

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Kajian Teori**

##### **2.1.1 Manajemen Operasional**

###### **2.1.1.1 Pengertian Manajemen Operasional**

Manajemen operasional merupakan suatu proses yang meliputi kegiatan perencanaan, pengorganisasian, pelaksanaan, dan pengendalian terhadap seluruh aktivitas produksi barang maupun jasa dalam suatu organisasi guna mencapai tujuan secara efektif dan efisien. Manajemen operasional menjadi fungsi utama dalam perusahaan karena berkaitan langsung dengan pengelolaan sumber daya dan proses kerja yang menghasilkan *output* (Heizer & Render, 2021).

Dalam konteks industri migas dan jasa pengeboran seperti pada PT Pertamina Patra *Drilling Contractor*, manajemen operasional memiliki peran yang sangat penting dalam memastikan kesiapan alat berat, kelancaran proses operasional, serta keberlangsungan produksi. Hal ini dikarenakan kegiatan operasional di sektor migas melibatkan peralatan berteknologi tinggi, risiko kerja yang besar, serta tuntutan efisiensi yang tinggi (Hamid et al, 2025).

Selain itu, manajemen operasional juga mencakup pengelolaan berbagai sumber daya seperti tenaga kerja, mesin, metode kerja, dan material. Pengelolaan yang tidak optimal terhadap salah satu faktor tersebut dapat menyebabkan ketidaksiapan operasional alat berat, yang pada akhirnya berdampak pada terganggunya proses produksi. Ketidaksiapan alat berat umumnya disebabkan oleh

faktor pemeliharaan yang kurang optimal, kesalahan prosedur kerja, serta kondisi lingkungan kerja yang tidak mendukung (A-01, 2022).

Dengan demikian, Berdasarkan definisi diatas, dapat di simpulkan manajemen operasional merupakan kegiatan untuk mengatur/mengelola secara optimal atau manajemen pengolahan sumber daya dalam proses transformasi input menjadi *output* yang akan digunakan untuk memenuhi kebutuhan konsumen. Sejalan dengan perkembangan teknologi dan perekonomian, konsep manajemen operasi menjadi semakin berkembang dan semakin terasa peranannya dalam pengembangan perusahaan agar semakin efisien dan efektif sehingga memiliki daya saing yang kuat (Heizer & Render., 2021).

#### **2.1.1.2 Peran Manajemen Operasional dalam Industri Migas dan Logistik**

Dalam industri migas dan logistik, manajemen operasional berperan sebagai penggerak utama dalam memastikan seluruh kegiatan berjalan secara efektif, efisien, dan sesuai dengan standar keselamatan kerja. Aktivitas operasional dalam sektor ini melibatkan proses yang kompleks, mulai dari pengelolaan alat berat, distribusi material, hingga pengendalian rantai pasok energi (Sangadji, 2025).

Salah satu peran utama manajemen operasional adalah menjaga kesiapan alat berat (*equipment readiness*). Kesiapan alat sangat dipengaruhi oleh sistem pemeliharaan, ketersediaan suku cadang, serta kompetensi tenaga kerja. Ketidaksiapan alat berat dapat menyebabkan terganggunya kegiatan operasional, meningkatnya biaya, serta menurunnya produktivitas perusahaan (A-01, 2022).

Selain itu, manajemen operasional juga berperan dalam meningkatkan efisiensi melalui pengelolaan proses kerja yang baik, pengendalian waktu dan biaya, serta penerapan teknologi yang tepat. Perkembangan teknologi digital dalam

industri migas terbukti mampu meningkatkan efisiensi dan produktivitas operasional melalui otomatisasi dan sistem monitoring yang lebih akurat (Sangadji,2025).

Dalam konteks logistik migas, pengelolaan distribusi yang efektif juga menjadi bagian penting dari manajemen operasional. Optimalisasi rute distribusi serta pengendalian rantai pasok dapat membantu mengurangi keterlambatan dan meningkatkan keandalan sistem operasional (Hamid et al., 2025).

### **2.1.1.3 Hubungan Manajemen Operasional dengan Efisiensi dan Kinerja**

Manajemen operasional memiliki hubungan yang sangat erat dengan efisiensi dan kinerja perusahaan. Efisiensi operasional menunjukkan kemampuan perusahaan dalam menggunakan sumber daya secara optimal, sedangkan kinerja operasional mencerminkan tingkat pencapaian target produksi, kualitas, dan waktu yang telah ditetapkan (Heizer & Render, 2021).

Dalam operasional alat berat, efisiensi sangat dipengaruhi oleh tingkat kesiapan alat, keandalan mesin, serta efektivitas sistem pemeliharaan yang diterapkan. Kesiapan alat yang tinggi akan mendukung kelancaran proses operasional, sedangkan ketidaksiapan alat berat dapat menyebabkan meningkatnya waktu henti (*downtime*) yang berdampak pada penurunan produktivitas serta peningkatan biaya operasional (A-01, 2022).

Selain itu, efisiensi dan kinerja operasional juga dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti kompetensi tenaga kerja, ketepatan metode kerja, ketersediaan material, serta kondisi lingkungan kerja. Apabila faktor-faktor tersebut tidak dikelola dengan baik, maka dapat menimbulkan gangguan operasional yang berpotensi menghambat pencapaian target perusahaan (Sangadji, 2025).

## 2.1.2 Alat Berat

### 2.1.2.1 Pengertian Alat Berat

Alat berat merupakan peralatan mekanis berukuran besar yang digunakan untuk membantu pekerjaan manusia dalam kegiatan konstruksi, pertambangan, serta industri migas yang membutuhkan tenaga besar dan efisiensi tinggi. Penggunaan alat berat bertujuan untuk meningkatkan produktivitas kerja, mempercepat proses operasional, serta meminimalkan risiko pekerjaan yang dilakukan secara manual (Akbar 2021; Gurning, 2022).

Dalam industri migas, alat berat memiliki peranan penting dalam mendukung kegiatan operasional di lapangan, seperti pengeboran, pemindahan material, serta instalasi peralatan. Jenis alat berat yang umum digunakan antara lain *excavator*, *crane*, dan *forklift*, yang masing-masing memiliki fungsi spesifik sesuai dengan kebutuhan operasional (Energy Academy, 2025).

Selain itu, alat berat juga memerlukan pengelolaan yang baik, terutama dalam hal pemeliharaan dan pengoperasian. Penerapan sistem pemeliharaan seperti *Total Productive Maintenance* (TPM) dapat membantu meningkatkan keandalan alat serta mengurangi potensi kerusakan yang dapat menghambat operasional (Aulia, 2025).



**Gambar 2. 1 Operasional Alat Berat**

Sumber : Data Perusahaan, 2026

#### **2.1.2.2 Fungsi Alat Berat dalam Kegiatan Transportasi**

Dalam kegiatan transportasi dan logistik, alat berat berfungsi sebagai sarana utama dalam proses pemindahan, pengangkutan, dan penanganan material. Alat berat seperti *excavator* dan *dump truck* digunakan untuk mempercepat proses *loading* dan *hauling material*, sehingga dapat meningkatkan efisiensi waktu dan biaya operasional (Akbar, 2021; Rahmawati, 2026).

