

CONTINUOUS IMPROVEMENT PADA PROSES PERBAIKAN BELT CONVEYOR UNTUK MENGURANGI DOWNTIME

Sarbini

Abstrak: Penerapan *Total Quality Management* menuntut proses *Continous Improvement* yang dapat dimulai dari bagian. Prinsip perbaikan Kaizen yang membudayakan perbaikan secara berkelanjutan dari hal - hal yang kecil berkesinambungan. Pada perusahaan rokok "X" menggunakan *conveyor* pada distribusi secara *continue* dari mesin pertama ke mesin kedua dan seterusnya secara otomatis. Selama ini perusahaan memiliki kebiasaan semua *belt conveyor* dengan sambungan model Sigsag dan dilakukan pengeleman yang dikenal sebagai *belt conveyor endless*. Hasil percobaan perbaikan / *continuous improvement* dengan menggunakan *clipper* dapat menghasilkan waktu kerja lebih cepat, biaya lebih murah dan tenaga kerja lebih sedikit.

Kata Kunci: *Belt Conveyor, Continuous Improvement.*

Penerapan *Total Quality Management* (TQM) telah menjadi salah satu pendekatan yang sangat penting dalam konteks meningkatkan kinerja perusahaan industri di era globalisasi dan persaingan yang semakin ketat. TQM tidak hanya mengarah pada peningkatan kualitas produk atau layanan semata, tetapi juga melibatkan budaya organisasi, pengelolaan sumber daya manusia, dan peningkatan proses produksi secara keseluruhan. Pendekatan ini memandang kualitas sebagai tanggung jawab bersama dari semua anggota organisasi, dari tingkat manajemen puncak hingga pekerja operasional di lantai pabrik. Salah satu pendekatan dalam menghadapi era globalisasi karena persaingan regional dan global yang semakin ketat ini ialah dengan menerapkan konsep *Total Quality Management* (TQM) dalam industri manufaktur dan jasa serta strategi mempersiapkan diri dengan mengembangkan kualitas karyawan dan manajer dengan tujuan meningkatkan kualitas proses produksi dan produktivitas secara optimal dan berkelanjutan (Pratama, 2019).

Total Quality Management adalah Kualitas atau “*quality*” berasal dari istilah latin yakni “*qualitas*” yang berarti karakteristik, sifat, fitur. Kualitas dapat ditemukan dengan membandingkan jumlah karakteristik yang melekat dengan kebutuhan atau persyaratan tertentu (Luburic, 2014). Flynn, et al. (1994) menjelaskan bahwa TQM merupakan pendekatan terpadu yang bertujuan untuk mendapatkan serta mempertahankan *output* berkualitas tinggi, kemudian fokus atas pemeliharaan dan perbaikan berkelanjutan dan pencegahan kegagalan di semua level dan fungsi perusahaan, dalam rangka memenuhi dan atau melampaui harapan konsumen. Di sisi lain, Kaynak (2003) menjelaskan bahwa TQM dapat dipahami sebagai filosofi manajemen holistik yang mendorong perbaikan dan pengembangan kontinyu dalam semua fungsi organisasi, dan dapat diraih jika konsep kualitas total digunakan dari penggunaan sumber daya pada layanan purna jual pelanggan. Berdasarkan pengertian para ahli di atas, *Total Quality Management* (TQM) secara garis besar dapat diartikan sebagai strategi dan filosofi manajemen yang mencoba mengintegrasikan semua fungsi organisasi yang melibatkan seluruh manajer dan karyawan untuk saling bekerja sama di dalam meningkatkan produk, jasa, manusia, proses, dan lingkungan sehingga dapat mengoptimalkan kinerja karyawan dari perusahaan. Langkah untuk meningkatkan kualitas dengan melakukan perbaikan secara terus menerus yang dikenal sebagai Kaizen. Langkah-Langkah Implementasi Kaizen

Penerapan Kaizen biasanya mengikuti tahapan berikut: 1) Identifikasi Masalah agar mendapatkan area yang memiliki potensi perbaikan. 2) Melakukan pengamatan Bersama operator yang biasa mengoperasikan. 3) Analisis Penyebab Masalah dengan beberapa methode menggunakan alat seperti Why's , Fishbone Diagram dan diagram pareto, setelah mendapatkan sumber masalah dilakukan Langkah solusi. 4) Pengembangan Solusi dan membuat ide perbaikan yang efesien dan praktis. Setelah solusi ditemukan Bersama selanjutnya dilakukan rencana perbaikan. 5) Pelaksanaan perbaikan direncanakan dengan matang dan terschedul. (6) Evaluasi Hasil mengukur dampak perbaikan terhadap kinerja. Dibandingan sebelum perbaikan dengan setelah perbaikan. Hasil yang dicapai perbaikan menjadi stantart keerja baru. 7) Standarisasi yang ditetapkan sebagai standart baru dan mengevaluasi apakah perbaikan.

