



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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



**STUDI KASUS PENYEBAB KERUSAKAN DAN
PERBAIKAN PADA KOMPONEN CAGE AND SEAT
CONTROL VALVE YANG MENGALAMI SCRATCHED
MENGUNAKAN METODE ROOT CAUSE ANALYSIS**

LAPORAN TUGAS AKHIR

Oleh:
Anugerah Aidil Adzhar
NIM. 2302311122

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
JULI, 2026**



© 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



**STUDI KASUS PENYEBAB KERUSAKAN DAN
PERBAIKAN PADA KOMPONEN CAGE AND SEAT
CONTROL VALVE YANG MENGALAMI SCRATCHED
MENGUNAKAN METODE ROOT CAUSE ANALYSIS**

LAPORAN TUGAS AKHIR

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan
Diploma III Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin

Oleh:

Anugerah Aidil Adzhar
NIM. 2302311122

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI JAKARTA
JULI, 2026**



Hak Cipta :

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

HALAMAN PERSETUJUAN LAPORAN TUGAS AKHIR

STUDI KASUS PENYEBAB KERUSAKAN DAN PERBAIKAN PADA KOMPONEN CAGE AND SEAT CONTROL VALVE YANG MENGALAMI SCRATCHED MENGGUNAKAN METODE ROOT CAUSE ANALYSIS

Oleh:

Anugerah Aidil Adzhar

NIM. 2302311122

Program Studi Diploma III Teknik Mesin

Laporan Tugas Akhir telah disetujui oleh pembimbing

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Yuli Mafendro Dedet Eka
Saputra, S.Pd., M.T.
199403092019031013

Dr. Isnanda Nuriskasari, S.Si.,
M.T.
199306062019032030

Ketua Program Studi
Diploma Teknik Mesin

Nabila Yudisha, S.T., M.T.
199311302023212045



Hak Cipta :

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

HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN TUGAS AKHIR

STUDI KASUS PENYEBAB KERUSAKAN DAN PERBAIKAN PADA KOMPONEN CAGE AND SEAT CONTROL VALVE YANG MENGALAMI SCRATCHED MENGGUNAKAN METODE ROOT CAUSE ANALYSIS

Oleh:

Anugerah Aidil Adzhar

NIM. 2302311122

Program Studi Diploma III Teknik Mesin

Telah berhasil dipertahankan dalam sidang Tugas Akhir di hadapan Dewan
Penguji pada tanggal 28 juli 2026 dan diterima sebagai persyaratan untuk
memperoleh gelar Diploma pada Program Studi Diploma III Teknik Mesin

DEWAN PENGUJI

No	Nama	Posisi Penguji	Tanda Tangan	Tanggal
1	Dr. Isnanda Nuriskasari, S.Si, M.T.	Ketua Penguji		28 Juli 2026
2	Budi Yuwono, S.T.	Anggota		28 Juli 2026
3	Ir. Rosidi, S.T., M.T.	Anggota		28 Juli 2026

Depok, 28 Juli 2026

Disahkan oleh:

Ketua Jurusan Teknik Mesin



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

NIP. 197602252000121002



Hak Cipta :

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

LEMBAR PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Anugerah Aidil Adzhar
NIM : 2302311022
Program Studi : Diploma III Teknik Mesin

menyatakan bahwa yang dituliskan di dalam Laporan Tugas Akhir 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 telah saya kutip dan saya rujuk sesuai dengan etika ilmiah.
Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Depok, 28 Juli 2026

Materai Rp10.000



Anugerah Aidil Adzhar
NIM. 2302311122



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

STUDI KASUS PENYEBAB KERUSAKAN DAN PERBAIKAN KOMPONEN *CAGE* DAN *SEAT CONTROL VALVE* YANG MENGALAMI *SCRATCHED* MENGGUNAKAN METODE *ROOT CAUSE ANALYSIS*

Anugerah Aidil Adzhar¹⁾, Yuli Mafendro Dedet Eka Saputra¹⁾, Isnanda Nuriskasari²⁾

¹⁾ Program Studi Diploma III Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16424

