

Analisis keamanan *Wire Rope* dan Siklus perawatan Pada *Scrapper*

Derman Francisoco Siregar¹, CH. Galen Amadeus¹, Rifky Ardiansyah¹, Muhammad Farhan Sururi¹,
Lorensius Mikael Sahattua Sihombing¹, Fajar Paundra¹

¹ Program Studi Teknik Mesin, Institut Teknologi Sumatera,

Penulis Korespondensi : Fajar Paundra (fajar.paundra@ms.itera.ac.id)

ABSTRAK

Portal scrapper adalah alat yang berfungsi untuk menggaruk suatu material di dalam *Bulk Storage* atau tempat penyimpanan material hasil produksi dengan kapasitas kerja yang dapat dikendalikan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keamanan *Wire rope* melalui perhitungan dan pembebanan pada portal *scrapper*. Metode yang digunakan dalam pengambilan data penelitian ini yaitu pengamatan (*observation*), studi pustaka (*study library*), dan wawancara (*interview*). Hasil dari penelitian ini perlu dilakukannya perawatan jenis. Perawatan terencana (*planned maintenance*), Perawatan preventif (*Preventive Maintenance/PM*), pembersihan (*Cleaning*), Inspeksi, *Running maintenance*, Perawatan korektif, *Shut-down Maintenance*, *Breakdown Maintenance*, Minor dan Mayor *overhaul*, Perawatan tidak terencana (*unplanned maintenance*), *Emergency maintenance* terhadap analisis keamanan *Wire Rope* dan Siklus perawatan pada *portal scrapper*.

KATA KUNCI *Wire Rope*, kekuatan, perawatan *Wire rope*

1. PENDAHULUAN

Perkembangan zaman yang semakin maju seperti saat ini menjadikan manusia harus selalu mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi. Salah satu sumber daya manusia yang dapat diandalkan sebagai penerus bangsa yang cemerlang adalah mahasiswa. Mahasiswa harus mempunyai tanggung jawab dalam membekali dirinya sendiri dengan ilmu pengetahuan dan memperluas cara pandang tentang ilmu pengetahuan, sekaligus meningkatkan daya analisa terhadap suatu masalah sesuai dengan bidang ilmunya.

PT Pupuk XYZ Palembang merupakan anak perusahaan dari PT Pupuk Indonesia (Persero) yang merupakan Badan Usaha Milik Negara (BUMN). Tidak hanya dibidang produksi, PT. Pupuk XYZ Palembang berperan penting dalam menjalankan usaha di bidang pemasaran pupuk. Pada sebuah perusahaan tentu diperlukan sebuah perawatan yang salah satunya mencakup tentang perawatan aset atau berbagai mesin yang digunakan pada perusahaan tersebut.

Portal scrapper adalah alat yang berfungsi untuk menggaruk suatu material di dalam *Bulk Storage* atau tempat penyimpanan material hasil produksi dengan kapasitas kerja yang dapat dikendalikan [1]. Mesin ini merupakan salah satu mesin yang memiliki peranan penting dalam pendistribusian pupuk yang telah disimpan setelah proses produksi. Namun, disamping itu tentu diperlukan sebuah perawatan secara berkala untuk menjaga kualitas mesin ini. Beberapa bagian *portal scrapper* yang rawan dan membutuhkan perhatian lebih

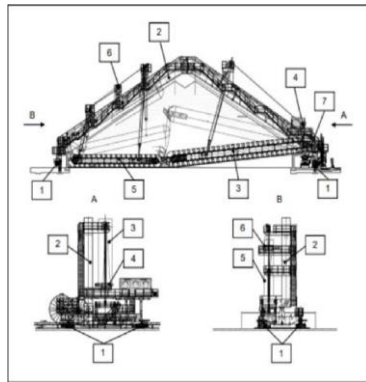
yaitu pada kuku penggaruk dan *wire rope*, sehingga kedua hal bagian ini memerlukan perbaikan secara berkala.

