

**Perancangan Awal Sistem Pencuci Otomatis untuk Bagian
Eksterior Kereta Api Menggunakan Metode VDI 2222**

Tugas Akhir

Disusun sebagai salah satu syarat untuk
menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan Diploma IV

Bidang Kajian

Machine Design

Oleh:

Jela Sukmawan

221421013



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI REKAYASA PERANCANGAN MANUFAKTUR
JURUSAN TEKNIK PERANCANGAN MANUFAKTUR
POLITEKNIK MANUFAKTUR BANDUNG**

2025

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir yang berjudul:

**Perancangan Awal Sistem Pencuci Otomatis untuk Bagian
Eksterior Kereta Api Menggunakan Metode VDI 2222**

Oleh:

Jela Sukmawan


221421013

Telah direvisi, disetujui, dan disahkan sebagai Tugas Akhir penutup program
pendidikan Sarjana Terapan (Diploma IV)
Politeknik Manufaktur Bandung

Bandung, 29 Juli 2025

Disetujui,

Pembimbing I,



Asep Indra Komara, S.S.T., M.T., IPM

NIP. 197509122001121001

Pembimbing II,



Dedy Ariefijanto, S.S.T., M.T.

NIP. 197112052002121001

Disetujui,


Penguji I,



Bustami Ibrahim, SST., MT

NIP. 197609022003121001

Penguji II,



M. Aditya Royandi, S.Tr., M.Sc., Ph.D.

NIP. 199411122024061001

Penguji III,



Antonius Adi Soethopo, S.T., M.T.

NIP. 196506102003121001

PERNYATAAN ORISINALITAS

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

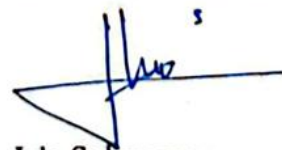
Nama : Jela Sukmawan
NIM : 221421013
Jurusan : Teknik Perancangan Manufaktur
Program Studi : Teknologi Rekayasa Perancangan Manufaktur
Jenjang Studi : Diploma IV
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Perancangan Awal Sistem Pencuci Otomatis untuk Bagian Eksterior Kereta Api Menggunakan Metode VDI 2222

Menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir ini adalah hasil karya saya sendiri (orisinal) atas bimbingan para Pembimbing.
2. Dalam tugas akhir ini tidak terdapat keseluruhan atau sebagian tulisan orang lain yang saya ambil dengan cara menyalin atau meniru dalam bentuk rangkaian kalimat atau simbol yang menunjukkan gagasan atau pendapat atau pemikiran dari penulis lain, yang saya akui seolah-olah sebagai tulisan saya sendiri, dan/atau tidak terdapat bagian atau keseluruhan tulisan yang saya salin, tiru, atau yang saya ambil dari tulisan orang lain tanpa memberikan pengakuan penulis aslinya (referensi).
3. Bila kemudian terbukti bahwa saya melakukan tindakan yang bertentangan dengan hal tersebut di atas, baik disengaja atau tidak, saya bersedia menerima akibatnya sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung
Pada tanggal : 29 Juli 2025
Yang Menyatakan,



Jela Sukmawan
NIM 221421013

PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)

Sebagai Civitas Akademika Politeknik Manufaktur Bandung, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Jela Sukmawan
NIM : 221421013
Jurusan : Teknik Perancangan Manufaktur
Program Studi : Teknologi Rekayasa Perancangan Manufaktur
Jenjang Studi : Diploma IV
Jenis Karya : Tugas Akhir
Judul Karya : Perancangan Awal Sistem Pencuci Otomatis untuk Bagian Eksterior Kereta Api Menggunakan Metode VDI 2222

Menyatakan/menyetujui bahwa:

1. Segala bentuk Hak Kekayaan Intelektual terkait dengan tugas akhir tersebut menjadi milik Institusi Politeknik Manufaktur Bandung, yang selanjutnya pengelolaannya berada di bawah Jurusan dan Program Studi, dan diatur sesuai dengan ketentuan yang berlaku.
2. Memberikan kepada Politeknik Manufaktur Bandung Hak Bebas Royalti Noneklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas hasil tugas akhir saya tersebut. beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini, maka Politeknik Manufaktur Bandung berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama-nama Dosen Pembimbing dan nama saya sebagai anggota penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Bandung

Pada tanggal : 29 Juli 2025

Yang Menyatakan,



Jela Sukmawan

NIM 221421013

MOTO PRIBAD

"Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan"
(QS. Al-Insyirah:5)

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah yang hanya kepada-Nya kami memuji, memohon pertolongan, dan mohon ampunan. Kami berlindung kepada-Nya dari kekejian diri dan kejahatan amalan kami. Barang siapa yang diberi petunjuk oleh Allah maka tidak ada yang dapat menyesatkan, dan barang siapa yang tersesat dari jalan-Nya maka tidak ada yang dapat memberinya petunjuk. Dan aku bersaksi bahwa tiada sembah yang berhak disembah melainkan Allah saja, yang tiada sekutu bagi-Nya. Dan aku bersaksi bahwa Muhammad adalah hamba-Nya dan Rasul-Nya.

