

# skripsi go to wisuda-1\_.docx

by poshuakaoahuako@gmail.com poshuakaoahuako@gmail.com

---

**Submission date:** 20-Feb-2026 04:18PM (UTC+0900)

**Submission ID:** 2876361959

**File name:** skripsi\_go\_to\_wisuda-1\_.docx (1.16M)

**Word count:** 4373

**Character count:** 28064

**SKRIPSI**

**DESAIN MESIN *FORKLIFT* 5 TON  
DENGAN ANALISIS PERENCANAAN PERAWATAN  
MENGUNAKAN METODE PM, CM, PREC.M DAN RCM**



**Muhammad Gilang Rahmad Arifiansyah  
221020200012**

<sup>13</sup>  
**Dosen Pembimbing**

**Dr. Prantasi Harmi Tjahjanti, S.Si., MT.  
NIDN. 00015126806**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
<sup>16</sup>  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SIDOARJO  
2025**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**DESAIN MESIN *FORKLIFT* 5 TON  
DENGAN ANALISIS PERENCANAAN PERAWATAN  
MENGUNAKAN METODE PM, CM, PREC.M DAN RCM**

**Muhammad Gilang Rahmad Arifiansyah  
221020200012**

Sidoarjo, 11 September 2025

Mengetahui,  
Ketua Program Studi  
Teknik Mesin

Menyetujui,  
Dosen Pembimbing

Dr. Mulyadi, ST., MT.  
NIDN. 0710037802

Dr. Prantasi Harmi Tjahjanti, S.Si., MT.  
NIDN. 00015126806

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dalam dunia industri yang terus berkembang, layanan penyewaan alat berat kini menjadi kebutuhan utama dalam menjalankan bisnis. Alat berat berperan penting dalam menunjang kelancaran operasional, sehingga mendorong semakin ketatnya persaingan di bidang penyewaan alat berat [1]. Seiring waktu, tingginya permintaan dari masyarakat terutama para kontraktor yang menggunakan alat berat dalam kegiatan usaha mereka, membuat bisnis ini terus mengalami pertumbuhan yang signifikan.

Salah satu alat berat yang sering disewakan adalah *Forklift* merupakan alat berat yang digunakan untuk memindahkan barang dengan berat tertentu dari tempat asal ke tempat yang dituju (Gambar 1.1) [2]. *Forklift* dilengkapi dengan dua garpu di bagian depan, berfungsi untuk mengangkat material berat seperti plat besi, pipa, atau barang lain yang tidak dapat dipindahkan secara manual. *Forklift* berperan sebagai alat bantu angkut yang mendukung produktivitas, terutama di lingkungan perusahaan atau pergudangan. Alat ini banyak diproduksi oleh perusahaan otomotif dengan beragam merek dan tipe, sesuai dengan spesifikasi dari produsen dan perakitnya [3].



Gambar 1.1 alat berat *Forklift*

Komponen yang kerap mengalami kerusakan dan perlu diganti pada *forklift* adalah sistem transmisi dan pengereman. Ketika terjadi masalah pada kedua sistem ini, *forklift*

akan mengalami waktu henti (*breakdown time*) dan memerlukan perbaikan terlebih dahulu sebelum dapat digunakan kembali. Kondisi ini tentu menimbulkan kerugian karena *forklift* tidak dapat dipakai dan perawatan *forklift* baru dilakukan setelah alat tersebut mengalami kerusakan parah dan tidak dapat dioperasikan lagi.

Pada alat berat *forklift* perawatan yang menggunakan metode *Age Replacement* (AR) yaitu menawarkan penggantian komponen berdasarkan usia pemakaian tertentu dengan tujuan untuk mencegah penggantian komponen yang masih baru dan belum optimal digunakan [4]. Jika terjadi kerusakan sebelum usia yang ditentukan, maka penggantian berikutnya dilakukan saat komponen mencapai usia optimal, dihitung sejak penggantian terakhir, sehingga dengan cara ini, penggunaan komponen menjadi lebih efisien dan menghindari penggantian yang tidak diperlukan [5]. Namun demikian Metode AR pada perawatan *forklift* memiliki beberapa kekurangan, antara lain (1) biaya awal yang tinggi karena metode ini mengharuskan penggantian komponen secara rutin berdasarkan usia, terlepas dari kondisi sebenarnya. Hal ini dapat menyebabkan pemborosan karena komponen yang masih berfungsi baik mungkin diganti terlalu dini, (2) Berpotensi mengganti komponen yang masih berfungsi, artinya jika interval penggantian terlalu sering, komponen yang masih dalam kondisi baik akan diganti, yang sebenarnya tidak diperlukan, (3) Tidak efektif untuk komponen yang rawan rusak, bila ada komponen tertentu yang lebih rawan rusak, metode ini mungkin tidak efektif karena penggantian dilakukan berdasarkan waktu, bukan berdasarkan kondisi komponen yang sebenarnya, dan (iv) Tidak Memperhitungkan Kondisi Operasional. Metode ini tidak memperhitungkan kondisi operasional *forklift* yang berbeda-beda. *Forklift* yang digunakan dalam kondisi berat mungkin memerlukan penggantian komponen lebih sering daripada *forklift* yang digunakan dalam kondisi ringan [7].

Adanya kondisi kelemahan *Forklift* dengan menggunakan metode perawatan AR, maka pada penelitian ini mencoba mendesain alat berat *forklift* menggunakan metode perawatan PM, CM, PREC, M, RCM kemudian akan dibandingkan dan di analisa hasilnya.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka Rumusan Masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana hasil desain forklift pada bagian fork dan roda yang dimodifikasi alat berat forklift 5 ton menggunakan software *Solidworks*?
2. Bagaimana meminimumkan biaya perawatan pada forklift menggunakan perhitungan total minimum *downtime* ?
3. Bagaimana hasilnya bila fork dan roda yang telah dimodifikasi menggunakan perawatan PM,CM,PREC.M,RCM dibandingkan dengan perawatan alat berat forklift 5 ton menggunakan metode *Age Replacement* ?