Penelitian yang dilakukan oleh Lazuardi dkk (2020) [1] menganalisa kekuatan dan umur pakai dari *wire rope* pada *Hoist Crane* pada *hoist crane*. Pada penelitian ini menggunakan *wire rope* tipe 8x19, dengan kapasitas 1 ton. Penelitian dimulai dari studi literatur, melakukan pengamatan, melakukan wawancara kepada pihak terkait dan selanjutnya melakukan analisis data. Hasil yang didapatkan yaitu beban Tarik yang terjadi pada *wire rope* 563 kg, sedangkan beban maksimum yang diijinkan 2800 kg, sehingga *wire rope* aman digunakan. Pada kondisi normal umur tali baja bisa mencapai 188 bulan.

Pada kesempatan kali ini penulis melakukan analisis keamanan *Wire Rope* dan Siklus Perawatan pada *Portal Scrapper*, dengan harapan penulis dapat mengerti dan memahami prinsip kerja dan analisis keamanan dari alat *Wire Rope*.

2. BAHAN DAN METODE

Portal scrapper adalah alat yang berfungsi untuk menggaruk suatu material di dalam *Bulk Storage* atau tempat penyimpanan material hasil produksi dengan kapasitas kerja yang dapat dikendalikan [1]. Mesin ini digunakan oleh PT Pupuk XYZ Palembang untuk menggaruk pupuk urea yang terletak di *bulk storage* (gudang curah) menuju *conveyor* dan didistribusikan sesuai dengan permintaan yang di terima.



Gambar 1. Portal Scrapper [2]

Keterangan:

- 1) Travel gear
- 2) Portal gear auxiliary
- 3) Main boom
- 4) Lifting gear to the main boom
- 5) Auxiliary boom
- 6) Lifting gear to the Auxiliary boom
- 7) Material discharge

Secara umum gambar di atas merupakan bagian-bagian atau kerangka dari *portal scrapper*. Namun, jika dilihat secara spesifik, *portal scrapper* memiliki bagian yang cukup rumit, mulai dari bagian-bagian pada *travel gear* hingga *safety equipment*.

Portal scrapper yang terdapat pada PT Pupuk XYZ memiliki 2 alat penggaruk, yaitu *main boom* dan *Auxiliary Boom* yang dimana *main boom* memiliki fungsi untuk mendorong atau menggaruk pupuk atau material menuju *discharge* yang selanjutnya dibawa menuju pengantongan atau bagian lain menggunakan *konveyor*. *Main boom* memiliki beberapa bagian yang memiliki fungsi masing-masing. Pada *main boom* terdiri dari 57 buah *blade*, yang mana bagian ini akan berputar terus secara bergantian untuk menggaruk material yang bergerak bersama *bracket* sesuai dengan alur *main boom*. Bagian penting lainnya pada *main boom* yaitu, *chain* (rantai). *Chain* berfungsi untuk menggerakkan *bracket* sesuai alur pada *main boom*, sehingga dapat menggerakkan *blade* dan membawa material (pupuk) menuju material *discharge* [3].



Gambar 2. Main Boom [2]

Sedangkan *Auxiliary Boom* tidak jauh berbeda dengan *main boom*, *auxiliary boom* juga memiliki bagian-bagian yang sama. Akan tetapi, *auxiliary boom* memiliki fungsi yang berbeda, yaitu untuk mendorong atau menggaruk material diluar jangkauan *main boom* menuju *main boom*. Komponen yang terdapat pada *auxiliary boom* sama dengan *main boom*, yaitu *chain*, *blade*, motor travel, dan lain sebagainya, namun *blade* pada *auxiliary boom* berukuran lebih kecil serta jumlah yang lebih sedikit. Selain itu, perbedaan lain yang ada yaitu pada *wire rope*-nya, selain ukuran yang berbeda, sistemnya *wire rope* pada *auxiliary boom* juga memiliki perbedaan, di mana *wire rope* pada *auxiliary boom* digunakan untuk mengangkat beban dari 2 Sisi (arah), dengan jumlah alur yang berbeda di setiap sisinya, namun menggunakan satu drum yang sama.