Email: anugerah.aidil.adzhar.tn23@stu.pnj.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi akar penyebab kerusakan berupa *scratched* pada komponen *cage* dan *seat Globe Control Valve* serta menentukan tindakan perbaikan dan pencegahan yang tepat menggunakan metode *Root Cause Analysis* (RCA). Studi kasus dilakukan pada *Globe Control Valve* yang digunakan pada sistem distribusi *Liquefied Natural Gas* (LNG) di PT. KotaMinyak Internusa. Pengumpulan data dilakukan melalui observasi lapangan, inspeksi visual, pengukuran dimensi, wawancara dengan engineer dan teknisi, serta studi dokumentasi. Analisis dilakukan menggunakan pendekatan *Fishbone Diagram* dan 5 *Whys* untuk mengidentifikasi akar penyebab kerusakan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penyebab utama kerusakan *scratched* adalah *clearance* antara *cage* dan *seat* yang hanya sebesar 0,2 mm, sehingga menyebabkan kontak dan gesekan berulang selama *valve* beroperasi. Selain itu, tidak dilaksanakannya inspeksi visual secara berkala menyebabkan kerusakan tidak terdeteksi sejak dini, sedangkan faktor material dan kondisi operasi tidak menjadi akar penyebab karena masih memenuhi spesifikasi yang dipersyaratkan. Tindakan perbaikan dilakukan melalui proses *visual inspection*, *cleaning*, *build-up* menggunakan SMAW, *machining*, *lapping*, *Non-Destructive Testing*, dan *final inspection*, sehingga komponen kembali memenuhi spesifikasi dan dapat beroperasi secara optimal. Sebagai upaya pencegahan, disarankan dilakukan pengukuran *clearance* secara berkala, inspeksi visual rutin, serta pelaksanaan perawatan sesuai *Standard Operating Procedure* untuk meningkatkan keandalan dan umur pakai *valve*.

Kata Kunci: *Globe Control Valve*, *Cage*, *Seat*, *Scratched*, *Root Cause Analysis*, SMAW, *Machining*



Hak Cipta :

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

STUDI KASUS PENYEBAB KERUSAKAN DAN PERBAIKAN KOMPONEN *CAGE AND SEAT CONTROL VALVE* YANG MENGALAMI *SCRATCHED* MENGGUNAKAN METODE *ROOT CAUSE ANALYSIS*

Anugerah Aidil Adzhar¹⁾, Yuli Mafendro Dedet Eka Saputra¹⁾, Isnanda Nuriskasari²⁾

¹⁾ Program Studi Diploma III Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Kampus UI Depok, 16424

Email: anugerah.aidil.adzhar.tn23@stu.pnj.ac.id

ABSTRAK

This study aims to identify the root causes of *scratched* damage on the cage and seat components of a Globe Control Valve and to determine appropriate corrective and preventive actions using the Root Cause Analysis (RCA) method. The case study was conducted on a Globe Control Valve used in the *Liquefied Natural Gas* (LNG) distribution system at PT. KotaMinyak Internusa. Data were collected through field observations, visual inspections, dimensional measurements, interviews with engineers and technicians, and document reviews. The analysis was carried out using the Fishbone Diagram and 5 Whys approaches to identify the root causes of the damage. The results showed that the primary cause of the *scratched* damage was the 0.2 mm clearance between the cage and seat, which resulted in repeated contact and friction during valve operation. In addition, the absence of periodic visual inspections prevented the damage from being detected at an early stage, whereas material properties and operating conditions were not identified as root causes because they still met the required specifications. Corrective actions included *visual inspection*, *cleaning*, *build-up* using the Shielded Metal Arc Welding (SMAW) process, *machining*, *lapping*, *Non-Destructive Testing (NDT)*, and *final inspection*. These procedures successfully restored the component dimensions and sealing surface quality to meet the required specifications, allowing the Globe Control Valve to operate optimally. To prevent similar damage, periodic clearance measurements, routine visual inspections, and maintenance in accordance with the Standard Operating Procedure (SOP) are recommended to improve the reliability and service life of the Globe Control Valve.