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan Masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Desain alat berat forklift 5 ton menggunakan software *Solidworks*
2. Perhitungan biaya hanya didasarkan pada biaya *down time* penggantian komponen yang rusak pada forklift 5 ton.
3. Kegiatan-kegiatan perawatan berupa cara perbaikan, pembongkaran, penggantian, dan pemasangan peralatan tidak dibahas dalam penelitian ini

## 1.4 Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Membuat desain alat berat forklift 5 ton menggunakan software *Solidworks*.
2. Melakukan pengujian alat berat forklift 5 ton menggunakan metode Perawatan Pencegahan (*Preventive Maintenance/PM*), Perawatan Korektif (*Corrective /CM*), Perawatan Prediktif (*Predictive Maintenance/PREC.M*), dan *Reliability Centered Maintenance* (RCM).
3. Mengetahui hasil desain modifikasi forklift bagian fork dan roda dengan metode perawatan PM, CM, PREC.M, dan RCM pada alat berat forklift 5 ton.
4. Membandingkan hasilnya dengan perawatan alat berat forklift 5 ton menggunakan metode perawatan *Age Replacement*.

### 1.5 Sistematika Penulisan

Laporan penelitian ini disajikan dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

**BAB 1 PENDAHULUAN**, berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, ruang lingkup kegiatan, tujuan penelitian, dan sistematika penulisan

**BAB 2 METODOLOGI**, berisi tentang diagram *flowchart* (metode perancangan), uraian singkat mengenai bagian forklift *rough terrain*, metode perawatan menggunakan metode PM,CM,PREC.M,RCM

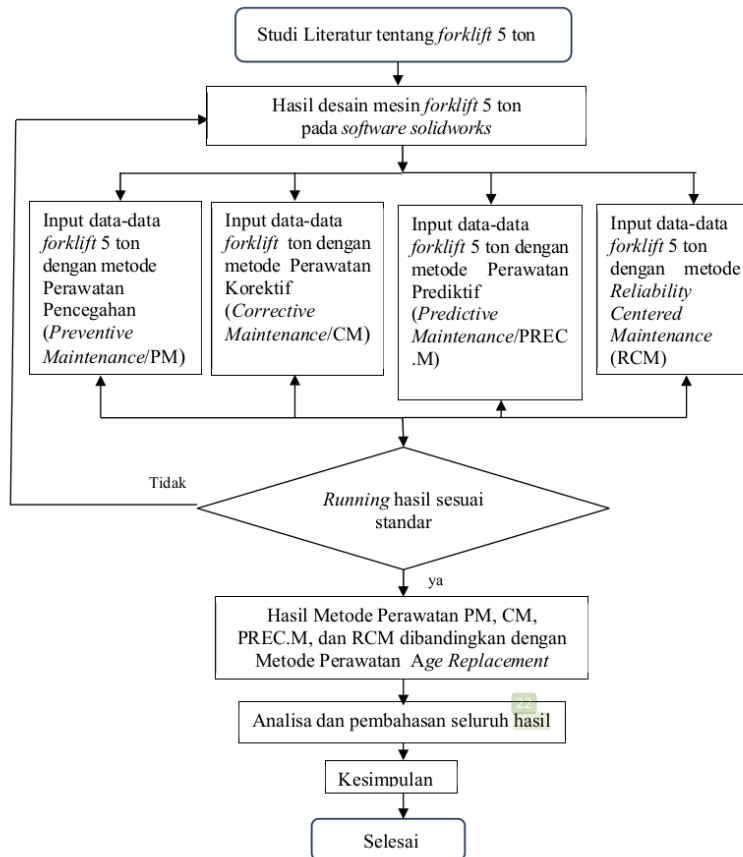
**BAB 3 HASIL DAN PEMBAHASAN** tentang design mesin forklift *rough terrain*, Bab ini memuat analisis pemecahan masalah perusahaan berdasarkan data yang telah diolah, menggunakan landasan teori, serta menyajikan hasil penelitian yang telah dilakukan.

**BAB 4 KESIMPULAN** , berisi tentang kesimpulan dari penelitian yang dibuat

## BAB II METODOLOGI

### 2.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan September 2025, dengan melakukan observasi langsung pada proyek di lapangan juga melakukan interview dan tanya jawab dengan pihak perusahaan terkait. Secara lengkapnya, metodologi penelitian ini juga digambarkan dalam bentuk *flowchart* diagram alir (Gambar 2.1).



Gambar 2.1 Diagram alir *flowchart* penelitian

Tahap-tahap penjelasan dari diagram alir sebagai berikut:

#### A. Studi Literatur Tentang Forklift 5 Ton

Forklift adalah alat material handling yang berfungsi untuk mengangkat, menurunkan, dan memindahkan barang, terutama beban berat, serta dapat digunakan sebagai sarana transportasi. Berdasarkan pengoperasiannya, forklift terbagi menjadi dua jenis: *manual transmission*, yang memiliki pedal gas, kopling, dan rem seperti mobil biasa, serta *automatic transmission*, yang hanya menggunakan dua pedal A untuk gas dan B untuk kopling sekaligus rem [6]. Berikut merupakan bagian-bagian forklift dengan fungsinya:

1. *Fork* merupakan komponen utama pada forklift yang digunakan untuk menopang dan mengangkat muatan.
2. *Carriage* adalah bagian yang berperan menghubungkan mast dengan fork.
3. *Mast* terdiri dari dua batang besi tebal dengan sistem hidrolik di tengahnya, berfungsi mengangkat (lifting) dan memiringkan (tilting) fork.
4. *Overhead guard* adalah pelindung di bagian atas yang menjaga operator dari kemungkinan tertimpa barang saat proses pengangkatan.
5. *Counterweight* berada di sisi belakang forklift sebagai pemberat untuk menjaga keseimbangan saat mengangkat beban. Selain komponen ini, masih ada bagian penting lain yang juga perlu diperhatikan pada forklift.

Kegiatan *maintenance* difokuskan pada perawatan fasilitas dan peralatan agar proses produksi berjalan lancar, dengan tujuan meminimalkan bahkan menghilangkan potensi gangguan atau kerusakan.

#### B. Metode Perawatan Pencegahan (*Preventive Maintenance/PM*), Perawatan Korektif (*Corrective Maintenance/CM*), Perawatan Prediktif (*Predictive Maintenance/PREC.M*), dan *Reliability Centered Maintenance (RCM)*

Berbagai teknik pemeliharaan telah diterapkan di banyak sektor industri, termasuk industri proses, untuk mendukung efektivitas operasional dan macam-macam metode perawatan mesin adalah sebagai berikut:

1. Pemeliharaan Preventif (*Preventive Maintenance/PM*) bertujuan untuk mengurangi frekuensi kerusakan mesin dalam jangka waktu tertentu, mencegah kerusakan tiba-tiba, serta memperpanjang umur peralatan [7]. Hal ini dicapai melalui pemeriksaan berkala guna menjaga kondisi dan lingkungan kerja peralatan agar tetap optimal. Persamaan menentukan PM dinyatakan pada persamaan (2.1).