Gambar 3. Auxiliary boom [2]

Dalam pengoperasian komponen tersebut tentunya perlu adanya kegiatan rutin untuk memastikan komponen-komponen tersebut nantinya akan bekerja dengan baik, oleh karena itu diperlukan perawatan pada tiap komponen pada mesin untuk menjaga performa produksi pada pabrik.

Perawatan atau pemeliharaan merupakan salah satu aspek yang dikategorikan penting dalam dunia permesinan, bahkan industri. Secara umum pemeliharaan dapat diartikan sebagai aktivitas yang diperlukan untuk menjaga kualitas mesin agar dapat berfungsi dengan baik seperti kondisi normalnya, selain itu pemeliharaan juga bertujuan sebagai pengembalian atau mempertahankan kondisi mesin agar selalu dapat berfungsi dengan baik. Pemeliharaan juga merupakan kegiatan pendukung yang menjamin kelangsungan mesin dan peralatan sehingga pada saat dibutuhkan dapat digunakan sesuai harapan [4].

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan di PT Pupuk XYZ Palembang merupakan anak perusahaan dari PT Pupuk Indonesia (Persero) yang merupakan Badan Usaha Milik Negara (BUMN). Waktu penelitian dilakukan pada bulan Juli sampai Agustus 2023.

Jenis-jenis dan bentuk perawatan

Adapun jenis-jenis dan bentuk perawatan yang dilakukan pada alat Portal Scapper adalah sebagai berikut:

A. Perawatan terencana (*Planned Maintenance*)

Merupakan sebuah kegiatan perawatan yang dilakukan untuk menghindari kerusakan pada mesin atau alat. Selain itu, dalam perawatan terencana siklus perawatan sudah tersusun secara rapih, mulai dari waktu, hingga komponen atau bagian apa yang akan diperbaiki. [4]. Beberapa keuntungan dari perawatan terencana yaitu, dengan adanya penentuan waktu mengganti alat atau komponen dengan yang baru membuat pabrik tidak perlu waktu lama untuk perawatan, kecuali perawatan dasar yang ringan, misal pelumasan atau penyetelan, ketika peralatan telah menurun kondisinya dapat langsung diganti dengan yang baru, dan keuntungan lainnya, pabrik selalu memiliki peralatan yang baru dan siap pakai.

B. Perawatan *Preventive*

Bentuk perawatan ini merupakan sebuah tindakan yang dilakukan untuk mencegah terjadinya kerusakan, sehingga tindakan ini tetap dilakukan meskipun mesin masih dapat bekerja dengan baik ruang lingkup *preventive maintenance* yaitu, inspeksi, perbaikan kecil, pelumasan (*lubrication*), penyetelan dan sebagainya [5]. Pada beberapa sumber, tindakan *preventive maintenance* sering disebut dengan *daily maintenance*.

C. *Running maintenance*

Merupakan pekerjaan pemeliharaan yang dilakukan saat fasilitas produksi dalam keadaan bekerja. Pemeliharaan ini termasuk pemeliharaan yang direncanakan untuk diterapkan pada peralatan atau mesin dalam keadaan sedang beroperasi. Biasanya diterapkan pada mesin-mesin yang harus terus berproduksi [6].

D. Perawatan korektif

Perawatan ini dilakukan untuk memperbaiki dan meningkatkan kemampuan peralatan/mesin hingga mencapai standar yang dapat diterima. Pada *corrective maintenance* dapat dilakukan peningkatan-peningkatan sedemikian rupa, seperti melakukan perubahan atau modifikasi rancangan agar peralatan menjadi lebih baik. Pemeliharaan korektif disebut sebagai *Mean Time to Repair* (MTTR) [7].