Salah satu mesin yang digunakan pada proses yaitu mesin belt conveyor. Belt conveyor merupakan salah satu peralatan penting dalam handling pada proses produksi dan distribusi material pada lingkup industri manufaktur, pertambangan, dan pengolahan lainnya. Peralatan ini berfungsi untuk memindahkan material secara continue dari satu titik ke titik lain dengan kapasitas sedang maupun besar dan dalam waktu yang relatif singkat. Kehandalan *belt conveyor* sangat mempengaruhi kelancaran aliran produksi; gangguan pada sistem ini dapat menyebabkan terhentinya proses produksi secara keseluruhan.

Dalam kegiatan produksi terkadang belt conveyor mengalami downtime akibat berbagai faktor seperti keausan belt, sambungan belt yang rusak kerusakan idler roller, misalignment, masalah pada drive unit, serta kurang optimalnya kegiatan perawatan (preventive maintenance). Downtime yang tinggi tidak hanya mengurangi kapasitas produksi, tetapi juga meningkatkan biaya operasional, mengganggu jadwal pengiriman, dan menurunkan efisiensi kerja. Berdasarkan data maintenance downtime belt conveyor yang mengalami kerusakan pada sambungan belt pada periode Juni 2025 telah mencapai 3 jam per minggu, atau setara dengan kehilangan waktu produksi sebesar 3–6 % dari total jam operasional. Kondisi ini menunjukkan perlu adanya upaya perbaikan yang sistematis dan berkelanjutan untuk menekan downtime ke level yang lebih rendah.

Penerapan metode continuous improvement menjadi salah satu solusi efektif untuk mengidentifikasi penyebab utama gangguan serta merancang tindakan perbaikan yang tepat. Melalui pendekatan ini, perusahaan diharapkan dapat meningkatkan realibity belt conveyor, menurunkan potensi kerusakan, dan meminimalkan potensi kehilangan waktu produksi. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada upaya pengurangan downtime belt conveyor melalui penerapan strategi continuous improvement yaitu improvement pada sambungan belt conveyor, dengan tujuan menurunkan downtime, memperpanjang umur mesin belt conveyor, dan mengoptimalkan kapasitas produksi.

Continuous Improvement (CI) adalah pendekatan sistematis untuk meningkatkan kinerja proses atau peralatan secara berkelanjutan. Konsep ini menekankan bahwa perbaikan bukanlah suatu proyek sekali selesai (one-time project), melainkan proses tanpa akhir yang terus dilakukan untuk menyesuaikan diri terhadap perubahan kebutuhan pelanggan, teknologi, dan pasar. Prinsip dasar continuous improvement memiliki perbaikan bertahap namun dilakukan berkelanjutan atau perbaikan bertahap.

Perubahan dilakukan secara kecil namun konsisten sehingga lebih mudah diimplementasikan dan dipertahankan. Fokus pada proses permasalah kualitas atau produktivitas biasanya bersumber dari proses. Partisipasi Semua level karyawan terlibat, mulai dari manajemen hingga operator, berperan aktif dalam ide dan pelaksanaan perbaikan. Pengukuran agar permasalah dapat diukur dalam satuan yang dapat menjadi

inidikator pencapaian perbaikan dengan pembandingan satuan ukuran sebelum dan setelah perbaikan. Perbaikan yang terbukti efektif harus didokumentasikan dan dijadikan prosedur baku (SOP) agar konsistensi terjaga.

