

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Dinamika industri manufaktur, logistik, dan distribusi di era modern menuntut adanya sistem manajemen rantai pasok (*supply chain management*) yang tidak hanya berjalan cepat, melainkan juga mengedepankan efisiensi tinggi, ketepatan waktu (*just-in-time*), serta pemenuhan standar keselamatan kerja yang ketat. Dalam ekosistem logistik maritim, terminal peti kemas memegang peranan yang sangat vital sebagai pintu gerbang utama arus barang lintas wilayah maupun internasional. Di dalam kawasan terminal ini, aktivitas bongkar muat (*loading and unloading*) peti kemas menjadi denyut nadi utama yang menentukan hidup matinya operasional pelabuhan. Kecepatan siklus penanganan peti kemas secara langsung memengaruhi waktu bongkar muat kapal yang berefek pada efisiensi biaya logistik secara mikro maupun makro.

Dalam menjaga ritme operasional yang tinggi tersebut, *Container Crane* (CC) atau *Quayside Container Crane* bertindak sebagai instrumen mekanis dan struktural utama yang menjamin kelancaran arus bongkar muat antara kapal dan dermaga. Mengingat peranannya yang begitu strategis dan intensitas kerjanya yang berlangsung terus-menerus selama 24 jam sehari, aspek keandalan (*reliability*), ketersediaan (*availability*), dan perawatan (*maintainability*) dari seluruh komponen *Container Crane* bukan lagi sekadar pilihan teknis dalam manajemen aset, melainkan telah menjadi parameter fundamental. Kegagalan fungsi pada satu sub-sistem saja dapat menghentikan seluruh rangkaian logistik di terminal, memicu kerugian finansial yang masif akibat penundaan operasional, serta meningkatkan risiko kecelakaan kerja di area yang sarat dengan potensi bahaya tinggi (*high-risk area*).

Pada unit *container crane* HE-382 yang beroperasi di kawasan industri PT Indah Kiat *Pulp and Paper*, komponen yang bertindak sebagai ujung tombak utama dari seluruh performansi pengangkatan adalah *spreader*. Sebagai perangkat penangkap (*handling device*) yang berinteraksi secara langsung dengan beban berat

peti kemas berukuran 20 hingga 40 kaki, *spreader* memiliki struktur mekanis yang sangat kompleks. Perangkat ini tidak hanya berfungsi menahan beban statis dan dinamis peti kemas, tetapi juga mengeksekusi mekanisme penguncian yang super presisi melalui empat buah *twistlock* yang masuk ke dalam *corner casting* peti kemas.



Gambar 1.1 Bentuk *container crane* HE-382
Sumber: (Dokumentasi, 2026)

Secara teknis, keseluruhan pergerakan mekanis dan hidrolis pada *spreader* tersebut diatur oleh sebuah integrasi sistem elektrikal mutakhir yang terhubung secara *real-time* dengan sistem kontrol pusat (*Main Control PLC*) pada kabin operator *crane*. Sistem elektrikal ini merupakan otak dan jaringan saraf dari *spreader*, yang mencakup sinergi antara motor penggerak untuk mekanisme pemanjangan lengan (*telescopic motor*), katup solenoid (*solenoid valves*) untuk sistem hidrolis, sistem komunikasi data nirkabel atau kabel *festoon*, serta deretan sensor posisi yang sangat sensitif seperti *landed sensor* (sensor pendeteksi bahwa *spreader* telah menapak sempurna di atas kontainer), *flipper sensor*, dan *twistlock locked/unlocked sensor*. Akurasi pembacaan sinyal dan sinkronisasi yang sempurna dari seluruh komponen elektrikal ini merupakan syarat mutlak agar proses penguncian, pengangkatan, dan pemindahan peti kemas dapat dilakukan dengan tingkat kesalahan nol (*zero-error margin*).

