



Evaluasi Implementasi Pemeliharaan *Wire Rope* pada Sistem *Gantry Luffing Crane* Berdasarkan Prinsip *Preventive Maintenance*

Evaluation of Wire Rope Maintenance Implementation in a Gantry Luffing Crane System Based on Preventive Maintenance Principles

Noufal Hafizh Arifin^{1,a)}, Hamid Abdillah¹

¹Pendidikan Vokasional Teknik Mesin, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

^{a)}Corresponding author: noufalfahizh86@gmail.com

Abstrak

Wire Rope merupakan komponen kritis pada sistem *Gantry Luffing Crane* (GLC) yang memerlukan pemeliharaan untuk menjaga keandalan operasional. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi implementasi pemeliharaan *Wire Rope* berdasarkan prinsip *Preventive Maintenance*. Penelitian menggunakan metode evaluatif dengan pendekatan deskriptif kualitatif melalui studi kasus pada lima unit GLC dengan dua sistem *Wire Rope* (*hoist dan luffing*). Data dikumpulkan selama Juli–Agustus 2025 melalui observasi, wawancara terhadap satu supervisor dan dua teknisi, serta dokumentasi. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa implementasi pemeliharaan meliputi inspeksi harian, inspeksi bulanan, riksa uji tahunan, pelumasan setiap 150–200 jam operasi, serta penggantian *Wire Rope* berdasarkan hasil inspeksi dan *discard criteria*. Indikator evaluasi mencakup korosi, *broken Wire*, deformasi, keausan, dan penyusutan diameter. Faktor yang memengaruhi implementasi pemeliharaan meliputi intensitas operasi, pembebanan, kondisi lingkungan, dan sistem dokumentasi pemeliharaan. Hasil penelitian mengindikasikan penerapan karakteristik *Preventive Maintenance* dalam praktik pemeliharaan.

Kata Kunci: evaluasi pemeliharaan; *gantry luffing crane*; *preventive maintenance*; *wire rope*

Abstract

Wire Ropes are critical components of *Gantry Luffing Crane* (GLC) systems that require maintenance to ensure operational reliability. This study aims to evaluate the implementation of *Wire Rope* maintenance based on the principles of *Preventive Maintenance*. The study employs an evaluative method with a qualitative descriptive approach through a case study of five GLC units equipped with two *Wire Rope* systems (*hoist and luffing*). Data were collected during July–August 2025 through observation, interviews with one supervisor and two technicians, and documentation. The evaluation results show that maintenance implementation includes daily inspections, monthly inspections, annual testing, lubrication every 150–200 operating hours, and *Wire Rope* replacement based on inspection results and *discard criteria*. Evaluation indicators included corrosion, broken Wires, deformation, wear, and diameter reduction. Factors influencing maintenance implementation included operational intensity, load, environmental conditions, and the maintenance documentation system. The research results indicate the application of *Preventive Maintenance* characteristics in maintenance practices.

Keywords: maintenance evaluation; *gantry luffing crane*; *preventive maintenance*; *wire rope*

PENDAHULUAN

Peralatan angkat (*lifting equipment*) merupakan salah satu komponen penting dalam sistem bongkar muat di pelabuhan karena berperan dalam menjamin kelancaran perpindahan material dengan kapasitas besar secara efisien dan aman. Salah satu jenis peralatan yang banyak digunakan adalah *Gantry Luffing Crane* (GLC), yaitu *crane* yang dirancang untuk melakukan proses

pengangkatan dan pemindahan muatan secara berulang pada area dermaga. Dalam sistem tersebut, *Wire Rope* berfungsi sebagai komponen utama yang menerima beban tarik selama proses operasi sehingga memiliki peranan yang sangat penting terhadap keandalan peralatan dan keselamatan kerja. Kerusakan pada *Wire Rope* dapat mengakibatkan terganggunya kegiatan bongkar muat, menurunkan keandalan operasi *crane*, serta meningkatkan

potensi terjadinya kecelakaan kerja [1]. Oleh karena itu, penerapan sistem pemeliharaan yang tepat menjadi aspek yang sangat penting untuk menjaga kinerja *Wire Rope* selama masa operasionalnya.

Selama digunakan, *Wire Rope* mengalami pembebanan siklik, gesekan dengan sheave dan drum, serta paparan lingkungan operasional yang bersifat korosif. Kombinasi faktor tersebut dapat menyebabkan terjadinya degradasi material berupa *broken Wire*, korosi, deformasi, penyusutan diameter, *birdcaging*, maupun bentuk kerusakan lainnya yang berpotensi menurunkan kapasitas angkat dan mempercepat kegagalan komponen [2]. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa keberhasilan pemeliharaan *Wire Rope* tidak hanya ditentukan oleh kualitas material yang digunakan, tetapi juga oleh efektivitas sistem pemeliharaan dalam mendeteksi perubahan kondisi komponen secara dini sehingga tindakan pemeliharaan maupun penggantian dapat dilakukan sebelum terjadi kegagalan.

Salah satu strategi yang umum diterapkan dalam pemeliharaan peralatan industri adalah *Preventive Maintenance*. Strategi ini merupakan pendekatan pemeliharaan yang dilaksanakan secara terencana berdasarkan interval waktu maupun jam operasi melalui kegiatan inspeksi, pelumasan, pemeriksaan kondisi, serta tindakan pencegahan lainnya untuk mengurangi kemungkinan terjadinya kegagalan komponen [3]. Pada sistem *Wire Rope*, implementasi *Preventive Maintenance* bertujuan mempertahankan kondisi komponen agar tetap memenuhi persyaratan operasional melalui pelaksanaan inspeksi berkala, pelumasan rutin, serta evaluasi kondisi fisik secara sistematis [4].

Dalam praktiknya, implementasi *Preventive Maintenance* sering dipadukan dengan pendekatan *Condition-Based Maintenance* (CBM). Kedua pendekatan tersebut memiliki karakteristik yang berbeda, tetapi saling melengkapi dalam proses pemeliharaan. *Preventive Maintenance* menekankan pelaksanaan kegiatan pemeliharaan berdasarkan jadwal yang telah ditetapkan, sedangkan *Condition-Based Maintenance* menggunakan hasil pemantauan kondisi aktual komponen sebagai dasar pengambilan keputusan pemeliharaan. Dengan demikian, inspeksi dan pelumasan dilaksanakan secara periodik sebagai bagian dari *Preventive Maintenance*, sementara keputusan mempertahankan atau mengganti *Wire Rope* ditentukan berdasarkan hasil evaluasi kondisi komponen. Pemahaman terhadap hubungan kedua pendekatan tersebut penting untuk memastikan bahwa implementasi pemeliharaan tidak hanya memenuhi jadwal perawatan, tetapi juga mempertimbangkan kondisi aktual *Wire Rope* dalam proses pengambilan keputusan.

Sebagai acuan dalam evaluasi kondisi *Wire Rope*, ISO 4309:2017 menetapkan pedoman mengenai prosedur inspeksi, penilaian kondisi, dan kriteria penggantian *Wire Rope* pada peralatan angkat [5]. Standar tersebut menjelaskan bahwa keputusan pemeliharaan harus didasarkan pada hasil pemeriksaan terhadap indikator kerusakan, seperti *broken Wire*, korosi, deformasi, perubahan diameter, dan kerusakan struktur lainnya yang dapat memengaruhi kelayakan penggunaan *Wire Rope*. Oleh karena itu, standar tersebut menjadi landasan penting dalam mengevaluasi implementasi pemeliharaan agar tindakan perawatan maupun penggantian komponen dilakukan berdasarkan kondisi aktual dan bukan semata-mata berdasarkan umur pakai.