Rumus :

$$C_{PM} = C_{pm} \times F$$

Keterangan :

$C_{PM}$  : Total Biaya Preventive Maintenance

$C_{pm}$  : Biaya Perawatan

F : Frekuensi Perawatan

2. Pemeliharaan Korektif (*Corrective Maintenance/CM*) fokus pada mengembalikan performa dan kondisi peralatan seperti saat baru dibuat, biasanya dengan melakukan perubahan atau perbaikan pada desain awal peralatan. Pemeliharaan Korektif (CM) tidak memiliki rumus matematis yang tetap, karena ini adalah pendekatan reaktif untuk memperbaiki kerusakan atau kegagalan yang terjadi setelah peralatan berhenti berfungsi. Fokus utama *Corrective Maintenance* adalah waktu henti (*downtime*) dan biaya pemulihan setelah insiden terjadi, bukan pada prediksi atau pencegahan.
3. Pemeliharaan Prediktif (*Predictive Maintenance/ PREC.M*) digunakan untuk memprediksi kapan peralatan akan mengalami kerusakan, sehingga langkah antisipasi bisa diambil lebih awal tanpa mengganggu produksi. Teknik ini memerlukan alat diagnosis canggih dan biaya tinggi, serta keahlian personel dalam mengenali tanda-tanda awal kerusakan, seperti perubahan getaran, suara, suhu, atau tekanan. PREC.M tidak memiliki rumus matematis tunggal, melainkan merupakan pendekatan berbasis data dan analisis yang menggunakan sensor dan algoritma untuk memprediksi kapan peralatan akan rusak, sehingga tindakan pemeliharaan dapat direncanakan secara tepat waktu sebelum terjadi kegagalan yang tidak terduga. Kunci utamanya adalah analisis data dari kondisi peralatan secara *real-time* untuk mengidentifikasi pola dan anomali yang mengindikasikan potensi kerusakan [6].
4. <sup>25</sup> *Reliability Centered Maintenance* (RCM) adalah metode analisis yang membantu memprioritaskan pekerjaan pemeliharaan berdasarkan data historis peralatan dan pengamatan dari operator yang berpengalaman, sehingga kegiatan pemeliharaan dapat dilakukan secara lebih terfokus dan efektif. Tidak ada persamaan atau rumus tunggal untuk RCM karena RCM adalah sebuah metodologi atau proses untuk menentukan strategi pemeliharaan optimal, bukan sebuah formula matematika. Proses ini melibatkan analisis langkah-langkah sistematis seperti pemilihan sistem, definisi sistem, deskripsi sistem dan diagram blok fungsional, identifikasi fungsi dan

kegagalan fungsional, serta analisis modulus dan efek kegagalan/ *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) [8].

### C. Tahap Input Data Hasil Penelitian

Input data dari pihak penyewa *forklift* maupun data yang dikumpulkan dari artikel-artikel pada jurnal akan diolah menjadi faktor untuk melakukan tindakan kegiatan perencanaan peralatan yang tepat (*Maintenance task*).

#### 1. Penjelasan Sistem dan Komponen *Forklift*

Menjelaskan tentang sistem dan beberapa komponen mesin *forklift* 5 ton yang rawan akan rusak dalam masa penggunaan dalam kurun waktu 1 tahun, serta cara dan biaya perawatan menggunakan metode PM,CM,PREC,M.RCM.

#### 2. Identifikasi Fungsi Sub Sistem dan Kegagalan Fungsional

Proses identifikasi fungsi digunakan untuk merinci fungsi setiap subsistem dalam mesin *forklift*. Hal ini membantu memastikan tidak ada fungsi potensial yang terlewat dan mencegah tumpang tindih antar subsistem yang berdekatan. Pada tahap ini, fungsi lima subsistem dalam mesin *forklift* dijelaskan berdasarkan deskripsi fungsional dan kegagalan fungsionalnya.

#### 3. Perhitungan Total Minimum *Downtime*

Perhitungan total minimum *downtime* dalam rumus perhitungan ini digunakan untuk menghitung penggantian yang optimal berdasarkan interval waktu ( $tp$ ) diantara penggantian preventive dengan menggunakan kriteria meminimumkan *downtime* per unit waktu[9]. Berikut ini rumus untuk menghitung total *downtime* per unit pada persamaan (2.3), yaitu:

$$D(tp) = \frac{H(tp)Tf + Tp}{tp + Tp} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan:

$H(tp)$  = Jumlah kegagalan dalam interval waktu  $(0, tp)$ , merupakan nilai harapan (expected value).

$Tf$  = Waktu yang dibutuhkan untuk penggantian komponen sebab kerusakan.

$Tp$  = Waktu yang dibutuhkan untuk penggantian komponen sebab tindakan preventif (komponen belum rusak).

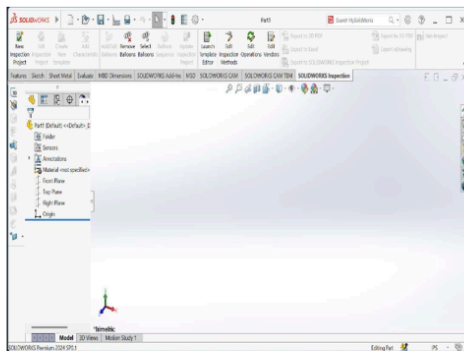
$tp + Tp$  = Panjang satu siklus.