Selain itu, alat berat juga berperan dalam mendukung kelancaran aliran material dalam rantai pasok, khususnya pada sektor migas dan pertambangan. Penggunaan alat berat yang optimal dapat mempercepat siklus kerja (*cycle time*) serta meningkatkan efisiensi dalam proses distribusi material (Hutagaol, 2025).

Dalam praktiknya, fungsi alat berat tidak hanya terbatas pada pengangkutan, tetapi juga mencakup kegiatan pendukung seperti pemuatan (*loading*),

pembongkaran (*unloading*), serta pengaturan material di area kerja. Hal ini menunjukkan bahwa alat berat memiliki peran penting dalam menunjang kelancaran operasional transportasi secara keseluruhan (Energy Academy, 2025).

### **2.1.2.3 Peran Alat Berat dalam Operasional Lapangan**

Alat berat memiliki peran strategis dalam mendukung operasional lapangan, khususnya pada industri migas dan pertambangan. Peran utama alat berat adalah sebagai penunjang utama dalam pelaksanaan pekerjaan yang membutuhkan kekuatan besar, kecepatan, serta ketepatan dalam proses kerja. Dalam operasional lapangan, alat berat digunakan untuk berbagai kegiatan seperti penggalian, pemindahan material, hauling, serta instalasi peralatan. Kinerja alat berat yang optimal sangat menentukan keberhasilan operasional secara keseluruhan, terutama dalam hal pencapaian target produksi dan efisiensi kerja (Gurning, 2022; Rahmawati, 2026).

Selain itu, tingkat kesiapan alat berat juga menjadi faktor penting dalam mendukung kelancaran operasional. Alat berat yang tidak siap digunakan dapat menyebabkan keterlambatan pekerjaan, peningkatan biaya operasional, serta menurunnya produktivitas. Oleh karena itu, diperlukan pengelolaan yang baik terhadap alat berat, termasuk pemeliharaan rutin, pengawasan kondisi alat, serta peningkatan kompetensi operator (Aulia, 2025; Hutagaol, 2025).

Seiring dengan perkembangan industri, permintaan terhadap alat berat juga terus meningkat, terutama pada sektor migas dan pertambangan. Hal ini menunjukkan bahwa alat berat memiliki peran yang sangat vital dalam mendukung kegiatan operasional industri serta meningkatkan kinerja perusahaan secara keseluruhan (Aulia, 2025).

### **2.1.3 Kesiapan Operasional**

#### **2.1.3.1 Pengertian Kesiapan Operasional (*Operational Readiness*)**

Kesiapan operasional (*Operational Readiness*) merupakan kondisi di mana suatu sistem, fasilitas, atau peralatan telah berada dalam keadaan siap digunakan untuk mendukung kegiatan operasional secara optimal. Kesiapan ini mencakup aspek teknis, sumber daya manusia, serta sistem pendukung yang diperlukan agar kegiatan operasional dapat berjalan secara efektif dan aman (Taufiq et al., 2025).

Dalam industri migas, kesiapan operasional menjadi faktor penting yang menentukan keberhasilan kegiatan produksi dan distribusi energi. Kesiapan ini tidak hanya berkaitan dengan kondisi fisik peralatan, tetapi juga mencakup kesiapan fasilitas, sistem kerja, serta budaya keselamatan yang diterapkan dalam operasional (Taufiq et al., 2025)

Selain itu, kesiapan operasional juga berkaitan dengan kesiapan industri penunjang dalam mendukung kegiatan migas, termasuk dalam hal penyediaan peralatan, teknologi, dan sumber daya lokal. Hal ini menjadi bagian penting dalam meningkatkan kemandirian industri serta keberlanjutan operasional sektor migas nasional (Ditjen Migas ESDM, 2026)

#### **2.1.3.2 Indikator Kesiapan Operasional**

Kesiapan operasional dapat diukur melalui beberapa indikator yang mencerminkan tingkat kesiapan sistem dan peralatan dalam mendukung kegiatan operasional. Salah satu indikator utama adalah keandalan peralatan, yang menunjukkan kemampuan alat untuk beroperasi secara konsisten tanpa mengalami gangguan. Keandalan ini dapat diukur melalui parameter seperti frekuensi kerusakan dan waktu perbaikan (Taufiq et al., 2025).

Selain itu, indikator lain yang penting adalah kesiapan fasilitas dan infrastruktur pendukung, termasuk kelengkapan peralatan, kondisi lingkungan kerja, serta sistem operasional yang telah memenuhi standar. Kesiapan fasilitas yang baik akan mendukung kelancaran proses produksi dan meminimalkan potensi gangguan operasional (Taufiq et al., 2025)

Kesiapan sumber daya manusia juga menjadi indikator penting dalam kesiapan operasional. Hal ini mencakup kompetensi tenaga kerja, pelatihan yang memadai, serta pemahaman terhadap prosedur operasional standar (SOP). Tenaga kerja yang kompeten akan mampu mengoperasikan peralatan dengan baik serta mengantisipasi potensi risiko yang terjadi di lapangan (Ditjen Migas ESDM, 2026)

Selain itu, penerapan budaya keselamatan kerja juga menjadi bagian dari indikator kesiapan operasional. Dalam industri migas, keselamatan menjadi prioritas utama yang harus dipenuhi untuk memastikan operasional berjalan tanpa kecelakaan kerja (Ditjen Migas ESDM, 2026).

### **2.1.3.3 Pentingnya Kesiapan Operasional Alat**

Kesiapan operasional memiliki peran yang sangat penting dalam menunjang keberhasilan kegiatan operasional, khususnya dalam industri migas yang memiliki tingkat risiko tinggi dan kompleksitas operasional yang besar. Tingkat kesiapan yang tinggi akan mendukung kelancaran produksi, meningkatkan efisiensi kerja, serta memastikan tercapainya target operasional perusahaan (Ditjen Migas ESDM, 2026)

Sebaliknya, rendahnya kesiapan operasional dapat menyebabkan berbagai permasalahan, seperti gangguan operasional, keterlambatan produksi, serta meningkatnya biaya akibat perbaikan dan *downtime* peralatan. Hal ini dapat

berdampak langsung pada penurunan kinerja perusahaan serta terganggunya pasokan energi (Taufiq et al., 2025).

Selain itu, kesiapan operasional juga memiliki kaitan yang erat dengan aspek keselamatan kerja. Operasional yang tidak didukung oleh kesiapan yang memadai berpotensi menimbulkan kecelakaan kerja yang dapat merugikan perusahaan maupun tenaga kerja. Oleh karena itu, kesiapan operasional menjadi salah satu faktor kunci dalam menciptakan operasi yang aman, andal, dan berkelanjutan (Taufiq et al., 2025).

#### **2.1.4 Ketidaksiapan Operasional**

##### **2.1.4.1 Pengertian Ketidaksiapan Operasional**

Ketidaksiapan operasional merupakan kondisi di mana peralatan, sistem, atau sumber daya tidak berada dalam keadaan siap untuk mendukung kegiatan operasional secara optimal. Kondisi ini dapat menyebabkan terganggunya proses kerja, menurunnya produktivitas, serta meningkatnya risiko kegagalan operasional. Kesiapan operasional berkaitan erat dengan kemampuan sistem dalam mempertahankan kinerja secara konsisten dalam kondisi kerja tertentu (Prasetyo et al., 2024).