Berbagai penelitian terdahulu telah mengkaji karakteristik kerusakan *Wire Rope*, mekanisme kegagalan akibat fatigue, serta metode inspeksi untuk mendeteksi degradasi material. Worotikan [6] menjelaskan bahwa kegagalan *Wire Rope* dipengaruhi oleh proses kelelahan material dan kondisi operasional yang menyebabkan penurunan kemampuan komponen dalam menerima beban. Ega dkk. [7] menunjukkan bahwa pembebanan berulang, keausan, dan kualitas inspeksi merupakan faktor yang memengaruhi tingkat kerusakan *Wire Rope*. Penelitian [8] menekankan pentingnya metode inspeksi dalam mendeteksi perubahan kondisi material sebelum berkembang menjadi kegagalan yang lebih serius. Temuan-temuan tersebut memberikan kontribusi terhadap pemahaman mengenai karakteristik kerusakan dan teknik pemeriksaan *Wire Rope*, namun pembahasannya masih berfokus pada aspek teknis komponen maupun metode inspeksi.

Berdasarkan kajian literatur yang digunakan dalam penelitian ini, pembahasan mengenai implementasi sistem pemeliharaan *Wire Rope* secara menyeluruh dalam konteks operasional masih terbatas. Penelitian terdahulu lebih banyak menitikberatkan pada identifikasi mekanisme kerusakan, karakteristik material, atau pengembangan metode inspeksi, sedangkan kajian mengenai keterpaduan pelaksanaan inspeksi, pelumasan, pemantauan kondisi, dan pengambilan keputusan penggantian *Wire Rope* sebagai bagian dari sistem pemeliharaan belum menjadi fokus utama. Selain itu, evaluasi mengenai keterkaitan antara praktik pemeliharaan di lapangan dengan prinsip *Preventive Maintenance* serta penerapan *Condition-Based Maintenance* dalam mendukung pengambilan keputusan berdasarkan kondisi aktual komponen juga masih belum banyak dibahas. Kondisi tersebut menunjukkan adanya kebutuhan untuk melakukan evaluasi terhadap implementasi sistem pemeliharaan *Wire Rope* pada lingkungan operasional yang sebenarnya.

Penelitian ini memberikan kontribusi dengan mengevaluasi implementasi pemeliharaan *Wire Rope* pada

sistem *Gantry Luffing Crane* melalui analisis terhadap pelaksanaan inspeksi, pelumasan, pemantauan kondisi, dan mekanisme pengambilan keputusan penggantian komponen berdasarkan hasil evaluasi kondisi aktual. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan praktik pemeliharaan yang diterapkan di lapangan dengan prinsip *Preventive Maintenance* serta indikator pemeriksaan yang tercantum dalam ISO 4309:2017. Dengan demikian, kontribusi penelitian ini tidak terletak pada perbedaan lokasi penelitian, melainkan pada penyediaan evaluasi mengenai implementasi sistem pemeliharaan yang menggambarkan keterpaduan antara *Preventive Maintenance* dan *Condition-Based Maintenance* dalam praktik operasional *Gantry Luffing Crane*.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan mengevaluasi implementasi pemeliharaan *Wire Rope* pada sistem *Gantry Luffing Crane* berdasarkan prinsip *Preventive Maintenance*, serta menganalisis bagaimana hasil inspeksi kondisi dimanfaatkan sebagai dasar pengambilan keputusan pemeliharaan dalam praktik operasional.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan desain penelitian evaluatif melalui strategi studi kasus (case study). Pendekatan kualitatif dipilih karena penelitian bertujuan memahami secara mendalam implementasi pemeliharaan *Wire Rope* pada sistem *Gantry Luffing Crane* (GLC) berdasarkan kondisi aktual di lingkungan operasional [9]. Sementara itu, penelitian evaluatif digunakan untuk menilai kesesuaian praktik pemeliharaan yang diterapkan terhadap prinsip *Preventive Maintenance* dan indikator pemeriksaan *Wire Rope* yang tercantum dalam ISO 4309:2017 [5]. Strategi studi kasus dipilih agar proses implementasi pemeliharaan dapat dikaji secara komprehensif dalam konteks operasional nyata sehingga hubungan antara prosedur pemeliharaan, kondisi komponen, dan pengambilan keputusan dapat dipahami secara utuh [10].

Penelitian dilaksanakan pada Juli hingga Agustus 2025 di salah satu perusahaan jasa kepelabuhanan yang mengoperasikan lima unit *Gantry Luffing Crane* sebagai fasilitas utama kegiatan bongkar muat. Unit analisis penelitian difokuskan pada implementasi pemeliharaan dua sistem *Wire Rope*, yaitu *hoist Rope* dan *luffing Rope*. *Hoist Rope* berfungsi sebagai media utama pengangkatan *grab* sehingga menerima beban tarik terbesar selama proses bongkar muat, sedangkan *luffing Rope* berfungsi mengatur perubahan sudut *boom* selama operasi *crane*. Kedua sistem dipilih karena merupakan komponen kritis yang berpengaruh langsung terhadap keselamatan operasi dan keandalan peralatan.

Spesifikasi teknis *Wire Rope* yang dievaluasi terdiri atas dua jenis. Sistem *hoist* menggunakan *Wire Rope* berdiameter 34 mm dengan konstruksi 35(W)×7 IWRC (Independent Wire Rope Core) tipe non-rotating, memiliki kekuatan tarik 2160 N/mm², panjang 220–240 m, serta konfigurasi reeving 4 parts (4 falls). Adapun sistem *luffing* menggunakan *Wire Rope* berdiameter 32 mm dengan konstruksi 6×36 Warrington Seale + IWRC, memiliki kekuatan tarik 1960 N/mm², panjang 140–160 m, serta konfigurasi *multi-parts reeving* sebanyak 6–8 bagian. Berdasarkan standar operasional perusahaan, umur penggunaan *Wire Rope* dibatasi maksimal 12 bulan atau 2.500 jam operasi, sedangkan batas penyusutan diameter yang masih diperbolehkan adalah 7% dari diameter nominal awal. Spesifikasi tersebut digunakan sebagai konteks dalam mengevaluasi implementasi pemeliharaan, bukan sebagai variabel yang diuji.

Tabel 1. Data penelitian

Teknik	Sumber Data	Informasi yang Dikumpulkan
Observasi	5-unit GLC dan 2 sistem <i>Wire Rope</i>	Pelaksanaan inspeksi, pelumasan, monitoring kondisi, dan penggantian <i>Wire Rope</i>
Wawancara	1 supervisor dan 2 teknisi	Prosedur pemeliharaan, dasar pengambilan keputusan, kendala implementasi
Dokumentasi	Dokumen pemeliharaan	Jadwal inspeksi, spesifikasi <i>Wire Rope</i> , riwayat penggantian

Data penelitian seperti pada Tabel 1 diperoleh melalui observasi, wawancara semi-terstruktur, dan studi dokumentasi. Observasi dilakukan secara langsung terhadap implementasi pemeliharaan *Wire Rope*, meliputi pelaksanaan inspeksi harian (pre-operational inspection), inspeksi periodik bulanan, riksa uji tahunan, pelumasan, monitoring kondisi, serta proses penggantian komponen. Indikator observasi mengacu pada parameter pemeriksaan *Wire Rope* dalam ISO 4309:2017 [5], meliputi *broken Wire*, korosi, deformasi, penyusutan diameter, *birdcaging*, *kinking*, dan kondisi *sheave* maupun *drum*. Dokumentasi digunakan sebagai data pendukung berupa spesifikasi teknis *Wire Rope*, jadwal pemeliharaan, riwayat inspeksi, riwayat penggantian, serta dokumen pemeriksaan kondisi komponen.

Wawancara dilakukan secara *purposive* terhadap tiga informan, yang terdiri atas satu supervisor pemeliharaan dan dua teknisi mekanik yang terlibat secara langsung dalam kegiatan inspeksi dan pemeliharaan *Wire Rope*. Teknik *purposive* sampling digunakan karena memungkinkan pemilihan informan yang memiliki pengalaman dan pengetahuan sesuai dengan fokus penelitian [10]. Wawancara bertujuan memperoleh informasi mengenai prosedur pemeliharaan, dasar pelaksanaan inspeksi, interval pelumasan, mekanisme

identifikasi kerusakan, serta pertimbangan dalam pengambilan keputusan penggantian *Wire Rope*.