## BAB III ANALISA DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Hasil Desain mesin forklift

#### 1. Tampilan awal menu *solidworks*

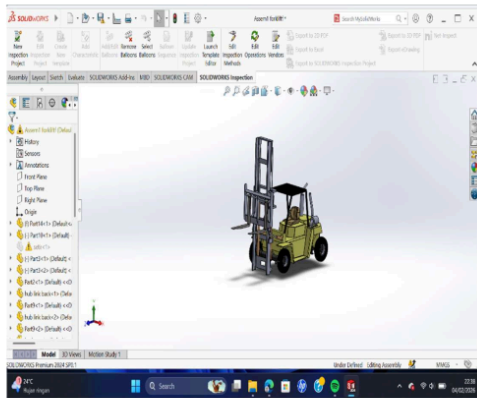
*Solidworks* merupakan salah satu perangkat lunak yang dikembangkan oleh Dassault Systèmes dan digunakan untuk keperluan *engineering design* dan *drawing*. SolidWorks adalah aplikasi berbasis CAD (Computer Aided Design) yang banyak digunakan dalam perancangan mekanik setelah AutoCAD. SolidWorks memiliki berbagai kelebihan yang memudahkan drafter dan engineer dalam proses desain, seperti pemodelan 3D yang intuitif, fitur simulasi, serta tampilan antarmuka yang lebih menarik dan realistis.



**Gambar 3.1** Tampilan awal *Solidworks*

#### 2. Hasil desain mesin forklift

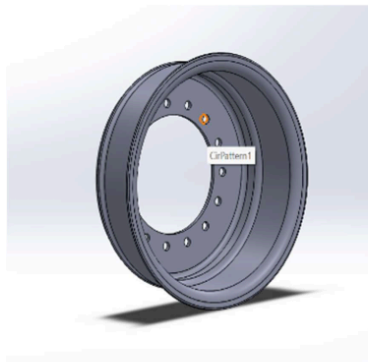
Ketika mendesain sebuah mesin atau produk yang terdiri atas berbagai macam Part, kita akan membutuhkan *Assembly* sebagai tema untuk merakit. Di dalam *Assembly*, kita dapat melakukan berbagai macam pekerjaan, seperti melakukan *modifikasi Part*, simulasi fungsi alat, sampai berbagai macam analisis lainnya. Dengan demikian, pekerjaan kita dalam mendesain akan lebih mudah.



**Gambar 3.1** Desain mesin forklift

### 3. Part Roda

Velg roda forklift telah dimodifikasi dengan penambahan kekuatan struktur untuk meningkatkan kemampuan menahan beban kerja. Modifikasi ini bertujuan memperbesar daya dukung velg terhadap beban statis dan dinamis, sehingga stabilitas serta keselamatan operasi forklift dapat terjaga saat digunakan pada kondisi kerja berat.



**Gambar 3.1** Velg roda

#### 4. Part ban

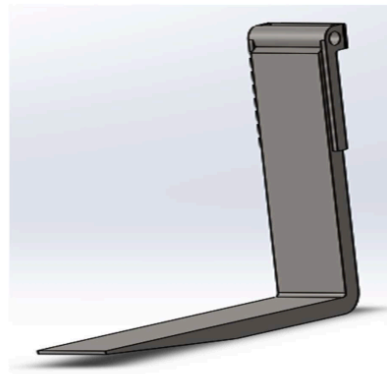
Ban dan roda forklift telah dimodifikasi dengan spesifikasi material dan konstruksi yang lebih kuat untuk meningkatkan kemampuan menahan beban kerja. Modifikasi ini bertujuan mengurangi deformasi roda saat operasi pengangkatan, meningkatkan stabilitas kendaraan, mampu beroperasi di medan terjal dan berlumpur, serta menjaga keselamatan dan keandalan forklift selama pengoperasian dengan beban berat.



**Gambar 3.1** Part ban

#### 5. Part garpu

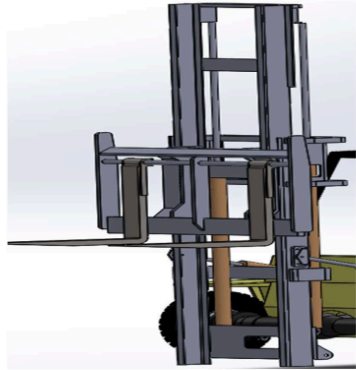
Garpu forklift telah dimodifikasi dengan penyesuaian dimensi dan penguatan struktur untuk meningkatkan kemampuan menahan beban. Modifikasi ini bertujuan memastikan distribusi beban lebih merata serta menjaga kekuatan dan keamanan garpu selama proses pengangkatan dan pemindahan material.



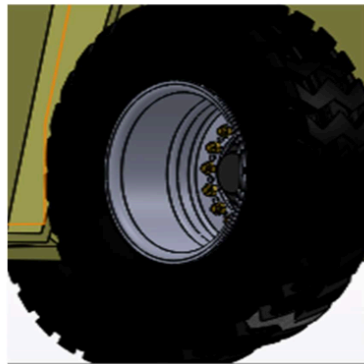
**Gambar 3.1** Part garpu

#### 6. Proses *Assembly fork* dan garpu

Berikut adalah hasil desain *assembly part* dan fork garpu forklift yang sudah dimodifikasi, dengan fork yang dimodif untuk bisa mengangkat beban lebih dari 5 ton dan ban yang telah dimodif untuk bisa beroperasi di jalan terjal, berlumpur dan bisa ditempatkan di bidang industri seperti pabrik dan gudang.



**Gambar 3.1** Rangka dan Garpu Assembly



**Gambar 3.1** Ban Roda

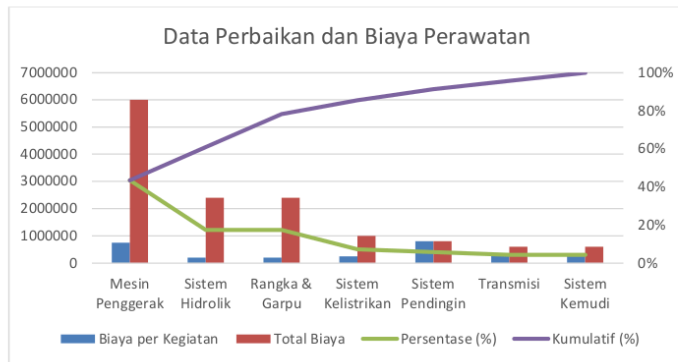
### 3.2 Daftar Komponen dan total biaya

Perhitungan awal dimulai dari data perbaikan dan perawatan terjadwal forklift dari jangka 1 tahun. Berikut ialah tabel bagian-bagian forklift dengan perawatan dan jumlah biaya yang diperlukan.