Dalam konteks alat berat, ketidaksiapan operasional umumnya terjadi ketika alat tidak dapat berfungsi sesuai dengan kapasitas yang diharapkan akibat gangguan teknis maupun non-teknis. Hal ini dapat berdampak langsung pada keterlambatan pekerjaan serta menurunnya efisiensi operasional proyek (Suari et al., 2025).

#### **2.1.4.2 Faktor Penyebab Ketidaksiapan Operasional**

Ketidaksiapan operasional dipengaruhi oleh berbagai faktor yang saling berkaitan. Salah satu faktor utama adalah kondisi peralatan atau mesin yang tidak optimal akibat kurangnya pemeliharaan. Perawatan yang tidak efektif dapat meningkatkan frekuensi kerusakan serta menurunkan tingkat ketersediaan alat dalam operasional (Wifaqi et al., 2024).

Faktor produktivitas alat berat juga berpengaruh terhadap kesiapan operasional. Ketidaksesuaian antara kapasitas alat dengan kebutuhan pekerjaan dapat menyebabkan ketidakefisienan serta meningkatkan risiko gangguan operasional (Permadi et al., 2024).

Faktor lain yang turut mempengaruhi adalah aspek manajemen operasional, seperti perencanaan penggunaan alat, pengaturan siklus kerja, serta koordinasi antar aktivitas operasional. Pengelolaan yang kurang baik dapat menyebabkan ketidakseimbangan penggunaan alat sehingga berdampak pada menurunnya kesiapan operasional (Suari et al., 2025).

#### **2.1.4.3 Dampak Ketidaksiapan Operasional**

Ketidaksiapan operasional dapat menimbulkan berbagai dampak negatif terhadap kinerja perusahaan. Salah satu dampak utama adalah meningkatnya *downtime* atau waktu henti operasional yang dapat menghambat penyelesaian pekerjaan serta menurunkan produktivitas alat berat (Wifaqi et al., 2024).

Selain itu, ketidaksiapan operasional juga berdampak pada peningkatan biaya operasional, baik akibat perbaikan alat, keterlambatan proyek, maupun penggunaan sumber daya yang tidak efisien. Biaya operasional yang tinggi dapat mengurangi efektivitas dan efisiensi pelaksanaan proyek (Suari et al., 2025).

Dampak lainnya adalah terganggunya pencapaian target produksi. Dalam kegiatan operasional yang bergantung pada alat berat, ketidaksiapan alat dapat menyebabkan keterlambatan dalam proses produksi serta menurunkan kinerja keseluruhan sistem operasional (Permadi et al., 2024).

### **2.1.5 Availability**

#### **2.1.5.1 Pengertian Availability**

*Availability* merupakan indikator kinerja operasional yang menunjukkan tingkat ketersediaan suatu mesin atau peralatan untuk dapat digunakan dalam periode waktu tertentu. *Availability* menggambarkan persentase waktu di mana alat berada dalam kondisi siap operasi dibandingkan dengan total waktu yang tersedia (Maulana, 2025).

Dalam konteks operasional alat berat, *Availability* menjadi salah satu parameter utama dalam menilai efektivitas penggunaan alat. Tingkat *Availability* yang tinggi menunjukkan bahwa alat berada dalam kondisi optimal dan siap digunakan, sedangkan rendahnya *Availability* mengindikasikan adanya gangguan operasional seperti kerusakan mesin atau kurangnya pemeliharaan (Sholehuddin et al., 2025).

Selain itu, *Availability* juga sering digunakan sebagai indikator pencapaian kinerja operasional. Dalam beberapa standar industri, tingkat *Availability* ditargetkan mencapai nilai tertentu, seperti 98% dalam periode tertentu, guna memastikan keberlangsungan operasional yang optimal (Anshar & Nasution, 2025).

#### **2.1.5.2 Hubungan Availability dengan Downtime**

*Availability* memiliki hubungan yang sangat erat dengan *downtime* atau waktu henti operasional. *Downtime* merupakan kondisi di mana peralatan tidak

dapat digunakan akibat kerusakan, perawatan, atau gangguan lainnya. Semakin tinggi *downtime* yang terjadi, maka semakin rendah tingkat *Availability* suatu peralatan (Sholehuddin et al., 2025).

Dalam praktiknya, *downtime* yang tinggi dapat berdampak signifikan terhadap penurunan kinerja operasional. Sebagai contoh, tingginya *downtime* dapat menyebabkan penurunan nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), di mana *Availability* menjadi salah satu komponen utama dalam pengukurannya (Sholehuddin, 2025).

Selain itu, *downtime* yang terjadi secara terus-menerus dapat menyebabkan tidak tercapainya target produksi. Dalam beberapa kasus, *downtime* yang tinggi bahkan dapat menurunkan capaian produksi hingga jauh di bawah target yang telah ditentukan (Anshar & Nasution, 2025).

Upaya untuk mengurangi *downtime* dapat dilakukan melalui penerapan sistem pemeliharaan yang efektif, seperti *predictive Maintenance*. Pendekatan ini terbukti mampu menurunkan *downtime* secara signifikan serta meningkatkan *Availability* alat, sehingga mendukung kelancaran operasional secara keseluruhan (Maulana, 2025)

## **2.1.6 Maintenance**

### **2.1.6.1 Pengertian Maintenance**

*Maintenance* atau pemeliharaan merupakan serangkaian kegiatan yang dilakukan untuk menjaga dan mempertahankan kondisi peralatan agar tetap berfungsi secara optimal sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Pemeliharaan bertujuan untuk mengurangi potensi kerusakan, meningkatkan keandalan alat, serta mendukung kelancaran proses operasional (Suhardi et al., 2021).

Dalam operasional alat berat, *Maintenance* menjadi faktor penting karena kinerja alat sangat bergantung pada kondisi fisik dan sistem kerjanya. Alat yang tidak dipelihara dengan baik akan mengalami penurunan kinerja, meningkatnya frekuensi kerusakan, serta berdampak pada rendahnya nilai efektivitas peralatan seperti *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) (Siagian & Mardianti, 2024).

#### **2.1.6.2 Preventive Maintenance**

*Preventive Maintenance* merupakan kegiatan pemeliharaan yang dilakukan secara terencana dan berkala untuk mencegah terjadinya kerusakan pada peralatan sebelum terjadi gangguan. Kegiatan ini meliputi pemeriksaan rutin, pelumasan, serta penggantian komponen berdasarkan interval waktu atau jam kerja tertentu (Siagian & Mardianti, 2024).

Penerapan *Preventive Maintenance* terbukti dapat meningkatkan kinerja alat berat dengan menjaga kondisi alat tetap optimal serta mengurangi risiko kerusakan mendadak. Dalam praktiknya, perawatan berkala seperti setiap 250 jam kerja hingga *overhaul* pada jam tertentu menjadi standar dalam menjaga keandalan alat (Alethea, 2025).

Selain itu, *Preventive Maintenance* juga berkontribusi terhadap peningkatan nilai OEE dengan mengurangi *downtime* yang disebabkan oleh kerusakan alat. Hal ini menunjukkan bahwa pemeliharaan preventif memiliki peran penting dalam meningkatkan efisiensi operasional (Siagian & Mardianti, 2024).

#### **2.1.6.3 Corrective Maintenance**

*Corrective Maintenance* merupakan kegiatan pemeliharaan yang dilakukan setelah terjadi kerusakan atau gangguan pada alat. Tujuan dari *Corrective*

*Maintenance* adalah untuk memperbaiki kerusakan agar alat dapat kembali berfungsi secara normal (Prasetyo, 2024).