Evaluasi implementasi pemeliharaan dilakukan dengan membandingkan praktik pemeliharaan yang ditemukan di lapangan terhadap prinsip *Preventive Maintenance* dan indikator pemeriksaan yang tercantum dalam ISO 4309:2017 [11]. Aspek evaluasi meliputi (1) pelaksanaan inspeksi, (2) pelaksanaan pelumasan, (3) *monitoring* kondisi *Wire Rope*, dan (4) mekanisme pengambilan keputusan penggantian komponen. Hasil perbandingan diinterpretasikan secara deskriptif menggunakan kategori kesesuaian awal dan kesesuaian parsial. Kesesuaian awal menunjukkan bahwa praktik yang diamati telah memperlihatkan karakteristik yang sejalan dengan prinsip atau indikator yang dijadikan acuan, namun penelitian tidak melakukan verifikasi terhadap seluruh persyaratan standar. Sementara itu, kesesuaian parsial menunjukkan bahwa sebagian indikator telah diterapkan, tetapi masih terdapat aspek yang belum dapat diverifikasi berdasarkan data hasil observasi, wawancara, dan dokumentasi.

Analisis data dilakukan menggunakan model analisis interaktif Miles, Huberman, dan Saldaña [12] yang meliputi kondensasi data (*data condensation*), penyajian data (*data display*), serta penarikan dan verifikasi kesimpulan (*conclusion drawing and verification*). Pada tahap kondensasi data, hasil observasi, wawancara, dan dokumentasi dianalisis melalui proses *open coding* untuk mengidentifikasi informasi yang berkaitan dengan implementasi pemeliharaan *Wire Rope*. Selanjutnya, kode-kode yang memiliki kesamaan makna dikelompokkan ke dalam kategori sesuai aspek evaluasi penelitian, yaitu inspeksi, pelumasan, *monitoring* kondisi, dan penggantian komponen. Hasil analisis kemudian disajikan dalam bentuk uraian deskriptif, tabel evaluasi, dan bagan implementasi pemeliharaan sehingga memudahkan interpretasi terhadap hubungan antara praktik pemeliharaan di lapangan dengan prinsip *Preventive Maintenance*.

Keabsahan data dijaga melalui triangulasi sumber dan triangulasi teknik. Triangulasi sumber dilakukan dengan membandingkan informasi yang diperoleh dari supervisor, teknisi, hasil observasi, dan dokumen pemeliharaan, sedangkan triangulasi teknik dilakukan dengan membandingkan hasil observasi, wawancara, dan dokumentasi terhadap setiap aspek yang dievaluasi [13]. Selain itu, dilakukan *member checking* dengan mengonfirmasi kembali hasil interpretasi wawancara kepada informan untuk memastikan bahwa informasi yang diperoleh telah sesuai dengan kondisi yang dimaksud [14]. Apabila ditemukan perbedaan informasi antar sumber, peneliti melakukan penelusuran ulang terhadap dokumen pemeliharaan dan hasil observasi lapangan hingga diperoleh interpretasi yang paling konsisten..

HASIL DAN PEMBAHASAN

Implementasi Pemeliharaan *Wire Rope* pada Sistem *Gantry Luffing Crane*

Berdasarkan hasil observasi lapangan, wawancara semi-terstruktur, dan studi dokumentasi, implementasi pemeliharaan *Wire Rope* pada sistem *Gantry Luffing Crane* (GLC) dilaksanakan melalui empat aktivitas utama, yaitu inspeksi kondisi, pelumasan berkala, pemantauan kondisi (*condition monitoring*), dan penggantian *Wire Rope* apabila ditemukan indikator kerusakan yang memenuhi kriteria penggantian. Implementasi pemeliharaan tersebut diterapkan pada dua sistem *Wire Rope*, yaitu *hoist Rope* yang berfungsi sebagai media utama pengangkatan beban dan *luffing Rope* yang berfungsi mengatur perubahan sudut *boom* selama operasi *crane* [11]. Kedua sistem tersebut menjadi objek evaluasi karena merupakan komponen kritis yang berpengaruh langsung terhadap keselamatan operasi dan keandalan *Gantry Luffing Crane*.

Hasil observasi menunjukkan bahwa inspeksi dilaksanakan secara bertingkat sesuai prosedur operasional perusahaan. Inspeksi harian (*pre-operational inspection*) dilakukan oleh operator sebelum setiap kegiatan bongkar muat untuk memastikan tidak terdapat indikasi kerusakan yang dapat mengganggu keselamatan operasi. Inspeksi periodik dilaksanakan setiap bulan oleh teknisi mekanik melalui pemeriksaan kondisi fisik *Wire Rope*, meliputi identifikasi *broken Wire*, korosi, deformasi, penyusutan diameter, *birdcaging*, dan *kinking*. Selain itu, perusahaan juga melaksanakan riksa uji tahunan bekerja sama dengan Perusahaan Jasa Keselamatan dan Kesehatan Kerja (PJK3) yang mencakup pengujian kelayakan *crane* dan pemeriksaan kondisi *Wire Rope* menggunakan metode *Non-Destructive Testing* (NDT). Pelumasan dilakukan secara berkala setiap 150–200 jam operasi menggunakan *Wire Rope Grease* sesuai prosedur perusahaan untuk mengurangi gesekan, memperlambat korosi, dan mempertahankan fleksibilitas *Wire Rope* selama proses operasi.

Hasil wawancara memperkuat temuan observasi mengenai mekanisme pengambilan keputusan pemeliharaan. Supervisor pemeliharaan menjelaskan bahwa setiap hasil inspeksi menjadi dasar dalam menentukan tindakan pemeliharaan berikutnya sehingga kondisi aktual *Wire Rope* selalu dievaluasi sebelum *crane* dioperasikan kembali. Sementara itu, teknisi mekanik menyampaikan bahwa *Wire Rope* yang mengalami *shock loading* atau telah memenuhi batas *discard criteria* langsung dihentikan penggunaannya dan diganti tanpa menunggu jadwal penggantian berkala. Temuan tersebut menunjukkan bahwa implementasi pemeliharaan tidak hanya mengacu pada jadwal perawatan, tetapi juga mempertimbangkan kondisi aktual komponen sebagai dasar pengambilan keputusan.

Untuk memperoleh gambaran mengenai implementasi tersebut, praktik pemeliharaan yang diterapkan di lapangan dievaluasi dengan membandingkannya terhadap prinsip *Preventive Maintenance* dan indikator pemeriksaan *Wire Rope* yang dijelaskan dalam ISO 4309:2017 [5]. Evaluasi difokuskan pada empat aspek utama, yaitu inspeksi, pelumasan, pemantauan kondisi, dan penggantian *Wire Rope*. Hasil evaluasi implementasi pemeliharaan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Evaluasi Implementasi Pemeliharaan *Wire Rope* Berdasarkan Prinsip *Preventive Maintenance*

Aspek	Temuan Lapangan	Kriteria ISO 4309:2017	Interpretasi Peneliti
Inspeksi	Pemeriksaan visual harian terhadap korosi, deformasi, <i>broken Wire</i>	ISO mensyaratkan inspeksi berkala terhadap kondisi <i>Wire Rope</i>	Menunjukkan kesesuaian awal pada aspek inspeksi visual
Pelumasan	Dilakukan setiap 150–200 jam operasi	ISO merekomendasikan pelumasan berkala sesuai kondisi operasi	Menunjukkan indikasi penerapan pemeliharaan preventif
Monitoring	Berdasarkan hasil inspeksi teknisi	ISO mendorong evaluasi kondisi sebagai dasar keputusan	Mengindikasikan penerapan Condition-Based Maintenance
Penggantian	Berdasarkan hasil inspeksi	ISO menetapkan <i>discard criteria</i>	Menunjukkan kesesuaian parsial terhadap kriteria penggantian

Berdasarkan Tabel 2 hasil evaluasi menunjukkan bahwa kegiatan inspeksi dan pelumasan telah dilaksanakan secara periodik sesuai prosedur operasional perusahaan, sedangkan kegiatan pemantauan kondisi dan penggantian komponen memanfaatkan hasil inspeksi sebagai dasar pengambilan keputusan pemeliharaan. Karakteristik tersebut mengindikasikan bahwa implementasi pemeliharaan tidak hanya berorientasi pada pemenuhan jadwal perawatan, tetapi juga mempertimbangkan kondisi aktual *Wire Rope* sebelum tindakan pemeliharaan dilakukan. Oleh karena itu, aspek inspeksi dan pelumasan diinterpretasikan sebagai kesesuaian awal, sedangkan aspek pemantauan kondisi dan penggantian komponen diinterpretasikan sebagai kesesuaian parsial. Interpretasi tersebut dibatasi pada hasil evaluasi implementasi berdasarkan observasi, wawancara, dan dokumentasi sehingga tidak dimaksudkan sebagai audit kepatuhan terhadap seluruh persyaratan ISO 4309:2017 [5].

