisis secara berkelanjutan untuk keperluan perawatan prediktif.

© 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

4. Penelitian lanjutan disarankan memperluas cakupan analisis dengan mempertimbangkan aspek ekonomis, seperti perhitungan biaya implementasi dan penghematan akibat penurunan *downtime*, agar kelayakan penerapan sistem dapat dievaluasi secara menyeluruh.
5. Disarankan agar pada implementasi selanjutnya dilakukan optimalisasi sistem pendinginan melalui penambahan atau peningkatan kapasitas *extra fan* yang disesuaikan dengan karakteristik beban kerja dan kondisi lingkungan operasional. Penentuan spesifikasi *extra fan*, seperti kapasitas aliran udara (*airflow*), tekanan statis, serta posisi pemasangan, perlu didasarkan pada hasil analisis distribusi suhu agar proses pelepasan panas berlangsung lebih efektif. Dengan demikian, suhu kerja mesin dapat dipertahankan pada rentang operasi yang aman, mengurangi frekuensi aktivasi sistem proteksi, memperpanjang umur komponen, serta meningkatkan keandalan dan kontinuitas operasional alat berat.

© 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

DAFTAR PUSTAKA

Asral, & Hanifa, F. (2025). Experimental Study on the Effect of a Cooling System on an Unmanned Surface Vehicle Prototype Using a Zenoah G32FC Engine. *Journal of Mechanical Engineering Manufactures Materials and Energy*, *9*(2), 309–318. https://doi.org/10.31289/jmemme.v9i2.14997

Damar Romansdani, Pudin, A., & Budi Mursanto, W. (2024). Monitoring Arus dan Temperature Discharge Kompresor Berbasis IoT (Internet of Things) untuk Kebutuhan Preventive Maintenance di PT. Mekar Armada Jaya. *Jurnal Surya Teknika*, *11*(1), 449–454. https://doi.org/10.37859/jst.v11i1.7416

Daminov, O., Khushnaev, O., Yangibaev, A., & Kucharenok, G. (2020). Improving the Performance Indicators of Diesel Engines By Enhancing the Cooling System. *Technical Science and Innovation*, *2020*(1), 63–68. https://doi.org/10.51346/tstu-01.20.1-77-0052

Fathoni, K. (2025). Analisis Mitigasi Pencegahan Overheat Pada Mesin Traktor Multiguna Ptm 45. *Telekomunikasi, Laboratorium Sistem Elektro, Jurusan Teknik*, *45*, 1.

Haryadi, S., Hendriana, D., Nasution, H., & Baskoro, G. (2020). Monitoring of Thermostat Performance In Heavy Equipment Diesel Engine Cooling System Using An Ultrasonic Flow Meter. *Proceedings of The Conference on Management and Engineering in Industry*, *2*(1), 26–30. https://doi.org/10.33555/cmei.v2i1.39

Huda, M. B. R., & Kurniawan, W. D. (2022). Analisa Sistem Pengendalian Temperatur Menggunakan Sensor DS18B20 Berbasis Mikrokontroler Arduino. *Jurnal Rekayasa Mesin UNESA*, *7*(2), 18–23.

Jaya Edo Andhika Praditya, Musthofa Arif, & Priananda Ciptian Weried. (2021). Sistem Proteksi Gangguan Thermal dan Arus Lebih Motor Induksi 3 Fasa pada Mesin Kompresor Menggunakan Metode Logika Fuzzy Dilengkapi Fitur Mobile App. *Jurnal Teknik ITS*, *10*(2), 412–419.

Khairunnisa, K., Ismael, I., & Anhar, M. (2025). Perawatan Dan Perbaikan Sistem

© 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

Hidrolik Excavator Zaxis 110 - M. *Jtm : Jurnal Teknik Mesin*, *1*(2), 58–69. https://doi.org/10.58466/28eyt059

n kastalin. (2023). Analysis Keandalan untuk Meningkatkan Efektivitas Penggunaan Forklift dengan Metode Reliability Analysis dan Machine's Effectiveness. *Analysis Keandalan Untuk Meningkatkan Efektivitas Penggunaan Forklift Dengan Metode Reliability Analysis Dan Machine's Effectiveness*, *9*(2), 233–246.