Pada pengelolaan belt conveyor, continuous improvement bertujuan mengidentifikasi dan mengatasi penyebab utama downtime sehingga keandalan peralatan meningkat. Beberapa metode continuous improvement yang umum digunakan Plan-Do-Check-Act(PDCA): siklus perbaikan berkelanjutan yang dimulai dari perencanaan, pelaksanaan, evaluasi, dan standarisasi. PDCA terdiri dari empat tahap utama: 1) Plan (Perencanaan) melakukan pengamatan mengidentifikasi masalah atau peluang perbaikan. 2) Mengumpulkan data dan menganalisis akar penyebab masalah (Root Cause Analysis) agar dapat menentukan tujuan perbaikan dan indikator keberhasilan dan menyusun rencana tindakan yang detail, termasuk sumber daya, jadwal, dan metode pelaksanaan. 3) Do (Pelaksanaan) dengan menerapkan rencana perbaikan pada skala kecil atau area terbatas sebagai pilot project. Data yang didapat dilakukan dokumentasi semua langkah yang dilakukan selama pelaksanaan. 4) Check (Pemeriksaan/Evaluasi) mengukur hasil pelaksanaan perbaikan dan membandingkannya dengan target yang telah ditetapkan. Kemudian mengidentifikasi perbedaan, keberhasilan, atau kegagalan dari penerapan. Dan menganalisis data untuk memastikan efektivitas perbaikan. 5) Act (Tindakan Standarisasi/Perbaikan Lanjutan) Jika perbaikan berhasil, menetapkan hasilnya sebagai standar operasional prosedur (SOP) baru. Jika hasil belum optimal, melakukan modifikasi rencana dan mengulangi siklus PDCA

Belt conveyor adalah sistem pemindahan material secara continue yang menggunakan sabuk (belt) sebagai media pengangkut. Belt ini bergerak di atas rangkaian idler roller dan digerakkan oleh drive roller yang terhubung dengan motor penggerak. Belt conveyor banyak digunakan di industri karena mampu memindahkan material dalam volume besar, jarak jauh, dan waktu singkat (CEMA, 2022). Komponen utama belt conveyor meliputi:

- *Belt* : sabuk pengangkut yang terbuat dari karet atau PVC.
- *Pulley* : roda penggerak dan pengubah arah belt.
- *Idler roller* : penopang belt dan beban.
- *Drive unit* : motor, gearbox, dan sistem transmisi.
- *Frame* : rangka penopang seluruh komponen.
- *Roll brush* : sebagai pembersih permukaan belt dari deposit material

Kehandalan belt conveyor sangat menentukan kelancaran aliran material. Kegagalan pada salah satu komponennya dapat menghentikan seluruh proses produksi (A. Harrison, 2020).

Downtime adalah periode waktu ketika sistem, mesin, atau layanan tidak tersedia atau tidak berfungsi secara optimal, sehingga menyebabkan gangguan pada proses operasional dan produksi. Downtime bisa direncanakan untuk pemeliharaan, tetapi seringkali terjadi secara tidak terduga karena kerusakan sistem, kegagalan perangkat keras atau lunak dan atau faktor eksternal lainnya. Keadaan ini dapat berdampak negatif pada produktivitas, efisiensi, dan juga kepuasan pelanggan, serta menyoroti perlunya strategi pengelolaan dan pencegahan downtime yang efektif. (Jonathan kurniawan, 2024).

Beberapa pengertian mengenai downtime yaitu downtime adalah periode waktu di mana mesin atau peralatan tidak dapat beroperasi karena gangguan, perawatan, atau faktor lain. Downtime dibagi menjadi: 1) Planned downtime: waktu berhenti yang

direncanakan (misalnya preventive maintenance. 2) Unplanned downtime: waktu berhenti tidak terencana akibat kerusakan (breakdown). Sedang pengertian availability adalah persentase ketersediaan mesin untuk beroperasi dibandingkan waktu yang direncanakan untuk produksi. Sedang pengukuran waktu perbaikan dapat digolongkan sebagai berikut: 1) MTBF (Mean Time Between Failure) untuk mengukur keandalan suatu peralatan atau sistem dengan menghitung waktu rata-rata yang berlalu antara satu kegagalan dan kegagalan berikutnya. 2) MTTR (Mean Time To Repair) adalah metode yang mengukur waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk memperbaiki suatu sistem atau peralatan setelah mengalami kegagalan, mulai dari terjadinya kegagalan hingga sistem tersebut kembali beroperasi normal.