E. *Shut-down Maintenance*

Shut-down Maintenance merupakan kegiatan pemeliharaan yang hanya dapat dilaksanakan pada saat fasilitas produksi sengaja dimatikan atau dihentikan. Pemeliharaan dilakukan secara terencana dan terjadwal dengan memusatkan pada pengelolaan periode penghentian fasilitas produksi. Hal yang penting yaitu pengelolaan sumber daya yang ada berupa tenaga kerja, peralatan, material dan lain-lain, untuk meminimalkan waktu henti (*down time*) sehingga biaya diusahakan seminimal mungkin.

F. Minor dan Mayor *overhaul*

Overhaul merupakan pengujian dan perbaikan secara menyeluruh pada beberapa atau sebagian besar komponen sampai pada kondisi normal yang dapat diterima. Pemeliharaan perbaikan besar merupakan pemeliharaan terencana dan prosesnya dilakukan secara menyeluruh terhadap sistem, sehingga diharapkan sistem atau sebagian besar subsistem berada pada kondisi yang handal [8] biasanya dilakukan hingga mengharuskan pabrik berhenti memproduksi atau beroperasi.

G. Perawatan tidak terencana (*unplanned maintenance*)

Selain perawatan terencana, terdapat juga bentuk perawatan yang tidak terencana. Perawatan ini terjadi ketika mesin atau peralatan secara tiba-tiba mengalami kerusakan hingga tidak dapat digunakan, sehingga harus dilakukan perawatan dengan segera. Salah satu bentuk perawatan tidak terencana yaitu, *emergency maintenance*. Pekerjaan perbaikan yang harus segera dilakukan karena terjadi kemacetan atau kerusakan yang tidak terduga, perawatan ini dilakukan karena mesin harus segera beroperasi untuk kelangsungan produksi.

Metode

Metode yang digunakan dalam pengambilan data penelitian ini yaitu pengamatan (*observation*), studi pustaka (*study library*), dan wawancara (*interview*).

a. Metode Pengamatan (*Observation*)

Metode pengamatan (*observation*) merupakan salah satu cara mengumpulkan data dengan cara melakukan pengamatan secara langsung di lapangan. Metode ini memiliki tujuan yaitu untuk mendapatkan data yang tepat dan akurat, sehingga nantinya penulis dapat mengetahui dan memahami dari sistem kerja serta *maintenance*.

b. Studi Pustaka (*Study Library*)

Studi Pustaka merupakan suatu metode pengumpulan data serta informasi yang diperoleh dari penelaahan buku-buku, literatur, catatan serta laporan yang berkaitan atau berhubungan dengan topik yang akan dibahas dan disesuaikan dengan pengamatan dengan membandingkan dan menyesuaikan antara teori dengan praktik.

c. Metode Wawancara (*Interview*)

Metode wawancara merupakan proses memperoleh hasil yang dilakukan dengan cara tanya jawab secara langsung kepada beberapa pegawai PT. XYZ, Pertanyaan yang diajukan merupakan sebuah pertanyaan terstruktur untuk mendapatkan hasil yang sesuai dengan topik yang dibahas.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada *portal scrapper* terdapat dua bagian yang menjadi batasan pada analisis keamanan melalui pemilihan *wire rope* yang sesuai, yaitu pada *main boom* dan *auxiliary boom*. *Main boom* memiliki massa sekitar 4.200 kg dan dilengkapi dengan 57 *blades* dengan masing-masing *blade* memiliki massa 150 kg, sehingga

kalkulasi total massa pada *main boom*, yaitu 12 750 kg Selanjutnya, *auxiliary boom* sendiri memiliki massa sekitar 2000 kg dan dilengkapi 36 *blades*, yang masing-masing *blades* memiliki massa 70 kg, sehingga total massa pada *auxiliary boom* yaitu 4.520 kg. Melalui kedua massa total pada *main* dan *auxiliary boom*, maka beban masing-masing bagian dapat diketahui melalui perhitungan berikut [9]

$$Q_o = w + (w \cdot sf)$$

$$Q_o = w + (w \cdot 10\%) \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