Atas petunjuk dan pertolongan-Nya, Alhamdulillah penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul: “Perancangan Awal Sistem Pencuci Otomatis untuk Bagian Eksterior Kereta Api Menggunakan Metode VDI 2222”. Tugas akhir dibuat dalam rangka memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan Sarjana Terapan (Diploma-IV) pada Program Studi Teknologi Rekayasa Perancangan Manufaktur di Politeknik Manufaktur Bandung.

Terselesaikannya tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan banyak pihak, sehingga pada kesempatan ini dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa hormat penulis menghaturkan terima kasih yang sebesar-besarnya bagi semua pihak yang telah memberikan bantuan moril maupun materil baik langsung maupun tidak langsung dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai, terutama kepada yang saya hormati:

1. Direktur Politeknik Manufaktur Bandung, Bapak Darma Firmansyah U, S.ST, M.T.,
2. Ketua Jurusan Teknik Perancangan Manufaktur, Bapak Bustami Ibrahim, SST., M.T., IPM.
3. Ketua Program Studi Teknologi Rekayasa Perancangan Manufaktur, Ibu Dinny Indrian S.Tr., MT.
4. Pembimbing I tugas akhir, Bapak Asep Indra Komara, S.S.T., M.T., IPM yang telah sabar dan penuh keikhlasan membantu, membimbing dan memberikan motivasi pada penulis hingga bisa bertahan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Pembimbing II tugas akhir, Bapak Dedy Ariefijanto, S.S.T., M.T. yang telah sabar dan penuh keikhlasan membantu, membimbing dan memberikan

motivasi pada penulis hingga bisa bertahan untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

6. Teristimewa kepada Orang Tua penulis yang selalu mendoakan, memberikan motivasi dan pengorbanannya baik dari segi moril, materi kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Para Penguji sidang tugas akhir Bapak Bustami Ibrahim, SST., MT, Bapak M. Aditya Royandi, S.Tr., M.Sc., Ph.D., dan Bapak Antonius Adi Soethopo, S.T., M.T.
8. Rekan-rekan kelas 4 DEC-1 yang selalu memberikan dukungan dan semangat serta menjadi tempat diskusi sehingga penulis bisa menyelesaikan tugas akhir ini.

Akhir kata penulis menyadari bahwa dalam penulisan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan. Karena itu, penulis memohon saran dan kritik yang sifatnya membangun demi kesempurnaannya dan semoga bermanfaat bagi kita semua. Aamiiin Ya Robbal Alamin.

Bandung, 29 Juli 2025

Penulis

ABSTRAK

Sistem pencuci otomatis pada kereta adalah suatu sistem mesin yang dirancang untuk membersihkan eksterior kereta api secara otomatis, terintegrasi, dan berkelanjutan, tanpa bergantung penuh pada tenaga manusia. Sistem ini terdiri atas beberapa stasiun kerja (*post*) yang menjalankan proses pencucian secara berurutan, seperti penyemprotan air awal, penyabunan, penyikatan, pembilasan, dan pengeringan, sehingga mampu meningkatkan efisiensi pembersihan. Saat ini, proses pencucian kereta api di Indonesia masih dilakukan secara manual dengan metode konvensional menggunakan metode konvensional. Pembersihan manual ini tidak hanya memakan waktu, tetapi juga kurang efisien dalam penggunaan tenaga kerja. Oleh karena itu, dibutuhkan sebuah inovasi berupa sistem pencuci otomatis untuk mendukung operasional kereta api yang lebih cepat, efisien, dan konsisten. Penelitian ini bertujuan untuk merancang mesin pencuci otomatis yang mampu membersihkan kereta dengan meminimalkan intervensi manusia. Perancangan sistem ini dilakukan dengan menggunakan metodologi VDI 2222, yang meliputi tahap merencana, mengkonsep, merancang, dan penyelesaian. Pemodelan komponen dilakukan menggunakan perangkat lunak *SolidWorks*. Mesin terdiri dari enam *post* utama: penyemprotan awal, penyemprotan sabun, penyikatan badan kereta, penyikatan atap kereta, pembilasan, dan pengeringan. Diharapkan, implementasi mesin pencuci otomatis ini dapat meningkatkan efisiensi proses pencucian kereta api dalam mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual, serta waktu pencucian yang lebih cepat.

Kata kunci : Kereta Api, Pencucian Kereta Api, Metodologi Perancangan VDI 2222.