Keywords : *Globe Control Valve, Cage, Seat, Scratched, Root Cause Analysis, SMAW, Machining*



Hak Cipta :

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

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini yang berjudul “STUDI KASUS PENYEBAB KERUSAKAN DAN PERBAIKAN PADA KOMPONEN CAGE AND SEAT CONTROL VALVE YANG MENGALAMI *SCRATCHED* MENGGUNAKAN METODE ROOT CAUSE ANALYSIS” ini ditulis untuk memenuhi persyaratan kelulusan. Pada kesempatan yang baik ini, penulis juga tidak lupa mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan serta dorongan untuk menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, terutama kepada :

1. Kedua orang tua serta keluarga yang selalu memberikan doa, semangat, serta dukungan selama proses pembelajaran maupun pelaksanaan praktik kerja lapangan.
2. Bapak Dr. Fuad Zainuri, S.T., M.Si., selaku ketua jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
3. Ibu Nabila Yudisha, S.T., M.T., selaku ketua program studi Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta.
4. Bapak Yuli Mafendro Dedet Eka Saputra, S.Pd., M.T., selaku dosen pembimbing I Tugas Akhir.
5. Ibu Dr. Isnanda Nuriskasari, S.Si., M.T., selaku dosen pembimbing II Tugas Akhir.
6. Kepada semua pihak yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu yang telah banyak membantu dalam penyusunan Tugas Akhir saya

Penulis menyadari terdapat banyak kekurangan dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini, baik dari penulisan materi maupun teknik penyajiannya, kurangnya pengetahuan dan pengalaman penulis. Oleh karena itu, penulis berharap kritik dan saran yang memotivasi agar menjadi lebih baik lagi dalam menulis.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

Depok, 28 Juli 2026

Anugerah Aidil Adzhar
NIM. 2302311122





Hak Cipta :

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

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABLE	xiii
BAB I	26
PENDAHULUAN	26
1.1. Latar Belakang.....	26
1.2. Rumusan Masalah.....	28
1.3. Tujuan.....	28
1.3.1. Tujuan Khusus	28
1.4. Batasan Masalah	28
1.5. Manfaat.....	29
1.5.1. Akademik.....	29
1.5.2. Institusi.....	29
1.5.3. Peneliti	29
1.6. Metode penulisan Laporan Tugas Akhir	29
1.7. Sistematika Penulisan	30
BAB II.....	32
TINJAUAN PUSTAKA	32
2.1. Valve.....	32
2.1.2. Klasifikasi Valve berdasarkan fungsi utama.....	32
2.2. Control Valve.....	34
2.2.1. Prinsip Kerja Control Valve	35
2.2.2. Jenis – Jenis Control Valve berdasarkan desain fisik.....	35
2.3. Komponen pada Globe Valve.....	37
2.3.1. Body	38
2.3.2. Bonnet	38
2.3.3. Actuator	39
2.3.4. Seat.....	40
2.3.5. Cage	40
2.4. Kerusakan pada Cage and Seat	41
2.4.1. Korosi.....	41
2.4.2. Fatigue	41
2.4.3. Scratched	42
2.5. Kerusakan Scratched pada cage dan seat	42



Hak Cipta :

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

2.5.1.	Dampak Scratched pada kinerja valve	42
2.5.2.	Faktor Penyebab Scratched	43
2.8.	Root Cause Analysis (RCA)	43
2.8.1.	<i>Fishbone Diagram</i>	44
2.8.2.	<i>5 Whys Analysis</i>	44
BAB III		45
METODOLOGI PENELITIAN		45
3.1.	Diagram Alir	45
3.2.	Penejelasan Langkah kerja	46
3.2.1.	Mulai	46
3.2.2.	Identifikasi Masalah	46
3.2.3.	Studi Literatur	46
3.2.4.	Observasi lapangan dan Wawancara	47
3.2.5.	Pengumpulan Data	48
3.2.6.	Identifikasi Kerusakan	48
3.2.7.	Tindakan Perbaikan	48
3.2.8.	Testing Valve	49
3.2.9.	Kesimpulan Dan Saran	49
3.3.	Metode Pemecahan Masalah	49
BAB IV		51
HASIL DAN PEMBAHASAN		51
4.1.	Identifikasi Faktor Penyebab Menggunakan Root Cause Analysis (RCA)	51
4.1.1	Analisis Fishbone Diagram	51
4.1.2	Analisis Akar Penyebab Menggunakan Metode 5 Whys	57
4.2.	Penentuan Tindakan Perbaikan Cage dan Seat	59
4.2.1	Tindakan Perbaikan Cage	59
4.3.	Hasil Setelah Perbaikan	61
4.3.1	Testing Valve	61
BAB V		37
KESIMPULAN DAN SARAN		37
5.1	Kesimpulan	37
5.2	Saran	38
DAFTAR PUSTAKA		39
LAMPIRAN		40



Hak Cipta :