Namun, dalam realitas operasional di lapangan, sistem elektrikal pada *spreader* HE-382 ini terus-menerus dihadapkan pada tantangan lingkungan kerja dan beban teknis yang sangat ekstrem. PT Indah Kiat *Pulp and Paper*, sebagai industri manufaktur bubur kertas dan kertas yang terintegrasi dengan pelabuhan

khusus, memiliki karakteristik lingkungan yang sangat menantang bagi perangkat elektronik. Komponen-komponen elektrikal pada *spreader* terpapar secara langsung oleh debu industri padat yang masif, fluktuasi kelembapan udara yang tinggi, perubahan suhu ekstrem, serta sifat korosif dari uap air laut dan zat kimia lingkungan sekitar.



Gambar 1.2 Bentuk fisik *spreader* HE-382
Sumber: (Dokumentasi, 2026)

Kondisi lingkungan yang agresif ini memicu degradasi dini (*premature degradation*) pada material-material sensitif. Gejala kegagalan sistem elektrikal yang sering muncul di lapangan sangat bervariasi dan bersifat acak (*random failure*), mulai dari anomali pembacaan *proximity sensor* akibat tertutup polutan, interferensi komunikasi data, korosi pada konektor dan terminal blok di dalam *junction box*, hingga terjadinya korsleting (*short circuit*) atau putusnya kabel kontrol akibat kelelahan material (*fatigue*) yang dipicu oleh getaran dan beban kejut (*impact load*) yang berulang saat *spreader* menjemput kontainer.

Dampak dari gangguan elektrikal ini bersifat sangat kritis dan multi-dimensi. Dari sudut pandang keselamatan kerja (*occupational safety*), kegagalan fungsi elektrikal seperti malafungsi pada sistem *interlock* atau kesalahan pembacaan posisi *twistlock* oleh sensor dapat berakibat fatal. Jika sensor memberikan sinyal "terkunci" yang salah (*false signal*) padahal mekanisme penguncian belum sempurna, lalu operator melakukan pengangkatan, risiko jatuhnya peti kemas dari ketinggian akan meningkat drastis. Hal ini tidak hanya berpotensi menghancurkan aset berharga perusahaan dan muatan milik klien, tetapi

juga mengancam keselamatan jiwa personel yang beraktivitas di bawah area kerja *crane*.

Implikasi dari kegagalan sistem elektrikal ini kemudian merambah secara masif pada kerugian ekonomi yang bersifat sistemik bagi perusahaan. Munculnya waktu henti operasional yang tidak terencana (*unplanned downtime*) secara mendadak akan mengacaukan jadwal sandar kapal, menghambat ritme distribusi produk kertas siap kirim, memicu pembengkakan biaya pemeliharaan darurat (*corrective maintenance cost*) karena penggantian komponen yang mendadak, serta menurunkan indeks efisiensi peralatan secara keseluruhan yang diukur melalui *Overall Equipment Effectiveness* (OEE). Hingga saat ini, pola penanganan kerusakan elektrikal pada *spreader* HE-382 masih sering bersifat reaktif, di mana tim teknis baru bergerak melakukan perbaikan setelah gejala kerusakan total muncul, tanpa adanya peta komprehensif yang menjabarkan rangkaian kejadian yang memicu kerusakan tersebut. Oleh karena itu, diperlukan sebuah pendekatan analitis yang terstruktur, ilmiah, dan mendalam untuk mengurai rantai penyebab kegagalan dan mengukur tingkat risiko dari setiap komponen elektrikal yang terlibat.

Sebagai solusi metodologis yang komprehensif terhadap permasalahan tersebut, penelitian skripsi ini menerapkan metode analisis risiko dan kegagalan yang andal, yaitu *Fault Tree Analysis* (FTA). Metode FTA dipilih karena efektivitasnya dalam membedah sistem yang kompleks secara deduktif dengan pendekatan *top-down*. Analisis dimulai dengan menetapkan satu kejadian gagal yang paling kritis di puncak sistem (*top event*), yaitu "Kegagalan Fungsi Elektrikal *Spreader Container Crane* HE-382". Dari *top event* tersebut, sistem diurai secara bertahap ke bawah mencari kombinasi kegagalan tingkat menengah (*intermediate event*) hingga menemukan akar penyebab paling dasar yang tidak dapat dibagi lagi (*basic event*), seperti kegagalan jenis komponen tertentu atau kesalahan pemeliharaan manusia (*human error*).