- Q_o = berat beban maksimum (kg)
- W = berat beban sebenarnya (kg)
- sf = safety (10%)

Sehingga berat maksimum yang dihasilkan pada *main* dan *auxiliary boom* secara berurutan adalah sebagai berikut :

$$Q_o \text{ main boom} = 12.750 + (12.750 \times 10\%)$$

$$Q_o \text{ main boom} = 14.025 \text{ kg}$$

$$Q_o \text{ auxiliary boom} = 4.520 + (4.520 \times 10\%)$$

$$Q_o \text{ auxiliary boom} = 4.972 \text{ kg} \dots \dots \dots (2)$$

Dengan berat maksimum 14.025, maka nilai beban tarik maksimum dapat diketahui dengan mengetahui nilai $n = 6$ dan engamsusikan nilai $n = 1$, dan $n1 = 0,98$ maka.

$$S = \frac{14.025 \text{ kg}}{6 \times 1 \times 0,98}$$

$$S = 2.385,2 \dots \dots \dots (3)$$

Lalu dengan mengetahui beban tarik, nilai kekuatan tarik dapat dikethui dan pemilihan *wire rope* minimum diketahui dengan katalog yang telah di tentuan, serta diketahui nilai $K = 6$ berdasarkan tabel

$$P = 2.385,2 \times 6$$

$$P = 14.293,2 \text{ kg}$$

$$P = 14,2932 \text{ ton}$$

$$P = 14,3 \text{ ton} \dots \dots \dots (4)$$

Setelah diketahui kekuatan tali putus, diameter dari *wire rope* dapat ditentukan melalui katalog yang ada dan tegas dengan pembebana tersebut, maka diameter *wire rope* yang digunakan adalah 16 mm. Berdaarkan katalog *wire rope* diameter 6 mm emiliki tegangan $1770 \frac{N}{mm^2}$

$$S_{allow} = \frac{16.400 \text{ kg}}{6}$$

$$S_{allow} = 2.733,333 \text{ kg} \dots \dots \dots (5)$$

Selanjutnya dengan diameter *wire rope* 20 mm dan dengan kondisi tegangan pada pemilihan *wire rope* dengan desain yang diberikan oleh perancang dapat diketahui mengenai kemanan yang terjadi didalamnya , yang dimana diketahui dengan membandikan nilai σ_{allow} dan nilai σ secara berturut- turut adalah sebai berikut ($1770 \frac{N}{mm^2} = 18048,98 \frac{kg}{cm^2}$)

$$\sigma_t = \frac{18.048,98 \frac{kg}{cm^2}}{6} - \frac{1}{28} 50.000$$

$$\sigma_t = 1.222,45 \frac{kg}{cm^2}$$

$$\sigma_{allow} = \frac{18.048,98 \frac{kg}{cm^2}}{6}$$

$$\sigma_{allow} = 3.008,16 \frac{kg}{cm^2} \dots \dots \dots (6)$$

Bentuk kerusakan Wire rope

Perawatan yang tepat pada *wire rope pada portal scrapper* adalah krusial untuk menjaga pengoperasian mesin secara aman. Namun, umumnya, penggantian *wire rope* dilakukan segera ketika terdeteksi kondisi yang tidak aman, yang sering kali disebabkan oleh faktor usia, penggunaan berlebih, atau pembebanan melebihi spesifikasi yang direkomendasikan. Membiarkan portal scrapper beroperasi dalam kondisi *wire rope* yang tidak optimal dapat meningkatkan risiko kecelakaan, sehingga dapat dikategorikan sebagai operasi berbahaya. Berikut adalah beberapa kondisi yang menunjukkan perlunya penggantian *wire rope* dengan segera [10]