No	Bagian Forklift	Jenis Perawatan	Frekuensi/Tahun	Biaya per Kegiatan/produksi (Rp)	Total Biaya Tahunan (Rp)
1	Mesin Penggerak	Ganti oli mesin & filter	8 kali	750.000	6.000.000
2	Sistem Hidrolik	Pemeriksaan selang & seal	12 kali	200.000	2.400.000
3	Transmisi	Pemeriksaan kopling	2 kali	300.000	600.000
4	Sistem Kemudi	Pemeriksaan steering & tie rod	2 kali	300.000	600.000
5	Sistem Kelistrikan	Pemeriksaan aki & kabel	4 kali	250.000	1.000.000
6	Sistem Pendingin	Flush radiator & coolant	1 kali	800.000	800.000
7	Rangka & Garpu	Inspeksi retak & pelumasan	12 kali	200.000	2.400.000

**Gambar tabel 3.2** Data bagian perawatan dan total biaya perawatan

Untuk mengetahui komponen yang paling berpengaruh terhadap total biaya perawatan, data pada Tabel 3.1 kemudian dianalisis menggunakan diagram Pareto seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.2. Diagram Pareto memperlihatkan bahwa sebagian besar biaya perawatan terkonsentrasi pada beberapa komponen utama saja. Mesin penggerak menempati posisi dominan sebagai penyumbang biaya terbesar, diikuti oleh sistem hidrolik serta rangka dan garpu.



**Gambar 3.2** Diagram *Pareto* data perbaikan dan biaya perawatan

Hasil analisis Pareto ini menunjukkan bahwa fokus perencanaan perawatan sebaiknya diarahkan pada komponen-komponen dengan kontribusi biaya tertinggi. Dengan memprioritaskan perawatan pada bagian tersebut, diharapkan dapat menekan biaya total perawatan serta meningkatkan keandalan dan umur pakai forklift secara keseluruhan.

### 3.3 Menghitung Biaya Perawatan Dengan Berbagai Metode

1. **Preventive maintenance** yang berfokus di bagian mesin forklift. Metode ini berfokus pada pemeriksaan rutin, pelumasan, penggantian komponen, serta penyetelan bagian-bagian tertentu sesuai dengan jadwal yang telah ditentukan. Berikut perhitungan

$$\text{Biaya per perawatan (Cpm)} = \text{Rp } 750.000$$

$$\text{Frekuensi perawatan (f)} = 8 \text{ kali per tahun}$$

Rumus :

$$C_{PM} = C_{pm} \times f \dots\dots\dots$$

Perhitungan

$$CPM = 750.000 \times 8 = 6.000.000 ,$$

$$CPM = 6.000.000$$

Total biaya perawatan mesin forklift ganti oli mesin dan filter selama 1 tahun dengan biaya sebesar 6.000.000

2. Corrective maintenance pada forklift 5 ton difokuskan pada sistem hidrolik, sistem penggerak, dan sistem keselamatan karena komponen tersebut memiliki tingkat kritikalitas tinggi terhadap proses material handling. Oleh karena itu, analisis corrective maintenance dilakukan dengan menghitung biaya perbaikan untuk mengetahui dampak kerusakan terhadap kinerja forklift.

Rumus :

$$C_{cm} = C_r + C_d \dots\dots\dots$$

Keterangan :

$C_{CM}$  = Total biaya corrective maintenance

$C_r$  = Biaya perbaikan ( sparepart + tenaga kerja)

$C_d$  = Biaya downtime produksi

Perhitungan

Total biaya perbaikan pertahun 2.400.000

Biaya sparepart

1. Seal hidrolik = 120.000/kejadian
  2. Selang hidrolik = 180.000/kejadian
- Total 300.000/kejadian

Biaya tenaga kerja

1. Upah mekanik = 150.000/jam
  2. Waktu perbaikan = 1 jam
- Total 150.000/kejadian

Total biaya perbaikan per kejadian

$$C_r (\text{Per kejadian}) = 300.000 + 150.000 = 450.000$$

Total biaya perbaikan pertahun

$$12 \times 450.000 = 5.400.000 / \text{tahun}$$

Perhitungan biaya corrective maintenance

$$C_{cm} = C_r + C_d$$

$$C_{cm} = 5.400.000 + 2.400.000 = 7.800.000 / \text{tahun}$$

Berdasarkan hasil perhitungan corrective maintenance pada sistem hidrolik forklift 5 ton, diketahui bahwa frekuensi kerusakan selang dan seal hidrolik mencapai 12 kali per tahun. Biaya downtime produksi yang ditimbulkan sebesar Rp 200.000 setiap kejadian, sehingga total biaya downtime tahunan adalah Rp 2.400.000.

Sementara itu, biaya perbaikan yang terdiri dari penggantian spare part dan biaya tenaga kerja mekanik menghasilkan total biaya sebesar Rp 5.400.000 per tahun. Dengan demikian, total biaya corrective maintenance yang dikeluarkan perusahaan untuk sistem hidrolik forklift 5 ton adalah sebesar Rp 7.800.000 per tahun.

### 3. Biaya downtime

No	Keterangan	Nilai
1	Upah mekanik	Rp150.000/jam
2	Waktu perbaikan akibat kerusakan ( $T_f$ )	1 jam
3	Biaya tenaga kerja per kejadian	Rp150.000
4	Biaya suku cadang per kejadian	Rp300.000
5	Total biaya perbaikan per kejadian ( $C_r$ )	Rp450.000
6	Frekuensi kerusakan per tahun	12 kali
7	Total biaya perbaikan per tahun	Rp5.400.000
8	Interval waktu operasi sebelum perawatan preventif ( $t_p$ )	100 jam
9	Waktu perawatan preventif ( $T_p$ )	0,5 jam
10	Jumlah kegagalan yang diharapkan dalam interval (0, $t_p$ ) ( $H(t_p)$ )	1 kali

**Tabel 3.3** Data menghitung untuk menghitung downtime

Rumus yang digunakan :

$$D(t_p) = \frac{H(t_p)T_f + T_p}{t_p + T_p}$$

Penyelesaian

Hitung total downtime akibat kerusakan :

$$H(t_p) \times T_f = 1 \times 1 = 1 \text{ jam}$$

Tambahkan downtime akibat perawatan preventive :

$$1 + 0,5 = 1,5 \text{ jam}$$

Hitung Panjang satu siklus perawatan :

$$t_p + T_p = 100 + 0,5 = 100,5 \text{ jam}$$

Hitung nilai downtime rata-rata :

$$D(t_p) = \frac{1,5}{100,5}$$

Hasil perhitungan :

$$D(t_p) = 0,0149 = 1,49 \%$$

#### 4. Metode pembandingan Age Replacement

Pada metode ini yang dilakukan metode pembandingan Age replacement untuk mencari tau hasil dan fungsi beberapa metode perawatan. Adapun cara menghitung biaya downtime pada perawatan mesin forklift. Perhitungan yang digunakan dalam metode Age Replacement ini adalah sebagai berikut:

$$C(t) = \frac{C_p \times R(t) + C_f [1 - R(t)]}{t \times R(t) + \int_0^1 t \times f(t) dt}$$

