

# ANALISIS KEANDALAN SISTEM DUMP DOOR MESIN BAGGING PHONSKA 5 MENGGUNAKAN PENDEKATAN RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE

Abdul Aziz Rizal<sup>1\*</sup>, Doni Yusri<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Program Studi Manajemen Industri, Sekolah Vokasi, IPB University  
Jl. Kumbang No.14, RT.02/RW.06, Babakan, Kecamatan Bogor Tengah, Kota Bogor, Jawa Barat 16128  
\*email: [abdulazizrizal@apps.ipb.ac.id](mailto:abdulazizrizal@apps.ipb.ac.id)

## Abstract

*The reliability of the Phonska 5 bagging machine is a crucial factor in ensuring smooth fertilizer packaging and minimizing production disruptions. The dump door system was identified as the largest contributor to failures (33%) in this unit. This study aims to analyze the reliability of the dump door system and determine appropriate maintenance strategies using the Reliability Centered Maintenance (RCM) approach. The analysis methods included system function identification, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA), and evaluation of Mean Time Between Failure (MTBF) and Mean Time To Repair (MTTR) parameters. FMEA results showed that the sliding gate component had the highest Risk Priority Number (RPN) of 175, followed by the solenoid valve (120) and pneumatic piston (105). Reliability analysis indicated that the sliding gate had the highest MTBF of 6,243.71 hours, while the load cell had the shortest failure interval with an MTBF of 328.62 hours. The longest repair time was found in the solenoid valve with an MTTR of 20.93 hours, potentially causing significant downtime. The recommended maintenance strategy is Condition Directed Maintenance, implemented through an RCM Decision Worksheet, preventive maintenance checksheets, and One Point Lesson (OPL) to improve operational reliability.*

**Keywords:** reliability centered maintenance, dump door, MTBF

## 1. Pendahuluan

Industri pupuk memiliki peran strategis dalam mendukung ketahanan pangan nasional karena keberlangsungan sektor pertanian sangat dipengaruhi oleh ketersediaan pupuk yang tepat waktu dan bermutu. Dalam sistem produksi berskala besar, stabilitas operasional menjadi faktor penting untuk memastikan target produksi dapat tercapai secara konsisten. Gangguan pada salah satu tahapan proses produksi berpotensi menimbulkan dampak beruntun terhadap kapasitas output, mutu produk, serta efektivitas distribusi kepada konsumen. Oleh karena itu, keandalan sistem produksi menjadi aspek penting dalam menjaga keberlangsungan operasi industri pupuk.

Keandalan mesin merupakan faktor determinan yang memengaruhi kelancaran proses manufaktur serta konsistensi kualitas produk yang dihasilkan (Ramadhania et al., 2025). Mesin yang sering mengalami gangguan atau kegagalan dapat menurunkan produktivitas, meningkatkan *downtime*, serta menghambat kesinambungan proses produksi secara keseluruhan (Poniman, et al., 2025). Oleh karena itu, pengelolaan pemeliharaan yang berbasis pada keandalan

menjadi kebutuhan penting dalam menjaga performa sistem produksi tetap optimal (Supriyadi & Ayuni, 2023).

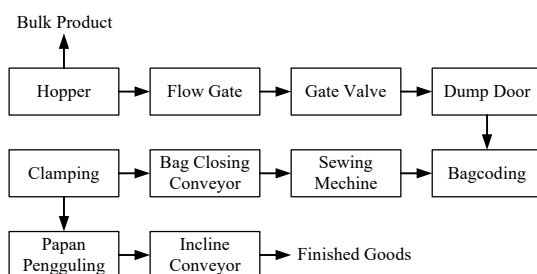
Penerapan tindakan pemeliharaan yang tepat diperlukan untuk menjamin komponen tetap dalam kondisi optimal serta meminimalkan risiko kegagalan yang dapat mendisrupsi proses produksi (Munir, et al., 2025). Salah satu pendekatan yang banyak digunakan dalam pengelolaan pemeliharaan berbasis keandalan adalah metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM). Metode ini merupakan pendekatan sistematis yang digunakan untuk menentukan strategi pemeliharaan yang paling efektif berdasarkan fungsi sistem, mode kegagalan (*failure mode*), serta konsekuensi kegagalan terhadap operasi sistem (Wibowo et al., 2021). Melalui pendekatan ini, kegiatan pemeliharaan dapat dirancang secara lebih terarah sehingga mampu menetapkan *maintenance task* yang spesifik serta menentukan interval pemeliharaan yang optimal bagi setiap komponen sistem (Praja, et al., 2020).

Dalam implementasinya, metode RCM dilakukan melalui beberapa tahapan utama yang meliputi pemilihan sistem, pendefinisian batasan sistem, penyusunan *Functional Block Diagram* (FBD), identifikasi fungsi sistem dan kegagalan

fungsi, analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), penyusunan *Logic Tree Analysis* (LTA), serta pemilihan tindakan pemeliharaan yang paling sesuai (Wibowo et al., 2021). Pendekatan ini membantu memastikan bahwa sumber daya pemeliharaan difokuskan pada komponen yang paling kritis serta memiliki dampak besar terhadap keselamatan, kualitas, maupun kontinuitas proses produksi.

Berbagai penelitian menunjukkan bahwa penerapan metode RCM mampu meningkatkan keandalan sistem produksi secara signifikan di berbagai sektor industri seperti energi, nuklir, dan petrokimia (Pranowo, 2019). Pada industri pupuk, penerapan metode RCM pada mesin granulator terbukti mampu meningkatkan tingkat keandalan komponen dari 47–50% menjadi 85–99% melalui penentuan interval preventive maintenance yang lebih optimal (Syahputra & Indrayadi, 2024). Selain itu, penelitian pada proses pengantongan pupuk menunjukkan bahwa analisis *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) efektif dalam mengidentifikasi kegagalan dominan serta menentukan prioritas mitigasi pada proses produksi (Rafi, 2024).