ABSTRACT

An automatic train washing system is a mechanical system designed to clean the exterior of trains in an automated, integrated, and continuous manner, without relying heavily on manual labor. This system consists of several workstations (posts) that carry out the washing process sequentially, including initial water spraying, soaping, brushing, rinsing, and drying, thereby improving cleaning efficiency. Currently, train washing processes in Indonesia are still carried out manually using conventional methods. This manual cleaning not only consumes a significant amount of time but is also inefficient in terms of labor utilization. Therefore, an innovative solution in the form of an automatic washing system is needed to support faster, more efficient, and consistent train operations. This study aims to design an automatic train washing machine capable of cleaning trains thoroughly while minimizing human intervention. The system design is conducted using the VDI 2222 methodology, which includes the stages of planning, concept development, design, and completion. Component modeling is carried out using SolidWorks software. The machine consists of six main posts: initial water spraying, soap spraying, side brushing, roof brushing, rinsing, and drying. The implementation of this automatic washing machine is expected to enhance the efficiency of the train washing process, reduce dependency on manual labor, and achieve faster cleaning time.

Keywords: *Train, Train Washing, VDI 2222 Design Methodology.*

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
PERNYATAAN ORISINALITAS.....	ii
PERNYATAAN HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL (HKI)	iii
MOTO PRIBADI	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xix
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN	xx
BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
I.1 Latar Belakang.....	I-1
I.2 Rumusan Masalah.....	I-2
I.3 Batasan Masalah	I-3
I.4 Tujuan	I-3
I.5 Manfaat	I-4
I.6 Sistematika Penulisan	I-4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	II-1
II.1 Kereta Api	II-1
II.1.1 Jenis Kereta Api	II-2
II.2 Pencucian Kereta Api.....	II-5
II.2.1 Ruang Lingkup Pekerjaan Cuci Kereta	II-6

II.2.2 Lokasi Pencucian Kereta	II-6
II.2.3 Standar Bersih Pekerjaan Cuci Kereta	II-7
II.2.4 Kontrol Kualitas Pekerjaan Cuci Kereta	II-8
II.2.5 Penilaian Dan Inspeksi Pekerjaan Cuci Kereta	II-9
II.3 Noda	II-9
II.3.1 Noda Debu.....	II-9
II.3.2 Noda Bercak	II-10
II.3.3 Noda Minyak.....	II-12
II.4 Mesin Pencuci Kereta Api.....	II-13
II.4.1 Tujuan Utama Mesin Pencuci Kereta Api.....	II-13
II.4.2 Prinsip Kerja Mesin Pencuci Kereta Api.....	II-13
II.5 Perhitungan Pada Penyemprotan Air.....	II-14
II.6 Perhitungan Pada Penyikatan	II-16
II.7 Perhitungan Kopling.....	II-17
II.8 Perhitungan Pengelasan.....	II-17
II.9 Metode Elemen Hingga.....	II-19
II.10 Metode Perancangan	II-20
II.11 Metode Penilaian VDI 2225	II-21
II.12 Studi Penelitian Serupa.....	II-22
II.13 Tinjauan Mesin.....	II-24
BAB III METODE PENYELESAIAN MASALAH.....	III-1
III.1 Metode Perancangan VDI 2222	III-1
III.2 Merencana	III-2
III.2.1 Pengumpulan Data	III-2
III.2.2 Identifikasi Masalah	III-6

III.2.3 Analisis Mesin <i>Existing</i>	III-6
III.2.4 Penentuan <i>Demand</i> dan <i>Wish</i>	III-6
III.2.5 Daftar Tuntutan	III-8
III.3 Mengkonsep	III-9
III.3.1 Studi Komponen Kereta.....	III-9
III.3.2 Studi Waktu Proses Pencucian.....	III-13
III.3.3 Studi Proses Pembersihan Noda.....	III-14
III.3.4 Menentukan Struktur Fungsi.....	III-23
III.3.5 Menguraikan Fungsi Keseluruhan	III-24
III.3.6 Konsep Bentuk Rancangan <i>Spesial Purpose Machine</i>	III-26
III.4 Merancang.....	III-35
III.4.1 Alternatif Variasi Rancangan	III-35
III.4.2 Perhitungan Awal Rancangan	III-63
III.4.3 Perhitungan Sistem Penyemprot	III-64
III.4.4 Perhitungan Sistem Penampungan Air	III-75
III.4.5 Perhitungan Sistem Penggerak Fluida	III-76
III.4.6 Perhitungan Sistem Penyikat	III-87
III.4.7 Perhitungan Sistem Pengeringan	III-112
III.5 Penyelesaian.....	III-113
III.5.1 Gambar Draft	III-116
III.5.2 Gambar Kerja Susunan	III-116
III.5.3 Gambar Kerja Bagian.....	III-117
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	IV-1
IV.1 Perhitungan Elemen Transmisi.....	IV-1
IV.1.1 Sikat Vertikal	IV-1
IV.1.2 Sikat Horizontal	IV-12

