

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kajian Teori

2.1.1. Konsep Dasar Strategi

Strategi adalah kerangka yang membimbing dan mengendalikan pilihanpilihan yang menetapkan sifat dan araf suatu organisasi Perusahaan (Akdon, 2009). Ketika strategi ini berhasil dilaksanakan, ia dapat memberikan keunggulan kompetitif yang signifikan. Dengan cara yang mudah dipahami, strategi menunjukkan cara sebuah organisasi dapat menyesuaikan kemampuannya dengan kesempatan yang tersedia guna mewujudkan target yang telah ditetapkan.

Strategi juga melibatkan tindakan strategis yang memerlukan pilihan dari pemimpin perusahaan serta pengeluaran sumber daya yang besar. Di samping itu, strategi turut mempengaruhi kemajuan jangka panjang suatu bisnis, mempengaruhi arah dan haluan bisnis untuk tahun ke depan, sehingga sangat berorientasi pada masa depan.

Strategi juga memiliki dampak yang luas, mencakup berbagai fungsi dan divisi dalam organisasi, dan harus memikirkan baik aspek luar maupun dalam yang sedang dihadapi oleh bisnis. Strategi adalah langkah-langkah sistematis yang dilakukan secara menyeluruh (makro) dan berjangka panjang dalam meraih target yang telah ditentukan Menurut (Fatah, 2020).

Salah satu sasaran utama dari strategi adalah untuk menawarkan nilai yang sebanding atau bahkan lebih besar kepada konsumen, namun dengan pengeluaran yang lebih kecil dibandingkan dengan para pesaing. Strategi biaya rendah ini bertujuan untuk meningkatkan nilai bagi pelanggan dengan cara menurunkan biaya

produk, yang dapat dicapai melalui perbaikan efisiensi dalam proses produksi dan penyesuaian harga jual.

Strategi adalah alat untuk meraih keunggulan bersaing. Ia berfungsi sebagai sarana dalam meraih sasaran jangka panjang yang telah ditentukan (Tyas, 2020). Selain itu dijelaskan bahwa strategi adalah alat untuk menggapai tujuan yang ingin diraih (Graaetz, 2020).

2.1.2. Konsep Dasar Pemeliharaan

Istilah "*maintenance*" sering kali dipakai dan dipahami sebagai perawatan. Pemeliharaan dapat diartikan sebagai serangkaian kegiatan yang dilakukan guna memastikan bahwa mesin tetap berfungsi secara optimal sebagaimana mestinya dalam kondisi normal. Tujuan utama dari kegiatan ini adalah memastikan dan memulihkan performa mesin agar tetap optimal dan siap digunakan kapan pun diperlukan. Selain itu, pemeliharaan juga berfungsi sebagai bentuk dukungan operasional agar mesin dan peralatan selalu siap digunakan kapan pun diperlukan. Oleh karena itu, aktivitas pemeliharaan mencakup berbagai upaya yang bertujuan untuk menjaga peralatan dalam kondisi aman dan siap dioperasikan, serta meminimalkan dampak apabila terjadi gangguan atau kerusakan (Ansori et al., 2014).

2.1.2.1. Sistem Pemeliharaan

Pemeliharaan merupakan upaya yang dilakukan guna menjaga performa dan kualitas mesin tetap stabil dan sesuai standar, sehingga dapat beroperasi secara maksimal seperti saat mesin tersebut berada dalam keadaan normal (Pranowo, 2019). Pada dasarnya, perawatan merupakan kumpulan aktivitas yang dilakukan untuk memastikan suatu alat atau produk tetap terjaga kondisinya dalam keadaan

yang efisien, aman, dan dapat diandalkan. (Nurcahyo et al., 2024). Pemeliharaan secara umum bisa dikatakan menjaga, mempertahankan, dan melindungi suatu sistem, pemeliharaan bertujuan agar suatu sistem atau alat dapat kembali dalam kondisi semula (Sitinjak et al., 2023).

Perawatan merupakan suatu kegiatan merawat sistem atau alat agar tetap berfungsi dengan baik dan siap digunakan kapan saja (Abidin et al., 2021). Perawatan adalah satu hal yang sangat penting supaya kondisi mesin dapat terjaga dengan baik dan siap digunakan (Nuryannenti et al., 2023). Perawatan merupakan suatu kegiatan untuk menjaga sebuah komponen atau mesin agar tetap berada pada kondisi yang baik (Islami, 2023).

2.1.2.2. Tujuan Pemeliharaan

Tujuan dari pemeliharaan adalah untuk memperpanjang umur peralatan dan memperpanjang masa pemakaian (Almakarin et al., 2023). Secara umum, kegiatan pemeliharaan diarahkan pada upaya preventif untuk meminimalkan atau menghindari kerusakan, dengan menjamin bahwa peralatan tetap berada dalam kondisi andal dan siap digunakan, serta mengurangi biaya perawatan. (Ignatius Deradjad, 2019). Sistem produksi itu sendiri memiliki tujuan:

- a) Memaksimalkan keuntungan dari peluang pasar yang tersedia
- b) Meminimalkan kerugian yang diakibatkan oleh kegagalan produksi
- c) Mempertimbangkan faktor teknis dan biaya dalam pelaksanaan proses produksi.

Dengan demikian, sistem pemeliharaan turut mendukung pencapaian tujuan tersebut dengan mendorong peningkatan profitabilitas dan kepuasan pelanggan.

Capaian ini diperoleh melalui penerapan pendekatan berbasis nilai terhadap fungsi dari fasilitas produksi yang dimiliki (Duffuaa et al., 1999) dengan cara:

- a) Mengurangi waktu henti
- b) Meningkatkan mutu
- c) Meningkatkan efisiensi kerja
- d) Mengirimkan pesanan sesuai jadwal

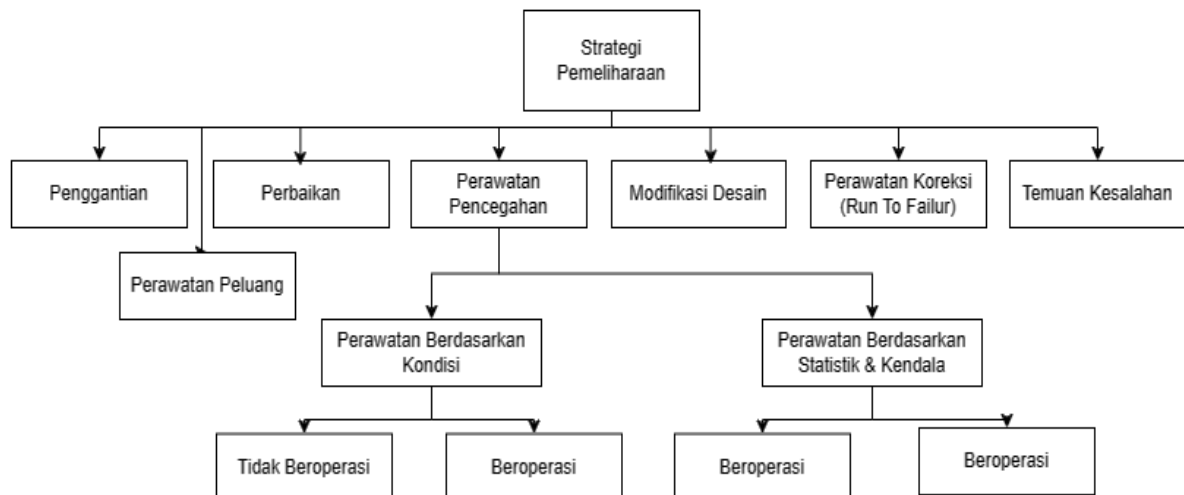
Menurut *Japan Institute of Plant Maintenance dan Consultant TPM India*, tujuan utama dari sistem manajemen pemeliharaan dapat disederhanakan dalam beberapa poin berikut:

- a) Memperluas masa pakai fasilitas produksi,
- b) Menyediakan jaminan atas kesiapan dan ketersediaan fasilitas produksi pada tingkat yang optimal,
- c) Memastikan seluruh fasilitas dalam kondisi siap pakai, khususnya saat menghadapi situasi darurat,
- d) Menyediakan jaminan keselamatan bagi operator serta pengguna peralatan,
- e) Menunjang kinerja mesin agar dapat beroperasi secara optimal,
- f) Mengurangi kebutuhan penyimpanan dan penggunaan suku cadang secara berlebihan,
- g) Menekan pengeluaran pemeliharaan seminimal mungkin melalui pendekatan yang tepat guna dan tepat biaya,
- h) Mendorong kolaborasi yang solid antar fungsi-fungsi utama perusahaan guna mencapai target utama, yakni keuntungan maksimal dan efisiensi

biaya secara keseluruhan.

2.1.2.3. Strategi Pemeliharaan

Prinsip pemeliharaan fasilitas produksi diarahkan untuk mempertahankan konsistensi dalam mengoptimalkan hasil produksi sekaligus memastikan kesiapan fasilitas, sambil tetap memperhatikan aspek keselamatan. Untuk mencapai tujuan tersebut, diperlukan penerapan strategi pemeliharaan yang efektif. Secara umum, proses pemeliharaan dibedakan menjadi dua kategori: perawatan yang dijadwalkan dan perawatan yang tidak dijadwalkan. Gambar 2.1 menunjukkan berbagai pendekatan yang bisa dijelaskan sebagai berikut:



Gambar 2 . 1. Klasifikasi strategi pemeliharaan (Duffuaa et al., 1999)

Sumber: Buku Ajar Sistem dan Manajemen Pemeliharaan (Ign. Deradjat, 2019)

a) Pemeliharaan Pencegahan (*Preventive Maintenance*)

Pemeliharaan preventif (*preventive maintenance*) adalah suatu bentuk perawatan yang dilakukan secara berkala untuk mengidentifikasi masalah yang dapat menyebabkan kerusakan mesin (*breakdown*) atau penundaan proses, sehingga kondisi peralatan kembali ke kondisi awalnya (Anggraini et al., 2016). *Preventive maintenance* adalah sebuah sistem perawatan yang terstruktur dimulai

dari penjadwalan, perencanaan biaya, perencanaan penggantian komponen (Kurniawan et al., 2023). Perawatan preventif dapat memperpanjang umur alat berat sampai 3-4 kali serta dapat mengurangi adanya kerusakan lanjut yang tidak dapat di prediksi (Hanafi et al., 2022).