Mangengke, J. S., & Marsudi, S. (2024). Analysis of Cooling System Abnormalities in Diesel Generators at MV. Meratus Kahayan. *Jurnal Aplikasi Pelayaran Dan Kepelabuhanan*, *14*(2), 107–113. https://doi.org/10.30649/japk.v14i2.108

Mubarok, A. I., & Nurahmawati, A. (2025). Penambahan Program Interlock Dari Sensor Vibrasi Ke Distributed Control System. *ReSEM*, *3*(1), 148–157.

Nisrina, S., Agsya, R. T., Noval, R., Yue, H., Batistuta, A. P., & Santoso, S. A. (2024). MBI Troubleshooting Engine Overheat on Wheel Loader Liugong Type 856H. *Recent in Engineering Science and Technology*, *02*(03), 40–49.

Nur Huda, E., & Zulfikar, Z. (2024). Design Of Overheat Detection Device On Vehicle Engine Through Monitoring Water Temperature Or Cooling Oil. *NEWTON: Networking and Information Technology*, *3*(2), 15–19. https://doi.org/10.32764/newton.v3i2.4897

Oghu, E., Ogbeide, O. O., & Ariavie, G. . (2023). Failure and Effect Diagram of a 365Kva Caterpillar Generator. *International Journal of Engineering Technologies and Management Research*, *10*(1), 25–34. https://doi.org/10.29121/ijetmr.v10.i1.2023.1282

Prof. Dr. Sugiyono. (2021). METODE PENELITIAN KUANTITATIF, KUALITATIF, DAN R&D

Putri, C., & Uddin, S. (2022). Pengaplikasian PLC Dan Sensor Digital Sebagai Protection Interlock Pada Belt Conveyor Di PT Semen Baturaja TBK. *Jurnal Lintas Ilmu*, *1*(November), 66–76.

Rachman, A., Adianto, H., & Liansari, G. P. (2016). *Perbaikan Kualitas Produk Ubin Semen Failure Mode and Effect Analysis Dan Failure Tree Analysis*. *4*(02), 24–35.

Ramli, I., Hajar, S., & Asrifan, A. (2023). Overheat Analysis on the Scania P380 Engine

© 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

Using Fishbone Analysis Method. *Overheat Analysis on the Scania P380 Engine UsingFishbone Analysis Method*. https://doi.org/10.20944/preprints202301.0104.v1

Ratna Kusuma M, D., Dewantoro, P., Fuadi M, F., & Abdillah, R. (2023). Desain PLC Dengan Sistem Proteksi Dua Conveyor. *Inter Tech*, *1*(1), 9–17. https://doi.org/10.54732/i.v1i1.1018

Sakti, B. A., Prasetya, S., & Nuriskasari, I. (2022). Analisis Pemilihan Sensor dan Ketelitian pada Rancang Bangun Weather Station Sebagai Monitoring System Cuaca Area Politeknik Negeri Jakarta. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin*, *3*(1), 651–655. https://prosiding.pnj.ac.id/index.php/sntm/article/view/91

Sebagai, P., Satu, S., Untuk, S., Studi, M., Studi, P., Komputer, T., Diploma, J., & Oleh, I. I. I. (2024). Rancang bangun sistem interlock conveyor penghitung barang berbasis plc fx1n 10mr. *Journel Teknik Elektro*, *II*(November), 56–58.

Setiawan, A. H., Muttaqin, A. Z., & Susanto, D. (2025). Evaluasi Keandalan Mesin Gilingan Tebu dengan Menggunakan Metode Reliabelity Centered Maintenance (RCM) di PG. XYZ. *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, *8*(3), 2826–2837. https://doi.org/10.31004/jutin.v8i3.46953

Shougang, Q. (2022). Fault Detection and Maintenance of Automobile Engine Cooling System. *Academic Journal of Engineering and Technology Science*, *5*(10), 49–52. https://doi.org/10.25236/ajets.2022.051009

Suherman, A., & Cahyana, B. J. (2019). Pengendalian Kualitas Dengan Metode Failure Mode Effect And Analysis. *Teknik Industri*, *16*(4), 1–9.