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

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Valve	32
Gambar 2.2 Isolating Valve	33
Gambar 2.3 Check Valve	33
Gambar 2.4 Throttle Valve	34
Gambar 2.5 Globe Valve	36
Gambar 2.6 Butterfly Valve	36
Gambar 2.7 Ball Valve	37
Gambar 2.8 Body	38
Gambar 2.9 Bonnet	39
Gambar 2.10 Actuator	39
Gambar 2.11 Seat	40
Gambar 2.12 Cage	40
Gambar 4.1 Fishbone Diagram	52
Gambar 4.2 Faktor Machine	52
Gambar 4.3 Faktor Environment	53
Gambar 4.4 Faktor Methode	54
Gambar 4.5 Faktor Methode	55

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



Hak Cipta :

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

DAFTAR TABLE

Tabel 4.1 Evaluasi Faktor Machine	53
Tabel 4.2 Evaluasi Faktor Environment.....	54
Tabel 4.3 Evaluasi Faktor Methode	55
Tabel 4.4 Evaluasi Faktor Material	56
Tabel 4.5 Evaluasi Faktor Man	56
Tabel 4.6 5 Whys Machine	57
Tabel 4.7 5 Whys Methode	58
Tabel 4.8 Tindakan Perbaikan Cage	59
Tabel 4.9 Tindakan Perbaikan Seat.....	60
Tabel 4.10 Hasil Setelah Perbaikan	61

**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

Energi minyak dan gas bumi (migas) memiliki persentase penggunaan energi primer yang tinggi dibandingkan energi yang lain sebesar 45,32 persen [1]. Sektor ini tidak hanya berkontribusi terhadap pendapatan negara, tetapi juga mempengaruhi berbagai aspek kehidupan masyarakat, termasuk lapangan kerja, infrastruktur, dan kesejahteraan sosial [2]. Untuk mendukung kinerja perusahaan yang bergerak di bidang minyak dan gas, diperlukan tenaga ahli yang kompeten dalam memperbaiki, memproduksi, dan menangani berbagai permasalahan teknis. Kegiatan *workshop service valve* memiliki peranan yang sangat strategis dalam menjaga keandalan operasional industri minyak dan gas. Suatu mesin terdiri dari berbagai komponen vital yang mendukung kelancaran operasi, sehingga apabila komponen tersebut mengalami kerusakan maka akan mendatangkan kerugian yang sangat besar bagi perusahaan. Oleh sebab itu, Kegiatan perawatan mempunyai peranan yang sangat penting dalam mendukung beroperasinya suatu sistem secara lancar sesuai yang dikehendaki [3].

Dalam suatu industri terutama yang bergerak dalam pengolahan liquid, Setiap rangkaian pipa pastinya memiliki suatu alat yang digunakan untuk mengatur jumlah aliran agar proses pengolahan dapat berjalan sesuai dengan yang ditentukan. Alat tersebut disebut dengan valve [4]. *Valve* adalah alat mekanis yang mengatur aliran atau tekanan cairan. Fungsinya bisa menutup atau membuka aliran, mengontrol laju aliran, mengalihkan aliran, mencegah aliran balik, mengontrol tekanan, atau mengurangi tekanan. *Valve* dapat diklasifikasikan berdasarkan metode operasi, alam dan kondisi fisik aliran, kebocoran dan kontrol jenis aliran, fungsionalitas, dan lain-lain [5]. Pada studi kasus ini jenis valve yang digunakan adalah *control valve* bertipe *globe valve*. Secara umum, fungsi *control valve* adalah untuk mengatur laju aliran fluida seperti gas atau cairan melalui suatu sistem [6].

Dalam kegiatan operasional industri minyak dan gas, sering kali terjadi permasalahan pada komponen mekanis, khususnya pada komponen cage dan seat *control valve* yang mengalami kerusakan berupa goresan (*scratched*). Kerusakan ini terkadang terjadi jauh di bawah umur teknis yang direncanakan [7]. *Valve* sering



© 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

mengalami kerusakan dalam pemakaiannya, akibatnya material dapat mengalami keausan baik pada alur batang bautnya maupun pada komponen *sealing* yang mengalami keretakan sehingga tidak mampu berfungsi secara optimal [4]. Kerusakan berupa *scratched* pada cage dan seat ini dapat mengakibatkan kebocoran internal sehingga valve tidak mampu menutup secara sempurna. Ketika terjadi gangguan pada *control valve*, hal tersebut dapat mengganggu produksi yang nantinya akan berpengaruh pada kinerja sistem secara keseluruhan [8]. Hal ini berdampak pada menurunnya efisiensi sistem, gangguan proses produksi, bahkan potensi kerugian ekonomis akibat *downtime*. Kerusakan mesin dan komponen yang menyebabkan *downtime* pada proses produksi mengakibatkan kinerja sistem menjadi kurang efektif dan efisien, sehingga diperlukan pendekatan analisis yang terstruktur untuk memaksimalkan efisiensi dan efektivitas fasilitas secara keseluruhan [9].