Tahap pengantongan (*bagging*) merupakan proses akhir dalam rangkaian produksi pupuk sebelum produk didistribusikan kepada konsumen. Gangguan pada tahap ini dapat berdampak langsung terhadap ketepatan berat produk, kualitas kemasan, serta pemenuhan standar mutu perusahaan. Oleh karena itu, keandalan mesin pada area pengantongan menjadi aspek penting dalam menjaga kontinuitas proses produksi secara keseluruhan. Skema sistem proses mesin *bagging* Phonska 5 disajikan pada gambar 1.

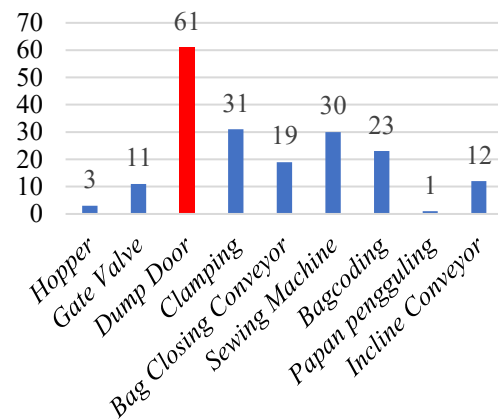


**Gambar 1.** Skema sistem proses mesin bagging Phonska 5

Berdasarkan skema sistem tersebut, *dump door* berperan sebagai mekanisme pelepasan material hasil penimbangan menuju karung pupuk pada mesin *bagging*. Komponen ini bekerja melalui integrasi sistem mekanik, pneumatik, dan kontrol otomatis untuk memastikan material dilepaskan secara tepat sesuai dengan berat yang telah ditentukan. Gangguan operasional seperti *misalignment*, kemacetan mekanis, maupun keterlambatan respons sistem pneumatik dapat

menghambat proses pengisian produk serta menurunkan stabilitas proses pengantongan.

Area Pengantongan Phonska 5 dipilih sebagai objek penelitian karena menunjukkan tingkat gangguan operasional yang relatif tinggi. Berdasarkan data *display order maintenance* periode Januari hingga November 2025, tercatat sebanyak 191 kejadian kerusakan pada empat lini pengantongan di area tersebut. Distribusi frekuensi kerusakan berdasarkan komponen mesin ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Frekuensi kerusakan equipment mesin bagging area pengantongan Phonska 5

Data pada Gambar 2, menunjukkan bahwa komponen *dump door* memiliki frekuensi kerusakan paling tinggi dibandingkan komponen lainnya. Kondisi ini menunjukkan bahwa komponen tersebut memiliki tingkat kriticalitas yang tinggi dalam sistem pengantongan. Apabila kondisi tersebut terjadi secara berulang, maka potensi gangguan operasional pada sistem pengantongan akan semakin meningkat dan berdampak pada efisiensi proses produksi secara keseluruhan.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keandalan sistem *dump door* pada mesin *bagging* Phonska 5 menggunakan pendekatan RCM serta merumuskan strategi pemeliharaan yang tepat guna meningkatkan keandalan sistem dan mengurangi potensi gangguan operasional pada proses pengantongan pupuk di PT XYZ.

## 2. Landasan Teori

### 2.1. *Reliability Centred Maintenance*

*Reliability Centered Maintenance* (RCM) merupakan pendekatan sistematis dalam manajemen pemeliharaan yang bertujuan untuk menjamin keberlanjutan fungsi sistem sesuai dengan konteks operasinya. Metode ini telah

menjadi fokus utama di berbagai sektor industri sejak dekade 1970-an, seiring dengan pergeseran paradigma dalam sistem pemeliharaan preventif (Ramadhania et al., 2025). Fokus utama RCM terletak pada identifikasi fungsi sistem, *functional failure*, serta konsekuensi yang ditimbulkan guna merumuskan strategi pemeliharaan yang paling efektif. Berbeda dengan pendekatan konvensional, RCM tidak hanya menitikberatkan pada pencegahan kerusakan fisik, tetapi juga mengintegrasikan aspek dampak operasional, keselamatan, dan efisiensi ekonomi dalam pengambilan keputusan (Wibowo et al., 2021).

Secara metodologis, implementasi RCM melibatkan beberapa tahapan esensial yang meliputi seleksi dan penetapan batasan sistem, identifikasi fungsi, analisis mode kegagalan, serta klasifikasi konsekuensi kegagalan (Saidah & Rumampuk, 2025). Melalui tahapan tersebut, organisasi dapat mengoptimalkan alokasi sumber daya pemeliharaan dengan memprioritaskan komponen kritis yang memiliki pengaruh signifikan terhadap keandalan sistem secara keseluruhan.

## 2.2. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

*Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) merupakan metode analisis sistematis yang digunakan untuk mengidentifikasi mode kegagalan potensial pada suatu komponen atau sistem, serta mengevaluasi konsekuensi kegagalan tersebut terhadap kinerja sistem secara keseluruhan (Wibowo et al., 2021). Metode ini bersifat proaktif karena dilakukan melalui pendekatan preventif sebelum kegagalan aktual terjadi, sehingga efektif dalam meningkatkan kualitas, keandalan, dan keselamatan operasional peralatan.

Dalam implementasinya, FMEA mengevaluasi setiap potensi kegagalan berdasarkan tiga parameter utama, yaitu *severity* (tingkat keparahan dampak), *occurrence* (frekuensi kejadian), dan *detection* (kemampuan deteksi kegagalan). Ketiga parameter tersebut diintegrasikan untuk menghasilkan nilai *Risk Priority Number* (RPN) melalui persamaan berikut.

Nilai RPN menjadi basis dalam memprioritaskan mode kegagalan dengan tingkat risiko tertinggi guna menentukan tindakan perbaikan atau strategi pemeliharaan yang relevan (Firmansyah & Rizqi, 2024). Semakin besar nilai RPN yang dihasilkan, semakin tinggi tingkat risiko kegagalan yang ditimbulkan, sehingga memerlukan mitigasi yang lebih intensif untuk menjaga stabilitas sistem.