Dalam perihal belt conveyor, downtime dapat disebabkan oleh:

1. Masalah elektrikal – gangguan motor, kabel, sensor, atau panel kontrol.
2. Kerusakan mekanis – seperti belt sobek, idler roller macet, drive roller aus.
3. Human error – kesalahan pengoperasian atau perawatan.
4. Faktor lingkungan – debu, kelembapan tinggi, atau beban berlebih.

Downtime yang tinggi akan menurunkan availability, meningkatkan biaya perbaikan, dan mengurangi kapasitas produksi karena kehilangan waktu produktif.

METODE

Pada penjelasan berikut ini akan menguraikan beberapa langkah dalam hal pengamatan selama kegiatan continuous improvement pada belt conveyor. Menggunakan metode kombinasi pengamatan visual + pengukuran panjang + pengukuran tegangan sudah cukup untuk memutus bagian yang rusak. Metode ini masuk kategori pengamatan langsung (*direct observation*) dan pengukuran teknis (*measurement method*). Pengamatan ini dilakukan untuk menentukan level efektivitas metode penyambungan belt conveyor menggunakan *clipper belt fastener* dibandingkan metode sambungan lainnya misalnya sambungan *Endless*.

Pengamatan Conveyor dengan Model Endless (Penyambungan dengan Pemotongan Model Sigsag dan Proses Pengeleman)

Model endless sangat cocok pada conveyor dengan beban material cukup berat pada belt dan sangat cocok untuk material yang dipindahkan oleh konveyor berpartikel halus. Namun demikian kelemahan belt conveyor endless adalah proses perbaikan cukup lama, bila diperlukan penggantian conveyor pemasangan conveyor belt baru juga cukup lama karena harus membuka salah satu sisi conveyor. Belt conveyor harus memiliki persediaan karena belt conveyor setiap conveyor tidak asam ukuran. Pengamatan pada material bahan yang dipindahkan tidak terlalu halus sehingga ada kemungkinan memakai model sambungan alternatif.

Pengukuran atau Measuremanet

Adalah Langkah pengukuran kondisi sebelum perbaikan meliputi pencatatan volume terjadinya kerusakan conveyor belt, biaya persediaan conveyor belt, waktu downtime yang diakibatkan perbaikan belt conveyor dalam 6 bulan.

Analisa

Pengamatan dilakukan terhadap 1) lebar conveyor yang dipakai dalam alur proses ditemukan ada 4 macam lebar belt conveyor. Sedang conveyor yang diamati memiliki lebar yang sama dari 60 % conveyor dalam proses. 2) ketebalan belt conveyor yang dipakai dalam proses terdapat 2 macam ketebalan . conveyor yang diamati juga memiliki ketebalan yang sama dari 60 % conveyor dalam proses. Dengan demikian

conveyor yang diamati tidak harus memakai belt konveyor dengan sambungan endless dan memungkikan ide sambungan dengan cara lainnya agar lebih effesien.

Improvement

Adalah Langkah menentukan pilihan penggantian methode lain selain model belt conveyor endless. Pilihan penyambungan belt conveyor dengan methode Clipper. Pertimbangan dipilihnya methode clipper adalah 1) waktu penyambungan lebih cepat sehingga dapat menekan downtime 2) persediaan dalam persediaan tidak khusus setiap conveyor karena bisa melakukan persediaan dalam bentuk roll dengan lebar dan ketebalan konveyor yang sama sehingga biaya persediaan akan berkurang. 3) kerusahan sedang dalam belt conveyor tidak harus mengganti keseluruhan belt conveyor yang rusak sehingga lebih murah biaya perawatan. Namun hal yang diperlukan adalah 1) persediaan clipper dengan demensi yang diperlukan dalam proses. 2) persediaan hing pin sesuai beban clipper. 3) investasi alat pemasang clipper. Setelah didiskusikan dengan anggota tim dengan operator maka diputuskan penggantian conveyor endless model dengan dengan methode clipper.

Pelaksanaan Improvement Metode Penyambungan Belt Conveyor

Memastikan proses penyambungan dengan clipper sesuai standar teknis. Langkah :

1. Pengamatan proses pemotongan ujung belt (squaring) menggunakan square tool atau penggaris siku
2. Pemasangan clipper fastener:
 - Posisi penjepitan clipper
 - Kerapatan gigi clipper
 - Penggunaan alat khusus (clipper lacer)
3. Pemasangan pin penghubung (hinge pin) dan penguncian.
4. Pencatatan waktu penggerjaan mulai dari persiapan hingga conveyor siap beroperasi kembali.