Temuan penelitian menunjukkan bahwa implementasi pemeliharaan di perusahaan memadukan pendekatan *Preventive Maintenance* dan *Condition-Based Maintenance*. Pelaksanaan inspeksi dan pelumasan secara terjadwal mencerminkan penerapan *Preventive*

Maintenance sebagai upaya mencegah terjadinya kegagalan komponen sebelum memengaruhi proses operasi. Di sisi lain, penggunaan hasil inspeksi sebagai dasar penentuan penggantian *Wire Rope* menunjukkan bahwa keputusan pemeliharaan juga mempertimbangkan kondisi aktual komponen, yang merupakan karakteristik Condition-Based Maintenance. Hasil tersebut sejalan dengan Worotikan [6] yang menjelaskan bahwa inspeksi berkala berperan penting dalam mencegah kegagalan *Wire Rope*, serta Ega dkk. [7] yang menyatakan bahwa keputusan pemeliharaan perlu mempertimbangkan kondisi aktual komponen selain umur pakainya. Dengan demikian, implementasi pemeliharaan yang diamati memperlihatkan bahwa kedua pendekatan tersebut diterapkan secara saling melengkapi dalam mendukung keandalan operasi Gantry Luffing Crane.

Meskipun demikian, hasil observasi menunjukkan bahwa inspeksi rutin masih didominasi oleh pemeriksaan visual sehingga kemampuan mendeteksi kerusakan sangat dipengaruhi oleh pengalaman teknisi. Kerusakan internal yang belum tampak pada permukaan berpotensi tidak teridentifikasi melalui metode tersebut. Oleh karena itu, penggunaan metode inspeksi berbasis *Non-Destructive Testing* (NDT) pada inspeksi periodik berpotensi meningkatkan objektivitas evaluasi kondisi *Wire Rope*, khususnya dalam mendeteksi kerusakan internal yang sulit diamati melalui inspeksi visual. Namun, penelitian ini tidak mengevaluasi efektivitas penerapan metode NDT maupun membandingkannya dengan metode inspeksi lainnya. Oleh karena itu, implikasi tersebut diposisikan sebagai rekomendasi pengembangan sistem pemeliharaan berdasarkan hasil evaluasi penelitian dan bukan sebagai temuan empiris mengenai efektivitas metode inspeksi.

Evaluasi Indikator Kerusakan *Wire Rope*

Berdasarkan hasil observasi lapangan, kegiatan inspeksi *Wire Rope* difokuskan pada identifikasi indikator kerusakan yang dapat memengaruhi kelayakan komponen selama operasi Gantry Luffing Crane. Indikator yang diamati meliputi korosi, keausan, *broken Wire*, deformasi, dan penyusutan diameter *Wire Rope*. Pemeriksaan terhadap indikator tersebut dilakukan sebagai bagian dari inspeksi harian maupun inspeksi periodik untuk mendeteksi perubahan kondisi komponen sebelum berkembang menjadi kerusakan yang dapat mengganggu keselamatan operasi [7]. Hasil wawancara menunjukkan bahwa teknisi menggunakan kombinasi pemeriksaan visual dan pengukuran diameter sebagai dasar dalam mengevaluasi kondisi *Wire Rope*, sedangkan hasil dokumentasi digunakan untuk membandingkan kondisi aktual dengan riwayat pemeliharaan sebelumnya.

Hasil observasi menunjukkan bahwa indikator kerusakan yang ditemukan berkaitan erat dengan

karakteristik operasi *Gantry Luffing Crane*. Aktivitas pengangkatan yang dilakukan secara berulang menyebabkan *Wire Rope* mengalami pembebanan siklik (*cyclic loading*) sehingga meningkatkan potensi terjadinya kelelahan material (*fatigue*). Selain itu, lingkungan kerja pelabuhan yang memiliki tingkat kelembapan tinggi dan paparan udara laut mempercepat proses korosi pada permukaan *Wire Rope*. Gesekan yang terus-menerus antara *Wire Rope* dengan *sheave* dan drum juga berkontribusi terhadap terjadinya keausan serta perubahan bentuk lokal pada beberapa bagian komponen. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa setiap indikator kerusakan memiliki karakteristik penyebab yang berbeda sehingga memerlukan perhatian khusus dalam kegiatan inspeksi.

Tabel 3. Identifikasi Indikator *Wire Rope* dan Faktor Penyebab

Indikasi korosi	Temuan evaluasi	Faktor penyebab	Dampak
Korosi	Perubahan kondisi permukaan <i>Wire Rope</i>	Kelembapan dan lingkungan laut	Menurunkan kualitas material
Keausan	Terjadi akibat kontak dan pergerakan berulang	Gesekan dengan pulley	Mengurangi kemampuan kerja
<i>Broken Wire</i>	Menjadi indikator pemeriksaan kondisi	Pembebanan berulang	Mengurangi kekuatan struktur
Deformasi	Perubahan bentuk <i>Wire Rope</i>	Tekanan mekanis	Mengurangi fleksibilitas

Berdasarkan Tabel 3, indikator kerusakan yang digunakan dalam kegiatan inspeksi mencakup beberapa parameter yang juga dijelaskan dalam ISO 4309:2017 [5], seperti *broken Wire*, korosi, deformasi, dan perubahan diameter *Wire Rope*. Temuan tersebut menunjukkan bahwa teknisi telah memanfaatkan indikator-indikator tersebut sebagai dasar dalam mengevaluasi kondisi komponen sebelum menentukan tindakan pemeliharaan. Namun, penelitian ini tidak melakukan verifikasi terhadap seluruh prosedur inspeksi maupun kriteria evaluasi yang ditetapkan dalam ISO 4309:2017, sehingga pembahasan difokuskan pada kesesuaian indikator yang digunakan dalam praktik pemeliharaan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa *broken Wire* dan penyusutan diameter merupakan indikator yang paling diperhatikan dalam proses pengambilan keputusan pemeliharaan karena secara langsung berkaitan dengan kemampuan *Wire Rope* dalam menerima beban operasi. Temuan ini didukung oleh hasil wawancara, di mana teknisi menjelaskan bahwa keputusan penggantian *Wire Rope* didasarkan pada hasil identifikasi indikator kerusakan yang ditemukan selama inspeksi, bukan semata-mata

berdasarkan umur pakai komponen. Pendekatan tersebut menunjukkan bahwa proses evaluasi kondisi telah menjadi bagian penting dalam mendukung pelaksanaan *Condition-Based Maintenance* sebagai pelengkap *Preventive Maintenance*.

Temuan penelitian ini sejalan dengan Worotikan [6] yang menjelaskan bahwa identifikasi kerusakan secara berkala merupakan langkah penting untuk mencegah kegagalan *Wire Rope*. Selain itu, Ega dkk. [7] menyatakan bahwa kelelahan material (*fatigue*), gesekan, dan kondisi lingkungan merupakan faktor utama yang memengaruhi penurunan kualitas *Wire Rope*. Kesamaan tersebut menunjukkan bahwa indikator kerusakan yang digunakan pada lokasi penelitian memiliki relevansi dengan mekanisme degradasi *Wire Rope* yang telah dilaporkan pada penelitian sebelumnya.