## 2.3. Logic Tree Analysis (LTA)

*Logic Tree Analysis* (LTA) merupakan metode klasifikasi konsekuensi kegagalan yang didasarkan pada hubungan logis antar kejadian dalam suatu sistem untuk memfasilitasi identifikasi jalur kegagalan serta dampak sistemiknya (Syarifuddin, et al., 2025). LTA disusun untuk mengklasifikasikan dan menentukan prioritas setiap mode kegagalan berdasarkan konsekuensi logis yang ditimbulkan terhadap sistem (Fadillah & Fitriani, 2025). Dalam implementasinya, LTA mengevaluasi setiap mode kegagalan berdasarkan kriteria keterlihatan kegagalan (*evident*), dampak keselamatan (*safety*), dan pengaruh terhadap operasional (*outage*). Melalui pendekatan ini, hubungan sebab-akibat antar komponen dapat dianalisis secara sistematis sehingga memudahkan penentuan prioritas penanganan kegagalan (Firmansyah & Rizqi, 2024).

Hasil analisis tersebut kemudian digunakan untuk mengategorikan risiko ke dalam empat kelompok utama, yaitu Kategori A (*Safety Problem*) untuk dampak keselamatan, Kategori B (*Outage Problem*) bagi kegagalan yang menghentikan operasi, Kategori C (*Economic Problem*) untuk kerugian ekonomi, serta Kategori D (*Hidden Problem*) untuk kegagalan yang tidak terdeteksi selama operasi normal. Secara keseluruhan, LTA berperan krusial dalam mendukung proses pengambilan keputusan pada sistem pemeliharaan berbasis keandalan, khususnya dalam menetapkan prioritas risiko dan strategi mitigasi yang paling tepat guna menjaga integritas sistem.

## 2.4. Pemilihan Tindakan (Task Selection)

*Task Selection* merupakan tahapan dalam *Reliability Centered Maintenance* (RCM) yang bertujuan untuk menentukan jenis tindakan pemeliharaan paling representatif bagi setiap mode kegagalan berdasarkan tingkat risiko, konsekuensi, serta efektivitas tindakan (Wibowo et al., 2021). Tahap ini mengacu pada hasil analisis *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) dan *Logic Tree Analysis* (LTA) guna memastikan strategi pemeliharaan terfokus pada komponen kritis.

Pemilihan tindakan dilakukan dengan mempertimbangkan karakteristik kegagalan, baik yang bersifat terdeteksi, tersembunyi, maupun yang bergantung pada usia pakai komponen. Implementasi RCM yang diintegrasikan dengan FMEA terbukti efektif dalam mengidentifikasi komponen kritis serta merumuskan strategi pemeliharaan berbasis kondisi (*condition-based maintenance*) untuk meningkatkan keandalan sistem (Syarifuddin et al., 2025).

Secara umum, *task selection* diklasifikasikan ke dalam tiga kategori utama, yaitu *Condition Directed* (CD) yang menitikberatkan pada monitoring gejala awal kerusakan, *Failure Finding* (FF) berupa inspeksi berkala untuk mengidentifikasi kegagalan tersembunyi (*hidden failure*), serta *Time Directed* (TD) yang berbasis pada waktu atau umur pakai komponen secara periodik. Melalui tahapan ini, strategi pemeliharaan yang diterapkan diharapkan menjadi lebih efektif, efisien, dan mampu menjaga keandalan sistem secara berkelanjutan.

### 2.5. Keandalan

Keandalan merupakan probabilitas suatu sistem atau peralatan untuk beroperasi sesuai fungsinya tanpa kegagalan dalam periode waktu dan kondisi operasi tertentu (Theresia et al., 2023). Analisis keandalan dilakukan guna mengestimasi probabilitas bahwa suatu sistem atau komponen mampu melaksanakan fungsi yang ditentukan dalam jangka waktu tertentu (Syahabuddin, et al., 2021). Analisis keandalan dilakukan secara kuantitatif menggunakan parameter statistik guna mendukung pengambilan keputusan pemeliharaan berbasis data (Pranowo, 2019). Parameter utama yang digunakan dalam evaluasi keandalan pada penelitian ini meliputi.

*Mean Time Between Failure* (MTBF) merupakan rata-rata waktu operasi suatu sistem atau komponen sebelum terjadinya kegagalan berikutnya (Purba & Marikena, 2021). Parameter ini berfungsi sebagai indikator tingkat keandalan, di mana nilai MTBF yang tinggi menunjukkan frekuensi kegagalan yang rendah serta stabilitas performa sistem yang lebih baik (Apriyanto, 2024). MTBF digunakan untuk mengukur rata-rata waktu operasi antar kegagalan, yang dirumuskan sebagai berikut.

$$MTBF = \frac{\text{Total Waktu Operasi}}{\text{Jumlah Kegagalan}}$$

*Mean Time To Repair* (MTTR) merupakan rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perbaikan hingga sistem kembali beroperasi setelah mengalami kegagalan (Putra Cahyadi & Widjajati, 2021). Nilai MTTR mencerminkan tingkat *maintainability*, dimana durasi perbaikan yang singkat mengindikasikan proses pemeliharaan yang efektif dan responsif (Apriyanto, 2024). MTTR digunakan untuk mengukur rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki sistem. Sedangkan MTTR digunakan untuk mengukur rata-rata waktu yang dibutuhkan untuk memperbaiki sistem setelah terjadi kegagalan, yang dirumuskan sebagai berikut.

$$MTTR = \frac{\text{Total Waktu Perbaikan}}{\text{Jumlah Kegagalan}}$$

Integrasi antara parameter MTBF dan MTTR memungkinkan evaluasi keandalan serta keterpeliharaan sistem secara komprehensif. Hasil evaluasi ini kemudian digunakan sebagai basis dalam optimalisasi strategi pemeliharaan guna meningkatkan *availability* mesin pada lini produksi pengantongan.