Control atau Evaluasi

Bertujuan untuk mengevaluasi performa sambungan clipper dalam operasional. Langkah:

1. Uji coba operasional:
 - Mengamati sambungan pada putaran awal conveyor.
 - Memeriksa belt yang terpasang clipper tidak berpotensi robek atau tercakar
 - Memastikan sambungan tidak menghasilkan bunyi abnormal.
2. Pengamatan masa pakai sambungan:
 - Mencatat jam kerja hingga clipper memerlukan perbaikan ulang.
 - Mengamati tanda-tanda keausan atau kerusakan.
3. Pengukuran downtime akibat perawatan/penggantian sambungan clipper.
4. Perbandingan data:
 - Pemasangan clipper vs endless
 - Biaya material dan tenaga kerja.
 - Durasi downtime yang dihemat.

Alat yang digunakan dalam proses pelaksanaan penyambungan dngan clipper

1. Alat ukur: vernier caliper, penggaris baja, atau menggunakan thickness gauge untuk ketebalan belt.
2. Alat potong : Cutter atau gunting baja 7"
3. Peralatan clipper: clipper lacer, belt fastener (panjang 300 mm), hinge pin (Diameter 1,25 mm x 10 m).tang kombinasi 4"

HASIL DAN PEMBAHASAN

Belt conveyor yang awalnya disambung dengan metode Endless kemudian di-improvement menjadi penyambungan menggunakan clipper (belt fastener), maka akan ada beberapa perubahan yang cukup signifikan, berikut ini perbandingan sebelum dan sesudah improvement

Tabel 1. Perbandingan Kondisi Sebelum dan Sesudah *Improvement* Penyambungan *Belt Conveyor* Menggunakan *Clipper*

No	Pengamatan	Metode Sambungan Endless	Metode Sambungan clipper
1	Waktu Downtime saat Penyambungan	Lama ($\pm 2-4$ jam, tergantung metode Endless dan pendinginan)	Singkat ($\pm 30-60$ menit, tergantung panjang belt)
2	Biaya perbaikan	Lebih tinggi (alat dan jasa khusus)	Lebih rendah (alat sederhana dari internal perusahaan)
3	Kebutuhan Tenaga Ahli	Harus teknisi khusus (vendor)	Dapat dilakukan oleh tim maintenance internal
4	Fleksibilitas maintenance	Belt sulit dilepas-pasang, proses lama	Belt mudah dilepas dan dipasang kembali (dapat mengurangi downtime)
5	Iventory spare part	Setiap conveyor yang panjangnya tdk sama minimal memiliki 1 persediaan belt conveyor	Persediaan belt conveyor in roll untuk semua belt conveyor yang lebarnya sama. Nilai persediaan belt conveyor bisa turun lebih dari 60 persen

Kontrol

Langkah Kontrol meliputi melakukan pencatatan hasil improvement untuk dipakai sebagai standart waktu perbaikan baru dengan system Clipper. Dalam Improvement system perawatan ini mendapatkan :

1. Penerapan metode penyambungan belt conveyor menggunakan clipper terbukti mengurangi waktu downtime secara signifikan, dari rata-rata $+\/- 3-4$ jam menjadi $+\/- 30-60$ menit per kejadian. Waktu standart perbaikan ini dapat dipakai sebagai Standart prosedur baru.
2. Availability mesin meningkat karena proses perbaikan dapat dilakukan lebih cepat dan tidak memerlukan teknisi khusus .
3. Metode ini memberikan fleksibilitas perawatan yang lebih tinggi, karena belt dapat di bongkar -pasang dengan mudah untuk keperluan maintenance komponen conveyor lainnya.
4. Dari sisi biaya, metode clipper menurunkan biaya perbaikan karena menggunakan peralatan sederhana dan dapat dilakukan oleh tim internal.
5. Walaupun kekuatan sambungan clipper di bawah metode penyambungan Endless, performanya tetap memadai untuk beban material ygng digunakan dalam proses sesuai dngan beban maksimal clipper namun tetap diperlukan inspeksi rutin.
6. Terdapat batasan pada belt conveyor yang menggunakan tipe sambungan clipper yaitu tidak diperuntukan beban berat dikarenakan sambungan tidak memadai