Tujuan dari perawatan preventif adalah mencegah adanya kerusakan pada komponen atau sistem dengan cara melakukan perbaikan atau penggantian di waktu yang tepat (Rahman et al., 2014). Perawatan preventif sangat penting dalam menunjang produksi batu bara, perawatan dengan metode tersebut dilakukan dengan inspeksi terhadap alat berat untuk memprediksikan kapan alat berat tersebut mengalami kerusakan (Adiasa et al., 2021).

Dalam pelaksanaannya, pemeliharaan preventif dibagi menjadi beberapa jenis, sebagai berikut:

1. Pemeliharaan Rutin

Perawatan yang dilakukan secara berkala memiliki peran krusial dalam menjaga mesin tetap beroperasi dalam kondisi optimal. Ini mencakup penggantian komponen yang telah usang atau tidak berfungsi. Beberapa contoh dari pemeliharaan rutin ini adalah Membersihkan alat, memberikan pelumas, memeriksa minyak, dan juga mengecek ketersediaan bahan bakar serta tekanan udara pada kompresor.

2. Pemeliharaan Berkala

Kegiatan pemeliharaan dijadwalkan secara rutin, dengan frekuensi tertentu seperti mingguan atau bulanan. Pemeliharaan ini mencakup pengecekan rutin serta perbaikan pada bagian mesin yang mengalami kerusakan atau ketidaksempurnaan. Dengan dilakukan inspeksi berkala

maka akan didapatkan data berupa komponen-komponen yang perlu dilakukan penggantian, menentukan waktu penggantian komponen, memperoleh data *backlog* sehingga proses pemesanan komponen dapat berjalan lebih efektif dan efisien (Wijarnoko et al., 2020). Inspeksi bertujuan untuk mengurangi terjadinya kerusakan mendadak dengan cara mengidentifikasi gejala awal kerusakan pada peralatan, sehingga perbaikan dapat direncanakan sebelum kerusakan tersebut menjadi lebih parah

3. Pemeliharaan Berjalan

Pemeliharaan ini dilakukan ketika fasilitas produksi masih beroperasi. Dengan perencanaan yang matang, pemeliharaan dapat diterapkan pada mesin-mesin yang harus tetap berfungsi. Selama proses produksi, kegiatan pemeliharaan dilaksanakan dengan cara aktif mengawasi mesin-mesin tersebut.

4. Pemeliharaan *Shutdown*

Kegiatan perawatan ini hanya bisa dilaksanakan ketika proses produksi diberhentikan secara sengaja. Tujuannya adalah untuk mengidentifikasi kerusakan yang tidak terlihat serta meminimalkan waktu henti produksi. Pemeliharaan pencegahan sangat krusial untuk mencegah kerusakan pada peralatan atau sistem. Meskipun sepenuhnya menghindari kerusakan itu sulit, ada beberapa alasan mengapa pemeliharaan pencegahan tetap diperlukan, yaitu:

- 1) Menghindari munculnya kerusakan.
- 2) Menemukan kerusakan sejak dini.

- 3) Mengetahui kerusakan yang tidak terlihat.
- 4) Meningkatkan ketersediaan fasilitas produksi.
- 5) Meminimalkan kebutuhan untuk mengganti komponen, mengatur stok.
- 6) Meningkatkan efektivitas alat.
- 7) Mendukung pengawasan anggaran dan pengeluaran.
- 8) Menyediakan informasi untuk pertimbangan penggantian mesin.

Pemeliharaan pencegahan dapat dibedakan menjadi dua kategori berdasarkan penggunaan peralatan:

- 1) Berdasarkan Waktu (*Time-based*): Pemeliharaan ini dilakukan setelah peralatan beroperasi dalam jangka waktu tertentu.
- 2) Berdasarkan Penggunaan (*Used-based*): Pemeliharaan ini dilakukan sesuai dengan seberapa sering digunakan, dengan mempertimbangkan distribusi kerusakan atau keandalan peralatan.

Scheduling atau penjadwalan merupakan kegiatan sebelum dilakukannya perawatan alat berat. Penjadwalan mengacu kepada hours meter yang didapatkan dari perangkat lunak yang terpasang pada alat berat (Noor, 2020). Penjadwalan dibuat untuk memastikan performa suatu alat tetap dalam keadaan bagus dalam masa pakai yang panjang (Siburian et al., 2020). Penjadwalan yang baik akan berdampak positif pada perencanaan perbaikan, pemesanan komponen, dan penghitungan tenaga kerja dengan ketiga aspek tersebut maka kehilangan produksi akibat waktu henti yang berkepanjangan dapat dihindari (Arifindan et al., 2022).

b) Pemeliharaan Koreksi (*Breakdown/Corrective Maintenance*)

Sebelum adanya perawatan preventif, perawatan alat berat dilakukan dengan metode *breakdown maintenance* dimana perawatan dilakukan ketika alat berat telah mengalami kerusakan (Darsini et al., 2022). Pemeliharaan korektif dilaksanakan sebagai respon atas terjadinya kerusakan, sehingga termasuk dalam kategori pemeliharaan yang tidak terencana. Proses ini bertujuan untuk mengembalikan fungsi peralatan yang mengalami masalah. Pemeliharaan korektif sering dikenal dengan istilah *Mean Time to Repair* (MTTR), yang mencakup beberapa tahapan, seperti waktu persiapan, waktu pelaksanaan pemeliharaan, dan waktu menunggu pasokan suku cadang (Ign. Deradjat, 2019).

Strategi pemeliharaan korektif, atau dikenal juga dengan istilah *breakdown maintenance*, sering disebut *run to failure* (RTF). Pendekatan ini diterapkan khususnya pada komponen elektronik, di mana pengambilan keputusan untuk terus menggunakan alat sampai mengalami kerusakan diambil karena biaya pemeliharaan pencegahan dianggap lebih tinggi dibandingkan dengan biaya penggantian peralatan yang sudah tidak berfungsi (Ign. Deradjat, 2019).

c) Pemeliharaan Berbasis Kondisi (*Condition-based Maintenance*)

Jenis pemeliharaan yang dilaksanakan berdasarkan pemantauan kondisi nyata dari alat atau mesin, mengawasi indikator utama dari alat yang dapat berdampak pada fungsinya. Pendekatan ini sering dikenal dengan istilah pemeliharaan prediktif, yang contohnya mencakup pemantauan status pelumas dan analisis getaran mesin. Pendekatan pemeliharaan berbasis

kondisi ini dianggap sebagai salah satu metode paling efektif untuk mempertahankan performa alat. dan memastikan efisiensi operasional.

Penting untuk mendeteksi dini kejadian kerusakan dan menilai kemungkinan waktu terjadinya kegagalan pada alat tertentu selama operasinya. Dalam pemeliharaan berbasis kondisi, terdapat dua jenis pengukuran yang dapat dilakukan:

- 1) Pengukuran parameter yang berhubungan langsung dengan kinerja peralatan, seperti suhu dan tekanan angin.
- 2) Pengukuran dampak yang timbul akibat pengoperasian peralatan, misalnya melalui observasi getaran mesin.

Lebih jauh, dalam kegiatan pemeliharaan ini, ada pengelompokan yang didasarkan pada jenis pengukuran, yaitu sebagai berikut:

- 1) Menentukan dan mengukur faktor-faktor yang berhubungan dengan permulaan munculnya kerusakan.
- 2) Menetapkan nilai dari faktor-faktor tersebut, yang jika bisa, memungkinkan langkah-langkah pencegahan diambil sebelum kerusakan yang lebih parah terjadi.

2.1.3. Alat Berat *Reach Stacker*

Reach Stacker adalah mesin berat yang dirancang khusus untuk digunakan di pelabuhan dan gudang dalam mengangkat serta memindahkan peti kemas besar. Alat ini dilengkapi dengan lengan panjang (atau *boom*) yang mampu memanjang dan menarik, sehingga dapat dengan mudah meraih peti kemas yang ditumpuk dalam beberapa lapisan

Reach Stacker adalah perangkat angkut yang dioperasikan menggunakan

mesin diesel dan memiliki sistem hidrolik. Sistem hidrolik ini berfungsi untuk mengatur sudut elevasi dan jangkauan *boom*, serta menjalankan beberapa fungsi pada *spreader*. Kecepatan alat ini dapat mencapai 20 hingga 35 km per jam saat tidak membawa beban, dan 15 hingga 25 km per jam saat mengangkat beban. Dengan kapasitas angkat antara 35 sampai 55 ton, *Reach Stacker* dapat melakukan operasi angkat atau turunkan sebanyak 8 hingga 15 siklus per jam, tergantung pada jarak yang harus ditempuh.



Gambar 2 . 2. Alat Berat *Reach Stacker*

Sumber: <https://www.kalmarglobal.com/equipment/reachstackers/>, 2024

2.1.3.1. Fungsi *Reach Stacker*

Reach Stacker berfungsi untuk mengambil peti kemas dari kapal atau area penyimpanan, lalu menumpuknya secara teratur atau memindahkannya ke truk maupun kereta api untuk proses pengangkutan. Dengan kata lain, alat ini adalah versi besar dan kuat yang difungsikan khusus untuk menangani peti kemas.

Di terminal dan pelabuhan, *Reach Stacker* banyak digunakan untuk mengelola operasi terkait kontainer. Desainnya yang khusus memudahkan dalam

pekerjaan bongkar muat dan memungkinkan efisiensi kerja yang signifikan dalam proses tersebut. Popularitas *Reach Stacker* tidak lepas dari efektivitas biaya dan kemudahan pemeliharaannya, terutama mengingat bahwa sebagian besar kargo di dunia diangkut dalam bentuk kontainer.