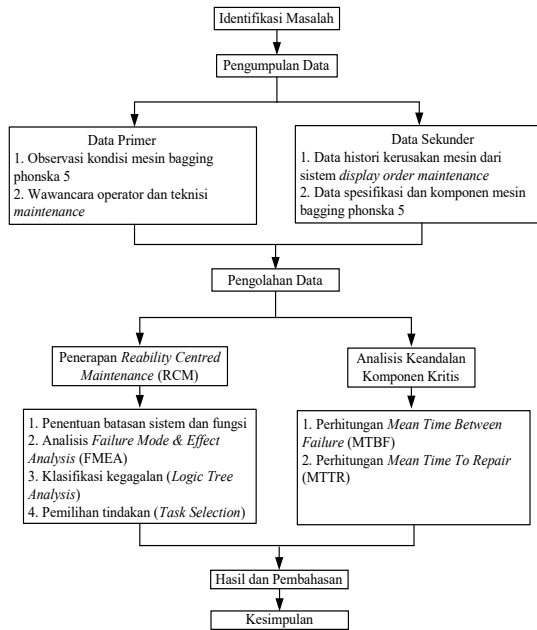
### 3. Metode Penelitian

Objek penelitian ini dilaksanakan pada mesin *bagging* Phonska 5 di area pengantongan PT XYZ yang berlokasi di Gresik, Jawa Timur. Pengumpulan data dilakukan selama periode Januari–November 2025 dengan fokus pada sistem *dump door* sebagai komponen yang memiliki frekuensi gangguan operasional tertinggi pada proses pengantongan pupuk di Lini Pengantongan Phonska 5.

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) untuk menganalisis keandalan sistem serta merumuskan strategi pemeliharaan optimal pada mesin *bagging* Phonska 5 di PT XYZ. Data primer dikumpulkan melalui observasi lapangan dan wawancara mendalam bersama PIC dari bidang mekanik, elektrik, serta instrumen, sementara data sekunder diperoleh dari histori kerusakan dan durasi perbaikan pada *display order maintenance* periode Januari hingga November 2025. Alur analisis dimulai dengan penentuan komponen kritis melalui analisis Pareto untuk memprioritaskan area dengan frekuensi kegagalan tertinggi. Selanjutnya, keterkaitan fungsional antar komponen pada sistem *dump door* dipetakan menggunakan *Functional Block Diagram* (FBD). Identifikasi risiko dilakukan melalui *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) dengan mengukur parameter *Severity*, *Occurrence*, dan *Detection* untuk menetapkan nilai *Risk Priority Number* (RPN).

Tahapan berlanjut pada pengklasifikasian konsekuensi kegagalan menggunakan *Logic Tree Analysis* (LTA) yang meninjau aspek keselamatan, operasional, dan ekonomi. Berdasarkan hasil klasifikasi tersebut, dilakukan *Task Selection* untuk menentukan tindakan pemeliharaan yang paling relevan, baik berupa *Condition Directed*, *Time Directed*, maupun *Failure Finding*. Sebagai langkah akhir, evaluasi performa sistem dilakukan dengan menghitung nilai *Mean Time Between Failure* (MTBF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR) guna mengalkulasi interval pemeliharaan yang paling optimal bagi perusahaan. Seluruh

rangkaian prosedur penelitian ini diringkas secara sistematis dalam diagram alur yang disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Flowchart Alur Penelitian

#### 4. Hasil dan Pembahasan

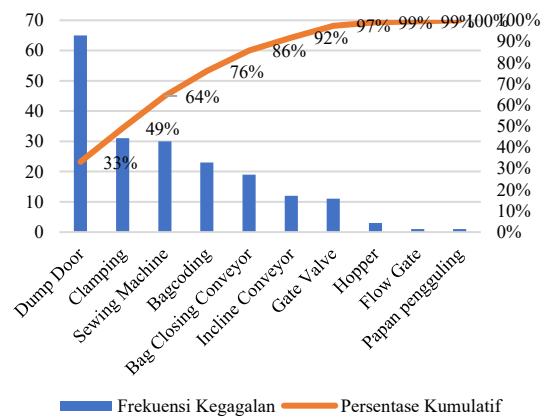
##### 4.1. Penentuan Komponen Kritis

Penentuan komponen kritis bertujuan untuk mengidentifikasi bagian dari sistem mesin bagging Phonska 5 yang memberikan kontribusi paling signifikan terhadap gangguan operasional. Analisis didasarkan pada data historis kerusakan periode Januari hingga November 2025 yang dihimpun dari sistem display order maintenance. Selama rentang waktu tersebut, tercatat sebanyak 191 kejadian kegagalan pada berbagai sub-sistem mesin.

Prioritas komponen ditetapkan menggunakan analisis Pareto untuk memetakan frekuensi kegagalan tertinggi, sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 4. Hasil analisis menunjukkan bahwa komponen dump door merupakan penyebab gangguan paling dominan dengan kontribusi sebesar 33% dari total kejadian. Secara kumulatif, tiga komponen utama yang meliputi dump door, clamping system, dan sewing machine menyumbang lebih dari 60% dari total kegagalan sistem.

Dominasi kegagalan pada dump door mengindikasikan tingkat kerentanan yang tinggi serta peran vitalnya dalam menjaga kontinuitas proses pengantongan. Gangguan pada komponen ini tidak hanya memicu ketidakstabilan pengisian, tetapi juga berisiko terhadap akurasi berat produk akhir. Berdasarkan temuan tersebut, dump door ditetapkan sebagai komponen kritis dan dijadikan objek utama dalam penerapan metode Reliability

Centered Maintenance (RCM) untuk analisis tahap selanjutnya.