Melalui visualisasi diagram pohon logika yang sistematis dan penggunaan gerbang logika (*AND gate* dan *OR gate*), metode FTA mampu memetakan hubungan kausalitas yang rumit antar-komponen elektrikal secara transparan.

Keunggulan utama FTA dalam kasus ini adalah kemampuannya mendeteksi kegagalan titik tunggal (*single point of failure*) maupun kegagalan kombinasi tersembunyi yang selama ini luput dari inspeksi visual harian tim *maintenance*. Hasil akhir dari analisis FTA ini tidak hanya berupa representasi visual dari rute kegagalan sistem, melainkan sebuah dokumen evaluasi risiko yang objektif dan terukur.

Dengan diketahuinya akar penyebab masalah secara akurat pada sistem elektrikal *spreader* HE-382, hasil penelitian ini diharapkan dapat diproyeksikan sebagai landasan strategis dan referensi ilmiah bagi manajemen PT Indah *Kiat Pulp and Paper*. Data ini dapat digunakan untuk mereformasi skema pemeliharaan rutin, dari yang semula bersifat reaktif-korektif menjadi preventif-prediktif (*preventive and predictive maintenance*) yang berbasis keandalan (*Reliability Centered Maintenance*).

1.2 Rumusan masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka permasalahan yang akan dikaji dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Apa saja faktor penyebab kegagalan sistem elektrikal pada *spreader container crane* HE-382?
2. Bagaimana struktur hubungan penyebab kegagalan menggunakan metode FTA?
3. Komponen apa saja yang memiliki tingkat risiko tertinggi pada sistem elektrikal *spreader*?
4. Bagaimana upaya yang dapat dilakukan untuk meminimalkan risiko kegagalan tersebut?

1.3 Batasan masalah

Agar penelitian lebih terarah dan fokus, maka ruang lingkup penelitian ini dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Analisa hanya difokuskan pada sistem elektrikal *spreader* pada *container crane* HE-382.

2. Tidak membahas secara mendalam sistem mekanik kecuali yang berkaitan dengan elektrikal.
3. Metode yang digunakan hanya FTA.
4. Data yang digunakan berdasarkan hasil observasi, wawancara, dan data historis di lapangan.
5. Analisa tidak mencakup perhitungan biaya (*cost analysis*).

1.4 Tujuan dan manfaat penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah:

1. Mengidentifikasi penyebab kegagalan sistem elektrikal pada *spreader container crane* HE-382.
2. Menganalisis hubungan antar penyebab kegagalan menggunakan metode FTA.
3. Memberikan rekomendasi perawatan untuk meningkatkan keandalan sistem elektrikal spreader.

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Sebagai bahan evaluasi sistem *maintenance* pada crane.
2. Mengurangi risiko kerusakan dan *downtime*.
3. Meningkatkan keselamatan kerja.
4. Menambah pengetahuan tentang analisa kegagalan sistem elektrikal.
5. Menerapkan metode FTA secara langsung di industri.
6. Menjadi referensi untuk penelitian sejenis.
7. Menambah literatur di bidang teknik elektro dan *maintenance*.

1.5 Metode penyelesaian masalah

Dalam penelitian “Analisa Risiko Kegagalan Elektrikal Pada *Spreader Container Crane* HE-382 Dengan Metode FTA Di PT INDAH Kiat *PULP AND PAPER*”, metode yang akan digunakan meliputi beberapa tahapan sebagai berikut:

1. Studi literatur

- a. Mengumpulkan referensi dari buku, jurnal, artikel, dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan sistem elektrikal *crane*, metode FTA, dan *maintenance* industri.
 - b. Tujuan tahap ini adalah memperoleh landasan teori dan konsep untuk metode yang akan diterapkan.
2. Pengumpulan Data

Observasi langsung di lapangan, wawancara dengan teknisi, dan data historis kerusakan.
 3. Analisa FTA : Menentukan *top event*, membuat struktur pohon kegagalan, mengidentifikasi akar penyebab.
 4. Evaluasi Dan Rekomendasi

Mengidentifikasi kerusakan komponen elektrikal yang berisiko tinggi, Serta menyusun strategi perawatan : *preventive maintenance*, *predictive maintenance*, *corrective maintenance*.