IV.1.3 Baut Angkur.....	IV-24
IV.2 Analisis Simulasi Rangka	IV-26
IV.2.1 Rangka <i>Post</i> 3	IV-26
IV.2.2 Rangka <i>Post</i> 4	IV-30
IV.3 Validasi Performa Rancangan.....	IV-33
BAB V PENUTUP	V-1
V.1 Kesimpulan	V-1
V.2 Saran.....	V-2
DAFTAR PUSTAKA	xxiv

DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 Kereta Api.....	II-1
Gambar II. 2 Rangkaian Kereta Yang Ditarik Lokomotif	II-2
Gambar II. 3 Kereta Dengan Penggerak Sendiri.....	II-3
Gambar II. 4 Proses Pencucian Kereta Api.....	II-5
Gambar II. 5 Langkah <i>Finite Elemen Method</i>	II-19
Gambar II. 6 Diagram Alir Metode Perancangan VDI 2222	II-21
Gambar III. 1 Metode Perancangan VDI 2222	III-1
Gambar III. 2 Proses Pencucian Kereta Api Pada Stasiun Bandung	III-2
Gambar III. 3 Cairan Sabun Pembersih Pencucian Kereta	III-5
Gambar III. 4 Bagian Komponen Kereta	III-11
Gambar III. 5 Bagian yang Akan Dicuci	III-12
Gambar III. 6 Pandangan Atas Atap Kereta.....	III-13
Gambar III. 7 Diagram <i>Black Box</i>	III-23
Gambar III. 8 Diagram <i>Glass Box</i>	III-24
Gambar III. 9 Diagram Struktur Fungsi Bagian	III-24
Gambar III. 10 Variasi Konsep 1	III-26
Gambar III. 11 Detail Variasi Konsep 1	III-30
Gambar III. 12 Variasi Konsep 2	III-31
Gambar III. 13 Variasi Konsep 3	III-33
Gambar III. 14 <i>Layout</i> Variasi Rancangan 1	III-50
Gambar III. 15 Detail Variasi Rancangan 1	III-53
Gambar III. 16 <i>Layout</i> Variasi Rancangan 2	III-54
Gambar III. 17 Detail Variasi Rancangan 2.....	III-57

Gambar III. 18 <i>Layout</i> Variasi Rancangan 3	III-58
Gambar III. 19 Detail Variasi Rancangan 3	III-61
Gambar III. 20 Hubungan <i>Spray Angle</i> Dan Lebar Semprotan	III-65
Gambar III. 21 <i>Draft</i> Awal.....	III-116

DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Spesifikasi Gerbong Kereta Api.....	II-4
Tabel II. 2 Tabel Penilaian VDI 2225	II-22
Tabel II. 2 Studi Penelitian Serupa	II-22
Tabel II. 3 Tinjauan Mesin.....	II-24
Tabel III. 1 Daftar Pencucian Kereta Pada Stasiun Bandung	III-3
Tabel III. 2 Waktu Proses Pencucian Manual.....	III-4
Tabel III. 3 Tahapan Proses Pencucian	III-4
Tabel III. 4 <i>Demand and Wish</i>	III-7
Tabel III. 5 Daftar Tuntutan	III-8
Tabel III. 6 Spesifikasi Teknis Kereta <i>Stainless Steel New Generation</i>	III-9
Tabel III. 7 Studi Proses Pembersihan Noda	III-14
Tabel III. 8 Analisis Perbandingan Proses Pembersihan Noda Debu	III-15
Tabel III. 9 Rubrik Skala Karakteristik Penilaian Metode Pembersihan.....	III-16
Tabel III. 10 Penilaian Terhadap Performa Noda Debu	III-17
Tabel III. 11 Analisis Perbandingan Proses Pembersihan Noda Bercak	III-17
Tabel III. 12 Penilaian Terhadap Performa Noda Bercak.....	III-18
Tabel III. 13 Analisis Perbandingan Proses Pembersihan Noda Minyak	III-19
Tabel III. 14 Rubrik Penilaian Terhadap Performa Noda Minyak.....	III-20
Tabel III. 15 Analisis Perbandingan Proses Pembersihan Noda Lumpur	III-20
Tabel III. 16 Penilaian Terhadap Performa Noda Lumpur	III-21
Tabel III. 17 Analisis Perbandingan Proses Pengeringan	III-21
Tabel III. 18 Penilaian Terhadap Performa Pengeringan.....	III-22
Tabel III. 19 Analisis Perbandingan Variasi Konsep 1	III-30