Meskipun demikian, hasil observasi menunjukkan bahwa proses inspeksi rutin masih didominasi oleh pemeriksaan visual sehingga kemampuan mendeteksi kerusakan sangat dipengaruhi oleh pengalaman teknisi. Kerusakan internal yang belum tampak pada permukaan berpotensi tidak teridentifikasi melalui metode tersebut. Oleh karena itu, penggunaan metode *Non-Destructive Testing* (NDT) pada inspeksi periodik berpotensi meningkatkan objektivitas evaluasi kondisi *Wire Rope*, khususnya dalam mendeteksi kerusakan internal yang tidak dapat diamati melalui inspeksi visual. Namun, penelitian ini tidak mengevaluasi efektivitas penerapan metode tersebut maupun membandingkannya dengan metode inspeksi lainnya. Dengan demikian, implikasi tersebut diposisikan sebagai rekomendasi pengembangan sistem pemeliharaan berdasarkan hasil evaluasi penelitian, bukan sebagai temuan empiris mengenai efektivitas metode inspeksi..

Faktor yang Memengaruhi Implementasi Pemeliharaan *Wire Rope*

Berdasarkan hasil observasi dan wawancara, implementasi pemeliharaan *Wire Rope* dipengaruhi oleh beberapa faktor yang berkaitan dengan kondisi operasional maupun pengelolaan informasi pemeliharaan. Hasil observasi menunjukkan bahwa *Gantry Luffing Crane* digunakan secara rutin dalam kegiatan bongkar muat sehingga *Wire Rope* mengalami pembebanan berulang (*cyclic loading*) selama proses operasi. Kondisi tersebut menyebabkan komponen menerima siklus tegangan tarik yang tinggi dan berpotensi mempercepat terjadinya kelelahan material (*fatigue*). Selain itu, hasil wawancara dengan teknisi menunjukkan bahwa variasi beban yang diangkat selama proses bongkar muat turut menjadi pertimbangan dalam menentukan frekuensi inspeksi karena beban kerja yang lebih tinggi dapat mempercepat keausan *Wire Rope*.

Hasil observasi juga menunjukkan bahwa lingkungan operasional pelabuhan dengan tingkat kelembapan tinggi dan paparan udara laut meningkatkan potensi terjadinya korosi pada permukaan *Wire Rope*. Temuan tersebut didukung oleh dokumentasi hasil inspeksi yang memperlihatkan adanya indikasi korosi pada beberapa bagian *Wire Rope* yang terpapar langsung terhadap lingkungan. Di sisi lain, hasil wawancara menunjukkan bahwa riwayat inspeksi dan dokumentasi pemeliharaan berperan sebagai dasar dalam mengevaluasi perkembangan kondisi *Wire Rope* dari waktu ke waktu. Dengan demikian, sistem dokumentasi tidak diposisikan sebagai faktor penyebab kerusakan fisik *Wire Rope*, melainkan sebagai faktor yang memengaruhi kualitas pengambilan keputusan pemeliharaan karena menyediakan informasi historis mengenai kondisi komponen. Faktor-faktor tersebut menunjukkan bahwa implementasi pemeliharaan *Wire Rope* tidak hanya mempertimbangkan interval waktu, tetapi juga kondisi operasional serta informasi hasil inspeksi yang terdokumentasi.

Evaluasi faktor yang memengaruhi implementasi *Preventive Maintenance* ditunjukkan pada Tabel 4.

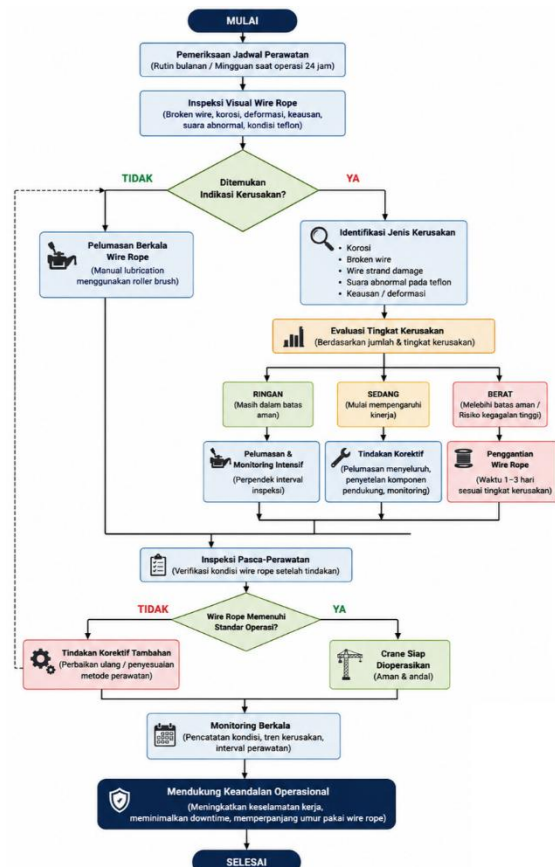
Tabel 4. Faktor yang Memengaruhi Pemeliharaan *Wire Rope*

Faktor	Bukti Hasil Penelitian	Implikasi terhadap Implementasi Pemeliharaan
Intensitas operasi	Crane digunakan secara rutin dalam kegiatan bongkar muat	Meningkatkan kebutuhan inspeksi berkala
Beban kerja	Variasi beban diamati selama operasi dan dikonfirmasi melalui wawancara teknisi	Menjadi pertimbangan dalam frekuensi inspeksi
Lingkungan	Paparan udara laut dan kelembapan tinggi teramati pada lokasi penelitian	Meningkatkan risiko korosi sehingga memerlukan pelumasan berkala
Sistem dokumentasi	Riwayat inspeksi digunakan dalam evaluasi kondisi komponen	Mendukung kualitas pengambilan keputusan pemeliharaan

Berdasarkan Tabel 4, faktor operasional dan lingkungan menjadi aspek penting yang perlu diperhatikan dalam strategi pemeliharaan. Ikhsan [3] menjelaskan bahwa kegagalan *Wire Rope* merupakan hasil interaksi berbagai faktor, baik mekanis maupun lingkungan. Oleh karena itu, penerapan *Preventive Maintenance* perlu dilakukan secara adaptif dengan mempertimbangkan kondisi penggunaan aktual. Selain itu, dokumentasi historis kondisi *Wire Rope* diperlukan agar evaluasi pemeliharaan tidak hanya bergantung pada pengalaman teknisi, tetapi juga berdasarkan data perkembangan kondisi komponen.

Alur Implementasi *Preventive Maintenance Wire Rope* Berdasarkan Hasil Evaluasi Lapangan

Berdasarkan hasil observasi, wawancara dengan teknisi perawatan, dan evaluasi terhadap praktik pemeliharaan yang diterapkan pada sistem *Gantry Luffing Crane (GLC)*, diperoleh gambaran alur implementasi *Preventive Maintenance Wire Rope* berdasarkan kondisi aktual di lapangan. Alur tersebut menggambarkan tahapan pengambilan keputusan pemeliharaan mulai dari pemeriksaan awal, inspeksi kondisi *Wire Rope*, identifikasi jenis kerusakan, evaluasi tingkat kerusakan, penentuan tindakan perawatan, hingga proses verifikasi setelah dilakukan tindakan pemeliharaan. Penyusunan alur ini dilakukan sebagai bentuk interpretasi terhadap aktivitas pemeliharaan yang telah berjalan, sehingga dapat memberikan gambaran yang lebih sistematis mengenai hubungan antara proses inspeksi dan keputusan pemeliharaan. Alur yang disusun bukan merupakan dokumen prosedur resmi perusahaan, melainkan hasil analisis penelitian berdasarkan temuan observasi dan informasi yang diperoleh dari teknisi yang terlibat dalam kegiatan perawatan. Dengan demikian, alur ini berfungsi sebagai representasi penerapan prinsip *Preventive Maintenance* pada *Wire Rope* berdasarkan kondisi operasional aktual.