Tugas pokok *Reach Stacker* adalah mengambil kontainer dari *trailer*. agar bisa dipindahkan ke tempat penyimpanan sebelum dikirim sesuai dengan rute pengiriman yang dituju. Oleh karena itu, keandalan *Reach Stacker* sangat krusial, dan hal ini menjadi sebuah tantangan bagi tim pemeliharaan.

Contohnya adalah *Reach Stacker* Kalmar, yang diproduksi oleh Kalmar Industries yang berkantor pusat di Swedia, Finlandia, Belanda, dan AS. Peralatan ini telah diimplementasikan di lebih dari 140 negara secara global. Untuk menangani peti kemas yang lebih berat, Kalmar menawarkan model-model yang dilengkapi dengan dongkrak penyangga, yang sangat cocok digunakan untuk mengatasi kelebihan muatan *trailer* atau peti kemas dari peron kereta api dalam proses bongkar muat.

2.1.3.2. Spesifikasi Teknis *Reach Stacker*

Rangkaian model *stacker* jangkauan disajikan dengan penggerak elektromekanis untuk kontrol mekanisme pencengkeram beban dan penggerak *hidraulik*. Penggerak ini meningkatkan sumber daya peralatan, memungkinkan Anda mengoptimalkan pengoperasian mesin, unit, dan agregat, serta mengurangi kemungkinan keadaan darurat (Hurieiev, 2024).

Ukuran banyak beban yang dapat diangkat oleh *Reach Stacker* yaitu:

1. Kapasitas Terukur Maksimum. *Maximum Rated Capacity* (MRC):

MRC merujuk pada beban atau berat maksimum absolut yang dapat ditangani oleh

peralatan, seperti *Reach Stacker*, sebagaimana ditentukan oleh produsen. MRC ditentukan berdasarkan perhitungan teknik, pengujian tegangan, dan kepatuhan terhadap standar keselamatan. MRC merupakan kapasitas teoritis maksimum peralatan dalam kondisi ideal, dengan asumsi pengoperasian yang sempurna dan tidak ada faktor eksternal yang memengaruhi kinerja.

2. Batas Beban Kerja. *Work Load Limit* (WLL):

WLL adalah batas praktis yang ditetapkan untuk memastikan pengoperasian peralatan yang aman dalam kondisi dunia nyata. WLL mempertimbangkan berbagai faktor seperti kondisi lingkungan, beban dinamis (pergerakan, percepatan, perlambatan, dll.), keausan peralatan, dan pertimbangan operasional. WLL dapat bervariasi tergantung pada tugas, kondisi, dan peraturan tertentu, dan sering kali ditentukan melalui penilaian risiko dan pengalaman operasional. WLL sering ditetapkan lebih rendah daripada MRC untuk memberikan margin keamanan dan memperhitungkan variabel operasional.

2.1.3.3. **Komponen-Komponen Utama *Reach Stacker***

Terdapat dua elemen penting pada *Reach Stacker* yang memiliki peran signifikan dalam menjalankan tugasnya, yaitu:

1. *Spreader*: Bagian ini berfungsi untuk menahan peti kemas. Di dalam spreader terdapat kunci putar yang berfungsi mengikat peti kemas sebelum mengangkatnya.
2. Lengan/*Boom*: Elemen ini berfungsi sebagai pengangkat atau penopang beban, membuatnya dapat menjangkau lokasi yang lebih tinggi.

2.1.3.4. Cara Kerja *Reach Stacker*

Reach Stacker bekerja dengan sistem pengangkat yang dapat diperpanjang, yang memungkinkan lengan pengangkatnya untuk dinaikkan dan memindahkan kontainer ke tempat lain dengan bantuan sistem mobil. Cara kerjanya dapat dijelaskan melalui empat gerakan inti:

1. Pergerakan Mobil: Ini adalah cara bergerakanya *Reach Stacker* dari satu lokasi ke lokasi lainnya, serupa dengan cara mobil bergerak. *Reach Stacker* memiliki enam ban karet, di mana dua di belakang dan empat di depan. Ban-ban ini dioperasikan oleh mesin, dengan batas kecepatan maksimal pergerakan mencapai 25 km/jam.
2. Pergerakan Lengan/*Boom*: Gerakan ini mencakup proses mengangkat dan menurunkan lengan, serta memperpanjang dan memperpendek lengan secara bersamaan. Ini memungkinkan lengan *Reach Stacker* untuk naik dan turun dengan membawa kontainer hingga ketinggian tertentu. Gerakan lengan ini perlu dilakukan pada sudut tertentu terhadap permukaan datar untuk mencegah *Reach Stacker* terbalik saat mengangkat beban.
3. Gerakan *Trolley*: Tindakan ini berfungsi untuk memutar alat penyebar dan menjaga agar kontainer tetap dalam posisi vertikal. Dengan demikian, kontainer dapat diputar dan disusun dengan benar dalam susunan bertingkat.
4. Gerakan *Spreader*: Ini merupakan tindakan untuk memperpanjang atau memperpendek *Spreader* sesuai dengan dimensi kontainer yang diangkat. *Spreader* dapat diperpanjang dengan menggunakan tenaga hidrolik, dan pada *Reach Stacker*, panjang alat penyebar dapat disesuaikan menjadi 40 kaki atau 20 kaki, sesuai dengan standar internasional ukuran kontainer.

2.1.3.5. Penyebab Kerusakan Alat *Reach Stacker*

Dalam menganalisis gangguan teknis pada sistem transmisi alat berat seperti *Reach Stacker*, diperlukan pendekatan diagnostik yang sistematis guna menelusuri penyebab utama kerusakan. Salah satu metode yang banyak digunakan dalam analisis akar masalah adalah Diagram *Fishbone* atau Diagram *Ishikawa*. Diagram ini membantu menggambarkan secara visual berbagai potensi penyebab dalam kategori yang berbeda (Septiawan, 2023).

Kategori utama dalam Diagram *Fishbone* biasanya terdiri atas enam unsur penting: manusia (*man*), mesin (*machine*), metode kerja (*method*), material, pengukuran (*measurement*), dan lingkungan (*environment*). Dalam konteks sistem transmisi *Reach Stacker*, khususnya pada kerusakan kabel harness, penelitian oleh (Septiawan et al., 2023) mengidentifikasi beberapa faktor utama sebagai penyebab dominan.

1. Faktor Manusia (*Man*)

Faktor ini berhubungan langsung dengan teknisi atau operator yang menangani unit. Kecerobohan dalam melakukan inspeksi dan absennya pemeriksaan rutin menjadi salah satu penyebab utama kerusakan. Unit yang mengalami *breakdown* tidak selalu mendapatkan pengecekan lanjutan, dan kurangnya prosedur standar dalam pemantauan alat yang sedang tidak beroperasi sering kali menyebabkan kerusakan lanjutan. Misalnya, penutup mesin yang tidak tertutup rapat dapat membuat air atau debu masuk ke dalam kabel harness dan mengakibatkan kontaminasi (Septiawan et al., 2023).

2. Faktor Metode (*Methods*)

Aspek ini menitikberatkan pada praktik kerja dan standar operasional prosedur (SOP). Meski teknisi biasanya mengikuti pedoman perawatan untuk unit yang aktif, tidak terdapat mekanisme pemeriksaan untuk unit yang tidak digunakan atau rusak. Kondisi ini diperburuk dengan belum tersusunnya SOP pemeliharaan khusus untuk unit dalam status tidak aktif atau breakdown (Septiawan et al., 2023).

3. Faktor Suku Cadang (*Materials*)

Kerusakan juga dapat disebabkan oleh penurunan kualitas atau usia pakai komponen. Beberapa komponen seperti *seal cylinder boom lifting* berisiko bocor bila telah melewati jam operasi maksimal, misalnya setelah 15.000 jam penggunaan. Selain itu, rusaknya pelindung kabel (*conduit*) menyebabkan air menggenang di dalam sistem kabel *harness*, yang pada akhirnya menimbulkan korosi. Dalam beberapa kasus, kerusakan material ini merupakan dampak lanjutan dari kelalaian teknis dalam perawatan rutin (Septiawan et al., 2023).

4. Faktor Lingkungan (*Environment*)

Lingkungan kerja *Reach Stacker*, terutama di area terbuka atau dekat pelabuhan, memiliki dampak signifikan terhadap keawetan komponen. Paparan debu, udara lembap, serta kandungan garam dari air laut mempercepat proses korosi dan kerusakan kabel maupun pelindungnya. Oleh karena itu, pengaruh lingkungan tidak dapat diabaikan dalam evaluasi kondisi alat berat (Septiawan et al., 2023).

Dengan memahami seluruh faktor penyebab ini secara menyeluruh, perusahaan dapat menyusun langkah perbaikan berupa inspeksi rutin, SOP pemantauan unit

tidak aktif, dan sistem perawatan preventif yang lebih baik. Hal ini penting untuk memastikan keberlangsungan performa optimal *Reach Stacker*, baik dalam kondisi operasional maupun saat unit sedang tidak digunakan.

2.1.4. Konsep Dasar Optimalisasi

Optimalisasi merupakan suatu pendekatan sistematis yang digunakan untuk mendapatkan hasil maksimal dengan memanfaatkan sumber daya yang tersedia secara efisien dan optimal. Dalam dunia manajemen dan bisnis, konsep ini berperan penting dalam peningkatan efisiensi operasional, produktivitas kerja, serta profitabilitas perusahaan. Pendekatan optimalisasi dapat dilakukan melalui berbagai metode seperti analisis data, pemodelan matematis, hingga penggunaan algoritma tertentu yang dirancang untuk menghasilkan solusi optimal.

terdapat beberapa prinsip utama dalam penerapan optimalisasi. Pertama adalah penetapan tujuan yang jelas untuk menentukan arah pencapaian hasil yang diinginkan (Barth et al., 2023). Selanjutnya, dilakukan analisis terhadap ketersediaan dan kapasitas sumber daya seperti waktu, tenaga kerja, serta anggaran. Proses ini juga perlu dilengkapi dengan sistem evaluasi dan pengukuran kinerja untuk memantau efektivitas implementasi serta melakukan penyesuaian strategi apabila diperlukan. Dengan pendekatan ini, proses bisnis dapat dijalankan secara lebih efektif dan efisien.