Virgiantara Iqbal Rindra. (2023). *Sistem Monitoring Temperatur Gas BuangGenerator Engine Guna MencegahTerjadinya Overheat Berbasis Internet ofThings (IoT) di KL. Bung Tomo*. 1.

Yaqin, R. I., Huda, M., Tumpu, M., Priharanto, Y. E., Siahaan, J. P., Demeianto, B., Priyambodo, B. H., & Umar, M. L. (2022). Analisa Perpindahan Panas Heat Exchanger Mesin Induk (Studi Kasus: Km. Sumber Mutiara). *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, *8*(1), 53. https://doi.org/10.31884/jtt.v8i1.355

Yousuf, M., Alsuwian, T., Amin, A. A., Fareed, S., & Hamza, M. (2024). IoT-based health monitoring and fault detection of industrial AC induction motor for efficient

© 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

predictive maintenance. *Measurement and Control (United Kingdom)*, *57*(8), 1146–1160. https://doi.org/10.1177/00202940241231473

Zhang, B., Zhang, P., & Zeng, F. (2021). Multiobjective optimization of the cooling system of a marine diesel engine. *Energy Science and Engineering*, *9*(10), 1887–1907. https://doi.org/10.1002/ese3.960

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

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

Lampiran 1 Daftar Riwayat Hidup

Daftar Riwayat Hidup

Penulis bernama **Syuja Tabriz Aryaputera**, lahir di Jakarta pada tanggal **11 Juli 2004**, berjenis kelamin laki-laki. Penulis berdomisili di **Bekasi Timur Regency Blok Q1 No. 59, RT 001/RW 010, Desa Burangkeng, Kecamatan Setu, Kabupaten Bekasi, Jawa Barat**. Penulis dapat dihubungi melalui surat elektronik (e-mail) di **syujatabriz@gmail.com**.

Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di **SDIT Roudhatul Jannah** pada tahun 2016, kemudian melanjutkan pendidikan di **SMP Negeri 26 Kota Bekasi** dan lulus pada tahun 2019. Selanjutnya, penulis menempuh pendidikan menengah kejuruan di **SMK Mitra Industri MM2100** dan berhasil menyelesaikannya pada tahun 2022.

Pada tahun 2022, penulis melanjutkan pendidikan tinggi di **Program Studi Teknologi Rekayasa Pemeliharaan Alat Berat**, Politeknik Negeri Jakarta, dengan **Nomor Induk Mahasiswa (NIM) 2202441027**. Selama menempuh pendidikan, penulis mengambil bidang peminatan **Teknik Alat Berat** untuk memperdalam kompetensi di bidang pemeliharaan, perawatan, dan sistem alat berat.