Kajian mengenai analisis kerusakan disc dan seat valve yang mengalami scratch telah dilakukan oleh [10]. Namun belum membahas metode RCA secara sistematis dan tindakan perbaikan yang tepat menggunakan SMAW dan Machining. Penelitian lain [11] mengenai kerusakan exhaust valve pada main engine kapal yang mengalami kebocoran akibat keausan permukaan seating juga telah dilakukan, dengan perbaikan yang dilakukan melalui proses lapping atau penggerindaan permukaan katup dan dudukannya. Namun belum menggunakan Root Cause Analysis dengan pendekatan Fishbone diagram dan 5 Whys secara sistematis untuk mengidentifikasi akar penyebab kerusakan.

Berdasarkan berbagai penjelasan tersebut, belum ada penelitian mengenai analisis kerusakan scratch dan perbaikan terhadap komponen cage dan seat control valve dengan metode RCA untuk memberikan rekomendasi tindakan perbaikan yang tepat. Penelitian ini melakukan analisis penyebab utama dari kerusakan scratch pada komponen cage dan seat menggunakan metode RCA untuk mengidentifikasi masalah serta menentukan tindakan perbaikan yang tepat dan efektif [12]. Dengan menggunakan RCA dengan pendekatan *Fishbone diagram* dan 5 Whys diharapkan dapat diketahui faktor dominan penyebab terjadinya *scratched* pada *cage and seat control valve*.



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

1. Apa saja faktor penyebab terjadinya kerusakan berupa *scratched cage and seat* berdasarkan metode RCA?
2. Bagaimana tindakan perbaikan yang efektif untuk mengatasi kerusakan *scratched* pada *cage* dan *seat control valve*?
3. Bagaimana tindakan pencegahan untuk meminimalkan terjadinya *scratched* pada komponen *cage and seat Control Valve*?

1.3. Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dalam penyusunan tugas akhir terdiri dari tujuan umum dan tujuan khusus adalah sebagai berikut:

1.3.1. Tujuan Khusus

Berdasarkan tujuan umum yang telah diuraikan, maka tujuan khusus penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi faktor-faktor penyebab terjadinya kerusakan *scratched* pada *cage and seat* menggunakan metode *Root Cause Analysis* (RCA).
2. Menentukan tindakan perbaikan yang efektif untuk meningkatkan kinerja dan keandalan *Valve*.
3. Menentukan tindakan pencegahan yang tepat berdasarkan faktor penyebab utama kerusakan untuk meminimalkan terjadinya *scratched* pada komponen *Cage and Seat Control Valve*.

1.4. Batasan Masalah

Berdasarkan hasil Analisis penyebab kerusakan dan perbaikan komponen *cage* dan *seat* di PT. KotaMinyak Internusa agar proses analisis ini lebih terarah, maka diberikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini hanya fokus pada *Globe Control Valve* yang mengalami *scratched* pada komponen *cage and seat*.
2. Analisis faktor penyebab *Scratched* hanya dilakukan menggunakan metode RCA dengan pendekatan *Fishbone Diagram* dan *5 Whys*.
3. Data penelitian diperoleh berdasarkan observasi, inspeksi visual,



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

pengukuran dimensi, wawancara, dan dokumentasi selama proses pemeriksaan dan perbaikan di workshop.

4. Penelitian hanya membahas tindakan perbaikan pada komponen *cage and seat*, yaitu melalui proses pengelasan *SMAW*, *machining*, lapping dan *NDT* sesuai kondisi kerusakan.

1.5. Manfaat

Adapun manfaat yang diharapkan dalam penyusunan tugas akhir yang terdiri dari manfaat akademik, instansi, dan peneliti adalah sebagai berikut:

1.5.1. Akademik

Penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan dan pemahaman mengenai kerusakan tergores pada komponen *cage and seat Globe Control Valve*, faktor penyebab kerusakan menggunakan metode *Root Cause Analysis*, serta proses perbaikan komponen *cage and seat*.