Penerapan teori optimalisasi juga sangat relevan dalam sektor logistik, khususnya dalam aktivitas bongkar muat. Pemahaman mendalam terhadap tujuan operasional, keterbatasan yang dihadapi, serta karakteristik sumber daya yang digunakan menjadi kunci utama dalam mencapai efisiensi optimal. Optimalisasi dalam bongkar muat bertujuan untuk meningkatkan pemanfaatan ruang muatan,

mempercepat proses bongkar muat, serta mengurangi biaya operasional signifikan.

Dalam konteks perawatan alat bongkar muat, optimalisasi merujuk pada upaya untuk mencapai hasil yang efisien melalui penerapan perawatan rutin. Tujuan dari pendekatan ini adalah untuk mengurangi potensi kerusakan atau kerugian akibat gangguan operasional pada peralatan bongkar muat, sehingga proses kerja dapat berlangsung secara lebih stabil dan efektif.

Melalui penerapan prinsip-prinsip optimalisasi, perusahaan logistik dapat menyusun strategi yang tepat dalam pengaturan urutan pemuatan maupun pembongkaran barang kontainer. Analisis terhadap waktu operasi, efisiensi ruang, dan pengelolaan alur kerja menjadi bagian penting dari proses ini. Dengan demikian, optimalisasi dapat memberikan kontribusi nyata dalam peningkatan kinerja operasional di sektor bongkar muat melalui penggunaan sumber daya yang efektif dan terukur.

2.1.5. Bongkar Muat Kereta Api

Bongkar muat adalah kegiatan yang melibatkan pemindahan barang dari tempat satu ke tempat lain, biasanya dari kapal ke daratan atau dari kereta ke area penumpukan, yang merupakan bagian penting dari kegiatan di pelabuhan. Proses ini melibatkan beberapa tahap, yakni pembongkaran (*unloading*) barang dari alat transportasi seperti kapal atau truk, serta pemuatan (*loading*) barang ke dalam alat transportasi lain atau ke tempat penyimpanan.

bongkar muat dapat dipahami sebagai kegiatan yang melibatkan layanan terhadap barang yang keluar dan masuk, yang mencakup pembongkaran, pemuatan, serta pemindahan barang dari lokasi awal menuju gudang atau area penumpukan (Surjo et al., 2020).

Menurut Pasal 1 Ayat 2 Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 23 Tahun 2007 tentang Perkeretaapian, kereta api adalah jenis sarana perkeretaapian yang menggunakan tenaga gerak di atas rel dan melakukan perjalanan kereta api. kereta api adalah cara transportasi darat yang tersedia bagi masyarakat (Nasution, 2008). Kereta api, yang muncul selama revolusi industri, dirancang untuk mengangkut sejumlah besar barang melalui jarak yang jauh. Sementara satu gerbong barang dapat membawa puluhan ton barang, kereta api dapat membawa ratusan penumpang atau barang sekaligus. Konfigurasi kereta api dapat mencakup banyak angkaian gerbong atau kereta penumpang yang digerakkan mesin lokomotif. Kereta penumpang dapat menampung antara puluhan dan ratusan orang.

Bongkar muat adalah Jasa pelayanan membongkar gerbong kereta api, ke terminal peti kemas atau dari terminal peti kemas ke gerbong kereta api dengan menggunakan *Reach Stacker* atau yang lain (Gianto et al, 2004). Bongkar muat adalah jasa pelayanan yang termasuk bongkar muat barang dari/ke kereta api dengan menggunakan alat-alat khusus.

Bongkar:

1. Mengambil barang yang sudah diturunkan oleh petugas di stasiun.
2. Memindahkan barang dari kereta ke penyimpanan atau area penumpukan.
3. Mengatur atau menumpuk barang di area penumpukan atau tempat penyimpanan.
4. Mengembalikan peralatan ke stasiun untuk digunakan pada operasi berikutnya.

Muat:

1. Mengambil barang dari area penyimpanan atau depot stasiun.

2. Menyalurkan barang dari area penyimpanan atau depot ke kereta.
3. Mengatur barang di bawah *crane* atau alat pemuat lainnya.
4. Mengangkat barang dari gudang ke dalam gerbong kereta api.

Dengan demikian, bisa disimpulkan bahwa bongkar muat merupakan serangkaian kegiatan yang berkaitan dengan pengelolaan barang-barang yang masuk dan keluar dari *Container Yard*. Kegiatan ini mencakup pembongkaran barang dari Gerbong Datar (GD) Kereta Api ke *Container Yard*, pemindahan barang dari *Container Yard* atau lapangan penumpukan, serta pemuatan barang ke dalam alat transportasi lainnya.

Angkutan kereta api barang memiliki peran yang sangat penting dalam mendukung sistem logistik nasional. Dibandingkan dengan moda transportasi lainnya, kereta api menawarkan berbagai keunggulan, seperti kapasitas angkut yang lebih besar, biaya pengiriman yang lebih efisien, waktu tempuh yang lebih singkat, serta dampak yang lebih ramah lingkungan (Prasidi et al., 2020). Dengan terus berkembangnya sarana dan prasarana kereta api, moda ini semakin dijadikan pilihan utama dalam pendistribusian berbagai komoditas. Penggunaan kereta api sebagai armada untuk distribusibarang dianggap sangat efektif dalam memenuhi permintaan konsumen (Rahmayanti et al., 2019).

Dalam operasionalnya, petikemas dimuat ke dalam kereta api untuk dikirim ke lokasi tujuan. Setibanya di terminal tujuan, proses bongkar muat petikemas dilakukan, di mana petikemas dipindahkan dari kereta api ke *container yard* atau sebaliknya, menggunakan peralatan penanganan kargo seperti *Reach Stacker*.

2.1.5.1. Komponen Bongkar Muat Kereta Api

Adapun komponen atau istilah dalam proses bongkar muat dalam *Container Yard* Ronggowarsito PT Kereta Api Indonesia (Persero) Daerah Operasi 4 Semarang, seperti:

- a. CY (*Container Yard*) adalah terminal peti kemas atau dimana dilakukan pengumpulan peti kemas untuk dapat selanjutnya diangkut ketempat tujuan atau terminal peti kemas lainnya.
- b. Langsir adalah perpindahan rangkaian kereta, gerbong, atau hanya lokomotif ke jalur rel yang berbeda, yang dilakukan untuk tujuan memisahkan atau menggabungkan kereta dan gerbong.
- c. *Twist lock* adalah pengait yang berfungsi untuk mengamankan peti kemas saat sedang diangkat. Sebuah *spreader* dilengkapi dengan empat *twist lock*, yang mampu menahan beban tarik yang sangat besar selama proses pengangkatan peti kemas.
- d. *Cargo Manifest* adalah dokumen kargo yang berisi daftar muatan yang dibawa kereta.
- e. RS (*Reach Stacker*) merupakan perangkat yang serbaguna untuk memperlancar proses pemuatan dan pembongkaran kontainer.
- f. GD (Gerbong Datar) adalah jenis gerbong yang memiliki permukaan datar yang dipasang pada *bogie*, dengan empat atau enam roda di setiap ujungnya.
- g. JO (*Joint Operation*) adalah bentuk kerjasama operasi, yaitu perkumpulan dua perusahaan atau lebih, bergabung untuk menyelesaikan suatu proyek.
- h. PPKA (Pengatur Perjalanan Kereta Api) adalah petugas yang mengelola operasi kereta api di area kerja tertentu.

- i. PAP (Pengawas Peron) adalah asisten PPKA dalam mengatur perjalanan kereta api dan proses langsiran, serta memiliki tanggung jawab dalam hal administrasi perjalanan kereta api.
- j. KALOG adalah PT. Kereta Api Logistik, sebuah perusahaan yang merupakan bagian dari PT. KAI dan berfokus pada layanan distribusi logistik dengan menggunakan kereta api.
- k. BKalog adalah *Joint Operation* (JO) Antara PT. KALOG dan PT. BLP / Bintang Laut Platinum.
- l. Kerani adalah pekerja administrasi yang mengurus keluar masuk barang.
- m. *Checker* adalah petugas yang bertanggung jawab memeriksa berbagai jenis barang, multikomoditi, atau peti kemas sebagai persiapan sebelum proses pengiriman atau setelah kedatangan.
- n. *Trucking* adalah satu jenis layanan untuk mengangkut barang melalui jalur darat dengan menggunakan mobil dan truk sebagai armada.
- o. SPK bongkar / muat adalah Surat Perintah Kerja untuk memutuskan melakukan bongkar dan muat suatu barang.

2.1.5.2. Tanggung Jawab dan Kewajiban

- 1. Tanggung Jawab
 - a. SS UPT Terminal SMC: Bertanggung jawab pada pengawasan, pengaturan operasional dan tempat untuk memuat serta membongkar barang di wilayah Terminal SMC.
 - b. KUPT Terminal Kalog: Bertanggung jawab memastikan, pelaksanaan dan pengendalian pada aktifitas & fasilitas bongkar muat peti kemas di

CY Ronggowarsito.

- c. Petugas *Checker* Peti kemas: Bertanggung jawab pada pelaksanaan, pemeriksaan dan pengelolaan operasional serta fasilitas untuk memuat dan membongkar kontainer barang di wilayah Terminal SMC, serta menerbitkan administrasi (BKD, BAB, SA, BAM) keberangkatan & kedatangan barang.
- d. Koordinator Lapangan & Kerani JO BKalog: Bertanggung jawab membuka & mengunci *twist lock* seluruh rangkaian yang akan di bongkar muat petikemas di CY Ronggowarsito, serta melakukan proses bongkar muat menggunakan *Reach Stacker* (RS), serta menerbitkan nota permintaan langsir dan administrasi *cargo manifest*, menerbitkan SPK bongkar muat di loket.
- e. PPKA / PAP: Bertanggung jawab melaksanakan pengaturan perjalanan kereta api dan langsiran, serta bertanggung jawab atas urusan administrasi perjalanan kereta api.