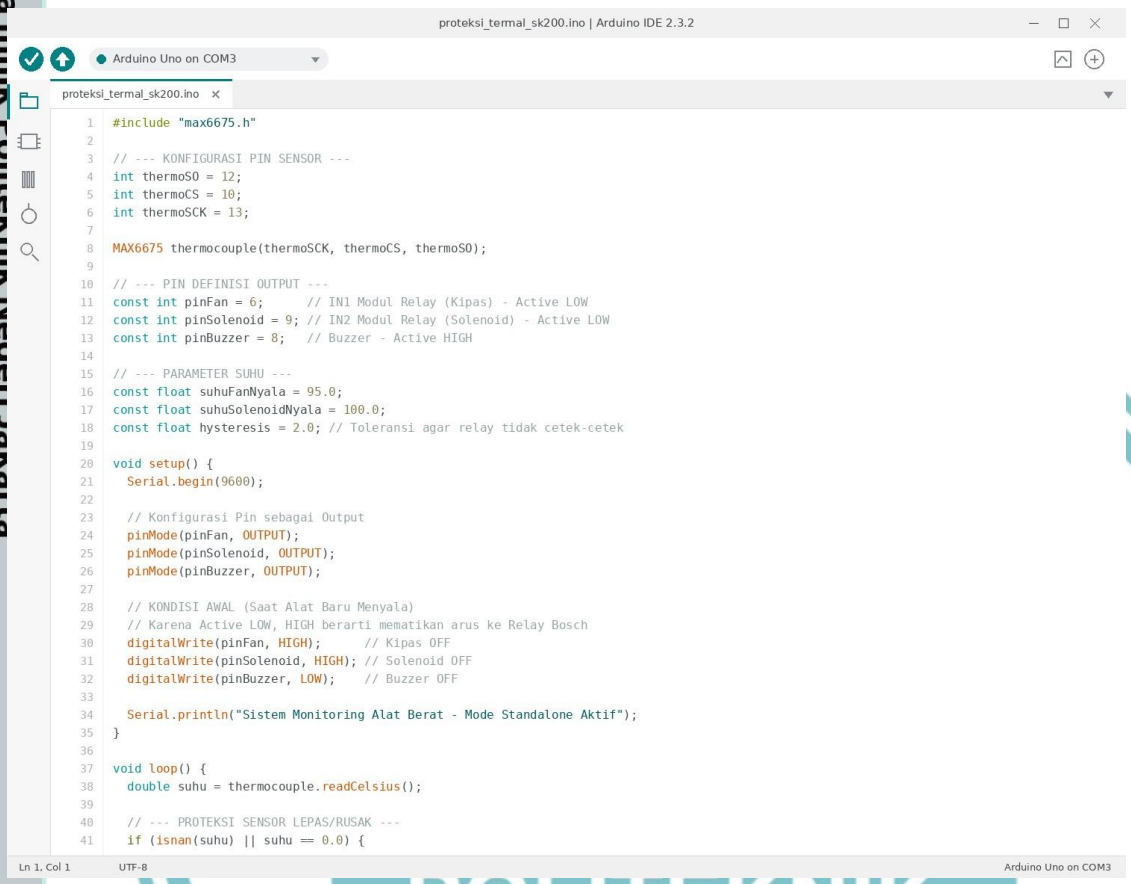
Sebagai bagian dari proses pembelajaran akademik dan pengembangan kompetensi profesional, penulis melaksanakan **On the Job Training (OJT)** di **PT Sany Makmur Perkasa**. Melalui kegiatan tersebut, penulis memperoleh pengalaman praktis dalam dunia industri, khususnya terkait pemeliharaan dan penerapan teknologi pada alat berat, sehingga dapat mengembangkan pengetahuan dan keterampilan yang diperoleh selama perkuliahan.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

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

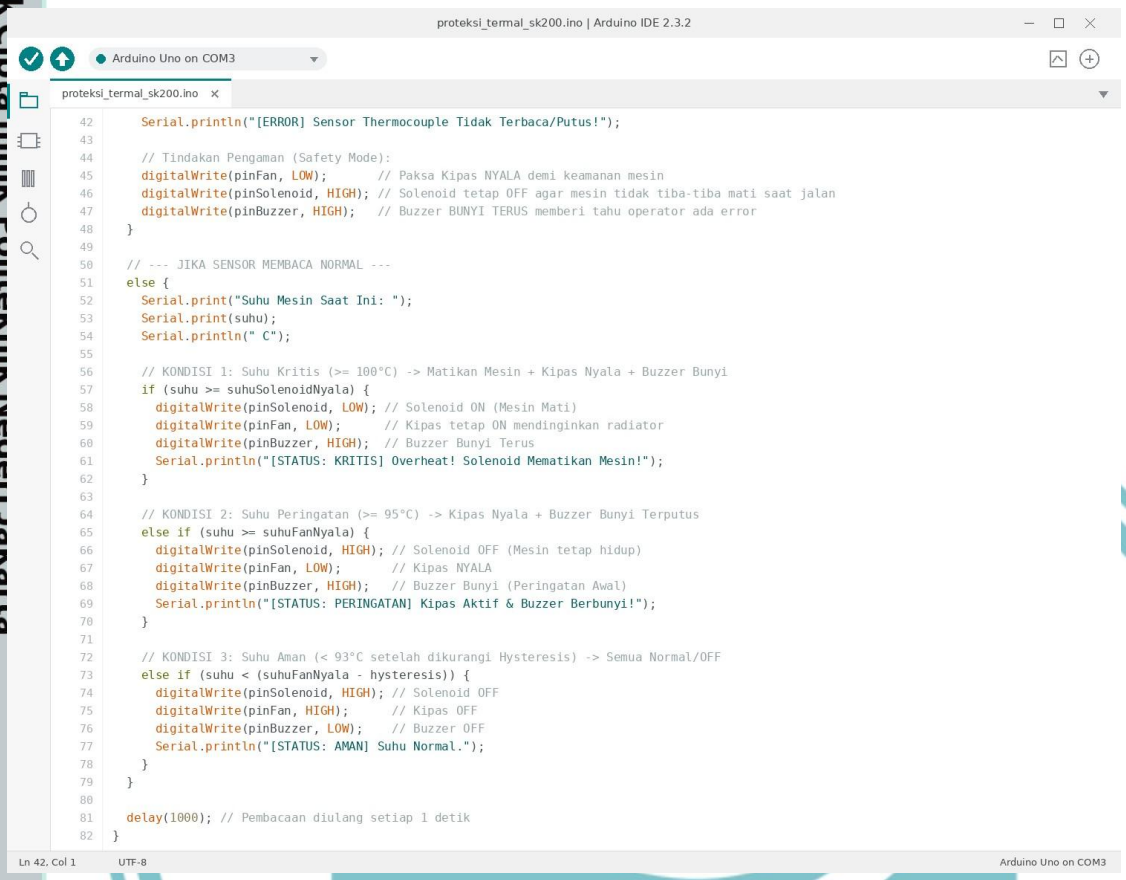
Lampiran 2 Kode Program Lengkap Mikrokontroler Sistem Proteksi Termal