Gambar 1. Alur Implementasi *Preventive Maintenance Wire Rope* pada Sistem *Gantry Luffing Crane*

Berdasarkan Gambar 1, proses pemeliharaan *Wire Rope* diawali dengan pemeriksaan jadwal perawatan dan inspeksi kondisi awal komponen. Tahap inspeksi menjadi bagian penting karena kondisi *Wire Rope* secara langsung memengaruhi keselamatan dan keberlangsungan operasi *crane*. Pemeriksaan dilakukan dengan mengidentifikasi beberapa indikator kerusakan seperti korosi, *broken Wire*, deformasi, keausan, serta perubahan kondisi fisik lainnya. Parameter tersebut sesuai dengan ISO 4309:2017 [5] yang menjelaskan bahwa evaluasi kondisi *Wire Rope* pada *crane* perlu mempertimbangkan berbagai bentuk degradasi yang dapat memengaruhi kemampuan komponen dalam menerima beban. Hasil inspeksi kemudian menjadi dasar untuk menentukan apakah *Wire Rope* masih dapat digunakan atau memerlukan tindakan pemeliharaan lebih lanjut.

Apabila hasil pemeriksaan tidak menunjukkan adanya indikasi kerusakan yang signifikan, maka tindakan pemeliharaan yang dilakukan berupa pelumasan dan monitoring berkala. Tahapan tersebut menunjukkan penerapan konsep *Preventive Maintenance* karena pemeliharaan dilakukan untuk mempertahankan kondisi komponen sebelum terjadi kegagalan. Pelumasan berfungsi untuk mengurangi gesekan antar kawat baja, menjaga fleksibilitas *Wire Rope*, serta memberikan perlindungan terhadap faktor lingkungan yang dapat mempercepat terjadinya korosi. Selain itu, monitoring berkala diperlukan untuk mengetahui perubahan kondisi komponen selama periode operasi sehingga potensi kerusakan dapat diketahui lebih awal [15]. Pendekatan tersebut sejalan dengan prinsip *condition-based maintenance*, yaitu keputusan pemeliharaan ditentukan berdasarkan kondisi aktual komponen, bukan hanya berdasarkan interval waktu penggunaan.

Apabila ditemukan indikasi kerusakan, maka dilakukan proses identifikasi jenis dan tingkat kerusakan sebagai dasar menentukan tindakan pemeliharaan. Berdasarkan hasil evaluasi lapangan, tingkat kerusakan dapat dikategorikan menjadi kondisi ringan, sedang, dan berat berdasarkan pengaruhnya terhadap fungsi *Wire Rope*. Pada kondisi kerusakan ringan, tindakan yang dilakukan dapat berupa peningkatan frekuensi *monitoring* dan pelumasan untuk mencegah perkembangan kerusakan. Pada kondisi sedang, diperlukan tindakan korektif seperti pemeriksaan lebih mendalam atau penyesuaian metode perawatan agar kerusakan tidak berkembang menjadi kondisi kritis [16]. Sementara itu, pada kondisi kerusakan berat, tindakan penggantian *Wire Rope* diperlukan karena kondisi komponen berpotensi mengurangi faktor keselamatan operasi.

Tahapan evaluasi tingkat kerusakan menjadi bagian penting dalam sistem pemeliharaan karena keputusan penggantian komponen tidak hanya didasarkan pada usia

penggunaan, tetapi berdasarkan kondisi aktual *Wire Rope*. Pendekatan tersebut sesuai dengan ISO 4309:2017 [5] yang menekankan bahwa keputusan untuk mempertahankan atau mengganti *Wire Rope* harus mempertimbangkan hasil inspeksi terhadap indikator kerusakan yang ditemukan. Penelitian Al faridzi [17] menunjukkan bahwa kerusakan dapat berkembang secara bertahap akibat kombinasi faktor mekanis dan lingkungan, sehingga inspeksi berkala diperlukan untuk mengurangi risiko kegagalan mendadak. Oleh karena itu, evaluasi tingkat kerusakan menjadi penghubung antara aktivitas inspeksi dengan keputusan tindakan pemeliharaan.

Berdasarkan hasil evaluasi, alur implementasi *Preventive Maintenance* yang disusun dalam penelitian ini mengusulkan adanya tahap verifikasi setelah tindakan pemeliharaan sebagai bagian dari proses pengendalian kondisi *Wire Rope*. Tahap tersebut disusun berdasarkan interpretasi terhadap hasil observasi, wawancara, serta prinsip *Preventive Maintenance*, sehingga tidak merepresentasikan prosedur operasional yang secara langsung diamati selama penelitian. Verifikasi pasca-perawatan diposisikan sebagai tahapan konseptual yang bertujuan memastikan bahwa tindakan pemeliharaan telah sesuai dengan kondisi komponen sebelum *crane* kembali dioperasikan.

Secara keseluruhan, alur implementasi *Preventive Maintenance* yang diperoleh dari penelitian ini menunjukkan bahwa pemeliharaan *Wire Rope* pada sistem *Gantry Luffing Crane* telah menerapkan pendekatan pencegahan melalui pengendalian kondisi komponen. Keputusan pemeliharaan dilakukan berdasarkan hasil inspeksi dan tingkat kerusakan yang ditemukan, sehingga tindakan yang diberikan dapat disesuaikan dengan kebutuhan aktual komponen. Meskipun demikian, hasil evaluasi menunjukkan bahwa pengembangan sistem dokumentasi historis kondisi *Wire Rope* dan peningkatan metode inspeksi dapat menjadi aspek pengembangan untuk mendukung proses pengambilan keputusan yang lebih akurat. Dengan adanya alur evaluasi ini, praktik pemeliharaan *Wire Rope* dapat dipahami secara lebih sistematis dan menjadi dasar dalam meningkatkan efektivitas penerapan *Preventive Maintenance* pada peralatan *crane*.

Evaluasi Keseluruhan Implementasi Pemeliharaan *Wire Rope*

Berdasarkan hasil penelitian secara keseluruhan, implementasi pemeliharaan *Wire Rope* pada sistem *Gantry Luffing Crane* (GLC) telah menunjukkan penerapan prinsip *Preventive Maintenance* melalui beberapa aktivitas utama, yaitu inspeksi kondisi, pelumasan, monitoring komponen, serta penggantian *Wire Rope* berdasarkan hasil evaluasi kondisi aktual. Hasil penelitian menunjukkan bahwa

kegiatan pemeliharaan yang dilakukan tidak hanya berfokus pada tindakan perbaikan setelah terjadi kerusakan, tetapi telah mengarah pada upaya pencegahan melalui identifikasi awal terhadap potensi degradasi komponen. Pendekatan tersebut sesuai dengan konsep *Preventive Maintenance* yang bertujuan mempertahankan kondisi peralatan melalui tindakan perawatan terencana sehingga risiko kegagalan dapat diminimalkan [11]. Pada komponen kritis seperti *Wire Rope*, strategi pemeliharaan preventif menjadi penting karena kegagalan komponen dapat berdampak terhadap keselamatan kerja dan keberlangsungan aktivitas operasional *crane*. Oleh karena itu, penerapan sistem pemeliharaan berbasis kondisi menjadi salah satu faktor penting dalam menjaga kesiapan penggunaan peralatan.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa aspek inspeksi menjadi bagian utama dalam implementasi pemeliharaan *Wire Rope*. Pemeriksaan terhadap indikasi kerusakan seperti korosi, *broken Wire*, keausan, dan deformasi telah sesuai dengan parameter evaluasi kondisi *Wire Rope* yang dijelaskan dalam ISO 4309:2017 [5]. Standar tersebut menjelaskan bahwa keputusan untuk mempertahankan, memperbaiki, atau mengganti *Wire Rope* harus didasarkan pada hasil pemeriksaan terhadap tingkat degradasi komponen. Berdasarkan hasil observasi, teknisi telah menggunakan kondisi aktual *Wire Rope* sebagai dasar dalam menentukan tindakan pemeliharaan. Hal ini menunjukkan bahwa praktik pemeliharaan yang diterapkan telah mengarah pada pendekatan *condition-based maintenance*, yaitu pemeliharaan yang mempertimbangkan kondisi aktual komponen dibandingkan hanya berdasarkan interval waktu penggunaan [16]. Namun, hasil evaluasi juga menunjukkan bahwa metode inspeksi masih didominasi oleh pemeriksaan visual sehingga masih terdapat keterbatasan dalam mendeteksi kerusakan internal yang tidak terlihat pada permukaan *Wire Rope*.