2. Kewajiban

- a. Koordinator lapangan dan / atau kerani JO BKalog:
 - a) Waktu bongkar muat disediakan 12 menit per GD.
 - b) Waktu bongkar yang diberikan adalah pada saat rangkaian sudah berada di Jalur bongkar muat CY Ronggowarsito.
 - c) Memastikan kondisi emplasemen jalur 1 CY Ronggowarsito steril / aman secara visual.
 - d) Memastikan posisi *twist lock* dalam kondisi terbuka / tertutup setelah

pra atau pasca bongkar / muat.

- e) Memastikan dan menyatakan rangkaian dalam kondisi baik secara visual untuk selanjutnya diserahkan ke Pengawas Kalog.
- f) Menyerahkan nota permintaan nota langsir keluar dan masuk rangkaian ke PPKA / PAP SMT dari JO Bkalog.
- g) Memastikan kebersihan dan keindahan area CY Ronggowarsito.
- h) Poin tersebut diinfokan ke pengawas Kalog.
- i) Pengawas / KUPT Terminal Kalog: Memastikan poin pertama kewajiban sudah dilaksanakan oleh JO BKalog.

2.1.5.3. Proses Bongkar Muat Gerbong Datar

1. Staff Operasional Kalog menyerahkan *Cargo Manifest* kepada Pihak Koordinator Lapangan *Joint Operation* (JO) BKalog PT. KALOG dan PT. BLP / Bintang Laut Platinum, sebagai dasar untuk melaksanakan proses bongkar / muat.
2. Koordinator Lapangan dan kerani *Joint Operation* (JO) BKalog Antara PT. KALOG dan PT. BLP / Bintang Laut Platinum, bertanggung jawab membuka twist lock seluruh rangkaian yang akan dibongkar di CY Ronggowarsito setelah menerima *Cargo Manifest*.
3. Koordinator Lapangan dan Krani *Joint Operation* (JO) BKalog Antara PT. KALOG dan PT. BLP/ Bintang Laut Platinum, mengintruksikan kepada operator RS untuk melakukan bongkar / muat setelah memastikan seluruh twist lock dalam kondisi terbuka / mengunci dan dilampiri dengan *checklist*.
4. Operator RS memindahkan *container* dari GD ke CY Ronggowarsito setelah dipastikan twist lock dalam kondisi terbuka dan memindahkan dari CY

Ronggowarsito ke GD setelah dipastikan *twist lock* tersetting sesuai dengan *load plan*.

5. Koordinator Lapangan / Krani JO BKalog yang berdinis berkewajiban memastikan *twist lock* tersetting sesuai *load plan* atau sudah terbuka.
6. Koordinator Lapangan / Kerani JO BKalog yang berdinis berkewajiban memberi perintah kepada Operator RS.
7. Selesai Bongkar / muat dari Staf Operasional Kalog menyerahkan nota permohonan langsir untuk mengeluarkan dan memasukkan rangkaian.

2.1.6. Container Yard

Container yard adalah bagian vital dari infrastruktur terminal petikemas atau pelabuhan. Area ini dirancang khusus untuk mendukung pengaturan, penyimpanan, dan pengelolaan kontainer dalam sistem logistik dan rantai pasok internasional. Berdasarkan Referensi Kepelabuhanan Seri 3: Pengoperasian Pelabuhan (2000), *container yard* atau lapangan petikemas berfungsi sebagai area operasional untuk kegiatan serah terima petikemas (*receiving* dan *delivery*), penyimpanan sementara petikemas baik yang bermuatan maupun kosong, serta lokasi parkir alat-alat bongkar muat yang sedang tidak digunakan (Fetriansyah et al., 2019). Beberapa fungsi utama serta karakteristik container yard antara lain:

1. Fungsi Utama

Container yard memiliki peran sebagai tempat transit sementara bagi kontainer yang baru tiba maupun yang akan dikirimkan melalui jalur laut, darat, atau rel. Di lokasi ini, kontainer disimpan sementara sebelum melanjutkan pengiriman atau diambil oleh pemiliknya.

2. Penyimpanan dan Penataan Kontainer

Lapangan petikemas digunakan untuk penyimpanan kontainer secara sistematis dan berlapis. Penanganan serta penataannya dilakukan menggunakan peralatan berat seperti *Reach Stacker* dan *straddle carrier* guna menjamin efisiensi dan keselamatan kerja.

3. Manajemen Kontainer

Sebagai pusat pengelolaan kontainer, area ini memungkinkan pemantauan, pendataan, dan pelayanan setiap unit kontainer sesuai kebutuhan operasional dan permintaan pelanggan.

4. Pemisahan dan Penyortiran

Kontainer dalam area ini diklasifikasikan berdasarkan berbagai parameter seperti tujuan akhir pengiriman, status isi (kosong atau bermuatan), serta kebutuhan khusus lainnya. Penyortiran ini bertujuan untuk mempercepat dan mempermudah distribusi barang.

5. Fasilitas Pendukung

Untuk menunjang aktivitasnya, *container yard* dilengkapi dengan berbagai fasilitas seperti ruang administrasi, bengkel alat berat, tempat parkir truk, serta sarana pendukung operasional lainnya.

6. Keamanan

Keamanan *container yard* dijaga dengan sistem pengawasan modern seperti CCTV dan akses terbatas, guna menghindari risiko pencurian dan kerusakan kontainer.

7. Integrasi Transportasi

Container yard dirancang agar terhubung langsung dengan berbagai moda

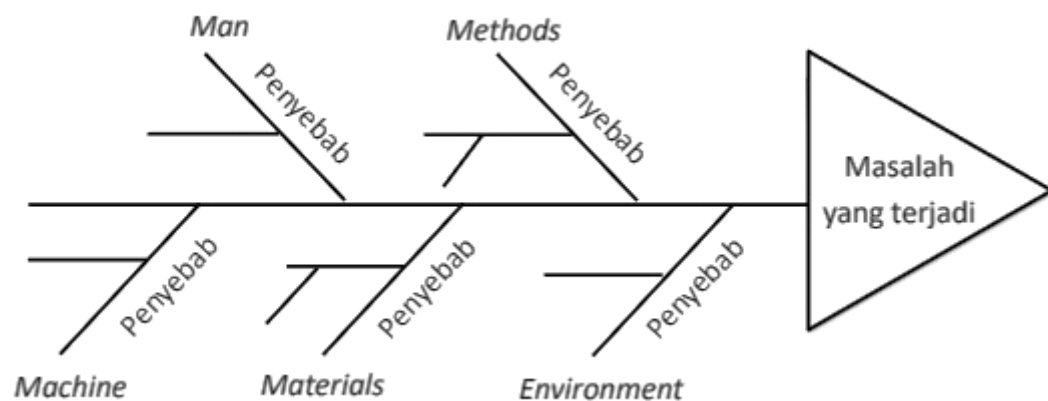
transportasi seperti kapal laut, kereta api, dan kendaraan darat. Keterhubungan ini memungkinkan pertukaran kontainer yang cepat dan efisien, serta memperkuat kelancaran arus logistik dalam rantai pasok global.

2.1.7. *Fishbone Analysis*

Fishbone Analysis merupakan alat yang dimanfaatkan untuk mengkategorikan potensi penyebab sebuah persoalan dengan pendekatan yang mudah dipahami. Diagram *fishbone* adalah sarana yang dipakai untuk mengidentifikasi kemungkinan faktor-faktor yang mengakibatkan kejadian atau fenomena dalam sebuah penelitian (Purwaningsih, 2023). Diagram ini pertama kali dikembangkan oleh Dr. Kaoru Ishikawa, seorang ahli pengendalian mutu dari Jepang.

Beberapa manfaat dari pembuatan diagram tulang ikan termasuk membantu untuk memikirkan penyebab utama dari permasalahan dengan cara yang terstruktur, mendorong keterlibatan tim, dan meningkatkan pemahaman anggota tim tentang proses, analisis penyebab masalah, dan mengidentifikasi wilayah di mana data seharusnya dikumpulkan untuk penelitian lebih lanjut (Watson, 2004)

Metode tulang ikan dapat dipahami sebagai teknik dasar yang dapat diterapkan untuk menyelidiki sebuah masalah yang muncul dengan melibatkan keterlibatan orang-orang.



Gambar 2 . 3. Metode *Fishbone*

Sumber: Majalah Farmasetika, 6 (4) 2021, 310-321

Langkah-langkah untuk membuat diagram *fishbone* yang menunjukkan sebab dan akibat:

1. Menentukan permasalahan yang tengah menjadi fokus perhatian.
2. Menggali faktor-faktor utama yang memberikan kontribusi atau pengaruh terhadap permasalahan tersebut.
3. Mengidentifikasi elemen-elemen spesifik yang berperan pada faktor- faktor utama tadi.
4. Setelah diagram tersusun, lakukan analisis data untuk menemukan penyebab utama masalah.

Keunggulan dari diagram *fishbone* merupakan kemampuannya untuk menjelaskan setiap masalah yang muncul, serta memungkinkan setiap individu yang terlibat memberikan masukan yang mungkin terkait dengan penyebab masalah itu. Sedangkan Kekurangan *Fishbone* diagram adalah *opinion based on tool* dan *design* membatasi kemampuan tim / pengguna secara *visual*, metode ini menjelaskan masalah dengan menggunakan pendekatan '*level why*' yang mendalam

Diagram ini berfungsi untuk menjelaskan proses yang sebenarnya terjadi dengan memecahnya ke dalam sejumlah kategori yang berkaitan, seperti proses, kegiatan para pelaku, aspek material, kinerja mesin, serta aliran prosedur dan pelaksanaan kebijakan. Keuntungan yang dapat diraih dari penelitian ini meliputi:

1. Memberikan penjelasan yang tajam mengenai penyebab masalah yang muncul.
2. Menjadi langkah perbaikan untuk meningkatkan kualitas produk atau jasa agar lebih efisien.
3. Membantu meminimalkan kondisi yang dapat menyebabkan ketidaksesuaian produk atau jasa.
4. Mendukung upaya standardisasi yang sedang berlangsung atau yang akan direncanakan.
5. Menjadi alat untuk mendidik dan melatih para pelaku dalam proses pengambilan keputusan serta langkah-langkah perbaikan.