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




```
    Serial.println("[ERROR] Sensor Thermocouple Tidak Terbaca/Putus!");

    // Tindakan Pengaman (Safety Mode):
    digitalWrite(pinFan, LOW);       // Paksa Kipas NYALA demi keamanan mesin
    digitalWrite(pinSolenoid, HIGH); // Solenoid tetap OFF agar mesin tidak tiba-tiba mati saat jalan
    digitalWrite(pinBuzzer, HIGH);   // Buzzer BUNYI TERUS memberi tahu operator ada error
  }

  // --- JIKA SENSOR MEMBACA NORMAL ---
  else {
    Serial.print("Suhu Mesin Saat Ini: ");
    Serial.print(suhu);
    Serial.println(" C");

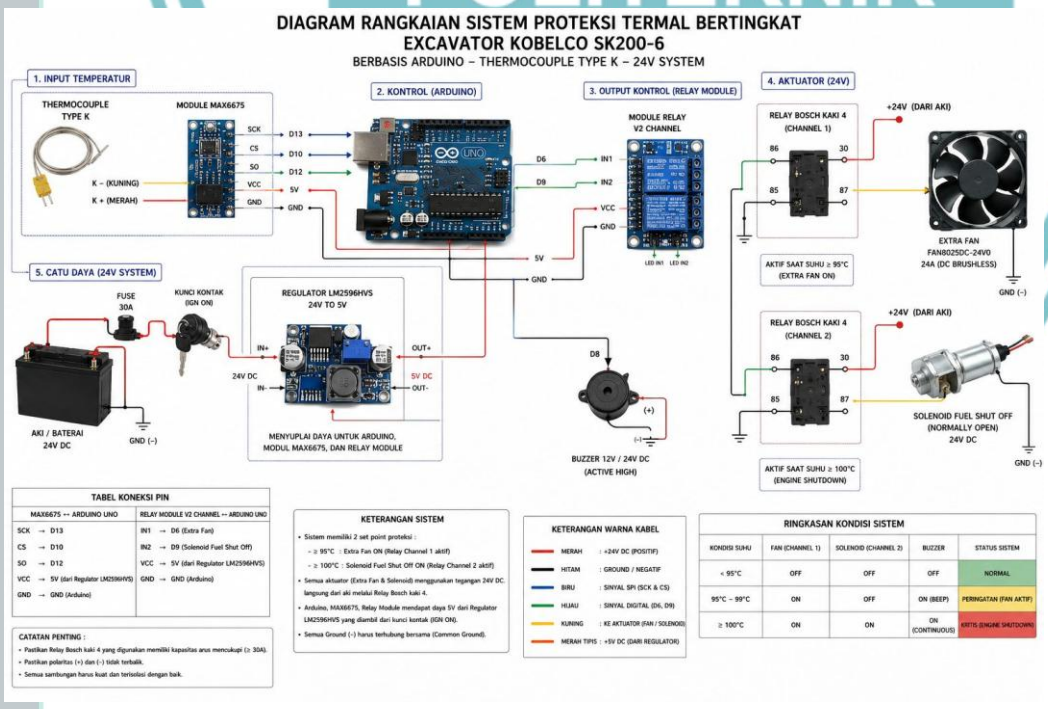
    // KONDISI 1: Suhu Kritis (>= 100°C) -> Matikan Mesin + Kipas Nyala + Buzzer Bunyi
    if (suhu >= suhuSolenoidNyala) {
      digitalWrite(pinSolenoid, LOW); // Solenoid ON (Mesin Mati)
      digitalWrite(pinFan, LOW);      // Kipas tetap ON mendinginkan radiator
      digitalWrite(pinBuzzer, HIGH);  // Buzzer Bunyi Terus
      Serial.println("[STATUS: KRITIS] Overheat! Solenoid Mematikan Mesin!");
    }

    // KONDISI 2: Suhu Peringatan (>= 95°C) -> Kipas Nyala + Buzzer Bunyi Terputus
    else if (suhu >= suhuFanNyala) {
      digitalWrite(pinSolenoid, HIGH); // Solenoid OFF (Mesin tetap hidup)
      digitalWrite(pinFan, LOW);       // Kipas NYALA
      digitalWrite(pinBuzzer, HIGH);   // Buzzer Bunyi (Peringatan Awal)
      Serial.println("[STATUS: PERINGATAN] Kipas Aktif & Buzzer Berbunyi!");
    }

    // KONDISI 3: Suhu Aman (< 93°C setelah dikurangi Hysteresis) -> Semua Normal/OFF
    else if (suhu < (suhuFanNyala - hysteresis)) {
      digitalWrite(pinSolenoid, HIGH); // Solenoid OFF
      digitalWrite(pinFan, HIGH);      // Kipas OFF
      digitalWrite(pinBuzzer, LOW);    // Buzzer OFF
      Serial.println("[STATUS: AMAN] Suhu Normal.");
    }
  }

  delay(1000); // Pembacaan diulang setiap 1 detik
}
```