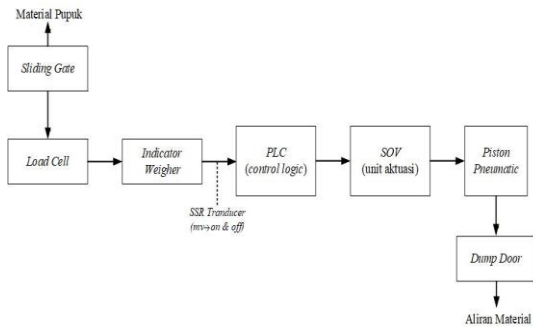


Gambar 4. Diagram Pareto frekuensi kerusakan komponen mesin bagging Phonska 5

##### 4.2. Functional Block Diagram

Functional Block Diagram (FBD) disusun untuk memetakan hubungan fungsional antarkomponen pada sistem dump door serta menggambarkan alur kerja proses pengantongan secara logis. Analisis ini bertujuan untuk mendalami interaksi antar elemen sistem guna mengidentifikasi titik-titik kritis yang berpotensi memengaruhi kinerja operasional secara keseluruhan. Sebagai komponen utama, dump door memiliki fungsi krusial dalam meregulasi pembukaan dan penutupan aliran material pupuk ke dalam kemasan berdasarkan sinyal penimbangan. Mekanisme kerja sistem ini melibatkan integrasi antara komponen mekanik, pneumatik, dan sistem kontrol yang saling tersinkronisasi untuk memastikan akurasi dan kontinuitas pengisian, sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 5.

Secara operasional, material pupuk dari hopper dialirkan melalui sliding gate menuju proses penimbangan. Massa material dideteksi oleh load cell, kemudian dikonversi menjadi sinyal digital melalui indikator weigher dan SSR transducer. Sinyal tersebut diproses oleh Programmable Logic Controller (PLC) sebagai unit kendali pusat, yang selanjutnya meneruskan perintah ke solenoid valve untuk meregulasi aliran udara tekan menuju piston pneumatik sebagai penggerak mekanis dump door. Untuk memastikan presisi operasi, sensor proximity digunakan sebagai sistem umpan balik (feedback) untuk mendeteksi posisi aktual pintu dalam kondisi terbuka atau tertutup. Integrasi yang kompleks antara aspek mekanik, pneumatik, dan elektrik ini mengindikasikan bahwa kegagalan fungsional pada salah satu elemen akan berdampak langsung terhadap efektivitas proses pengantongan secara sistemik.



**Gambar 5.** Functional Block Diagram sistem Dump Door

#### 4.3. Analisis Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)

Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) diimplementasikan untuk mengidentifikasi potensi kegagalan pada setiap komponen penyusun sistem *dump door* serta mengevaluasi magnitudo risiko yang ditimbulkan. Penilaian risiko didasarkan pada tiga parameter fundamental, yaitu *Severity* (S), *Occurrence* (O), dan *Detection* (D), yang dikalkulasi untuk menghasilkan nilai *Risk Priority Number* (RPN). Penentuan skor pada parameter tersebut dilakukan melalui metode *expert judgment* yang melibatkan pakar di bidang mekanik, elektrik, dan instrumen, dengan validasi melalui observasi lapangan guna memastikan akurasi data.

Hasil analisis menunjukkan variasi tingkat risiko yang signifikan pada komponen sistem *dump door*. Komponen *sliding gate* mencatatkan nilai RPN tertinggi sebesar 175, yang mengindikasikan tingkat risiko paling dominan dalam sistem. Tingginya nilai tersebut berkorelasi dengan peran strategis *sliding gate* dalam meregulasi stabilitas aliran material; gangguan pada komponen ini berdampak langsung terhadap akurasi penimbangan dan kontinuitas proses pengantongan. Selanjutnya, *solenoid valve* memperoleh nilai RPN sebesar 120. Kegagalan pada komponen ini dikategorikan kritis karena fungsinya sebagai pengendali utama aliran udara tekan pada sistem pneumatik, di mana malfungsi pada *solenoid* akan mengakibatkan kegagalan respons aktuator terhadap instruksi kontrol.

Komponen *pneumatic piston* juga menunjukkan tingkat risiko yang substansial dengan nilai RPN sebesar 105. Kegagalan pada aktuator ini berpotensi menghentikan mekanisme mekanis *dump door*, sehingga proses pelepasan material tidak dapat berjalan optimal. Sementara itu, komponen pendukung seperti *load cell*, sensor *proximity*, dan *dump door housing* memiliki nilai risiko yang relatif lebih rendah. Meski demikian, komponen-komponen tersebut tetap memerlukan perhatian dalam perencanaan pemeliharaan demi menjaga stabilitas sistem secara holistik. Distribusi

tingkat risiko ini menunjukkan bahwa setiap kegagalan memiliki konsekuensi yang berbeda terhadap sistem, sehingga hasil analisis FMEA ini menjadi basis krusial dalam tahap *Logic Tree Analysis* (LTA) untuk mengklasifikasikan konsekuensi kegagalan dan menentukan strategi pemeliharaan yang tepat.

#### 4.4. Logic Tree Analysis

*Logic Tree Analysis* (LTA) diimplementasikan untuk mengklasifikasikan konsekuensi dari setiap mode kegagalan yang telah teridentifikasi pada fase FMEA. Berbeda dengan FMEA yang menitikberatkan pada besaran risiko melalui *Risk Priority Number* (RPN), LTA berfungsi untuk memetakan dampak kegagalan terhadap aspek keselamatan, operasional, dan ekonomi sistem secara lebih spesifik. Oleh karena itu, LTA menjadi instrumen krusial dalam menentukan prioritas penanganan kegagalan agar strategi yang dirumuskan lebih tepat sasaran. Analisis LTA difokuskan pada komponen kritis sistem *dump door* dengan nilai RPN signifikan, seperti *sliding gate*, *solenoid valve*, dan *pneumatic piston*. Proses klasifikasi ini dilakukan melalui pendekatan *expert judgment* yang melibatkan pakar lintas bidang (mekanik, elektrik, dan instrumen) serta divalidasi dengan observasi lapangan dan wawancara operasional.