Dimana :  $C(t)$  = biaya total perawatan

$C_p$  = biaya pemeliharaan pencegahan

$R(t)$  = tingkat keandalan komponen

$C_f$  = biaya perbaikan kerusakan

$[1 - R(t)]$  = fungsi padat probabilitas

$t$  = interval waktu pemeliharaan dilakukan

$\int_0^1 t \times f(t) dt$  = umur rata-rata komponen (laju kerusakan)

Penentuan biaya perawatan optimal dilakukan dengan mengidentifikasi biaya perawatan yang relevan, yaitu biaya perawatan pencegahan dan biaya akibat kerusakan. Selanjutnya, total biaya perawatan dihitung berdasarkan komponen biaya tersebut sebagai berikut:

##### 1. Gaji teknisi

Yaitu Rp. 4.500.000,- per bulan kemudian di konversikan dalam biaya perjam yaitu sebesar

$$= \text{Rp. } \frac{4.500.000}{240}$$

240 Jam

$$= \text{Rp. } 18.750.00$$

2. Kerugian akibat downtime yaitu kehilangan pendapatan keuntungan karena terhentinya produksi.

Jika dalam satu hari dapat memindahkan 42 ton keuntungan dari memindahkan barang adalah 400/kg keuntungan yang hilang akibat perbaikan Rp.13.500.00/-hari atau 8 jam kerja

perjam Rp.1.350.00

No	Keterangan	Biaya
1	Untuk perbaikan dibutuhkan 3 orang teknisi dengan biaya sebesar $18750 \times 3 \text{ orang} = 56.250,-$ waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk memperbaiki dan mengganti komponen = 19 jam. Maka $\text{Rp.}56.250 \times 19 \text{ jam} = \text{Rp.}1.068.750,-$	Rp. 1.068.750,-
2	Kehilangan kesempatan memperoleh keuntungan akibat mesin mengalami kerusakan Rp.1.350.000,-/jam waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki dan mengganti komponen = 19 jam maka $\text{Rp.}1.350.000,-/\text{jam} \times 19 \text{ jam} = \text{Rp.}25.650.000$	Rp. 25.650.000,-
<b>Total</b>		<b>Rp. 26.718.750,-</b>

Tabel 3.3 Perhitungan biaya akibat kerusakan (Cf) tiap satu kali kerusakan

No	Keterangan	Biaya
1	Untuk perbaikan dibutuhkan 3 orang teknisi dengan biaya sebesar $\text{Rp.} 18750 \times 3 \text{ orang} = \text{Rp.}56.250$ .waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk memperbaiki dan mengganti komponen adalah jam. Maka $\text{Rp.}56.250 \times 3 \text{ jam} = \text{Rp.}168.750,-$	Rp. 168.750
2	Kehilangan kesempatan memperoleh keuntungan akibat mesin menganggur Rp.1.350.000,-/jam waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki dan mengganti komponen 2 jam maka $\text{Rp.}1.350.000,-/\text{jam} \times 2 \text{ jam} = \text{Rp.}2.700.000$ .	Rp. 2.700.000,-
<b>Total</b>		<b>Rp. 11.688.750</b>

Tabel 3.3 Perhitungan Biaya Perawatan Pencegahan (Cp)

Lamanya waktu pergantian suku cadang dikarenakan perusahaan tidak menyediakan suku cadang di gudang dan menunggu suku cadang dibeli terlebih dahulu. Setelah biaya perawatan pencegahan ( $C_p$ ) dan biaya perawatan akibat terjadinya kerusakan ( $C_f$ ) diketahui dan harga  $C_p$  ternyata lebih kecil dari  $C_f$ , maka kita selanjutnya dapat menghitung total biaya perawatan dengan rumus yang telah disebutkan diatas. Adapun perhitungan total biaya perawatan berdasarkan metode age replacement adalah sebagai berikut:

$$C(t) = \frac{C_p \times R(t) + C_f [1 - R(t)]}{t \times R(t) + \int_0^t t \times f(t) dt}$$

Untuk mempermudah perhitungan total biaya perawatan, maka kita menggunakan software excel yang hasilnya dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Penentuan biaya optimal dapat dihitung sebagai berikut :

tp	Keandalan	1-R(tp)	Tp x R(tp)	$\int_{-\infty}^t tf(t)dt$	(tp) dalam ribuan (Rp)
100	0,902744524	0,006312453	0,993687547	0,006312453	693871,493
102	0,888912639	0,028081896	1,943836209	0,028081896	357948,569
103	0,873419272	0,066339386	2,800981841	0,066339386	253507,302
104	0,856126368	0,120253324	3,518986704	0,120253324	207883,775
105	0,83689830	0,187709279	4,061453606	0,187709279	186775,367
106	0,815606495	0,265640399	4,406157603	0,265640399	179053,933
107	0,792133672	0,350377475	4,547357678	0,350377475	180309,846
108	0,766380879	0,438023952	4,495808386	0,438023952	188760,043
109	0,738274191	0,524821561	4,27660595	0,524821561	203908,952
110	0,707772894	0,607465627	3,925343734	0,607465627	226020,154

Tabel 3.3 Total Biaya Perawatan C(tp)

$$\text{Biaya Optimal } (t) = \left( \frac{\text{Waktu kerja}}{\text{Interval Waktu Penggantian}} \right) \times \text{Biaya perawatan}$$

$$t(105) = \left( \frac{900}{105} \right) \times 186.775 = \text{Rp. 2.179.041}$$

Setelah dilakukan perhitungan total biaya perawatan pada Forklift (penggantian komponen) maka didapat total biaya yang optimal yaitu pada interval waktu 105 hari sebesar Rp.2.179.041 dalam sekali penggantian dengan tingkat keandalan sebesar 81%

Dari perhitungan total biaya perawatan diatas menunjukkan bahwa pada interval waktu ke-105 hari memiliki keandalan yang lebih tinggi dan biaya perawatan untuk setiap penggantian yang lebih rendah. Pada interval waktu 110 hari tidak dipilih karena total biaya perawatan lebih besar dan memiliki keandalan rendah. Maka dipilihlah interval waktu 105 hari yaitu dengan tingkat keandalan diatas 75% sesuai dengan permintaan perusahaan, dengan nilai keandalan sebesar 81% dengan biaya total perawatan sebesar Rp.2.179.