Ada beberapa faktor pendukung dalam penyusunan Diagram *Fishbone*, yaitu:

1. Faktor Manusia: Sumber daya manusia adalah kekayaan paling berharga bagi sebuah perusahaan. Manajer perlu berupaya menciptakan perilaku positif di lingkungan kerja.
2. Faktor Metode Kerja: Merupakan aplikasi yang efektif dan sederhana untuk memenuhi kebutuhan teknis.
3. Faktr Material: Bahan baku yang diperlukan agar proses produksi berlangsung terus-menerus, dengan menjaga kelangsungan pasokan bahan baku.
4. Faktor Mesin: Alat yang digunakan dalam proses produksi produk atau

layanan.

5. Faktor Lingkungan: Pemanfaatan sumber daya alam dilakukan dengan mempertimbangkan daya dukung ekosistem sekitar.
6. Faktor Management: Berupa kebijakan dan cara pengelolaan

Dengan pemahaman yang mendalam terhadap faktor-faktor ini, analisis *fishbone* dapat memberikan kontribusi signifikan dalam penyelesaian masalah di perusahaan.

2.2. Kajian Penelitian Terdahulu (KPT)

Kajian penelitian terdahulu dijadikan sebagai acuan oleh peneliti untuk melaksanakan penelitiannya sehingga teori-teori yang digunakan menjadi lebih banyak sebagai bahan pertimbangan dan penguat dalam kajian penelitian yang sedang dilakukan. Meskipun penelitian saat ini tidak menemukan judul yang identik atau serupa dengan penelitian sebelumnya, peneliti tetap aktif mengintegrasikan dan mengadopsi penelitian terdahulu yang relevan sebagai referensi utama. Hal ini bertujuan untuk memperkaya, mendukung, dan memberikan dasar yang kuat bagi penelitian yang sedang dikembangkan. Beberapa penelitian relevan yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. *Towards a Digital Twin Modeling Methode for Container Terminal Port.*

Oleh Fauzi Hakimi, dkk. Tahun 2025

Penelitian ini mengusulkan metode digital twin untuk mengoptimalkan produktivitas dan mengurangi pergerakan tak produktif di *container yard* terminal pelabuhan. Dengan mereplikasi lapangan kontainer secara *virtual*, sistem memungkinkan pemantauan dan simulasi *crane* serta

strategi penumpukan secara *real-time*. Arsitektur terintegrasi dengan data operasional *Terminal Operating System* dan *Gate Operating System*, serta menghitung KPI seperti frekuensi *rehandle* dan jarak *crane*. Simulasi menunjukkan *digital twin* efektif mengidentifikasi area perbaikan dan mendukung strategi *stacking*. Keunggulannya terletak pada fleksibilitas, kemudahan integrasi tata letak terminal, dan adaptasi strategi operasional. Model ini membuka peluang penerapan *Industry 4.0* untuk terminal pelabuhan lebih efisien dan berkelanjutan.

2. Analisis Keterlambatan dan Efisiensi Kegiatan Bongkar Muat Petikemas Di Terminal PT. Prima Terminal Petikemas Belawan. Oleh Asbullah, dkk. Tahun 2024

Penelitian ini menganalisis penyebab keterlambatan dan upaya optimalisasi efisiensi bongkar muat petikemas di PT Prima Terminal Petikemas Belawan. Melalui pendekatan kualitatif berupa observasi lapangan, wawancara, dan studi literatur, ditemukan bahwa keterlambatan dipicu kerusakan alat seperti *gantry crane* dan *Reach Stacker*, cuaca buruk, keterbatasan tenaga kerja, serta koordinasi kurang optimal. Dampaknya meliputi peningkatan waktu tunggu, keterlambatan muatan, antrian kapal, dan kerugian operasional. Solusinya meliputi perbaikan layanan, pemeliharaan alat, peningkatan keterampilan tenaga kerja, optimalisasi jadwal, serta koordinasi antar-*stakeholder*. Penelitian ini menekankan pentingnya evaluasi rutin, edukasi SOP, dan penyelesaian hambatan secara cepat untuk meningkatkan efisiensi operasional pelabuhan.

3. *Operational Performance Evaluation of a Container Terminal Using Data Mining and Simulation.* Oleh Tiago Novaes Mathias, dkk. Tahun 2024

Penelitian ini mengevaluasi kinerja operasional *Hakata International Container Terminal* (HICCT), Jepang, menggunakan *data mining* dan simulasi untuk meningkatkan efisiensi penanganan peti kemas dengan mengurangi *rehandling*. Data operasional *crane* RTG selama setahun dianalisis untuk mengidentifikasi pola pergerakan, 40% berupa *repositioning* dan 7% inisiatif operator. Simulasi tiga skenario menunjukkan bahwa eliminasi pergerakan operator dan penataan ulang strategi *stacking* meningkatkan efisiensi, menurunkan total pergerakan 13% dan *rehandling* 42%. Studi ini menekankan pentingnya *big data* dan simulasi dalam mengoptimalkan operasional terminal secara berkelanjutan.

4. *Safe Operations Of a Reach Stacker by Computer Vision in an Automated Container Terminal.* Oleh Truong Ngoc Cuong, dkk. Tahun 2024

Penelitian ini mengusulkan pendekatan untuk meningkatkan keselamatan dan efisiensi *Reach Stacker* di terminal kontainer otomatis dengan menggabungkan *computer vision* dan *deep learning*. *EfficientDet* digunakan untuk deteksi objek, dikombinasikan dengan *k-means clustering* dan *GAN-forward diffusion* untuk estimasi jarak presisi. Metode ini akurasi deteksi 87,92% dan deviasi estimasi jarak 0,17 meter, diuji pada kondisi siang, malam, dan cuaca ekstrem. Hasilnya melampaui *YOLOv5* dan *Faster R-CNN* dalam akurasi, efisiensi memori, kecepatan. Studi menegaskan potensi *computer vision* otomatisasi dan keselamatan terminal pelabuhan.

5. *Optimised Use of Fixed-Scheduled Container Trains in Collaborative Logistics.* Oleh Matthias Prandtstetter, dkk. Tahun 2023

Penelitian ini mengusulkan optimasi pengangkutan kontainer via kereta api dengan penjadwalan tetap dalam skema logistik kolaboratif. Fokus pada *bundling* pengiriman dan pengurangan perjalanan, mendorong peralihan moda dari jalan ke rel demi dekarbonisasi. Masalah *Multiple Collaborative Round Trip Problem* (MCRP), yakni penjadwalan berbasis waktu dan kapasitas kereta serta terminal. Pendekatan *multicommodity flow* dan *integer linear programming* menurunkan perjalanan dan meningkatkan utilisasi, meski keterbatasan kapasitas dan waktu tetap menjadi tantangan. Simulasi semi-realistis membuktikan efektivitas metode ini dalam mengoptimalkan layanan rel.

6. *Reinforcement and Deep Reinforcement Learning-Based Solutions for Machine Maintenance Planning, Scheduling Policies, and Optimization.* Oleh Oluwaseyi Ogufowora, dkk. Tahun 2023

Penelitian ini meninjau penerapan *Reinforcement Learning (RL)* dan *Deep Reinforcement Learning (DRL)* untuk optimasi pemeliharaan mesin industri. RL efektif merancang kebijakan dinamis berbasis data *real-time* dari sistem monitoring. Kebijakan diklasifikasikan dalam *age-based*, *failure-limit*, dan *condition-based* menggunakan kerangka *Markov Decision Process (MDP)*. Juga dibahas integrasi RL dengan algoritma *metaheuristic* pada sistem *multi-unit*, termasuk *maintenance grup* dan *oportunistik*. Hasilnya, RL–DRL meningkatkan efisiensi perencanaan dan

menjadi solusi potensial untuk *smart maintenance* di era Industri 4.0.

7. Analisis Faktor-Faktor yang Menghambat Kegiatan Bongkar Muat Peti Kemas Impor di Terminal 3 Internasional PT. Tangguh Samudera Jaya. Oleh Kencana Vrawati, dkk. Tahun 2022

Penelitian ini mengidentifikasi hambatan utama bongkar muat peti kemas impor di Terminal 3 PT Tangguh Samudera Jaya menggunakan metode deskriptif kualitatif. Hambatan terbagi menjadi manusia, cuaca, mesin, dan metode. *Idle time* tertinggi disebabkan kerusakan alat (Januari 46%, Februari 49%), sementara Maret didominasi prosedur kerja yang tidak efisien (53%). Dampaknya mencakup keterlambatan, penumpukan, dan kerugian operasional. Ditekankan pentingnya pemeliharaan alat dan evaluasi prosedur untuk meningkatkan efisiensi layanan.

8. Perawatan dan Perbaikan Alat *Reach Stacker* (RS) PT. Pelabuhan Indonesia IV (Persero) Cabang Kendar. Oleh Salim, dkk. Tahun 2022

Penelitian ini membahas pemeliharaan *Reach Stacker* di PT Pelabuhan Indonesia IV Cabang Kendari. Tujuannya adalah mengidentifikasi jenis kerusakan pada komponen utama seperti *engine*, *electrical*, *hydraulic*, penggerak, dan *chasis*, serta meningkatkan kesiapan teknisi melalui metode *preventive*, *predictive*, dan *corrective maintenance*. Data dikumpulkan melalui wawancara dan observasi selama satu tahun. Hasil menunjukkan kerusakan tertinggi terjadi pada komponen *hydraulic*, terutama *seal kit cylinder twistlock*. Penyebabnya antara lain kurangnya pemeliharaan, usia pakai, dan kesalahan operator.