Kategorisasi kegagalan dalam LTA didasarkan pada tiga kriteria fundamental keterlihatan kegagalan (*evident*), dampak keselamatan (*safety*), dan dampak keberlangsungan operasional (*outage*). Hasil evaluasi mengelompokkan mode kegagalan ke dalam tiga kategori konsekuensi, yaitu *Safety Problem* (A), *Outage Problem* (B), dan *Economic Problem* (C). Temuan penelitian menunjukkan bahwa mayoritas mode kegagalan pada sistem *dump door* tergolong dalam kategori *Outage Problem* (B), yang mengindikasikan dampak langsung terhadap penghentian proses pengantongan. Komponen seperti *solenoid valve*, *pneumatic piston*, *load cell*, dan sistem kendali (PLC) memiliki peran vital, di mana kegagalannya mengakibatkan hilangnya fungsi otomatisasi sistem.

**Tabel 1.** Hasil Klasifikasi *Logic Tree Analysis* (LTA)

Komponen	Kriteria Kegagalan			Kategori
	<i>Evident</i>	<i>Safety</i>	<i>Outge</i>	
<i>Weighing Container</i>	Ya	Ya	Tidak	A
<i>Dump Door Housing</i>	Ya	Tidak	Ya	B
<i>Sliding Gate</i>	Ya	Tidak	Ya	C

<i>Pneumatic Piston</i>	Tidak	Tidak	Ya	B
<i>Solenoid Valve (SOV)</i>	Tidak	Tidak	Ya	B
<i>Load Cell</i>	Tidak	Tidak	Ya	B
<i>Sensor Proximity</i>	Tidak	Tidak	Ya	B
<i>PLC (Control System)</i>	Tidak	Tidak	Ya	B

Di sisi lain, kategori *Economic Problem (C)* ditemukan pada komponen *sliding gate*, di mana kegagalan tidak menghentikan operasi secara instan namun memicu ketidakstabilan aliran material yang mereduksi akurasi penimbangan dan efisiensi proses. Sementara itu, *Safety Problem (A)* teridentifikasi pada *weighing container* karena potensi kerusakan struktural yang berisiko bagi keselamatan operator di area kerja. Ringkasan klasifikasi LTA disajikan secara detail pada Tabel 1. Secara sistemik, dominasi kategori *Outage Problem* menunjukkan bahwa gangguan pada sistem *dump door* lebih berimplikasi pada kontinuitas produksi dibandingkan aspek keselamatan, sehingga strategi pemeliharaan selanjutnya harus diprioritaskan pada preventif guna meminimalkan durasi *downtime*.

#### 4.5. Task Selection

Tahap *Task Selection* dilakukan untuk menentukan instrumen tindakan pemeliharaan yang paling relevan bagi setiap komponen, dengan mengintegrasikan hasil analisis FMEA dan klasifikasi konsekuensi pada fase LTA. Tujuan utama dari pemilihan strategi ini adalah untuk mereduksi risiko kegagalan sistemik serta menjamin kontinuitas operasional pada sistem *dump door* mesin *bagging* Phonska 5. Mengacu pada hasil LTA yang didominasi oleh kategori *Outage Problem*, fokus pemeliharaan diarahkan pada upaya preventif melalui pendekatan prediktif dan berbasis kondisi guna meminimalkan durasi *downtime*.

Analisis menunjukkan bahwa mayoritas komponen, meliputi *sliding gate*, *dump door housing*, *pneumatic piston*, *solenoid valve*, *load cell*, dan sensor *proximity*, lebih efektif dikelola menggunakan pendekatan *Condition Directed (CD)*. Pemilihan strategi CD didasarkan pada karakteristik kegagalan komponen yang bersifat *non-age-related*, di mana kerusakan lebih dipengaruhi oleh intensitas kondisi operasi dan beban lingkungan dibandingkan umur pakai. Komponen-komponen tersebut umumnya memberikan degradasi fungsional yang terukur seperti keausan, korosi, kebocoran, atau penurunan

latensi respons sehingga masih dapat diidentifikasi melalui inspeksi rutin sebelum kegagalan fatal terjadi.

Sebaliknya, pada unit kendali seperti *Programmable Logic Controller (PLC)*, ditetapkan strategi *Failure Finding (FF)*. Hal ini dilakukan mengingat kegagalan sistem kontrol sering kali bersifat *hidden failure* yang tidak menunjukkan gejala visual selama operasi normal, sehingga diperlukan pengujian fungsi periodik untuk memvalidasi integritas logika kendali.

Sementara itu, strategi *Time Directed (TD)* tidak direkomendasikan sebagai pendekatan utama dalam sistem ini penerapan pemeliharaan berbasis waktu pada komponen tanpa pola kegagalan umur pakai dinilai tidak efisien dan berpotensi meningkatkan biaya operasional tanpa memberikan dampak signifikan pada keandalan. Ringkasan hasil *task selection* disajikan secara komprehensif pada Tabel 2. Secara keseluruhan, dominasi pendekatan pemeliharaan berbasis *condition-based maintenance* diharapkan mampu mengoptimalkan performa sistem serta menekan frekuensi *downtime* tidak terencana pada proses pengantongan pupuk.

**Tabel 2.** Hasil *Task Selection* komponen *Dump Door*

No	Komponen	Failure Mode	Struktur Pertanyaan							Pemeriksaan Tindakan
			1	2	3	4	5	6	7	
1	<i>weighing container</i>	Deformasi atau korosi pada bucket	T	T	Y	T	-	Y	-	CD
2	<i>Dump Door Housing</i>	Engsel macet atau tidak sejajar	T	T	Y	T	-	Y	-	CD
3	<i>Sliding Gate</i>	Gerakan terhambat	T	T	Y	T	-	Y	-	CD
4	<i>Pneumatic Piston</i>	Tekan tidak cukup atau macet	T	T	Y	T	-	Y	-	CD
5	<i>Solenoid Valve (SOV)</i>	Tidak merespons perintah	T	T	Y	T	-	Y	-	CD