- a. Urutan waktu terjadinya kabel putus

Dalam situasi yang penting, disarankan untuk memonitor secara teliti jumlah kawat yang putus seiring berjalannya waktu. Dari analisis ini, dapat disimpulkan pola peningkatan jumlah kawat yang putus dan perkiraan waktu yang tepat untuk penggantian. Penting diingat bahwa tanda-tanda kabel putus biasanya baru mulai terlihat setelah waktu operasi tertentu dan terjadi dalam interval waktu yang konsisten.
- b. Perubahan diameter *Wire rope*

Jika terjadi pengurangan diameter *wire rope* sekitar 15% atau lebih, baik secara keseluruhan atau pada beberapa bagian, hal ini menandakan bahwa struktur *wire rope* telah mengalami perubahan yang signifikan. Sesuai dengan standar yang diatur dalam EN12385-4, kondisi ini dianggap sebagai ketidakstandaran pada desain *wire rope*. Oleh karena itu, sesuai dengan standar tersebut, *wire rope* harus segera diganti ketika kondisi serupa ditemukan.
- c. Korosi (Berkarat)

Korosi paling sering terjadi diakibatkan oleh kondisi iklim laut, penggunaan di dalam temat yang beratmosfir korosif, dan digunakan diluar ruangan dalam waktu yang lama. Korosi yang terjadi pada bagian luar *wire rope* dapat dilihat atau ditentukan melalui inspeksi visual, namun korosi yang tidak terlihat dari luar akan sulit untuk ditentukan. [11] Korosi yang terjadi dapat mengurangi gaya putus statis dari tali kawat karena pengurangan penampang logam dari tali, dan juga dapat mengurangi kekuatan operasional sebagai akibat lubang korosi Jika diameter tali mengalami penurunan 10% atau lebih dibandingkan dengan kondisi awal *wire rope*, maka tali kawat harus segera diganti, meskipun dipastikan tidak ada helaian kawat putus atau kerusakan pada *wire rope*.

d. Keausan abrasif (*Abrasive Wear*)

Keausan abrasif terjadi pada beberapa berupa, keausan abrasif internal disebabkan oleh gerakan relatif untai dan kawat terhadap satu sama lain selama lenturan terjadi pada *wire rope*, dan keausan abrasif eksternal disebabkan oleh gerakan antara *wire rope* dan alur tali ataupun (misalnya saat tali kawat meluncur *dipulley* ketika beroperasi atau selesai beroperasi) [12]. Keausan abrasif disebabkan oleh pelumasan yang tidak memadai atau kurangnya pelumasan, dan juga disebabkan oleh debu.

e. Deformasi (Perubahan Panjang)

Deformasi secara umum terjadi karena mengendurnya atau berubahnya struktur pada *wire rope*, tidak secara menyeluruh namun terjadi di sekitar bagian yang mengalami deformasi [13]. Berdasarkan bentuk deformasi yang dapat dilihat, terdapat beberapa bentuk deformasi yang mengharuskan *wire rope* untuk segera diganti sebelum mengalami kecelakaan pada *portal scrapper*.

4. KESIMPULAN

Portal scrapper adalah mesin kompleks yang terdiri dari tiga bagian utama: *portal*, *main boom*, dan *auxiliary boom*, masing-masing dengan spesifikasi dan sistem *wire rope* yang berbeda. Pemilihan *wire rope* pada *main boom* dan *auxiliary boom* telah disesuaikan dengan ukuran diameter yang aman berdasarkan analisis beban tarik dan tegangan. Meskipun nilai pembebanan tarik dan tegangan pada *main boom* berada di bawah batas yang diizinkan, penting untuk melakukan analisis kegagalan secara mendalam guna mencegah kerusakan serupa di masa depan. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk memahami penyebab kerusakan pada *wire rope* dan merancang siklus perawatan dan inspeksi yang teratur guna memperpanjang usia pakai serta memastikan kinerja optimal *portal scrapper*.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dalam penelitian ini. Tanpa bantuan dan dorongan dari Anda semua, pencapaian dalam penelitian ini tidak akan terwujud. Segala kontribusi dan support yang diberikan sangat berarti bagi kelancaran dan kesuksesan proyek ini. Terima kasih atas segala dukungan yang telah diberikan.