Tabel III. 20 Analisis Perbandingan Variasi Konsep 2.....	III-32
Tabel III. 21 Analisis Perbandingan Variasi Konsep 3.....	III-33
Tabel III. 22 Rubrik Skala Karakteristik Penilaian Variasi Konsep	III-34
Tabel III. 23 Penilaian Terhadap Variasi Konsep.....	III-35
Tabel III. 24 Alternatif Variasi Rancangan.....	III-35
Tabel III. 25 Pemilihan Fungsi Penampung Air	III-38
Tabel III. 26 Pemilihan Fungsi Penggerak.....	III-39
Tabel III. 27 Pemilihan Fungsi Penggerak Fluida	III-39
Tabel III. 28 Pemilihan Fungsi Penyalur Air.....	III-39
Tabel III. 29 Pemilihan Fungsi Penyemprotan Air	III-40
Tabel III. 30 Pemilihan Fungsi Penyemprotan Sabun	III-41
Tabel III. 31 Pemilihan Fungsi Penyikat	III-42
Tabel III. 32 Pemilihan Fungsi Transmisi	III-43
Tabel III. 33 Pemilihan Fungsi Pengering	III-44
Tabel III. 34 Pemilihan Fungsi Rangka Penyikat	III-45
Tabel III. 35 Pemilihan Fungsi Rangka Penyemprot.....	III-45
Tabel III. 36 Pemilihan Fungsi Rangka Pengering	III-46
Tabel III. 37 Pemilihan Fungsi Kontrol	III-47
Tabel III. 38 Matriks Morfologi Alternatif Konsep.....	III-48
Tabel III. 39 Rubrik Skala Karakteristik Penilaian Variasi Rancangan.....	III-61
Tabel III. 40 Penilaian Performa Teknis	III-62
Tabel III. 41 Penilaian Performa Ekonomis.....	III-62
Tabel III. 42 Perhitungan Kecepatan Gerak Kereta.....	III-63
Tabel III. 43 Perhitungan Lebar Semprotan.....	III-65

Tabel III. 44 Uji Tekanan Penyemprotan.....	III-66
Tabel III. 45 Studi <i>Overlap</i> Jarak <i>Nozzle</i>	III-68
Tabel III. 46 Studi Debit <i>Nozzle</i>	III-70
Tabel III. 47 Perhitungan <i>Nozzle Post</i> 1 Penyemprotan Awal.....	III-71
Tabel III. 48 Perhitungan <i>Nozzle Post</i> 2 Penyemprotan Sabun	III-72
Tabel III. 49 Perhitungan <i>Nozzle Post</i> 5 Pembilasan	III-73
Tabel III. 50 Total Penggunaan Air dan Sabun	III-74
Tabel III. 51 Perhitungan Tandon Air.....	III-75
Tabel III. 52 Perhitungan Pompa Air Penyemprotan Awal	III-76
Tabel III. 53 Perhitungan Pompa Air Sabun.....	III-80
Tabel III. 54 Perhitungan Pompa Air Pembilasan	III-83
Tabel III. 55 Studi Proses Penyikatan	III-87
Tabel III. 56 Perhitungan Berat Sikat Vertikal	III-88
Tabel III. 57 Perhitungan Gaya Minimal Sikat Mengembang.....	III-91
Tabel III. 58 Perhitungan RPM Sikat.....	III-93
Tabel III. 59 Perhitungan Motor Sikat Vertikal.....	III-94
Tabel III. 60 Perhitungan Kopling Sikat Vertikal.....	III-98
Tabel III. 61 Perhitungan Diameter Poros Sikat Vertikal	III-99
Tabel III. 62 Perhitungan Berat Sikat Vertikal	III-100
Tabel III. 63 Perhitungan Motor Sikat Horizontal	III-104
Tabel III. 64 Perhitungan Kopling Sikat Horizontal.....	III-110
Tabel III. 65 Perhitungan Diameter Poros Sikat Horizontal	III-111
Tabel III. 66 Studi Proses Pengeringan.....	III-112
Tabel III. 67 Perhitungan Pengering	III-112

Tabel IV. 1 Validasi Poros Tempat Sikat Vertikal	IV-1
Tabel IV. 2 Hasil Simulasi	IV-2
Tabel IV. 3 Komparasi Hasil Manual Dengan <i>Software</i>	IV-5
Tabel IV. 4 Kontrol Kekuatan Baut Flange Sikat Vertikal.....	IV-6
Tabel IV. 5 Kontrol Kekuatan Kampuh Las Poros Tempat Sikat Vertikal	IV-8
Tabel IV. 6 Kontrol Kekuatan Kampuh Las Poros Bawah Sikat Vertikal.....	IV-10
Tabel IV. 7 Validasi Poros Tempat Sikat Horizontal	IV-12
Tabel IV. 8 Hasil Simulasi	IV-14
Tabel IV. 9 Komparasi Hasil Manual Dengan <i>Software</i>	IV-17
Tabel IV. 10 Kontrol Kekuatan Baut Flange Sikat Horizontal.....	IV-18
Tabel IV. 11 Kontrol Kekuatan Kampuh Las Poros Tempat Sikat Horizontal	IV-20
Tabel IV. 12 Kontrol Kekuatan Kampuh Las Poros Kiri Sikat Horizontal	IV-22
Tabel IV. 13 Kontrol Kekuatan Baut Angkur <i>Post 3</i>	IV-24
Tabel IV. 14 Hasil Simulasi Rangka <i>Post 3</i>	IV-26
Tabel IV. 15 Hasil Simulasi Rangka <i>Post 4</i>	IV-30
Tabel IV. 16 Validasi Perbandingan Mesin <i>Existing</i>	IV-34
Tabel V. 1 Pemenuhan Parameter Perancangan	V-2