6	Load Cell	Drift pembacaan tidak stabil atau error	T	T	Y	T	-	Y	-	CD
7	Sensor Proximity	Gagal deteksi posisi dump door	T	T	Y	T	-	Y	-	CD
8	PLC (Control System)	Gangguan logika atau modul I/O	T	T	T	Y	Y	Y	-	FF

#### 4.6 Analisis Keandalan

Analisis keandalan dilakukan untuk mengevaluasi performa operasional sistem *dump door* secara kuantitatif melalui parameter *Mean Time Between Failure* (MTBF) dan *Mean Time To Repair* (MTTR). Kedua metrik ini berfungsi sebagai indikator *reliability* dan *maintainability* komponen berdasarkan data historis kegagalan periode Januari–November 2025. Nilai MTBF merepresentasikan rata-rata durasi operasi komponen sebelum terjadinya kegagalan, sementara MTTR merepresentasikan rata-rata waktu yang diakumulasikan untuk memulihkan fungsi sistem melalui tindakan perbaikan. Ringkasan hasil perhitungan MTBF dan MTTR disajikan pada Tabel 3.

Komponen	Jumlah Kegagalan	MTBF (jam)	MTTR (jam)
Weighing Container	5	1,248.74	12.69
Dump Door Housing	13	480.29	17.01
Sliding Gate	1	6,243.71	14.12
Pneumatic Piston	11	567.61	4.93
Solenoid Valve	6	1,040.62	20.93
Load Cell	19	328.62	13.85
Sensor Proximity	6	1,040.62	4.88

Hasil analisis menunjukkan variasi tingkat keandalan yang signifikan antarkomponen dalam sistem *dump door*. Komponen *sliding gate* mencatatkan nilai MTBF tertinggi sebesar 6.243,71 jam, yang mengindikasikan stabilitas operasional yang sangat baik. Sebaliknya, *load cell* memiliki nilai MTBF terendah yakni 328,62 jam, sehingga diklasifikasikan sebagai komponen dengan tingkat kerentanan tertinggi. Rendahnya nilai MTBF pada *load cell* berkorelasi dengan

sensitivitas sensor terhadap getaran dan beban kejut (*shock load*) selama fase penimbangan material.

Ditinjau dari aspek keterpeliharaan, *solenoid valve* memiliki nilai MTTR tertinggi sebesar 20,93 jam, yang menunjukkan tingkat kompleksitas prosedur perbaikan serta durasi pemulihan yang lebih lama dibanding komponen lain. Sementara itu, sensor *proximity* dan *pneumatic piston* menunjukkan nilai MTTR yang efisien, masing-masing sebesar 4,88 jam dan 4,93 jam, yang mengindikasikan kemudahan dalam aksesibilitas dan penggantian komponen. Sinergi antara nilai MTBF dan MTTR mengonfirmasi bahwa komponen dengan frekuensi kegagalan tinggi dan durasi perbaikan lama, seperti *load cell* dan *solenoid valve*, memberikan kontribusi terbesar terhadap akumulasi *downtime* sistem.

Temuan kuantitatif ini memperkuat hasil analisis FMEA dan LTA sebelumnya mengenai signifikansi risiko dan konsekuensi kegagalan komponen tersebut. Dengan demikian, analisis keandalan ini menjadi landasan dalam menentukan interval inspeksi serta pengujian fungsi pada strategi *Condition Directed* dan *Failure Finding*. Penyesuaian jadwal pemeliharaan berbasis nilai MTBF diharapkan dapat mengoptimalkan ketersediaan sistem serta mereduksi gangguan operasional pada mesin *bagging* Phonska 5 secara berkelanjutan.

#### 5. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, dapat disimpulkan bahwa komponen *dump door* merupakan unit paling kritis pada mesin *bagging* Phonska 5 dengan kontribusi kegagalan sebesar 33% dari total gangguan operasional. Implementasi metode *Reliability Centered Maintenance* (RCM) mengidentifikasi bahwa komponen *sliding gate*, *solenoid valve*, dan *pneumatic piston* memiliki tingkat risiko tertinggi berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN) pada analisis FMEA.

Hasil *Logic Tree Analysis* (LTA) menunjukkan dominasi kategori *Outage Problem* pada mayoritas mode kegagalan, yang menegaskan bahwa aspek kontinuitas operasi merupakan prioritas utama dalam manajemen pemeliharaan sistem. Melalui tahap *task selection*, dirumuskan strategi pemeliharaan yang didominasi oleh pendekatan *Condition Directed* (CD) untuk komponen mekanik dan pneumatik, serta *Failure Finding* (FF) khusus untuk sistem kendali. Strategi ini dinilai lebih optimal dibandingkan *Time Directed* (TD) karena karakteristik kegagalan komponen bersifat *non-age-related* dan lebih dipengaruhi oleh dinamika operasional serta beban lingkungan. Secara

kuantitatif, analisis keandalan menunjukkan *load cell* memiliki nilai MTBF terendah (328,62 jam), menjadikannya komponen dengan frekuensi kegagalan tertinggi, sementara *solenoid valve* mencatatkan nilai MTTR tertinggi (20,93 jam) yang secara signifikan memperpanjang durasi *downtime*.

Sebagai tindak lanjut untuk meningkatkan efektivitas pemeliharaan di masa mendatang, perusahaan disarankan untuk mengembangkan perangkat pendukung operasional seperti *RCM decision worksheet*, *monitoring checksheet*, dan *One Point Lesson* (OPL) guna menstandarisasi prosedur inspeksi serta meningkatkan kompetensi operator dalam mendeteksi anomali sistem secara dini. Bagi pengembangan akademis, penelitian selanjutnya disarankan untuk memperdalam analisis keandalan melalui pendekatan distribusi statistik kegagalan (seperti distribusi *Weibull*) serta mengintegrasikan sistem pemantauan berbasis sensor untuk mendukung implementasi *predictive maintenance* secara *real-time*. Secara keseluruhan, integrasi metode RCM ini mampu menghasilkan strategi pemeliharaan preventif yang lebih terukur untuk meningkatkan ketersediaan sistem pada mesin *bagging* Phonska 5 secara berkelanjutan.