Lampiran 3 Skema Rangkaian dan Peta Pengkabelan (*Wiring*) Sistem



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

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

Lampiran 4 Tabel Lengkap Analisis FMEA Sistem Pendingin

No.	Komponen	Mode Kegagalan	Penyebab Kegagalan	Dampak	S	O	D	RPN	Rek.
1	Radiator	Penyumbatan saluran coolant pada inti radiator	Penumpukan kerak mineral, endapan lumpur, serpihan karat akibat coolant tidak diganti sesuai interval	Aliran coolant terhambat, pelepasan panas tidak optimal, temperatur naik menuju overheating	8	7	4	**224**	Flushing radiator tiap 2.000 jam; ganti coolant sesuai spesifikasi; pasang extra fan otomatis
2	Thermostat	Macet dalam posisi tertutup	Korosi pada housing, endapan kerak, usia pakai melebihi batas	Coolant tidak bersirkulasi ke radiator, overheating akut dalam waktu singkat	9	3	6	162	Periksa tiap 1.000 jam; uji buka-tutup dalam air panas; penggantian berkala
3	Water Pump	Debit pompa menurun (kavitasi/impeller aus)	Keausan impeller oleh partikel abrasif, kerusakan seal, level coolant rendah	Sirkulasi coolant tidak cukup, distribusi panas tidak merata	7	5	4	140	Periksa seal & impeller tiap 1.500 jam; jaga level coolant
4	Kipas Pendingin (Viscous Fan)	Kopling kipas selip / putaran berkurang	Kerusakan viscous coupling, kontaminasi oli, usia pakai	Aliran udara radiator berkurang, pendinginan tidak efektif saat beban tinggi	7	5	5	175	Periksa putaran kipas saat panas; ganti viscous coupling; tambah extra fan elektrik
5	Selang Coolant	Kebocoran / selang mengempis (collapse)	Selang mengeras/retak, klem longgar, tekanan berlebih	Volume coolant berkurang, sistem kehilangan tekanan, suhu naik drastis	8	4	4	128	Inspeksi tiap 500 jam; ganti tiap 3 tahun; periksa klem
6	Tutup Radiator (Radiator Cap)	Tekanan tutup tidak sesuai spesifikasi	Pegas melemah, korosi dudukan, tutup tertukar spesifikasi	Titik didih coolant turun, penguapan berlebih, level coolant cepat berkurang	6	5	6	180	Uji tekanan tiap 1.000 jam; ganti sesuai spesifikasi pabrikan