Namun, ketergantungan yang tinggi terhadap *Corrective Maintenance* dapat berdampak negatif terhadap operasional. Hal ini disebabkan karena proses perbaikan biasanya memerlukan waktu yang lebih lama serta biaya yang lebih besar dibandingkan dengan *Preventive Maintenance*. Bahkan, biaya *Corrective Maintenance* dapat mencapai beberapa kali lipat dibandingkan dengan pemeliharaan preventif (Alethea, 2025).

#### **2.1.6.4 Pengaruh *Maintenance* terhadap Kesiapan Alat**

*Maintenance* memiliki pengaruh yang sangat signifikan terhadap kesiapan operasional alat. Pemeliharaan yang dilakukan secara rutin dan terencana dapat meningkatkan *Availability* alat, mengurangi *downtime*, serta menjaga kinerja alat tetap optimal (Suhardi et al., 2021).

Sebaliknya, pemeliharaan yang tidak efektif dapat menyebabkan rendahnya kesiapan alat, meningkatnya frekuensi kerusakan, serta menurunnya produktivitas operasional. Hal ini dapat berdampak pada tidak tercapainya target operasional serta meningkatnya biaya akibat perbaikan alat (Siagian & Margianti, 2024).

#### **2.1.7 *Downtime***

##### **2.1.7.1 Pengertian *Downtime***

*Downtime* merupakan kondisi di mana suatu peralatan atau sistem tidak dapat beroperasi dalam periode waktu tertentu akibat adanya gangguan, kerusakan, atau aktivitas pemeliharaan. *Downtime* menjadi indikator penting dalam menilai kinerja operasional karena berkaitan langsung dengan tingkat ketersediaan (*Availability*) dan efektivitas penggunaan alat (Kubro et al., 2025).

Dalam operasional alat berat, *downtime* menunjukkan waktu henti yang menyebabkan alat tidak dapat digunakan untuk mendukung kegiatan produksi. Tingginya *downtime* mencerminkan rendahnya keandalan alat serta kurang optimalnya sistem pemeliharaan yang diterapkan dalam operasional (Purnomo, 2025).

#### **2.1.7.2 Jenis-Jenis *Downtime***

*Downtime* dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis berdasarkan penyebabnya. Pertama, *planned downtime*, yaitu waktu henti yang telah direncanakan sebelumnya, seperti kegiatan pemeliharaan rutin, inspeksi, dan overhaul alat. *Downtime* jenis ini bertujuan untuk menjaga kondisi alat agar tetap optimal dan mencegah kerusakan yang lebih besar (United Tractors, 2025).

Kedua, *unplanned downtime*, yaitu waktu henti yang terjadi secara tidak terduga akibat kerusakan alat, kegagalan sistem, atau kesalahan operasional. *Downtime* jenis ini bersifat merugikan karena dapat mengganggu kegiatan operasional secara tiba-tiba serta memerlukan waktu perbaikan yang tidak terencana (Darmawan & Jaqin., 2025).

Selain itu, *downtime* juga dapat disebabkan oleh beberapa faktor utama, seperti keterlambatan *Maintenance*, kesalahan manusia (human error), serta kesalahan dalam pengelolaan suku cadang. Faktor-faktor tersebut menjadi penyebab dominan dalam terjadinya *downtime* pada alat berat (Kubro et al., 2025)

#### **2.1.7.3 Dampak *Downtime* terhadap Operasional**

*Downtime* memiliki dampak yang signifikan terhadap kinerja operasional perusahaan. Salah satu dampak utama adalah menurunnya produktivitas, karena

waktu operasional efektif berkurang sehingga target produksi tidak dapat tercapai secara optimal (Darmawan & Jaqin., 2025).

Selain itu, *downtime* yang tinggi juga dapat menurunkan tingkat *Availability* alat serta kinerja operasional secara keseluruhan. Penurunan *Availability* akibat *downtime* akan berdampak langsung terhadap efektivitas penggunaan alat berat dalam kegiatan operasional (Kubro et al., 2025).

Dampak lainnya adalah meningkatnya biaya operasional, baik akibat perbaikan alat, keterlambatan pekerjaan, maupun penggunaan sumber daya tambahan. Hal ini dapat mengurangi efisiensi operasional serta mempengaruhi kinerja perusahaan secara keseluruhan (Purnomo, 2025).

### **2.1.8 Fishbone Diagram**

#### **2.1.8.1 Pengertian Fishbone Diagram**

*Fishbone Diagram*, yang juga dikenal sebagai *Ishikawa Diagram* karena pertama kali dikembangkan oleh Kaoru Ishikawa, merupakan salah satu alat analisis yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis penyebab suatu permasalahan secara sistematis. Diagram ini menggambarkan hubungan antara masalah utama (akibat) dengan berbagai faktor penyebab (sebab) yang memengaruhinya, sehingga sering disebut juga sebagai diagram sebab-akibat (*cause-and-effect diagram*).

Menurut Heizer dan Render (2021), *Fishbone Diagram* merupakan salah satu *tools* dalam manajemen kualitas yang digunakan untuk mengidentifikasi, mengeksplorasi, dan menampilkan secara visual seluruh kemungkinan penyebab dari suatu masalah atau kondisi tertentu guna menemukan akar permasalahan yang sebenarnya. Bentuknya yang menyerupai kerangka tulang ikan memudahkan

proses pengelompokan faktor penyebab ke dalam beberapa kategori utama, sehingga analisis dapat dilakukan secara lebih terstruktur.

Metode ini digunakan untuk menggambarkan hubungan antara masalah utama dengan berbagai faktor penyebab yang memengaruhinya dalam suatu sistem operasional (Aldrian, 2024). Fishbone Diagram banyak digunakan dalam analisis permasalahan operasional, khususnya dalam mengidentifikasi penyebab kerusakan alat berat dan penurunan kinerja. Penggunaan metode ini dinilai efektif karena mampu menyajikan hubungan sebab-akibat secara visual sehingga memudahkan proses analisis (Wijiatin, 2026).

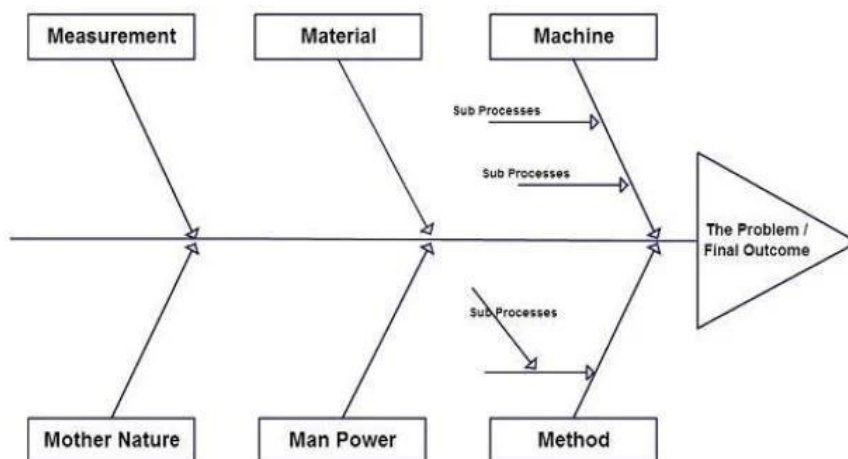
#### **2.1.8.2 Tujuan Penggunaan *Fishbone Diagram***

Tujuan utama penggunaan *Fishbone Diagram* adalah untuk mengidentifikasi akar penyebab dari suatu permasalahan secara terstruktur dan sistematis. Dengan menggunakan metode ini, berbagai faktor penyebab dapat diklasifikasikan dan dianalisis sehingga memudahkan dalam menentukan solusi yang tepat (Anshar & Nasution., 2025).