6. DAFTAR PUSTAKA

[1] E. H. H. H. Z. & F. R. (. P. P. O. p. P. P. S. B. P. M. 1.-1. [4] Lazuardi, " Perancangan Pengendalian Otomatis pada Prototipe Portal Scrapper Berbasis Ple Mikrotuga," *Jurnal Mikrotiga*, vol. 1(2), no. 2014, pp. 14-18, 2014.

[2] ThyssenKrupp, "Operation and Maintenance Manual (Mechanical Part) Portal Reclaimer,"

Mechanical Part), Vols. 01-1, , no. Volume MI. Rohrbach: ThyssenKrupp , pp. 55-69, 2015.

[3] D. H. A. R. A. S. & P. D. Hermawan, "PERENCANAAN PORTABLE CRANE KAPASITAS ANGKAT 1000 KG.," *Metrik Serial Teknologi dan Sains*, vol. 01, no. kocenin, pp. 1-8., 2024).

[4] A. & A.-F. A. Z. (. Hamad, "ANALISIS PENJADWALAN PERAWATAN MESIN INDUKSI PADA PENGECORAN LOGAM MENGGUNAKAN METODE RELIABILITY CENTERED MAINTENANCE II DAN MAINTENANCE VALUE STREAM MAP," *STUDI KASUS KOPERASI INDUSTRI BATUR JAYA*, pp. 1-2, selasa Agustus 2023.

[5] Y. & M. N. Setiawannie, "Perencanaan Penjadwalan Preventive Maintenance Mesin Pouch dengan Critical Path Method di PT. Grafika Nusantara.," *Sains Dan Teknologi*, no. 2022, pp. 01-10, 2022.

[6] A. L. S. P. & Y. R. T. (. Nurhidayat, "The Effect Of Preventive Maintenance And Breakdown Maintenance On The Smooth Running Of The Production Process," *Journal of Indonesian Management (JIM)*, vol. Maintenance , no. Case studies on CV. Dira Mahakarya Utama of Ciamis Regency Printing, pp. 507-512., 2022.

[7] M. Mahfudz, "Usulan Penerapan Preventive Maintenance untuk Perbaikan Pemeliharaan Taksi Di PT. X," *Perawatan*, no. Doctoral dissertation, Universitas Darma Persada, p. 1, 2003.

[8] S. L. L. & S. A. Azzahra, " Manajemen Pemeliharaan dan Perawatan Gedung Blok B1 Walikota Jakarta Timur," *Pendidikan Tambusai*, vol. 7(3), no. deepublish, pp. 27882-27889., 2023.

[9] D. H. A. R. A. S. & P. D. (. 5. 1.-8. Hermawan, "PERENCANAAN PORTABLE CRANE KAPASITAS ANGKAT 1000 KG.," *Perawatan*, Vols. Metrik Serial Teknologi dan Sains, no. erlangga, pp. 1-8., 2024.

[10] M. M. U. F. & B. W. Herterich, "Stepwise Evolution of Capabilities for Harnessing Digital Data Streams in Data-Driven Industrial Services.," *Perawatan*, Vols. MIS Quarterly Executive., p. 15(4)., 2016.

[11] Y. e. a. Stiadi, ""Inhibisi korosi baja ringan menggunakan bahan alami dalam medium asam klorida.," *Jurnal Riset Kimia*, vol. korosi, no. 10.1 , pp. 51-65., 2019.

[12] I. Syafa'at, ""Tribologi, daerah pelumasan dan keausan.," *Jurnal Ilmiah Momentum* , no. unwas, pp. 4, no. 2 , (2008)..

- [13] S. S. C. A. S. I. & H. E. S. Lubis, "Kajian Eksperimen Deffoormasi Tekanan Pada Struktur Sarang Lebah Dengan Variasi Ukuran Hexagonal Yang Diuji Secara Statis.," *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, vol. Deformasi, no. 3(1), , pp. 01-10., 2020.