1.5.2. Institusi

Penelitian ini diharapkan menjadi referensi dan bahan pembelajaran bagi mahasiswa maupun pihak institusi dalam mempelajari analisis kerusakan, penerapan metode *Root Cause Analysis*, serta proses perbaikan komponen pada *control valve*.

1.5.3. Peneliti

Penelitian ini menambah pengalaman dan pemahaman peneliti dalam melakukan identifikasi kerusakan, menganalisis akar penyebab menggunakan *RCA*, serta perbaikan yang tepat pada komponen *cage and seat* secara langsung.

1.6. Metode penulisan Laporan Tugas Akhir

Metode yang digunakan dalam penulisan Laporan Tugas Akhir dengan judul “Studi kasus penyebab kerusakan dan perbaikan komponen *cage and seat control valve* yang mengalami *scratched* menggunakan metode *root cause analysis*” agar lebih terarah, adalah sebagai berikut:



Hak Cipta :

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

1. Observasi

Melalui metode observasi, penyusun bisa melakukan pengamatan langsung di lapangan terkait penyebab kerusakan scratched pada komponen cage dan seat yang terjadi serta mengetahui proses perbaikan pada komponen tersebut.

2. Wawancara

Penyusun melakukan kegiatan wawancara dengan pihak terkait seperti foreman dan engineering untuk mendapatkan informasi terkait penyebab kerusakan scratched pada komponen cage dan seat serta informasi tentang proses perbaikan yang tepat.

3. Studi Literatur

Metode studi literatur dilakukan dengan mempelajari dan mengetahui tentang jurnal, buku, dan referensi lain yang berkaitan dengan studi kasus yang sedang penulis kerjakan berupa Analisis control valve, komponen control valve, Scratched, dan proses perbaikan valve.

1.7. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan tugas akhir “Studi kasus penyebab kerusakan dan perbaikan komponen *cage and seat control valve* yang mengalami *Scratched* menggunakan metode *root cause analysis*” adalah:

1. BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini membahas tentang latar belakang, maksud dan tujuan, metode penelitian dan sistematika penulisan laporan tugas akhir.

2. BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi landasan teori yang mendukung penelitian tentang *control valve*, komponen *control valve*, prinsip kerja *control valve*, kerusakan pada komponen *valve*, *scratched*, dampak *scratched* dan penyebab terjadinya *scratched*.

3. BAB III : METODOLOGI Pengerjaan

Bab ini berisi cara untuk mengetahui hasil dari suatu permasalahan, yang meliputi langkah-langkah pengerjaan, prosedur pengambilan data atau sampel.



© 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. BAB IV : PEMBAHASAN

Bab ini berisi hasil penelitian dan pembahasan berupa identifikasi masalah, Faktor penyebab terjadinya scratched, serta proses perbaikan yang sesuai dengan kasus yang ada.

5. BAB V : PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan yang dapat diambil dan saran-saran.



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 inspeksi, pengukuran dimensi, analisis menggunakan metode *Root Cause Analysis* (RCA) dengan pendekatan *Fishbone Diagram* dan 5 Whys, serta tindakan perbaikan pada komponen *cage* dan *seat* *Globe Control Valve*, diperoleh kesimpulan sebagai berikut.

1. Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode *Root Cause Analysis* (RCA), faktor utama penyebab terjadinya kerusakan berupa *scratched* pada komponen *cage* dan *seat* adalah clearance antara *cage* dan *seat* yang hanya sebesar 0,2 mm, sehingga menyebabkan kontak dan gesekan berulang selama *valve* beroperasi. Selain itu, tidak dilaksanakannya inspeksi visual secara berkala menyebabkan kerusakan tidak terdeteksi sejak dini sehingga berkembang menjadi kerusakan yang lebih parah. Sementara itu, faktor material dan kondisi lingkungan operasi tidak menjadi akar penyebab karena masih memenuhi spesifikasi dan kondisi operasi yang dipersyaratkan.
2. Tindakan perbaikan yang efektif untuk mengatasi kerusakan *scratched* pada komponen *cage* dilakukan melalui tahapan *visual inspection*, *cleaning*, build-up menggunakan proses *SMAW*, *machining*, dan *Non-Destructive Testing* (NDT). Sementara itu, pada komponen *seat*, proses perbaikan dilakukan melalui *visual inspection*, *cleaning*, *machining*, *lapping*, dan *final inspection*. Seluruh tahapan tersebut mampu mengembalikan dimensi, kualitas permukaan sealing, serta memastikan komponen kembali memenuhi spesifikasi sehingga *Globe Control Valve* dapat beroperasi secara optimal.
3. Tindakan pencegahan yang dapat dilakukan untuk meminimalkan terjadinya kerusakan *scratched* pada komponen *cage* dan *seat* adalah dengan melakukan pengukuran *clearance* secara berkala, menerapkan