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 Data Diri

LAMPIRAN 2 Proses Pencucian Kereta Api Saat Ini

LAMPIRAN 3 Spesifikasi Teknis Kereta

LAMPIRAN 4 *Review Design*

LAMPIRAN 5 Aspek Skala Penilaian

LAMPIRAN 6 Perhitungan Konstruksi

LAMPIRAN 7 Spesifikasi Standar

LAMPIRAN 8 Dokumentasi Teknik

DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

Konteks: Penentuan kecepatan gerak kereta

$l_{lokomotif}$	= Panjang lokomotif [mm]
$l_{gerbong}$	= Panjang gerbong [mm]
$n_{gerbong}$	= Jumlah gerbong
$l_{total\ rangkaian}$	= Panjang total rangkaian [mm]
$n_{gerbong}$	= Jumlah gerbong
$v_{kerteta}$	= Kecepatan kereta [km/jam]
$t_{perhitungan}$	= Waktu pencucian [menit]

Konteks: Sistem penyemprot

n_{nozzle}	= Jumlah <i>nozzle</i>
P_{nozzle}	= Tekanan <i>nozzle</i>
Q_{nozzle}	= Debit <i>nozzle</i> [L/min]
V_{tot_nozzle}	= Volume total <i>nozzle</i> [L/min]
$v_{tot_air_awal}$	= Volume penggunaan air pada <i>post</i> 1 [L]
$v_{tot_air_sabun}$	= Volume penggunaan air pada <i>post</i> 2 [L]
$v_{tot_air_bilas}$	= Volume penggunaan air pada <i>post</i> 5 [L]
v_{tot_air}	= Total penggunaan air [L]
v_{sabun}	= Total penggunaan sabun [L]
$V_{tandon_terpilih}$	= Kapasitas tandon [L]
Q_{air}	= Debit air [$\frac{m^3}{s}$]
v_{pipa}	= Kecepatan aliran pada penampang pipa [$\frac{m}{s}$]
D_{pipa}	= Diameter pipa [mm]
C_{steel}	= Koefisien pipa
l_{pipa}	= Panjang pipa [mm]
h_f	= <i>Major head loss</i> [m]
h_{min}	= <i>Minor head loss</i> [m]
h_{static}	= <i>Static head loss</i> [m]

hl_{pompa}	= Total head loss [m]
H_{nozzel}	= Total head akibat nozzel [m]
THD_{pompa}	= Total head dinamis [m]
PH_{pompa}	= Daya pompa [kW]
η_{pompa}	= Efisiensi pompa
P_{pompa}	= Daya rencana pompa [kW]

Konteks: Sistem penyikat

d_{bulu_sikat}	= Diameter 1 bulu sikat [mm]
l_{bulu_sikat}	= Panjang 1 bulu sikat [mm]
v_{bulu_sikat}	= Volume 1 bulu sikat [mm ³]
ρ_{nylon}	= Masa jenis bulu sikat [mm ³]
m_{nylon}	= Berat 1 bulu sikat [gr]
m_{lubang_sikat}	= Berat bulu sikat dalam 1 lubang sikat [gr]
m_{cover_sikat}	= Berat cover bulu sikat [gr]
n_{lubang_sikat}	= Jumlah lubang dalam cover sikat
m_{bulu_sikat}	= Berat 1 lembar sikat [kg]
m_{tot_sikat}	= Berat sikat dalam 1 konstruksi [kg]
d_{sikat_ver}	= Diameter sikat vertikal [mm]
t_{kontak_sikat}	= Waktu kontak sikat pada area yang sama [detik]
f_{kontak_sikat}	= Kecepatan putaran sikat pada area yang sama [1/s]
RPM_{sikat_teori}	= Kecepatan putaran sikat berdasarkan perhitungan [RPM]
δ_{sikat}	= Defleksi bulu sikat akibat sikat menyentuh permukaan [mm]
E_{nylon}	= Modulus elastisitas nylon [Pa]
I_{bulu_sikat}	= Momen inersia penampang [mm ⁴]
F_{bulu_sikat}	= Gaya sikat per 1 helai bulu [N]
FN_{bulu_sikat}	= Gaya sikat per total bulu yang terdapat pada sikat [N]
μ_{nylon}	= Koefisien gesek nylon
F_{ges_sikat}	= Gaya gesek sikat dengan permukaan kereta [N]
T_{sikat}	= Torsi yang disebabkan oleh sikat [N]