Setelah dilakukan pengolahan data dari forklift 5 ton maka dapat disimpulkan bahwa beberapa metode perawatan yang bisa dihitung dengan rumus dan juga hanya bisa diambil dengan analisis dan observasi langsung. Berikut adalah tabel perbandingan dari metode perawatan forklift 5 ton juga diberikan metode pembandingan Age Replacement.

No	Metode Perawatan	Fork dan roda yang dimodifikasi	Tindakan perawatan utama	Hasil modifikasi fork dan roda	Waktu pelaksanaan
1.	Preventive Maintenance	1. Struktur sambungan fork 2. Kondisi poros roda	Pemeriksaan berkala, pelumasan.	1. Fork tetap kuat menopang berat tanpa deformasi 2. Roda stabil dan tidak cepat aus	Terjadwal (Bulanan, mingguan atau jam kerja)
2.	Corrective Maintenance	1. Fork retak akibat beban berlebih 2. Kerusakan tapak roda	Perbaikan dan penggantian komponen rusak.	1. Fork diperbaiki setelah mengalami kerusakan struktural 2. Roda diganti setelah tidak layak pakai	Setelah terjadi kerusakan
3.	Predictive Maintenance	1. Tegangan material 2. Roda aus karna getaran	Monitoring kondisi nyata dan inspeksi lanjutan.	1. Kerusakan fork dapat diprediksi 2. Kerusakan roda bisa diketahui sebelum macet	Saat indikator penurunan performa terdeteksi
4.	Realibility Maintenance	1. Fungsi fork sebagai penahan beban utama 2. Fungsi roda sebagai penunjang mobilitas	Analisis kegagalan	1. Roda memiliki kenadalan tinggi pada beban maksimum 2. Roda dapat digunakan pada medan berlumpur	Berdasarkan analisis fungsi dan resiko kegagalan
5.	Age Replacement	1. Umur fork pada siklus pemakaian 2. Umur roda berdasarkan jam operasi	Penggantian berdasarkan umur teknis	1. Fork diganti sebelum resiko patah 2. Roda diganti sebelum kehilangan traksi	Berdasarkan umur teknis komponen

**Tabel 3.3** Hasil perbandingan metode perawatan pada komponen fork dan roda

### **3.4 Hasil dan Pembahasan**

Berdasarkan hasil desain forklift berkapasitas 5 ton, telah dilakukan modifikasi pada komponen fork dan ban dengan tujuan meningkatkan kinerja, stabilitas, dan keselamatan kerja. Modifikasi fork difokuskan pada penyesuaian dimensi dan kekuatan struktur agar mampu menahan beban maksimum 5 ton secara aman tanpa mengalami deformasi. Desain fork yang baru memberikan distribusi beban yang lebih merata sehingga mengurangi risiko konsentrasi tegangan pada satu titik.

Secara keseluruhan, hasil desain menunjukkan bahwa modifikasi fork dan ban pada forklift 5 ton memberikan peningkatan performa operasional dan faktor keselamatan. Desain ini diharapkan dapat mendukung aktivitas material handling secara lebih efektif serta mengurangi potensi kerusakan komponen dan kecelakaan kerja.

Pada perhitungan setiap metode data didapat dari observasi langsung dan ada beberapa metode yang tidak ada rumus dan hanya dapat diteliti dengan analisis secara langsung dan dari sumber jurnal juga artikel,serta dari beberapa metode dicantumkan metode perbandingan Age Replacement untuk membandingkan seberapa efektif metode perawatan untuk keandalan mesin forklift.

Berdasarkan hasil perhitungan, biaya perawatan tertinggi terjadi pada interval hari ke-1 sebesar Rp47.365.000, sedangkan biaya terendah terjadi pada interval hari ke-105 sebesar Rp2.179.041. Interval hari ke-105 dipilih sebagai jadwal perawatan optimal karena menghasilkan biaya paling rendah dengan tingkat keandalan di atas 75%.

Hasil perbandingan pada seluruh metode perawatan yang digunakan akan dibandingkan dengan metode perbandingan Age Replacement, pada hasilnya seluruh metode mempunyai hasil yang berbeda dan cara yang berbeda untuk melakukan perawatan pada mesin forklift.