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

No.	Komponen	Mode Kegagalan	Penyebab Kegagalan	Dampak	S	O	D	RPN	Rek.
7	Coolant (Cairan Pendingin)	Coolant terkontaminasi atau kadaluarsa	Tidak diganti sesuai interval, pencampuran jenis berbeda, oli masuk sistem	Kapasitas perpindahan panas turun, korosi internal, penyumbatan akibat endapan	6	7	5	**210**	Ganti coolant tiap 2.000 jam (LLC); uji pH & kualitas berkala
8	Sensor Temperatur	Pembacaan tidak akurat / tidak merespons	Elemen sensor rusak oleh panas ekstrem, korosi konektor, kabel putus	Indikator tidak memberi peringatan tepat waktu, overheating tidak terdeteksi	7	4	7	196	Kalibrasi tiap 1.000 jam; periksa konektor & kabel; pasang sistem proteksi termal sebagai backup

Lampiran 5 Data Pengujian Temperatur (Keluaran Serial Monitor Arduino IDE)

No.	Suhu (°C)	Status Sistem	Extra Fan	Interlock Solenoid	Buzzer
1	80,25	**AMAN**	OFF	OFF	OFF
2	84,50	**AMAN**	OFF	OFF	OFF
3	88,00	**AMAN**	OFF	OFF	OFF
4	90,75	**AMAN**	OFF	OFF	OFF
5	92,50	**AMAN**	OFF	OFF	OFF

© 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

No.	Suhu (°C)	Status Sistem	Extra Fan	Interlock Solenoid	Buzzer
6	93,25	HYSTERESIS	tetap OFF	OFF	tetap OFF
7	94,00	HYSTERESIS	tetap OFF	OFF	tetap OFF
8	94,75	HYSTERESIS	tetap OFF	OFF	tetap OFF
9	95,25	PERINGATAN	ON	OFF	ON
10	96,75	PERINGATAN	ON	OFF	ON
11	98,00	PERINGATAN	ON	OFF	ON
12	99,50	PERINGATAN	ON	OFF	ON
13	100,25	KRITIS	ON	ON (mesin mati)	ON
14	100,75	KRITIS	ON	ON (mesin mati)	ON
15	99,25	PERINGATAN	ON	OFF	ON
16	96,00	PERINGATAN	ON	OFF	ON
17	93,50	HYSTERESIS	tetap ON	OFF	tetap ON
18	91,00	AMAN	OFF	OFF	OFF
19	88,25	AMAN	OFF	OFF	OFF

Lampiran 6 Dokumentasi Foto Penelitian

Dokumentasi foto berikut memuat kondisi aktual objek penelitian, komponen dengan risiko tertinggi hasil FMEA, serta proses perancangan dan instalasi sistem proteksi termal bertingkat pada excavator Kobelco SK200-6.

© 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 : Unit excavator Kobelco SK200-6 (objek penelitian)



Gambar : Radiator dengan penyumbatan (mode kegagalan RPN tertinggi = 224)



Gambar : Proses pengerjaan & perakitan sistem proteksi



Gambar : Pemasangan sensor thermocouple & posisi interlock solenoid

© 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 : Dokumentasi instalasi fisik komponen sistem proteksi termal pada unit (extra fan, solenoid, sensor & unit kendali)

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