Selain itu, *Fishbone Diagram* juga bertujuan untuk:

1. Mengidentifikasi penyebab utama dari suatu masalah operasional
2. Mengelompokkan faktor penyebab berdasarkan kategori tertentu
3. Membantu proses analisis secara visual dan sistematis
4. Mendukung pengambilan keputusan dalam perbaikan kinerja

Dalam penelitian terkait alat berat, *Fishbone Diagram* terbukti mampu membantu dalam menganalisis penyebab *downtime* serta penurunan *Availability* alat (Ardiyansyah et al., 2022).



**Gambar 2.2 Fishbone Diagram**

Sumber: Heizer & Render, (2021)

### 2.1.8.3 Kategori Fishbone Diagram

Dalam penerapannya, Ishikawa mengelompokkan faktor penyebab masalah ke dalam beberapa kategori utama agar analisis dapat dilakukan secara lebih sistematis. Heizer dan Render (2021) menyebutkan bahwa kategori yang umum digunakan dalam Fishbone Diagram, khususnya pada konteks proses produksi dan operasional, dikenal dengan pendekatan 6M, yaitu sebagai berikut:

#### 1. *Man* (Manusia)

Kategori ini berkaitan dengan faktor sumber daya manusia, seperti keterampilan, pengalaman, serta tingkat kedisiplinan operator. Kesalahan manusia (*human error*) dalam pengoperasian alat dapat menjadi salah satu penyebab utama terjadinya kerusakan maupun *downtime* (Ardianto & Wilarso., 2021).

#### 2. *Machine* (Mesin/Peralatan)

Kategori *machine* mencakup kondisi alat atau mesin yang digunakan dalam operasional. Permasalahan yang sering terjadi meliputi kerusakan

komponen, keausan, serta kurangnya pemeliharaan yang berdampak pada menurunnya kinerja alat (Rustanto et al, 2023)

### 3. *Method* (Metode Kerja)

Kategori *Method* berkaitan dengan prosedur kerja atau sistem operasional yang digunakan. Metode kerja yang tidak sesuai standar atau tidak diterapkan dengan baik dapat menyebabkan ketidakefisienan serta meningkatkan risiko terjadinya gangguan operasional (Aldrian, 2024).

### 4. *Material* (Material)

Kategori material mencakup bahan atau sumber daya yang digunakan dalam operasional, seperti bahan bakar, pelumas, serta suku cadang. Ketersediaan dan kualitas material sangat mempengaruhi kinerja alat berat dalam operasional (Wijiatin, 2026).

### 5. *Measurement* (Pengukuran)

Measurement dalam *Fishbone Diagram* merupakan faktor yang berkaitan dengan proses dan alat pengukuran kinerja. Pengukuran yang tidak akurat dapat menyebabkan kesalahan evaluasi dan menurunkan kinerja operasional. Oleh karena itu, *measurement* berperan penting dalam mengidentifikasi penyimpangan dan mendukung perbaikan proses (Aldrian, 2025).

### 6. *Mother of Nature* (Lingkungan)

Kategori *environment* berkaitan dengan kondisi lingkungan kerja, seperti cuaca, kondisi medan, serta faktor eksternal lainnya. Lingkungan kerja yang tidak mendukung dapat mempercepat kerusakan alat serta meningkatkan risiko *downtime* (Anshar & Nasution., 2025).

## 2.2 Kajian Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu digunakan sebagai landasan dalam memahami konsep, pendekatan, serta metode yang relevan dengan analisis faktor penyebab ketidaksiapan operasional alat berat. Berikut merupakan beberapa penelitian yang memiliki keterkaitan dengan topik penelitian ini:

### 1. Analisis Engine Low Power Akibat Kegagalan Air Intake and Exhaust System pada Dump Truck Komatsu HD465-7R, Dzulfikar Al Faris, Asep Apriana, Tia Rahmiati, (2025)

Penelitian Dzulfikar Al Faris dkk. (2025) berjudul “*Analisis Engine Low Power Akibat Kegagalan Air Intake and Exhaust System pada Dump Truck Komatsu HD465-7R*” bertujuan mengidentifikasi penyebab penurunan performa mesin yang berdampak pada produktivitas operasional. Metode yang digunakan adalah pendekatan kualitatif melalui observasi, wawancara, dan *Root Cause Analysis* (RCA) menggunakan *Fishbone Diagram*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kerusakan pada sistem *intake* menjadi penyebab utama gangguan performa mesin yang berujung pada *downtime*. Persamaannya dengan penelitian penulis adalah sama-sama menganalisis faktor penyebab permasalahan operasional alat berat menggunakan pendekatan analisis akar penyebab, sedangkan perbedaannya terletak pada ruang lingkup penelitian, yaitu fokus pada satu jenis kerusakan spesifik dibandingkan analisis ketidaksiapan operasional alat berat secara menyeluruh.

**2. Penerapan Diagram *Fishbone* dalam Analisis Sistem Perawatan *Engine* TPE331 pada Pesawat CASA 212 di PT. Nusantara Turbin dan Propulsi, Lalu Aan Sasaka Akbar, Gita Amperiawan, Imanuel Dindin, Erzi Agson Gani, Sumaryadi, dan Muhammad Fajar Indra Afrianta, (2025).**

Penelitian Lalu Aan Sasaka Akbar dkk. (2025) bertujuan mengidentifikasi akar penyebab permasalahan sistem perawatan mesin menggunakan pendekatan kualitatif dan *Fishbone Diagram* 6M. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keterbatasan suku cadang dan kompleksitas teknis mesin menjadi penyebab utama keterlambatan perawatan. Persamaannya dengan penelitian penulis adalah sama-sama menggunakan *Fishbone Diagram* untuk menganalisis akar penyebab permasalahan operasional. Perbedaannya terletak pada objek penelitian, yaitu mesin pesawat, sedangkan penelitian penulis berfokus pada alat berat di sektor migas.

**3. Evaluasi Faktor Penyebab *Downtime* dengan Pendekatan *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) pada Proses Produksi Mesin MGTR-RF15, Meirani Id'ha Khusainiah dan Indah Apriliana Sari Wulandari (2025)**

Penelitian Meirani Id'ha Khusainiah dan Indah Apriliana Sari Wulandari (2025) berjudul "*Evaluasi Faktor Penyebab Downtime dengan Pendekatan Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) pada Proses Produksi Mesin MGTR-RF15*" bertujuan mengukur efisiensi mesin serta mengidentifikasi penyebab *downtime* dan prioritas perbaikannya. Metode yang digunakan adalah pendekatan kuantitatif dengan *Overall Equipment*

*Effectiveness* (OEE), *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), dan *Root Cause Analysis* (RCA). Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai OEE mesin berada di bawah standar dan terdapat komponen kritis yang menjadi penyebab utama *downtime*. Persamaannya dengan penelitian penulis adalah sama-sama membahas *downtime* dan faktor penyebabnya dalam konteks operasional mesin, sedangkan perbedaannya terletak pada metode analisis, yaitu pendekatan kuantitatif dibandingkan pendekatan kualitatif menggunakan *Fishbone Diagram*.