### **3.5 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisis dan pemahasan pada bab sebelumnya dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari desain mesin *forklift* 5 ton yang dibuat di Solidworks secara detail dengan full part yang telah di Assembly menghasilkan desain forklift 5 ton dengan part fork garpu dan roda yang telah dimodifikasi untuk beroperasi di medan khusus.
2. Beberapa metode perawatan dibuat untuk menghitung biaya perawatan mesin forklift dengan hasil akhir penghemat biaya total downtime mesin forklift dapat diminimalkan, umur pakai komponen menjadi lebih panjang, serta keselamatan dan keandalan operasional forklift dapat ditingkatkan.
3. Untuk beberapa metode yang digunakan sebagai perawatan mesin forklift ditambahkan metode pembanding Age Replacement untuk melengkapi dan mengetahui metode yang paling efektif.
4. Mesin forklift yang beroperasi harus dilakukan pengecekan rutin guna mengetahui kondisi keandalan mesin, melalui operator atau teknisi untuk lebih meminimalisir kerusakan mesin forklift ketika digunakan.
5. Untuk mengetahui strategi perbaikan dari faktor-faktor tersebut untuk mengetahui apa saja akibat-akibat kerusakan mesin perlu dilaksanakan: pelatihan bagi operator, disiplin dalam melakukan monitoring pelaksanaan jadwal perawatan dan sosialisasi operator dan pihak mekanik perawatan diperlukan agar trouble pada mesin segera diatasi.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Asyiruddin, N. A. Mahbubah, and A. W. Rizqi, "Menentukan Interval Waktu Penggantian Komponen Kritis Pada Mesin Forklift Menggunakan Metode Age Replacement," *JUSTI (Jurnal Sist. Dan Tek. Ind.,* vol. 5, no. 1, pp. 34–42, 2024.
- [2] M. Kastalani, Mochammad Basjir, Cepi Yazirin, and Nur Robbi, "Analysis Keandalan Untuk Meningkatkan Efektivitas Penggunaan Forklift Dengan Metode Reliability Analysis Dan Machine'S Effectiveness," *J. Res. Technol.,* vol. 9, no. 2, pp. 233–246, 2024, doi: 10.55732/jrt.v9i2.1051.
- [3] I. Sodikin, C. I. Parwati, F. Fayzi, and M. Indrayana, "Penjadwalan Perawatan Mesin Dengan Metode Preventive Maintenance & Predictive Maintenance (Studi Kasus Di PLTD Kota Masohi) .pdf," *J. Tekst.,* vol. 7, pp. 37–46, 2024.
- [4] dan Rosyid, M. A. and M. Indrayana, "Penjadwalan Pemeliharaan Mesin Filling Bag Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) di PT. SHGM," *Pros. Semin. Nas. Tek. Ind.,* vol. 1, pp. 294–303, 2023.
- [5] A. Rusli and N. Marbun, "Identifikasi Kerusakan dan Program Perawatan Engine Diesel pada Forklift Toyota Tipe 8FD30," *Zo. Mesin Progr. Stud. Tek. Mesin Univ. Batam,* vol. 10, no. 3, pp. 8–10, 2024, doi: 10.37776/zm.v10i3.1435.
- [6] M. A. Puteri *et al.*, "Analisis Keselamatan Kerja Pada Sistem Pengoperasian Forklift Dan Crane Guna Mencegah Kecelakaan Kerja," *Zo. Laut J. Inov. Sains Dan Teknol. Kelaut.,* vol. 3, no. 1, pp. 32–37, 2022, doi: 10.62012/zl.v3i1.20551.
- [7] Agus Setiawan, Hasyrani Windyatri, and Suhendra, "Penerapan Preventive Maintenance Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm) Untuk Meminimasi Downtime Mesin Cnc Di Pt Mtat," *J. Desiminasi Teknol.,* vol. 12, pp. 89–94, 2023, doi: 10.52333/destek.v12i2.710.
- [8] Y. Ando and M. Kumar, "implementation of realibility," vol. 1, no. 1, pp. 69–83, 2024.
- [9] F. Suryani, Siti Ayu Syarifa, and A. Azhari, "Analisis Preventive Maintenance Komponen Mesin Pulp Dengan Metode Age Replacement," *J. Ind. Manuf. Eng.,* vol. 7, no. 1, pp. 115–125, 2023, doi: 10.31289/jime.v7i1.9498.
- [10] M. D. Asshiddiqie and R. Purwaningsih, "Analisis Efektivitas Kinerja Mesin Forklift Tcm Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness Dan Six Big Losses Untuk Meningkatkan Efektivitas Pergudangan Pada Proses Bongkar Muat ( Pt . Krakatau Argo Logistics )," *vol 14,* 2025.

ORIGINALITY REPORT

19%	18%	6%	3%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1	core.ac.uk Internet Source	5%
2	eprints.umg.ac.id Internet Source	2%
3	idoc.tips Internet Source	2%
4	www.slideshare.net Internet Source	1%
5	docplayer.info Internet Source	1%
6	eprints.itenas.ac.id Internet Source	1%
7	ejournal.unesa.ac.id Internet Source	1%
8	123dok.com Internet Source	1%
9	sinta.unud.ac.id Internet Source	<1%
10	Bustami Bustami, Nurhazana Nurhazana. "PEMODELAN KERUSAKAN MESIN BUBUT UNTUK ESTIMASI BANYAKNYA JUMLAH KERUSAKAN DAN ESTIMASI BIAYA PERAWATAN MESIN BUBUT DENGAN MEMPERHATIKAN FAKTOR INFLASI DITINJAU	<1%

# DARI ASPEK AKTUARIA", Inovbiz: Jurnal Inovasi Bisnis, 2018

Publication

---

11	<a href="#">adoc.pub</a> Internet Source	<1 %
12	<a href="#">qdoc.tips</a> Internet Source	<1 %
13	<a href="#">Submitted to Universitas Muhammadiyah Sidoarjo</a> Student Paper	<1 %
14	<a href="#">eprints.ums.ac.id</a> Internet Source	<1 %
15	<a href="#">eprints.untirta.ac.id</a> Internet Source	<1 %
16	<a href="#">Submitted to Rose-Hulman Institute of Technology</a> Student Paper	<1 %
17	<a href="#">digilib.uns.ac.id</a> Internet Source	<1 %
18	<a href="#">ejournal.poltektegal.ac.id</a> Internet Source	<1 %
19	<a href="#">ojs.uma.ac.id</a> Internet Source	<1 %
20	<a href="#">agussppurwanto.blogspot.com</a> Internet Source	<1 %
21	<a href="#">id.scribd.com</a> Internet Source	<1 %
22	<a href="#">jurnal.politeknikbosowa.ac.id</a> Internet Source	<1 %
23	<a href="#">jurnal.umj.ac.id</a> Internet Source	<1 %

---

<1 %

---

24 repository.univ-tridinanti.ac.id  
Internet Source

<1 %

---

25 Roni Dwi Irawan, Mustakim Mustakim, Tri Prihatiningsih. "Analisis Perawatan Mesin Yilmak Laundry dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) dan Risk Based Maintenance (RBM) (Studi Kasus : Departement Laundry PT. Eratex Djaja)", Energy - Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Teknik, 2022  
Publication

<1 %

---

26 Johannes Guisandro, Sakti Hutabarat, Syaiful Hadi. "Analisis Pembiayaan Sertifikasi Indonesian Sustainable Palm Oil (ISPO) oleh Pekebun Kelapa Sawit Swadaya di Kabupaten Rokan Hulu", JURNAL TRITON, 2024  
Publication

<1 %

---

27 Tri Niswati Utami, Citra Aulia Amanda, Nabila Inne Azri, Adriansyah Arya Pratama et al. "IDENTIFIKASI RISIKO DAN PENILAIAN RISIKO TERHADAP BAHAYA FISIK PADA PENGOPERASIAN FORKLIFT DI PT. X", PREPOTIF : JURNAL KESEHATAN MASYARAKAT, 2024  
Publication

<1 %

---

Exclude quotes Off

Exclude matches Off

Exclude bibliography On