$T_{inersia}$	= Torsi yang disebabkan oleh inersia transmisi [N]
T_{tot}	= Torsi total akibat sikat dan transmisi [Nm]
P_{motor_sikat}	= Daya motor [kW]
f_c	= Faktor koreksi sebesar daya
Pd_{motor_sikat}	= Daya rencana motor [kW]

Konteks: Transmisi kopling

T_N	= Torsi nominal motor (Nm)
P	= Daya motor (kW)
N	= Putaran motor (RPM)
T'_k	= Torsi kopling (Nm)
T_N	= Torsi nominal motor (Nm)
K_A	= Faktor kerja kopling

Konteks: Sistem pengering

Pd_{blower}	= Daya blower [kW]
V_{blower}	= Flow rate blower [m ³ /jam]
P_{blower}	= Tekanan blower [bar]

Konteks: Analisis

σ_y	= Yield strength [MPa]
S_f	= Safety factor
σ_{izin}	= Tegangan Izin
T	= Momen puntir [Nm]
r_o	= Radius luar poros [mm]
r_i	= Radius dalam poros [mm]
J	= Momen inersia penampang [mm ⁴]
τ_{maks}	= Tegangan puntir maksimum [MPa]
n_{baut}	= Jumlah baut
r_{baut}	= Radius efektif lingkaran baut jumlah baut [mm]
F_{baut}	= Gaya pada baut [N]
A_s	= Luas penampang [mm ²]

d_s	= Diameter minor baut [mm]
τ_{baut}	= Tegangan pada baut [MPa]
FS_{baut}	= <i>Safety factor</i> pada baut
F_1	= Gaya normal [N]
C_B	= Faktor pemakaian pengelasan
A_W	= Luas penampang kampuh las [mm ²]
σ_{wizin}	= Tegangan izin kampuh las [N/mm ²]
σ_{wg}	= Tegangan pembebanan tekan [N/mm ²]
σ_{wp}	= Tegangan pembebanan puntir [N/mm ²]
W_{wp}	= Momen tahanan polar kampuh las [N/mm ²]
σ_{gab}	= Tegangan gabungan [N/mm ²]
M_b	= Momen bengkok [kNm]
I	= Momen inersia [mm ⁴]
σ_{maks}	= Tegangan bengkok [MPa]
F_v	= Gaya geser akibat gaya transversal [N]
F_{gab}	= Tegangan geser gabungan [N]

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk, ketersediaan transportasi menjadi faktor penting dalam mendukung pergerakan masyarakat. Transportasi berperan penting dalam mendorong pertumbuhan dan perkembangan kota. Namun, selain dampak positifnya, perkembangan transportasi juga menghadirkan berbagai tantangan, seperti kemacetan, ketidakteraturan, dan meningkatnya risiko kecelakaan lalu lintas. Tingginya mobilitas masyarakat menciptakan kebutuhan akan sarana dan prasarana transportasi yang memadai, aman, nyaman, dan terjangkau oleh semua kalangan masyarakat [1]. Salah satu faktor penting dalam mendukung kenyamanan dan efisiensi moda transportasi adalah menjaga kebersihan fasilitas transportasi itu sendiri, termasuk kereta api [2].

Kereta api adalah salah satu jenis transportasi darat yang memiliki keunggulan, terutama kemampuannya untuk mengangkut penumpang dan barang dalam jumlah besar secara efisien. Moda ini memiliki berbagai keunggulan, seperti kapasitas angkut yang besar, kenyamanan, waktu perjalanan yang lebih terprediksi, efisiensi bahan bakar, emisi gas buang yang rendah, serta pemberhentian di lokasi-lokasi yang strategis, termasuk pusat-pusat ekonomi [3]. Namun, untuk menjaga performa dan daya tariknya, kebersihan rangkaian kereta api harus dijaga. Kebersihan tidak hanya menciptakan kenyamanan bagi penumpang, tetapi juga mendukung kesehatan dan meningkatkan minat masyarakat untuk terus menggunakan layanan kereta api [4].

Pencucian kereta api merupakan salah satu upaya penting dalam menjaga kebersihan rangkaian. Proses ini dilakukan secara berkala, khususnya selama kereta dalam kondisi *stabling* atau sebelum jadwal operasional dimulai. Jenis kereta yang dicuci meliputi berbagai tipe, seperti kereta penumpang jarak jauh, kereta lokal, kereta bagasi, kereta makan, kereta pembangkit, hingga kereta wisata [5]. Namun, pencucian kereta memiliki tantangan tersendiri karena rangkaiannya yang panjang, sehingga berbeda dari pencucian kendaraan pada umumnya.

Proses pembersihan kereta api di Indonesia, khususnya di PT Kereta Api Indonesia (Persero), masih dilakukan secara manual menggunakan metode konvensional yang bergantung pada tenaga kerja manusia. Setiap harinya, terdapat sekitar 880 unit kereta yang harus dibersihkan untuk mendukung operasional yang efisien dan menjamin kenyamanan penumpang [6].