Selain aspek inspeksi, kegiatan pelumasan dan monitoring berkala juga menjadi bagian penting dalam menjaga kondisi *Wire Rope* selama masa operasi. Pelumasan yang dilakukan secara rutin berfungsi untuk mengurangi gesekan antar kawat baja, menjaga fleksibilitas *Wire Rope*, serta memberikan perlindungan terhadap faktor lingkungan yang dapat mempercepat proses korosi. Kondisi lingkungan operasional pelabuhan yang memiliki tingkat kelembapan tinggi menjadi salah satu faktor yang dapat mempercepat degradasi material sehingga aktivitas pemeliharaan perlu dilakukan secara konsisten. Berdasarkan hasil evaluasi, pelaksanaan pelumasan telah mendukung prinsip pencegahan kerusakan, tetapi efektivitasnya masih bergantung pada ketelitian teknisi dalam memastikan distribusi pelumas pada bagian *Wire Rope* yang mengalami kontak dan pembebanan. Oleh karena itu, pengembangan metode pelumasan dan

penyesuaian interval perawatan berdasarkan kondisi operasi dapat menjadi aspek peningkatan sistem pemeliharaan.

Di sisi lain, hasil penelitian menunjukkan bahwa keputusan penggantian *Wire Rope* telah dilakukan berdasarkan kondisi komponen, terutama ketika ditemukan indikasi kerusakan yang dapat memengaruhi kemampuan kerja dan keselamatan operasi. Pendekatan tersebut menunjukkan bahwa pemeliharaan tidak hanya mempertimbangkan usia penggunaan *Wire Rope*, tetapi juga mempertimbangkan tingkat degradasi aktual yang terjadi selama operasi. Hal ini sejalan dengan ISO 4309:2017 [5] yang menyatakan bahwa evaluasi kelayakan *Wire Rope* harus mempertimbangkan kondisi fisik komponen, bukan hanya faktor waktu penggunaan. Dengan demikian, keputusan penggantian berdasarkan kondisi dapat mengurangi kemungkinan terjadinya kegagalan komponen secara tiba-tiba. Namun, untuk meningkatkan efektivitas pengambilan keputusan, diperlukan sistem pencatatan historis yang lebih terstruktur mengenai umur penggunaan, hasil inspeksi, jenis kerusakan, dan tindakan pemeliharaan yang telah dilakukan.

Secara keseluruhan, hasil evaluasi mengindikasikan bahwa implementasi pemeliharaan *Wire Rope* pada sistem *Gantry Luffing Crane* telah menerapkan beberapa karakteristik yang sejalan dengan prinsip *Preventive Maintenance*. Berdasarkan hasil observasi, wawancara, dan dokumentasi, implementasi pemeliharaan mencakup kegiatan inspeksi berkala, pelumasan, pemantauan kondisi, serta penggantian *Wire Rope* berdasarkan hasil evaluasi kondisi komponen. Temuan tersebut menunjukkan bahwa keputusan pemeliharaan di lokasi penelitian tidak hanya mempertimbangkan interval waktu pelaksanaan perawatan, tetapi juga mempertimbangkan kondisi aktual *Wire Rope* yang diperoleh melalui kegiatan inspeksi.

Hasil evaluasi juga menunjukkan bahwa implementasi pemeliharaan masih didominasi oleh inspeksi visual dan pemanfaatan pengalaman teknisi dalam menentukan kondisi *Wire Rope*. Selain itu, sistem dokumentasi historis kondisi komponen masih memiliki peluang untuk dikembangkan agar proses evaluasi pemeliharaan dapat didukung oleh data yang lebih lengkap dan terdokumentasi secara sistematis. Oleh karena itu, pengembangan metode inspeksi berbasis *Non-Destructive Testing* (NDT) serta penguatan sistem dokumentasi digital berpotensi mendukung proses evaluasi kondisi *Wire Rope* secara lebih objektif dan konsisten. Namun demikian, rekomendasi tersebut merupakan implikasi yang disusun berdasarkan hasil evaluasi implementasi dan belum diuji secara empiris dalam penelitian ini.

Penelitian ini memiliki keterbatasan karena menggunakan pendekatan evaluatif deskriptif yang berfokus pada implementasi pemeliharaan *Wire Rope*

berdasarkan hasil observasi, wawancara, dan dokumentasi. Penelitian ini tidak mengukur indikator kinerja operasional seperti *reliability*, *downtime*, frekuensi kegagalan, tingkat keselamatan operasi, maupun efektivitas penerapan *Preventive Maintenance* sebelum dan sesudah implementasi. Oleh karena itu, hasil penelitian ini tidak dapat digunakan untuk menyimpulkan tingkat efektivitas sistem pemeliharaan ataupun dampaknya terhadap peningkatan kinerja operasional *Gantry Luffing Crane*.

Dengan demikian, kontribusi penelitian ini terletak pada penyediaan gambaran evaluatif mengenai implementasi pemeliharaan *Wire Rope* berdasarkan prinsip *Preventive Maintenance* pada sistem *Gantry Luffing Crane*. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi masukan bagi perusahaan dalam mengevaluasi praktik pemeliharaan yang telah diterapkan serta menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya yang mengkaji hubungan antara implementasi pemeliharaan dengan indikator kinerja operasional, seperti *reliability*, *downtime*, atau efektivitas pemeliharaan melalui pendekatan kuantitatif.

PENUTUP

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai evaluasi implementasi pemeliharaan *Wire Rope* pada sistem *Gantry Luffing Crane* berdasarkan prinsip *Preventive Maintenance*, dapat disimpulkan bahwa kegiatan pemeliharaan yang diterapkan telah sesuai dengan konsep pemeliharaan preventif melalui aktivitas inspeksi kondisi, pelumasan, *monitoring*, dan penggantian komponen berdasarkan hasil evaluasi kondisi aktual. Proses pemeliharaan menunjukkan bahwa pengambilan keputusan tidak hanya berdasarkan periode penggunaan, tetapi juga mempertimbangkan indikator degradasi *Wire Rope* seperti korosi, *broken Wire*, keausan, dan deformasi yang sesuai dengan parameter evaluasi kondisi berdasarkan ISO 4309:2017.

Hasil evaluasi menunjukkan bahwa kondisi operasional, intensitas penggunaan *crane*, pembebanan berulang, serta faktor lingkungan menjadi aspek yang memengaruhi penurunan kondisi *Wire Rope*. Implementasi pemeliharaan telah mengarah pada pendekatan *condition-based maintenance*, namun masih terdapat peluang peningkatan terutama pada aspek objektivitas inspeksi dan pengelolaan dokumentasi historis kondisi komponen. Pengembangan sistem pencatatan kondisi dan metode inspeksi yang lebih sistematis diperlukan agar proses evaluasi dan pengambilan keputusan pemeliharaan dapat dilakukan secara lebih akurat.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, diperoleh gambaran alur implementasi *Preventive Maintenance Wire Rope* yang terdiri atas tahapan inspeksi kondisi, identifikasi

kerusakan, evaluasi tingkat kerusakan, penentuan tindakan pemeliharaan, serta verifikasi kondisi setelah perawatan. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa evaluasi berbasis kondisi dapat menjadi pendekatan yang mendukung pengelolaan pemeliharaan *Wire Rope* pada sistem *Gantry Luffing Crane* secara lebih terstruktur. Temuan tersebut dapat menjadi dasar pengembangan sistem pemeliharaan yang lebih efektif melalui integrasi data historis komponen dan peningkatan metode inspeksi pada penelitian selanjutnya.