Langkah penyesuaian yang harus diambil karena proses improvement system perawatan conveyor sebagai berikut;

1. Lakukan inspeksi visual rutin secara terjadwal pada sambungan clipper, terutama pada area yang sering kontak dengan roller atau beban berat guna menghindari kegagalan mendadak.
2. Siapkan spare part clipper dan alat pemasangan di lokasi kerja agar perbaikan bisa dilakukan segera saat terjadi kerusakan.
3. Lakukan pelatihan tim maintenance internal untuk memastikan pemasangan clipper dilakukan dengan standar yang benar sehingga sambungan rata dan tidak menyebabkan tumpahan material (spillage point).
4. Monitor secara berkala untuk menilai konsistensi peningkatan kinerja setelah penerapan improvement.
5. Evaluasi penggunaan clipper secara periodik, dan jika ditemukan beban operasi meningkat signifikan, pertimbangkan kombinasi metode sambungan yang lebih kuat di titik kritis belt.

KESIMPULAN

Perbaikan pada belt conveyor yang semula memakai sistem penyambungan Endless (pengeleman sambungan secara sigsag) diubah dengan methode clipper mempercepat waktu kerja perbaikan yang berkibat pada penurunan downtime proses perbaikan. Keuntungan ketiga sistem penyambungan clipper berakibat pada penurunan biaya perbaikan karena waktu kerja dan jumlah manpower yang digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Accurate Industrial. (n.d.). 10 tips to improve conveyor belt efficiency and prevent downtime. Diakses dari <https://accurateindustrial.com/resources/articles/10-tips-to-improve-conveyor-belt-efficiency-and-prevent-downtime/>
- Belt Power. (n.d.). 10 tips to improve conveyor belt efficiency and prevent downtime. Diakses dari <https://www.beltpower.com/resources/articles/10-tips-to-improve-conveyor-belt-efficiency-and-prevent-downtime/>
- CEMA. (2022). Belt Conveyors for Bulk Materials (7th ed.). Conveyor Equipment Manufacturers Association
- Flynn, B. B., Schroeder, R.G., dan Sakakibara, S. 1994. A Framework for Quality Management Research and An Associated Measurement Instrument. *Journal of Operations Management*, 11 (4): 339–366.
- Harrison, A. (2020). Belt Conveying of Minerals. Woodhead Publishing.
- Kaynak, Hale. 2003. The Relationship Between Total Quality Management Practices And Their Effects on Firm Performance. *Journal of Operations Management*, 21: 405–435.
- Luburić, Radoica. 2014. Total Quality Management as a Paradigm of Business Success. *Journal of Central Banking Theory and Practice*, 3 (1): 59-80.
- Mendes, J., Silva, F., & Pereira, A. (2023). *Enhanced Real-Time Maintenance Management Model for Conveyor Belt Case Study*. *Electronics*, 12(18), 3872. <https://doi.org/10.3390/electronics12183872>
- Nkosi, T., & Mahlangu, L. (2022). *Identification and selection of optimised maintenance strategies for belt conveyors*. *South African Journal of Industrial Engineering*, 33(1), 66–78. <https://doi.org/10.7166/33-1-2591>
- Pratama, R. (2019). Pengaruh inovasi dan manajemen kualitas total terhadap kinerja perusahaan manufaktur pada PT. Meiwa Indonesia. SKRIPSI-2019.

- Smith, R., & Patel, S. (2024). *Integrating TPM and Industry 4.0 to Increase Availability of Conveyor Belt Assets: A Case Study.* *Processes*, 11(7), 1956. <https://doi.org/10.3390/pr11071956>
- Sugiyono. (2014). Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D. Alfabeta
- Zhang, B., Wang, Y., & Liu, Q. (2021). Fault Diagnosis of Conveyor Idlers Based on Vibration Signal Analysis and Machine Learning. *IEEE Access*, 9, 112345-112356..
- Zhang, L., Chen, Q., & Gupta, R. (2024). Intelligent predictive maintenance for conveyor belts using Random Forest algorithms. *Frontiers in Mechanical Engineering*. <https://doi.org/10.3389/fmech.2024.1383202>