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

inspeksi visual rutin sebagai bagian dari *preventive maintenance*, Penerapan langkah-langkah tersebut diharapkan mampu mengurangi potensi kontak antarpermukaan, mendeteksi kerusakan sejak dini, dan meningkatkan keandalan serta umur pakai *Globe Control Valve*.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut :

1. Perlu dilakukan pengukuran *clearance* antara *cage* dan *seat* secara berkala sebagai bagian dari *preventive maintenance* agar kontak antar permukaan dapat dicegah.
2. Perusahaan perlu menambahkan SOP *inspeksi visual* terhadap komponen internal *control valve*, khususnya *cage and seat*, sehingga kerusakan *scratched* dapat dideteksi lebih awal sebelum berkembang menjadi kerusakan yang lebih besar.

**POLITEKNIK
NEGERI
JAKARTA**



DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. Metode and D. Exponential, “Peramalan Produksi Minyak dan Gas Bumi di Indonesia,” pp. 211–220, 2024.
- [2] N. Asmiani, S. Rahareng, A. B. Thamsi, and M. Aswadi, “Analisis Dampak Aktivitas Industri Minyak Dan Gas Terhadap Sektor Ekonomi Di Kabupaten Seram Bagian Timur Analysis of the Impact of Oil and Gas Industry Activities on the Economic Sector in East Seram Regency,” vol. 2, no. 1, pp. 7–15, 2024, doi: 10.58227/jesta.v2i1.200.
- [3] R. P. Putra, B. R. Darmawan, A. Hesti, and P. Ningtyas, “Perencanaan Perawatan Discharge Valve untuk Mengurangi Break Down dengan Metode Gantt Chart di PT . X,” vol. 5, no. 3, pp. 284–290, 2024.
- [4] Z. Zami, F. Teknik, M. Universitas, and M. Pontianak, “Analisa valve dan kerusakannya,” no. 111, pp. 70–76.
- [5] R. Arman, Y. Mahyoedin, N. Desilpa, B. Valve, and F. Simulasi, “Studi aliran air pada ball valve dan butterfly valve menggunakan metode simulasi computational fluid dynamics 1,” vol. 4, no. 1, pp. 38–49, 2019.
- [6] A. Saiful, G. Soebiyakto, and N. Finahari, “Analisis Kavitasi dan Karakteristik Aliran Buka-an Katup Globe Valve Menggunakan Simulasi Solidworks,” vol. 9, no. 1, pp. 19–28, 2024.
- [7] Y. Kurniawan, “Kata Kunci :,” vol. 4, no. 10, pp. 147–157, 2019.
- [8] U. Ahmad and D. Repository, “View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk”.
- [9] Y. Ramadhani, R. Putra, and F. Achmadi, “Analisis Penerapan Total Productive Maintenance Pada Industri Pipa Baja,” pp. 77–86, 2020.
- [10] A. Baharsah *et al.*, “Analisa kerusakan main control valve pada instalasi pipa air,” vol. 8, pp. 13–18, 2016.
- [11] T. Santiko and M. Sapta, “Analisis Kerusakan Exhaust Valve Main Engine Kapal OMS BROMO,” vol. 1, pp. 129–139, 2024.
- [12] F. Faturahman, “No Title,” vol. 7, no. 12, 2022.
- [13] H. Rahmad, Z. Khalida, S. Rojikin, A. Dony, and M. Bahtiar, “Pemanfaatan Pengontrol Throttle Valve Untuk Menurunkan Aliran Konsumsi Bahan Bakar Pada Mesin Pencacah Pakan,” vol. 8, pp. 9–16, 2025.
- [14] J. Otomasi *et al.*, “Pemodelan dan Simulasi Sistem Kendali Volume Air Pada Process Plant Dengan Metode State Feedback,” vol. 14, no. 1, pp. 11–20, 2022.
- [15] Z. Azahrry and A. R. Firdaus, “Application Of Pressure Control Valve (PCV) In Main Gas HRSG (Heat Recovery Steam Generator) at PT. MCTN Duri City,” *JEERE Indones. J. Electr. Eng. Renew. Energy*, vol. 1, no. 1, pp. 8–12, 2021.
- [16] I. Kilang, P. Energi, J. Gajah, M. No, and K. Blora, “Pengujian Sistem Pengendalian Temperatur pada Prototipe Heat exchanger Berbasis PID,” vol. 13, no. 2, pp. 81–91, 2021.
- [17] R. E. Cahyono and M. F. Rohmah, “PEMANFAATAN TEKNOLOGI INFORMASI UNTUK AUTOMATION LEVEL,” vol. 1, no. 1, pp. 1–6, 2022.
- [18] N. H. Tho, N. H. Vinh, and L. T. Hung, “SIMULATION OF FLUID FLOW THROUGH A STAINLESS STEEL GLOBE VALVE USING