## DAFTAR REFERENSI

- Apriyanto, J. (2024). Perancangan dan Penerapan Sistem Informasi Maintenance di PT. XYZ untuk Mengukur Kinerja Mesin. *INSOLOGI: Jurnal Sains Dan Teknologi*, 3(4), 399–411. <https://doi.org/10.55123/insologi.v3i4.4018>
- Fadillah, A. R., & Fitriani, N. A. (2025). Penerapan Metode Reliability Centered Maintenance dalam Perencanaan Perawatan Komponen Mesin Giling. *Jurnal Ilmiah Ilmu Teknik Mesin, Industri & Komputer (MURATEK)*, 01–10.
- Firmansyah, M., & Rizqi, A. W. (2024). Analisis Perawatan Mesin dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) terhadap Mesin Bag Inserter (FLEXIM). *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 8(4), 2514–2521. <https://doi.org/10.70609/gtech.v8i4.5235>
- Munir, I., Hotimah, F. F., & Nafila, A. E. P. (2025). Analisis Kebijakan Dan Praktik Pemeliharaan Di PT. INKA : Perspektif Manajerial Dan Teknisi. *Jurnal Penelitian Nusantara*, 1, 179–183. <https://doi.org/10.59435/menulis.v1i3.92>
- Poniman, Musa, A., & Cahyono, A. A. (2025). Pendekatan Terintegrasi OEE dan FMEA dalam Meningkatkan Keandalan Mesin Giling Kedelai pada Proses Produksi Tahu. *Jurnal Surya Teknik*, 12(2), 261–268. <https://doi.org/10.37859/jst.v12i2.10442>
- Praja, I. I., Dahda, S. S., & Widyaningrum, D. (2020). Penerapan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) pada Perawatan Mesin Conveyor Unloading Phosphate Rock (Studi Kasus PT Petrokimia Gresik). *JUSTI (Jurnal Sistem Dan Teknik Industri)*, 1, 61–68. <https://doi.org/10.30587/justicb.v1i1.2033>
- Pranowo, I. D. (2019). *Sistem dan Manajemen Pemeliharaan* (Vol. 11). Yogyakarta: Deepublish.
- Purba, T., & Marikena, N. (2021). Analisis Produktivitas Perawatan Forklift Menggunakan Metode Penerapan Total Productive Maintenance (TPM) di PT. XYZ. *IESM Journal*, 2(1), 74–86.
- Putra Cahyadi, I., & Widjajati, P. (2021). Analisis Reliabilitas, Laju Kerusakan, dan Analisis Biaya pada Mesin Penun menggunakan Metode LCC di PT XYZ Mojekerto. *Juminten : Jurnal Manajemen Industri Dan Teknologi*, 2(03), 83–94. <https://doi.org/10.33005/juminten.v2i3.257>
- Rafi, M. (2024). *Analisis Risiko Kegagalan Pada Proses Pengantongan Urea 50 Kg dengan Metode Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) di PT. Pupuk Kaltim*. Universitas Malikussaleh, Lhoksmawe.
- Ramadhania, S., Dewantara, A. S., Permata, N. S., & Suroso, M. S. P. A. (2025). Preventive Maintenance menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance II pada Fasilitas Produksi Kritis Perusahaan Baja. *Jurnal Rekayasa Sistem Industri*, 10(2), 58–67. <https://doi.org/10.33884/jrsi.v10i2.9418>
- Saidah, A., & Rumampuk, A. (2025). Analisa Interval Perawatan Mesin Diesel Caterpillar Tipe V16 menggunakan Metode Reliability-Centered Maintenance (RCM) berbasis Analisis Kegagalan pada Kapal Self Propelled Oil Barge (SPOB) Anugerah Bersama 9. *Kohesi: Jurnal Multidisiplin Saintek*, 10, 361–370. <https://doi.org/10.8734/Kohesi.v1i2.365>
- Supriyadi, E., & Ayuni, R. P. (2023). Systematic Literature Review: Pemeliharaan Mesin dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) di Persoroan Terbatas. *SISTEMIK: Jurnal Ilmiah Nasional Bidang Ilmu Teknik*, 11(1), 1–7. <https://doi.org/10.53580/sistemik.v11i1.80>
- Syahabuddin, A., Candra, A., & Habidin, M. S. (2021). Analisis Perawatan Gate Valve dengan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM) Di PT. Valvindo Mitra Raya. *JITMI (Jurnal Ilmiah Teknik Dan Manajemen Industri)*, 4(2), 141–149.

<https://doi.org/10.32493/jitmi.v4i2.y2021.p141-149>

- Syahputra, M. A., & Indrayadi, B. (2024). Penentuan Kebijakan Pemeliharaan dengan Metode Reliability Centered Maintenance II pada Mesin Granulator 02 dalam Proses Produksi Pupuk Organik. *Jurnal Rekayasa Sistem Dan Manajemen Industri*, 2(9), 963–979.
- Syarifuddin, Putri, M. D., & Zeki, M. (2025). Identifikasi Risiko Kerusakan Pada Pompa Cooling Water System Unit Utilitas-2 Dengan Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance (Rcm) Di PT Iskandar Muda. *Jurnal Industri Samudra*, 6(2), 141–151. <https://doi.org/10.55377/jis.v6i1.13405>
- Theresia, L., Ranti, G., Widianty, Y., & Stephani. (2023). *Implementasi Lean Reliability Centered Maintenance (RCM) untuk Meningkatkan Keandalan Mesin: Studi Kasus PT Pelita Cengkareng Paper*. 7(2), 13–20. <https://doi.org/10.31543/jii.v7i2.178>
- Wibowo, T. J., Hidayatullah, Tb. S., & Nalhadi, A. (2021). Analisa Perawatan pada Mesin Bubut dengan Pendekatan Reliability Centered Maintenance (RCM). *Jurnal Rekayasa Industri (JRI)*, 3(2), 110–120. <https://doi.org/10.37631/jri.v3i2.485>