#### **4. Analisis Faktor yang Menyebabkan *Downtime* pada Mesin *Injector Freon* di PT. XYZ, Achmad Azis Rahmanto, Rifki Irfani, dan Lazuardi Allan Suryawan, (2025)**

Penelitian Achmad Azis Rahmanto dkk. (2025) berjudul “Analisis Faktor yang Menyebabkan *Downtime* pada Mesin *Injector Freon* di PT. XYZ” bertujuan mengidentifikasi penyebab *downtime* dan merumuskan perbaikan untuk meningkatkan kinerja operasional mesin. Metode yang digunakan adalah pendekatan kualitatif dengan siklus PDCA (*Plan, Do, Check, Action*) dan *Fishbone Diagram*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *downtime* disebabkan oleh kesalahan prosedur, kurang optimalnya *preventive maintenance*, dan keausan komponen mesin. Persamaannya dengan penelitian penulis adalah sama-sama menganalisis faktor penyebab *downtime* menggunakan *Fishbone Diagram*, sedangkan perbedaannya terletak pada objek penelitian, yaitu mesin industri manufaktur dibandingkan alat berat di sektor migas.

**5. *Spare Parts Acquisition in the Sri Lanka Navy: An Analysis of Root Causes in Supply Chain Bottlenecks*, Kathriarachchige D. Kathriarachchi (2025)**

Penelitian Kathriarachchige D. Kathriarachchi (2025) berjudul “*Spare Parts Acquisition in the Sri Lanka Navy: An Analysis of Root Causes in Supply Chain Bottlenecks*” bertujuan mengidentifikasi hambatan pengadaan suku cadang dan akar penyebabnya yang berdampak pada keterlambatan operasional. Metode yang digunakan adalah pendekatan kualitatif dengan *Pareto Analysis*, *Fishbone Diagram*, dan *Five Whys*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keterlambatan pengadaan suku cadang disebabkan oleh faktor internal, seperti proses administrasi, dan faktor eksternal, seperti keterbatasan supplier. Persamaannya dengan penelitian penulis adalah sama-sama menganalisis faktor yang memengaruhi kesiapan operasional menggunakan *Root Cause Analysis*, sedangkan perbedaannya terletak pada fokus penelitian, yaitu aspek *supply chain* dibandingkan ketidaksiapan operasional alat berat.

**6. *A Root Cause Analysis Application for Reducing Downtime*, Fred J. Rispoli (2025)**

Penelitian Fred J. Rispoli (2025) berjudul “*A Root Cause Analysis Application for Reducing Downtime*” bertujuan mengidentifikasi penyebab *downtime* dan meningkatkan efisiensi operasional melalui penerapan *Root Cause Analysis*. Metode yang digunakan adalah pendekatan kualitatif dengan analisis data operasional untuk mengidentifikasi akar penyebab masalah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Root Cause Analysis* mampu mengurangi *downtime* secara signifikan melalui tindakan perbaikan yang tepat. Persamaannya dengan penelitian

penulis adalah sama-sama membahas *downtime* dan faktor penyebabnya dalam konteks operasional, sedangkan perbedaannya terletak pada objek penelitian, yaitu sistem produksi manufaktur dibandingkan alat berat di sektor migas.

***7. Unraveling the Root Causes of Low Overall Equipment Effectiveness in the Kit Packing Department: A Define–Measure–Analyze–Improve–Control Approach, B. Mncwango dan Z. Lisanda Mdunge (2025)***

Penelitian B. Mncwango dan Z. Lisanda Mdunge (2025) berjudul “*Unraveling the Root Causes of Low Overall Equipment Effectiveness in the Kit Packing Department: A Define–Measure–Analyze–Improve–Control Approach*” bertujuan mengidentifikasi penyebab rendahnya efektivitas mesin yang berdampak pada kinerja operasional. Metode yang digunakan adalah kombinasi pendekatan kuantitatif dan kualitatif melalui *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dan *Root Cause Analysis*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor manusia, mesin, dan metode menjadi penyebab utama rendahnya efektivitas operasional. Persamaannya dengan penelitian penulis adalah sama-sama menganalisis faktor penyebab yang memengaruhi kinerja operasional, sedangkan perbedaannya terletak pada pendekatan analisis, yaitu kombinasi metode kuantitatif-kualitatif dibandingkan pendekatan kualitatif menggunakan *Fishbone Diagram*.

***8. Root Cause Analysis of Labor Shortages in the Skilled Trades Supporting Navy Shipyard Maintenance and Modernization, Anthony J. Cirone III, Nancy Glaeser, dan Christopher M. Kadlec (2023)***

Penelitian Anthony J. Cirone III, Nancy Glaeser, dan Christopher M. Kadlec (2023) berjudul “*Root Cause Analysis of Labor Shortages in the Skilled Trades Supporting Navy Shipyard Maintenance and Modernization*” bertujuan mengidentifikasi akar penyebab kekurangan tenaga kerja terampil yang berdampak pada keterlambatan *maintenance* dan menurunkan kesiapan operasional. Metode yang digunakan adalah pendekatan kualitatif dengan *Root Cause Analysis* dan *Fishbone Diagram*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekurangan tenaga kerja terampil menjadi penyebab utama keterlambatan *maintenance* dan rendahnya kesiapan operasional. Persamaannya dengan penelitian penulis adalah sama-sama menganalisis faktor yang memengaruhi kesiapan operasional menggunakan *Root Cause Analysis*, sedangkan perbedaannya terletak pada fokus penelitian, yaitu aspek sumber daya manusia dibandingkan ketidaksiapan operasional alat berat secara menyeluruh.

**9. *Optimizing Production Efficiency: A Case Study on Machine Downtime Analysis and Implementation of Quality Control Tools and Action Plans*, Achal Kandoi dan Jatin Makwana (2023)**

Penelitian Achal Kandoi dan Jatin Makwana (2023) berjudul “*Optimizing Production Efficiency: A Case Study on Machine Downtime Analysis and Implementation of Quality Control Tools and Action Plans*” bertujuan mengidentifikasi penyebab downtime mesin dan meningkatkan efisiensi produksi. Metode yang digunakan adalah pendekatan kualitatif dengan *Fishbone Diagram* dan *Pareto Analysis*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor operasional dan kerusakan mesin menjadi penyebab utama downtime. Persamaannya dengan

penelitian penulis adalah sama-sama menganalisis penyebab *downtime* menggunakan *Root Cause Analysis*, sedangkan perbedaannya terletak pada fokus penelitian, yaitu efisiensi produksi dibandingkan ketidaksiapan operasional alat berat.