Kegiatan pencucian kereta dilakukan dalam tiga *shift* per hari. Dalam setiap *shift* terdapat dua tim petugas, dan masing-masing tim terdiri dari sepuluh orang. Pembagian tugas dalam satu tim meliputi empat orang yang bertugas membersihkan bagian eksterior kereta seperti atap dan dinding samping, empat orang lainnya membersihkan bagian interior, satu orang bertugas untuk pengisian air bersih, dan satu orang menangani kebersihan toilet.

Waktu yang diperlukan untuk membersihkan satu rangkaian kereta mencapai 3 jam 30 menit. Proses pencucian bagian eksterior kereta api dimulai dari atap, kemudian dilanjutkan ke bagian dinding samping. Berdasarkan hasil survei yang telah dilakukan, ditemukan bahwa jenis noda yang umum terdapat pada kereta meliputi debu, bercak, minyak, dan lumpur. Metode ini membutuhkan banyak tenaga kerja serta waktu yang relatif lama, sehingga menimbulkan inefisiensi, terutama ketika kereta harus segera dioperasikan kembali dalam kondisi bersih [5].

Tingginya frekuensi perjalanan kereta api menjadikan proses pencucian manual sebagai tantangan tersendiri bagi operator transportasi dalam menjaga kebersihan. Oleh karena itu, diperlukan sebuah solusi inovatif berupa sistem pencuci otomatis yang mampu meningkatkan efisiensi waktu dan tenaga kerja.

I.2 Rumusan Masalah

Mendasari permasalahan dari latar belakang diatas maka dapat diuraikan rumusan masalah, yaitu sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang mesin pencuci otomatis kereta api yang mampu mempersingkat waktu proses pencucian dan mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja?

2. Bagaimana metode proses pembersihan noda pada eksterior kereta api yang efektif dan efisien?
3. Bagaimana hasil analisis bagian komponen kritis agar mesin pencuci otomatis pada kereta api aman digunakan?

I.3 Batasan Masalah

Adapun guna penyusunan penelitian ini terfokus terhadap masalah dan tidak meluas serta lebih terarah. Maka untuk permasalahan kegiatan penelitian ini perlu adanya pembatasan sebagai berikut:

1. Perancangan mesin pencuci otomatis yang akan dirancang difokuskan pada proses pencucian kereta api dengan jenis kereta penumpang, kereta bagasi, kereta makan, dan kereta pembangkit, dengan ukuran lebar 2.990 mm dan tinggi 3.815 mm.
2. Penelitian ini difokuskan pada proses pencucian bagian eksterior kereta api, yaitu pada atap dan dinding samping gerbong kereta.
3. Jenis noda yang menjadi objek pembersihan meliputi noda umum yang terdapat pada kereta, yaitu debu, bercak, minyak, dan lumpur.
4. Kajian ini tidak mencakup sistem elektrikal dan otomasi.
5. Kajian ini tidak mencakup sistem daur ulang air dalam proses pencucian.

I.4 Tujuan

Dari beberapa aspek yang telah dibahas maka adapun tujuan dan manfaat dari hasil penugasan penelitian Tugas Akhir.

Berikut tujuan yang dapat diambil dari rumusan masalah, seperti berikut:

1. Meningkatkan efisiensi dengan mempercepat proses pencucian rangkaian kereta api, dan mengurangi jumlah tenaga kerja.
2. Menghasilkan dokumentasi teknik berupa 3D *modelling*, gambar susunan, dan gambar kerja sesuai dengan standar yang berlaku di Politeknik Manufaktur Bandung.
3. Mengaplikasikan ilmu pengetahuan dan teknologi, untuk merancang sistem pencuci otomatis pada bagian eksterior kereta api.

I.5 Manfaat

Berikut manfaat yang dapat diambil dari tujuan penugasan Tugas Akhir, yaitu:

1. Sebagai solusi dalam mempercepat proses pencucian kereta api secara otomatis serta mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual.
2. Sebagai referensi dan informasi bagi pihak yang akan melakukan perancangan pencuci kereta serupa dengan dimensi kereta yang berbeda.
3. Memberikan kontribusi dalam penelitian dan pengembangan ilmiah.

I.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Tugas Akhir ini dibahas dengan penjabaran sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN, pada bab ini membahas mengenai latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan dan manfaat, dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA, pada bab ini berisi uraian berbagai teori yang disusun secara sistematis yang dipakai untuk memecahkan masalah dalam menganalisis data.

BAB III METODOLOGI PENYELESAIAN MASALAH, pada bab ini berisi langkah-langkah penyelesaian tugas akhir berupa gambaran umum proses perancangan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN, pada bab ini berisi jawaban-jawaban yang telah dirumuskan dan analisis untuk penyelesaian masalah.

BAB V PENUTUP, pada bab ini berisi kesimpulan dan saran dari penelitian yang dijalankan.