Penanganan disarankan melalui penggantian suku cadang sesuai prosedur dan peningkatan pemahaman teknisi terhadap hubungan antar komponen agar proses *maintenance* lebih efektif.

9. Kapasitas Infrastruktur dan Fasilitas pada Kereta Api Angkutan Barang dan Logistik. Oleh Abi Prasidi Muhamad, Rifni. Tahun 2020

Penelitian ini mengkaji keterbatasan infrastruktur dan peran pemerintah dalam mendukung angkutan barang kereta api oleh PT KALOG. Metode fenomenologis mengungkap kendala utama berupa minimnya sarana seperti gudang, *forklift*, dan akses bongkar muat, membuat truk lebih dipilih karena fleksibel. Moda kereta belum optimal karena stasiun belum terintegrasi dengan pusat distribusi. Peran pemerintah masih terbatas meski tercantum dalam RPJMN dan RIPNas. Disarankan kolaborasi dengan swasta, peningkatan fasilitas, dan integrasi layanan berbasis teknologi informasi untuk mendukung efisiensi logistik nasional.

10. *Analysis of Factors Causing Delay in Unloading Imported Goods*. Oleh Siti Sahara. Tahun 2021

Penelitian ini mengkaji penyebab keterlambatan bongkar muat barang impor di PT Tangguh Samudera Jaya, Tanjung Priok dengan pendekatan deskriptif kualitatif melalui wawancara, observasi, dan dokumentasi. Hasil menunjukkan 80% keterlambatan disebabkan faktor tak terkendali, terutama kerusakan alat (41%) dan proses buka-tutup *palka* (25%), serta 20% dari faktor terkendali seperti kepadatan yard dan shifting kontainer.

Disimpulkan bahwa pemeliharaan dan ketersediaan alat seperti *Quay Crane*, *Harbor Mobile Crane*, dan *Reach Stacker* sangat memengaruhi efisiensi bongkar muat.

Sebagai upaya memperkuat kerangka konseptual dan memperdalam pemahaman terhadap isu yang diteliti, peneliti melakukan kajian terhadap beberapa penelitian terdahulu yang relevan. Kajian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pendekatan, metode, dan hasil yang diperoleh dalam penelitian-penelitian sebelumnya, khususnya yang membahas strategi pemeliharaan alat berat, efisiensi operasional, serta optimalisasi proses bongkar muat dalam konteks logistik. Selain memberikan gambaran umum tentang kontribusi teoritis dan praktis yang telah ada, kajian ini juga menjadi dasar dalam menyusun arah penelitian dan mengidentifikasi celah penelitian (*research gap*) yang dapat diisi melalui studi ini.

Guna mempermudah pemetaan dan perbandingan antar penelitian terdahulu, peneliti merangkum hasil kajian tersebut ke dalam bentuk tabel. Tabel ini memuat ringkasan dari masing-masing penelitian yang telah ditelaah, meliputi nama peneliti, tahun terbit, judul penelitian, metode penelitian, serta hasil dan kontribusinya terhadap penelitian ini. Penyajian dalam bentuk tabel ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang lebih terstruktur dan komprehensif mengenai posisi dan orisinalitas penelitian ini di antara studi-studi yang telah ada.

Tabel 2 . 1 Kajian Penelitian Terdahulu

No	Judul, Peneliti, Oleh, dan Tahun	Tujuan	Metode	Hasil	Persamaan	Perbedaan
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1.	<i>Towards a Digital Twin Modeling Methode for Container Terminal Port.</i> Oleh Fauzi Hakimi, dkk. Tahun 2025	Memperkenalkan strategi baru meningkatkan produktivitas dan meminimalkan pergerakan non-produktif didalam <i>Container Yard</i> . Strategi ini dengan metodologi berbasis <i>digital twin</i> .	<i>Mix Method</i> (Kualitatif dan Kuantitatif). Metode berbasis <i>digital twin</i>	Digital twin dapat secara akurat mencerminkan operasi terminal peti kemas, memungkinkan identifikasi potensi optimasi, membantu manager dan operator dalam keputusan strategi penumpukan, alokasi sumber daya, dan penjadwalan pemeliharaan.	Membahas tentang upaya peningkatan produktifitas dan efisiensi operasional di <i>Container Yard</i> terminal/ logistik	Membahas metode permodelan <i>digital twin</i> untuk meningkatkan produktifitas dan meminimalkan pergerakan non-produktif, sedangkan penelitian ini strategi pengoptimalan waktu siklus bongkar muat dengan strategi pemeliharaan alat berat
2.	Analisis Keterlambatan dan Efisiensi Kegiatan Bongkar Muat Petikemas Di Terminal PT. Prima Terminal Petikemas Belawan Oleh Asbullah, dkk. Tahun 2024	Mengkaji aspek keterlambatan dan peningkatan efisiensi dalam proses bongkar muat peti kemas di Terminal milik PT Prima Petikemas.	Kualitatif deskriptif melalui observasi lapangan, wawancara, dan studi literatur.	Saran strategis guna meningkatkan efisiensi meliputi perbaikan koordinasi, optimalisasi jadwal, serta penerapan teknologi terbaru	Membahas mengenai efektivitas operasional dan faktor-faktor yang berdampak pada proses bongkar muat di terminal	Fokus pada analisis keterlambatan bongkar muat secara umum, sedangkan penelitian ini menyoroti pengaruh pemeliharaan alat berat terhadap efisiensi.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
3.	<i>Operational Performance Evaluation of a Container Terminal Using Data Mining and Simulation.</i> Oleh Tiago Novaes Mathias, dkk. Tahun 2024	Meningkatkan efisiensi terminal melalui analisis data, simulasi pergerakan kontainer, pengurangan ulang (<i>rehandling</i>), dan mengoptimalkan strategi optimalisasi	<i>Mix Method</i> (Kualitatif dan Kuantitatif). Pendekatan data mining dan simulasi.	Hasil simulasi menunjukkan bahwa strategi penempatan kontainer yang lebih sistematis mampu meningkatkan <i>throughput</i> terminal dan mengurangi waktu operasional, meningkatkan efisiensi secara keseluruhan.	Membahas tentang upaya pengoptimalan proses bongkar muat di terminal peti kemas dan menitikberatkan pada efisiensi peralatan penanganan <i>container</i> dan pentingnya manajemen sumber daya dan strategi	Fokus menggunakan data <i>science</i> dan simulasi mengoptimalkan operasi terminal, penelitian ini dengan <i>fishbone analysis</i> untuk masalah pemeliharaan dan solusi preventif.
4.	<i>Safe operations of a Reach Stacker by computer vision in an automated container terminal.</i> Oleh Truong Ngoc Cuong, dkk. Tahun 2024	Meningkatkan integrasi model generatif dan <i>deep learning</i> , deteksi objek dan estimasi jarak, mendukung keputusan penanganan kontainer <i>Reach Stacker</i> di terminal Pelabuhan	<i>Mix Method</i> (Kualitatif dan Kuantitatif). Akurasi dan data pengujian.	Pendekatan yang diusulkan menghasilkan deteksi objek dan estimasi jarak secara akurat yang superior dalam operasi terminal pelabuhan, ditandai dengan akurasi tinggi dan pengurangan biaya komputasi. Keandalan sistem <i>real-time</i> .	Membahas tentang pengoptimalan operasi alat berat di <i>container</i> terminal. Pentingnya peningkatan kinerja <i>Reach Stacker</i> demi kelancaran proses bongkar muat	fokus pada solusi teknologi otomatisasi dan efisiensi operasional. Sedangkan penelitian ini menganalisis masalah dan solusi manajerial/preventif dalam pemeliharaan.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
5.	<i>Optimised Use of Fixed-Scheduled Container Trains in Collaborative Logistics</i> . Oleh Matthias Prandtstetter, dkk. Tahun 2023	Mengusulkan pendekatan baru, meningkatkan <i>throughput</i> transportasi kontainer melalui pengelompokan cerdas di jalur kereta api. Memberi solusi optimal transportasi kontainer	<i>Mix Method</i> (Kualitatif dan Kuantitatif). Simulasi data semi-realistic.	<i>Collaborative Logistics</i> meningkatkan efisiensi sistem transportasi untuk mendukung dekarbonisasi, dengan efektivitas yang bergantung pada kolaborasi antar pemangku kepentingan	Membahas tentang pengoptimalan transportasi kontainer	Fokus pada optimasi logistik dan pengurangan emisi pada jaringan kereta api, sementara penelitian ini menganalisis solusi permasalahan pemeliharaan alat berat di terminal peti kemas.
6.	<i>Reinforcement and Deep Reinforcement Learning-Based Solutions for Machine Maintenance Planning, Scheduling Policies, and Optimization</i> . Oleh Oluwaseyi Ogufowora, dkk. Tahun 2023	Aplikasi untuk pemecah masalah perencanaan dan optimalisasi pemeliharaan.	<i>Mix Method</i> (Kualitatif dan Kuantitatif). Data pengujian, algoritma	Memberikan gambaran komprehensif bagaimana reinforcement learning diterapkan pada perencanaan, penjadwalan, dan optimasi pemeliharaan, dengan rencana pemeliharaan dinamis dengan memanfaatkan data pemantauan kondisi.	Membahas tentang perencanaan dan optimasi pemeliharaan mesin atau asset.	Tentang solusi berbasis <i>reinforcement learning</i> untuk perencanaan pemeliharaan mesin, kebijakan penjadwalan, dan optimasi. Sedangkan penelitian ini membahas strategi pengoptimalan waktu siklus bongkar muat, strategi preventif.