#### **10. Perancangan *Preventive Maintenance* Alat Berat di PT. Kalimantan Prima Persada, Irawan Noor (2021)**

Penelitian Irawan Noor (2021) berjudul “Perancangan *Preventive Maintenance* Alat Berat di PT Kalimantan Prima Persada” bertujuan merancang jadwal *preventive maintenance* untuk meningkatkan kesiapan alat dan mengurangi kerusakan mendadak. Metode yang digunakan adalah deskriptif melalui observasi, wawancara, dan analisis data historis mesin. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *preventive maintenance* dapat meningkatkan kesiapan alat dan menurunkan *downtime*. Persamaannya dengan penelitian penulis adalah sama-sama membahas alat berat dan kesiapan operasional. Perbedaannya, penelitian tersebut berfokus pada perancangan jadwal perawatan, sedangkan penelitian penulis menganalisis faktor penyebab ketidaksiapan operasional alat berat menggunakan *Fishbone Diagram*.

Berdasarkan kesepuluh penelitian terdahulu tersebut, dapat disimpulkan bahwa analisis faktor penyebab permasalahan operasional pada alat berat maupun mesin produksi umumnya menggunakan pendekatan *Root Cause Analysis* dengan berbagai metode pendukung seperti *Fishbone Diagram*, OEE, FMEA, dan PDCA. Persamaan dan perbedaan dari setiap penelitian tersebut secara lebih jelas dapat dilihat sebagaimana dalam tabel berikut:

Tabel 2.1 Kajian Penelitian Terdahulu

No.	Judul Penelitian, Nama Peneliti, Tahun	Tujuan Penelitian	Metode	Hasil	Persamaan	Perbedaan
1.	Analisis <i>Engine Low Power</i> Akibat Kegagalan Air <i>Intake and Exhaust System</i> pada <i>Dump Truck</i> Komatsu HD465-7R – Faris et al., (2025)	Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengidentifikasi akar penyebab penurunan performa mesin pada alat berat yang berdampak pada penurunan produktivitas operasional.	Kualitatif (observasi, wawancara, RCA, <i>Fishbone</i> )	Kerusakan sistem <i>intake</i> menjadi penyebab utama gangguan performa mesin yang meningkatkan <i>downtime</i> .	Persamaannya dengan penelitian penulis adalah sama-sama menganalisis faktor penyebab permasalahan operasional pada alat berat menggunakan pendekatan analisis akar penyebab.	Perbedaannya terletak pada fokus penelitian, dimana penelitian ini berfokus pada satu jenis kerusakan spesifik, sedangkan penelitian penulis menganalisis ketidaksiapan operasional secara menyeluruh.
2.	Penerapan Diagram <i>Fishbone</i> dalam Analisis Sistem Perawatan <i>Engine TPE331</i> pada Pesawat CASA 212 di PT. Nusantara Turbin dan Propulsi – Akbar et al., (2025)	Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengidentifikasi akar penyebab permasalahan dalam sistem perawatan mesin guna meningkatkan efektivitas dan efisiensi <i>Maintenance</i> .	Kualitatif (observasi, wawancara, <i>Fishbone</i> 6M)	Ditemukan bahwa keterbatasan sparepart dan kompleksitas teknis menjadi penyebab utama keterlambatan perawatan mesin pesawat.	Persamaannya dengan penelitian penulis adalah sama-sama menggunakan metode <i>Fishbone Diagram</i> dalam menganalisis akar penyebab permasalahan operasional.	Perbedaannya terletak pada objek penelitian, dimana penelitian ini berfokus pada mesin pesawat, sedangkan penelitian penulis berfokus pada alat berat sektor migas.

No.	Judul Penelitian, Nama Peneliti, Tahun	Tujuan Penelitian	Metode	Hasil	Persamaan	Perbedaan
3.	Evaluasi Faktor Penyebab <i>Downtime</i> dengan Pendekatan <i>Overall Equipment Effectiveness</i> (OEE) dan <i>Failure Mode and Effect Analysis</i> (FMEA) pada Proses Produksi Mesin MGTR-RF15 – Meirani Id'ha Khusainiah, Indah Apriliana Sari Wulandari (2025)	Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengukur tingkat efisiensi mesin serta mengidentifikasi faktor penyebab <i>downtime</i> dan menentukan prioritas perbaikan.	Kuantitatif (OEE, FMEA, RCA)	Nilai OEE yang berada di bawah standar menunjukkan adanya faktor penyebab <i>downtime</i> yang signifikan sehingga mempengaruhi efisiensi dan kinerja operasional mesin.	Persamaannya dengan penelitian penulis adalah sama-sama membahas <i>downtime</i> dan faktor penyebabnya dalam konteks operasional mesin.	Perbedaannya terletak pada metode analisis, dimana penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif, sedangkan penelitian penulis menggunakan pendekatan kualitatif melalui <i>Fishbone Diagram</i> .
4.	Analisis Faktor yang Menyebabkan <i>Downtime</i> pada Mesin <i>Injector</i> Freon di PT. XYZ – Achmad Azis Rahmanto, dkk. (2025)	Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab <i>downtime</i> serta merumuskan tindakan perbaikan untuk meningkatkan kinerja operasional mesin.	Kualitatif (PDCA, <i>Fishbone</i> )	Penyebab utama <i>downtime</i> adalah kesalahan prosedur, kurangnya <i>Maintenance</i> , dan keausan komponen.	Persamaannya dengan penelitian penulis adalah sama-sama menganalisis faktor penyebab <i>downtime</i> menggunakan metode <i>Fishbone Diagram</i> dalam konteks operasional.	Perbedaannya terletak pada objek penelitian, dimana penelitian ini berfokus pada mesin industri manufaktur, sedangkan penelitian penulis berfokus pada alat berat sektor migas.