Hak Cipta :

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



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

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

- ENGINEERING FLUID DYNAMICS,” vol. 2, no. 1, pp. 31–38, 2021.
- [19] M. Rahmi and D. Canra, “Analisis Perbedaan Tekanan Fluida pada Ball Valve Kondisi Full Closed dan Full Open dengan Computational Fluid Dynamics Abstrak,” vol. 4, pp. 7–11, 2018.
- [20] A. Debit *et al.*, “Analisis debit air pada pompa sentrifugal dengan variasi bukaan ball valve dan variasi kecepatan putaran motor listrik dengan pemasangan seri,” vol. 2, no. 2, pp. 1–6, 2021.
- [21] M. Ridha, J. T. Elektro, P. N. Lhokseumawe, S. Pneumatic, and I. Pendahuluan, “Rancang bangun sistem kontrol elektro pneumatik sebagai pengatur tuas penutup botol minuman,” vol. 4, no. 1, pp. 43–47, 2020.
- [22] Y. F. Lopez, “Korosi dan Pencegahan Korosi,” pp. 1–5.
- [23] A. Pengujian *et al.*, “Jurnal Rekayasa Material , Manufaktur dan Energi FT-UMSU Jurnal Rekayasa Material , Manufaktur dan Energi FT-UMSU,” vol. 1, no. 1, pp. 1–11, 2018.
- [24] J. Ilmiah, C. Akuntansi, D. Nopitasari, A. Yani, and S. Isnaniati, “Analisis quality control dan resiko kerusakan terhadap biaya kualitas pada pt. sukses mitra sejahtera,” vol. 8, no. 3, pp. 9–26, 2023.
- [25] A. N. Rouf and K. Muhammad, “E -ISSN : 2746-0835 Volume 4 No 4 (2023) JUSTI (Jurnal Sistem Dan Teknik Industri) ANALISIS PERBAIKAN PENULISAN LIST OF MATERIAL PROGRAM PRESERVASI MENGGUNAKAN METODE ROOT CAUSE ANALYSIS (RCA) E -ISSN : 2746-0835 Volume 4 No 4 (2023) JUSTI (Jurnal Sistem Dan Teknik Industri),” vol. 4, no. 4, pp. 452–459, 2023.
- [26] M. Farmasetika, S. P. Apoteker, F. Farmasi, U. Padjadjaran, F. Farmasi, and U. Padjadjaran, “<https://doi.org/10.24198/mfarmasetika.v6i4.35053> Artikel Review Kajian Metode Root Cause Analysis yang Digunakan dalam Manajemen Risiko di Industri Farmasi,” vol. 6, no. 4, pp. 310–321, 2021.
- [27] M. Yusup, P. Purbawati, D. Aaisyah, and S. Putri, “Penerapan Diagram Sebab Akibat (Fishbone Diagram) pada Identifikasi Kerusakan Mekanisme Pengumpan dan Penyusuna Standard Operating Procedure Mesin Skrap,” vol. 3, 2025.
- [28] A. R. Ardiansyah, G. Anindita, and R. Dhani, “Penerapan Metode Double Ishikawa dan 5 Whys Analysis Dalam Analisis Kecelakaan Loading Unloading Billet Baja,” vol. 3, no. 1, pp. 66–73, 2025.



© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

LAMPIRAN



Hak Cipta :

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