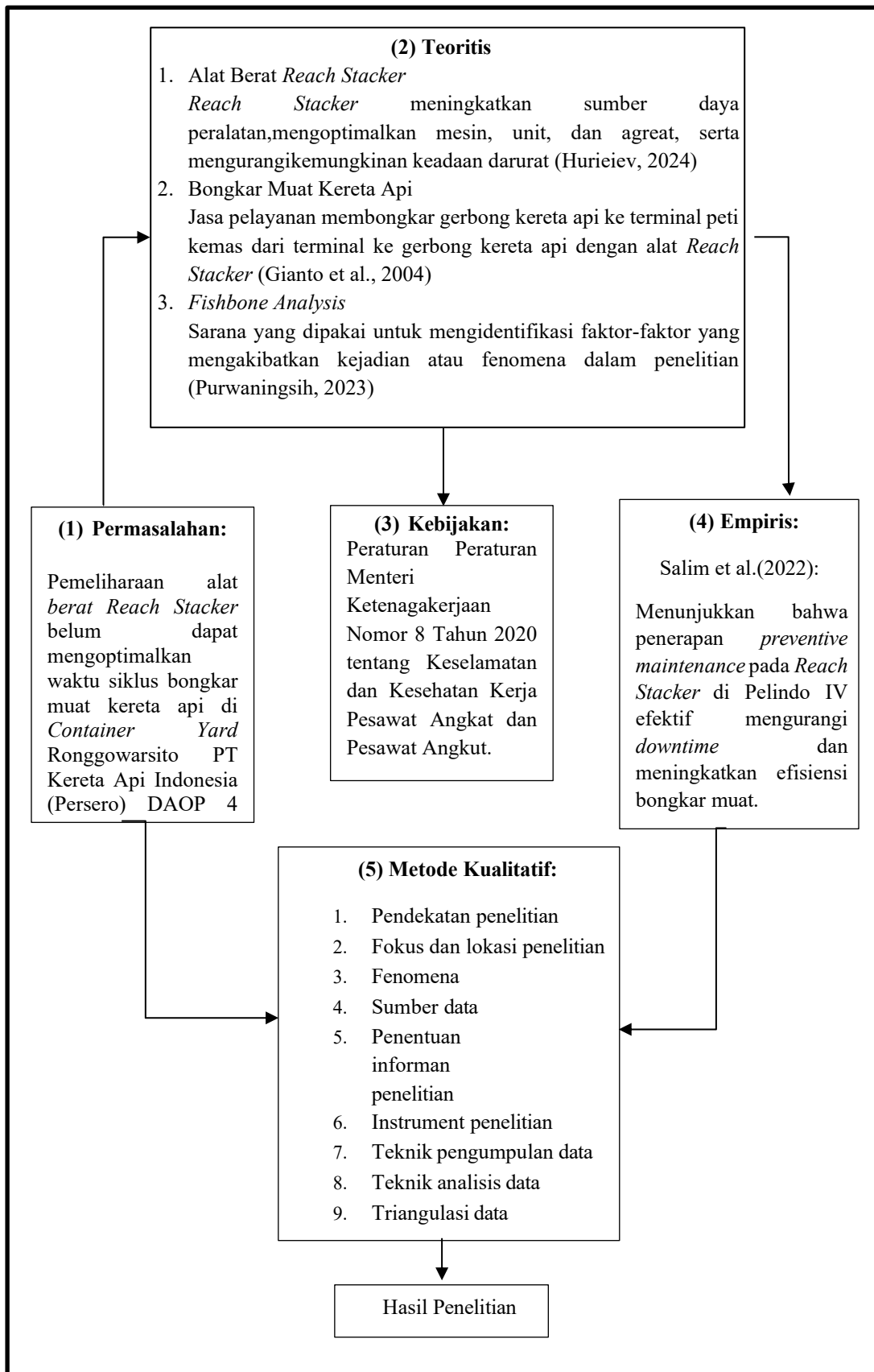
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
7.	Analisis Faktor-Faktor yang Menghambat Kegiatan Bongkar Muat Peti Kemas Impor di Terminal 3 Internasional PT. Tangguh Samudera Jaya. Oleh Kencana Verawati, dkk. Tahun 2022	Mengidentifikasi penyebab paling signifikan yang menjadi kendala dalam proses bongkar muat peti kemas impor agar operasional dapat berjalan lebih efisien	Deskriptif Kualitatif melalui wawancara, observasi, dan analisis <i>idle-time</i>	Kegiatan bongkar muat peti kemas mengalami hambatan dikategorikan menjadi 4 faktor yaitu manusia, cuaca, mesin, dan metode. Faktor mesin memiliki pengaruh paling signifikan disebabkan oleh berbagai kerusakan alat, dan faktor metode menjadi penyumbang utama <i>idle time</i> .	Membahas tentang hambatan dalam kegiatan bongkar muat peti kemas dan pengaruhnya terhadap efektivitas operasional, termasuk faktor manusia, mesin, metode, dan lingkungan kerja	Hambatan bongkar muat di pelabuhan fokus pada idle time dan produktivitas alat, penelitian ini strategi pemeliharaan alat berat <i>Reach Stacker</i> , mengoptimalkan waktu siklus bongkar muat
8.	Perawatan dan Perbaikan Alat <i>Reach Stacker</i> (RS) PT. Pelabuhan Indonesia IV (PERSERO) Cabang Kendari. Oleh Emil Salim, dkk. Tahun 2022	Mengetahui jenis kerusakan pada alat dan meningkatkan kesiapan penanganan perawatan <i>Reach Stacker</i> (<i>preventive, predictive, corrective</i>) melalui identifikasi jenis kerusakan.	Deskriptif Kualitatif melalui observasi dan wawancara	Pengelompokan komponen utama <i>Reach Stacker</i> memudahkan identifikasi jenis kerusakan umum dan langkah penanganannya. Memberikan saran meningkatkan pemahaman teknisi terhadap komponen alat dan tindakan perbaikan	Membahas tentang pemeliharaan dan perbaikan alat berat <i>Reach Stacker</i> .	Jurnal mengidentifikasi jenis kerusakan komponen <i>Reach Stacker</i> , sementara penelitian ini menganalisis penyebab dan solusi preventifnya.

(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
9.	<i>Analysis of Factors Causing Delay in Unloading Imported Goods.</i> Oleh Siti Sahara. Tahun 2021	Mengidentifikasi serta menganalisis faktor-faktor penyebab keterlambatan dalam proses bongkar muat barang impor, khususnya di PT Tangguh Samudra Jaya (TSJ), Tanjung Priok	Kualitatif melalui fenomenologis, observasi dan dokumentasi	Keterlambatan bongkar muat barang impor dipengaruhi oleh faktor tak terkendali terutama akibat buka-tutup palka dan kerusakan peralatan dermaga. Rekomendasi pemeliharaan dan perbaikan alat utama seperti <i>Quay Crane</i> dan <i>Reach Stacker</i> untuk meminimalisir keterlambatan.	Membahas tentang faktor-faktor yang mempengaruhi kegiatan bongkar muat barang, yang meliputi peran <i>Reach Stacker</i> serta pentingnya kesiapan alat dan tenaga kerja dalam mendukung kelancaran operasional bongkar muat barang	Fokus pada faktor penyebab keterlambatan dalam bongkar muat barang impor, penelitian ini fokus pada analisis masalah pemeliharaan alat berat dan pemberian solusi preventif.
10.	Kapasitas Infrastruktur dan Fasilitas pada Kereta Api Angkutan Barang dan Logistik. Oleh Abi Prasidi Muhammad, Rifni. Tahun 2020	Mengetahui kapasitas infrastruktur transportasi kereta api yang optimal untuk distribusi barang, khususnya yang dikelola oleh PT. <i>Railway Logistics</i> KALOG.	Deskriptif kualitatif melalui wawancara, observasi, dan dokumentasi	Meningkatkan pengetahuan tentang kebutuhan angkutan barang kereta api pada distribusi barang di Pulau Jawa.	Membahas tentang kapasitas infrastruktur serta sarana kereta api dalam operasional angkutan barang dan logistik	Fokus pemeliharaan alat <i>Reach Stacker</i> (sarana), penelitian ini focus pada pemeliharaan alat <i>Reach Stacker</i> , yang merupakan bagian dari sarana, bukan prasarana

2.3. Alur Kerangka Penelitian

Alur kerangka berpikir dalam penelitian ini dimulai dari identifikasi masalah tingginya frekuensi kerusakan *Reach Stacker* yang berdampak pada terganggunya waktu siklus bongkar muat kereta api di *Container Yard* Ronggowarsito PT Kereta Api Indonesia (Persero) Daerah Operasi 4 Semarang. Penelitian ini mengacu pada tiga teori utama, yaitu strategi pemeliharaan, efisiensi operasional, dan optimalisasi waktu siklus bongkar muat, yang dipilih karena relevan dengan kondisi di lapangan dan mendukung perbaikan sistem pemeliharaan alat berat. Penelitian juga merujuk pada Peraturan Menteri Ketenagakerjaan Nomor 8 Tahun 2020 dan SOP bongkar muat PT KAI.

Peneliti mengkaji sepuluh penelitian terdahulu, terdiri dari lima jurnal internasional dan lima nasional. Salah satu kajian paling relevan adalah “Perawatan dan Perbaikan Alat *Reach Stacker* (RS) PT Pelabuhan Indonesia IV (PERSERO) Cabang Kendari” (Salim et al., 2022) karena kesamaan metode dan fokusnya. Penelitian ini menggunakan metode kualitatif deskriptif, dengan fokus pada strategi pemeliharaan *Reach Stacker*, analisis akar masalah menggunakan pendekatan *fishbone*, serta perumusan solusi strategis. Fenomena yang dikaji meliputi aspek SDM, metode kerja, lingkungan, ketersediaan suku cadang, manajemen, serta kondisi alat di lapangan. Data dikumpulkan melalui wawancara dengan lima informan, observasi, dan dokumentasi kegiatan operasional.



Gambar 2. 1 Alur Kerangka Penelitian

Sumber: Data diolah Peneliti, 2024