Saran

Berdasarkan hasil evaluasi implementasi pemeliharaan *Wire Rope* pada sistem *Gantry Luffing Crane* berdasarkan prinsip *Preventive Maintenance*, diperlukan penguatan sistem pengelolaan data pemeliharaan untuk mendukung proses evaluasi kondisi komponen secara berkelanjutan. Sistem dokumentasi pemeliharaan sebaiknya tidak hanya mencatat aktivitas perawatan yang telah dilakukan, tetapi juga mencakup informasi mengenai kondisi awal *Wire Rope*, hasil inspeksi berkala, jenis kerusakan yang ditemukan, serta riwayat tindakan perbaikan atau penggantian komponen. Data historis tersebut dapat digunakan sebagai dasar dalam menentukan pola penurunan kondisi komponen dan membantu teknisi dalam mengambil keputusan pemeliharaan yang lebih tepat.

Pada aspek implementasi pemeliharaan, disarankan agar proses inspeksi *Wire Rope* dikembangkan melalui kombinasi antara pemeriksaan visual dan metode evaluasi kondisi yang lebih objektif. Pemeriksaan visual tetap diperlukan sebagai metode awal identifikasi kerusakan, namun penggunaan metode inspeksi tambahan seperti pengujian non-destruktif (*Non-Destructive testing*) dapat dipertimbangkan untuk mendeteksi potensi kerusakan internal yang belum terlihat pada permukaan. Selain itu, penentuan interval pemeliharaan perlu mempertimbangkan faktor operasional seperti intensitas penggunaan *crane*, karakteristik pembebanan, serta kondisi lingkungan kerja agar penerapan *Preventive Maintenance* dapat lebih adaptif terhadap kondisi aktual komponen.

Untuk pengembangan penelitian selanjutnya, disarankan dilakukan kajian kuantitatif mengenai hubungan antara faktor operasi dengan tingkat degradasi *Wire Rope*. Penelitian lanjutan dapat mengembangkan parameter evaluasi seperti perubahan diameter *Wire Rope*, jumlah *broken Wire*, tingkat korosi, distribusi beban, maupun analisis umur pakai komponen (*service life prediction*). Selain itu, pengembangan sistem pemantauan kondisi berbasis data dapat menjadi alternatif penelitian untuk menghasilkan metode prediksi kerusakan yang lebih akurat. Dengan pendekatan tersebut, evaluasi pemeliharaan *Wire Rope* tidak hanya bersifat deskriptif, tetapi dapat

berkembang menuju sistem pemeliharaan prediktif (*predictive maintenance*) pada peralatan *crane*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. P. Sari, K. F. Marpaung, T. Calvin, Mellysa, and N. U. Handayani, "Analisis Penyebab Cacat Menggunakan Metode FMEA Dan FTA Pada Departemen Final Sanding Pt Ebako Nusantara," *Pros. SNST*, vol. 1, no. 1, pp. 125–130, 2018, doi: [10.36499/psnst.v1i1.2338](https://doi.org/10.36499/psnst.v1i1.2338).
- [2] E. A. Fakhruddin, "Penerapan Prosedur Perawatan Wire Rope Crane dan Grab Guna Memperlancar Proses Bongkarmuat Batu Bara di MV. KAREEM," Politeknik Pelayaran Surabaya, 2025.
- [3] I. Kholis, "Kerusakan *crane Wire Rope* dan metode pemeriksaanya," *Forum Teknol.*, vol. 04, no. 2, pp. 52–59, 2018, [Online]. Available: https://www.academia.edu/32992735/KERUSAKAN_CRANE_WIRE_ROPE_DAN_METODE_PEMERIKSAANYA
- [4] T. B. Amperadi and E. A. A. Sinaga, "Evaluasi Produktivitas Alat Garu (Ripper) berdasarkan Kekuatan Batuan PT. Kitadin," *J. Geol. Pertamb.*, vol. 1, no. 14, pp. 24–35, 2014, doi: [10.53640/jgp.v1i14.305](https://doi.org/10.53640/jgp.v1i14.305).
- [5] International Organization for Standardization, "ISO 4309:2017 *Crane Wire Ropes* Care and maintenance, Inspection and discard," Geneva, 2017. [Online]. Available: <https://www.iso.org/standard/66759.html>
- [6] F. G. Worotikan, "Analisis Terjadi Putusnya Tugger Wire Pada Saat Anchor Handling," Politeknik Ilmu Pelayaran Makassar, 2025. [Online]. Available: <https://eprints.pipmakassar.ac.id/1358/>
- [7] F. D. Ega, Z. Y. Idris, and S. Limbong, "Analisis Wire Crane Yang Putus Saat Proses Bongkar Muat di MT JOHN CAINE," *J. Karya Ilm. Taruna Andromeda*, vol. 9, no. 1, pp. 138–145, 2025, doi: [10.48192/ard.v9i1.769](https://doi.org/10.48192/ard.v9i1.769).
- [8] Q. Cao, D. Liu, Y. He, J. Zhou, and J. Codrington, "Nondestructive and quantitative evaluation of Wire Rope based on radial basis function neural network using eddy current inspection," *NDT E Int.*, vol. 46, pp. 7–13, 2012, doi: [10.1016/j.ndteint.2011.09.015](https://doi.org/10.1016/j.ndteint.2011.09.015).
- [9] M. R. Fadli, "Memahami desain metode penelitian kualitatif," *Humanika Kaji. Ilm. Mata Kuliah Umum*, vol. 21, no. 1, pp. 33–54, 2021, doi: [10.21831/hum.v21i1.38075](https://doi.org/10.21831/hum.v21i1.38075).
- [10] D. Assyakurrohim, D. Ikhrum, R. A. Sirodj, and M. W. Afgani, "Metode Studi Kasus dalam Penelitian Kualitatif," *J. Pendidik. Sains dan Komput.*, vol. 3, no. 1, 2023, doi: [10.47709/jpsk.v3i01.1951](https://doi.org/10.47709/jpsk.v3i01.1951).
- [11] F. Hardt, M. Kotyrba, E. Volna, and R. Jarusek, "Innovative Approach to Preventive Maintenance of Production Equipment Based on a Modified TPM Methodology for Industry 4.0," *Appl. Sci.*, vol. 11, no. 15, p. 6953, 2021, doi: [10.3390/app11156953](https://doi.org/10.3390/app11156953).
- [12] M. B. Miles, A. M. Huberman, and J. Saldaña, *Qualitative Data Analysis: A Methods Sourcebook*, 3rd ed. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications, 2014.
- [13] N. K. Denzin, *The research act: A theoretical introduction to sociological methods*. Routledge, 2017.
- [14] P. Rifka Agustianti et al., *Metode Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif*. Tohar Media, 2022. [Online]. Available: <https://toharmedia.co.id>
- [15] A. Mardhatillah, A. C. Sembiring, and M. J. Sihombing, "Perancangan Jadwal Perawatan Mesin Loader di PT Kraton Menggunakan Metode Condition Based Monitoring (CBM)," *Blend Sains J. Tek.*, vol. 4, no. 2, pp. 235–247, 2025, doi: [10.56211/blendsains.v4i2.1031](https://doi.org/10.56211/blendsains.v4i2.1031).
- [16] R. K. Ilmi, Y. Sukrawan, T. Permana, J. Setiabudhi, and N. Bandung, "Condition based monitoring improves component durability in heavy equipment maintenance," vol. 2, no. 1, 2024, doi: [10.17509/motor.v1i2.77712](https://doi.org/10.17509/motor.v1i2.77712).
- [17] M. al faridzi Al faridzi, Y. T. R. Yasmine, and J. S. S. Jeslin, "Mengoptimalkan Penggunaan Metode Risk Based Maintenance di Industri," *J. ARTI (Aplikasi Ranc. Tek. Ind.)*, vol. 20, no. 2, pp. 170–178, 2025, doi: [10.52072/arti.v20i2.1472](https://doi.org/10.52072/arti.v20i2.1472).