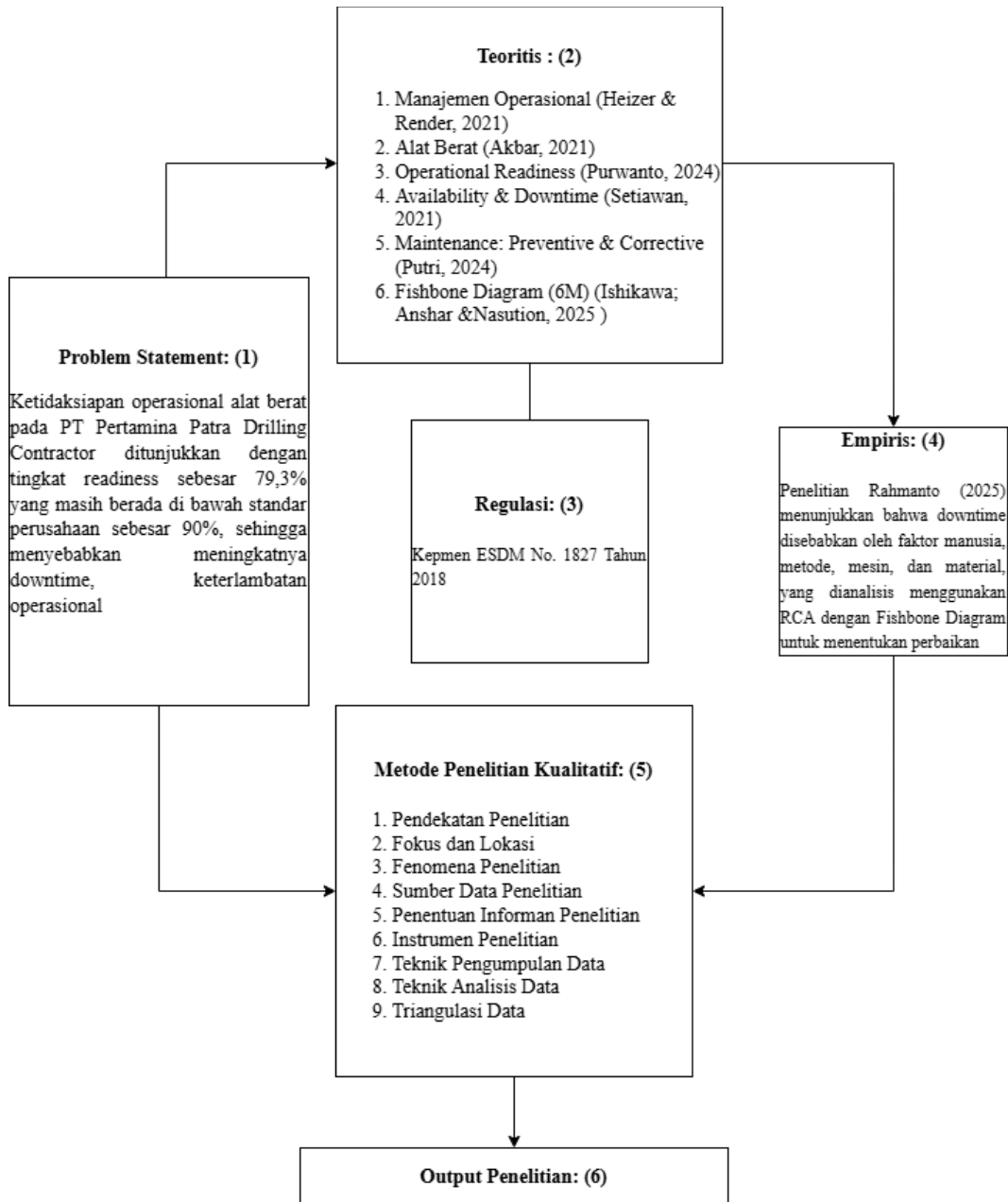
No.	Judul Penelitian, Nama Peneliti, Tahun	Tujuan Penelitian	Metode	Hasil	Persamaan	Perbedaan
5.	<i>Spare Parts Acquisition in the Sri Lanka Navy: An Analysis of Root Causes in Supply Chain Bottlenecks</i> – Kathriarachchige D. Kathriarachchi (2025)	Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengidentifikasi <i>bottleneck supply chain</i> dan akar penyebabnya.	Kualitatif (Pareto, <i>Fishbone</i> , Five Whys)	Keterlambatan pengadaan suku cadang akibat faktor internal dan eksternal <i>supply chain</i> menyebabkan terganggunya <i>Maintenance</i> dan menurunnya kesiapan operasional.	Persamaannya dengan penelitian penulis adalah sama-sama menganalisis faktor penyebab operasional.	Perbedaannya terletak pada fokus <i>supply chain</i> , sedangkan penelitian penulis pada kesiapan operasional alat berat.
6.	<i>A Root Cause Analysis Application for Reducing Downtime</i> – Fred J. Rispoli (2025)	Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengidentifikasi penyebab <i>downtime</i> dan meningkatkan efisiensi operasional.	Kualitatif ( <i>Root Cause Analysis</i> )	Identifikasi akar penyebab menggunakan <i>Root Cause Analysis</i> terbukti mampu mengurangi <i>downtime</i> & meningkatkan efisiensi	Persamaannya dengan penelitian penulis adalah sama-sama membahas <i>downtime</i> dan faktor penyebabnya.	Perbedaannya terletak pada objek penelitian, dimana penelitian ini pada mesin produksi, sedangkan penelitian penulis pada alat berat.

No.	Judul Penelitian, Nama Peneliti, Tahun	Tujuan Penelitian	Metode	Hasil	Persamaan	Perbedaan
7.	<i>Unraveling the Root Causes of Low Overall Equipment Effectiveness in Manufacturing Systems</i> – B. Mncwango (2025)	Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengidentifikasi faktor penyebab rendahnya efektivitas mesin.	Kombinasi (OEE, RCA)	Faktor manusia, mesin, dan metode menjadi penyebab utama rendahnya efektivitas operasional yang berdampak pada meningkatnya <i>downtime</i> .	Persamaannya dengan penelitian penulis adalah sama-sama menganalisis faktor penyebab kinerja operasional.	Perbedaannya terletak pada metode analisis, dimana penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif, sedangkan penelitian penulis menggunakan pendekatan kualitatif.
8.	<i>Root Cause Analysis of Labor Shortages in the Skilled Trades Supporting Navy Shipyard Maintenance and Modernization</i> – Anthony J. Cirone III, Nancy Glaeser, Christopher M. Kadlec (2023)	Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengidentifikasi akar penyebab kekurangan tenaga kerja yang berdampak pada kesiapan operasional.	Kualitatif (RCA, <i>Fishbone</i> )	Kekurangan tenaga kerja terampil menyebabkan keterlambatan <i>Maintenance</i> yang berdampak pada meningkatnya <i>downtime</i> serta menurunnya kesiapan operasional.	Persamaannya dengan penelitian penulis adalah sama-sama menganalisis faktor penyebab kesiapan operasional menggunakan <i>Root Cause Analysis</i> .	Perbedaannya terletak pada fokus penelitian, dimana penelitian ini berfokus pada tenaga kerja, sedangkan penelitian penulis berfokus pada alat berat.

No.	Judul Penelitian, Nama Peneliti, Tahun	Tujuan Penelitian	Metode	Hasil	Persamaan	Perbedaan
9.	<i>Optimizing Production Efficiency: A Case Study on Machine Downtime Analysis and Implementation of Quality Control Tools and Action Plans</i> – Achal Kandoi, Jatin Makwana (2023)	Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengidentifikasi penyebab <i>downtime</i> mesin dan meningkatkan efisiensi produksi.	Kualitatif ( <i>Fishbone</i> , Pareto)	Faktor operasional dan kerusakan mesin menjadi penyebab utama <i>downtime</i> yang berdampak pada penurunan efisiensi dan kinerja produksi.	Persamaannya dengan penelitian penulis adalah sama-sama menganalisis penyebab <i>downtime</i> menggunakan <i>Root Cause Analysis</i> .	Perbedaannya terletak pada fokus penelitian, dimana penelitian ini berfokus pada efisiensi produksi, sedangkan penelitian penulis pada kesiapan operasional alat berat.
10.	Perancangan <i>Preventive Maintenance</i> Alat Berat di PT. Kalimantan Prima Persada – Irawan Noor (2021)	Penelitian ini memiliki tujuan untuk merancang jadwal <i>Preventive Maintenance</i> guna meningkatkan kesiapan alat dan meminimalkan kerusakan mendadak.	Deskriptif (observasi, wawancara, analisis data historis)	Penerapan <i>Preventive Maintenance</i> meningkatkan kesiapan alat dan menurunkan <i>downtime</i> .	Persamaannya dengan penelitian penulis adalah sama-sama membahas alat berat serta keterkaitannya dengan kesiapan operasional dan <i>downtime</i> .	Perbedaannya terletak pada fokus penelitian, dimana penelitian ini menitikberatkan pada perancangan jadwal perawatan, sedangkan penelitian penulis berfokus pada analisis faktor penyebab ketidaksiapan operasional.

## 2.3 Alur Kerangka Penelitian

Tabel 2.2 Alur Kerangka Penelitian



Sumber: Olah Data Peneliti, 2026.