

Modifikasi *Connecting rod* Terhadap *Crankshaft* Pada Mesin Vibrator Cengkeh Untuk Meningkatkan Kapasitas Produksi

Muklis Setiawan¹, Nurfa Anisa², Sudarto³, Nanta Sigit⁴

^{1,2,3,4} Teknik Industri, Universitas Wisnuwardhana Malang

Info Artikel

Article history:

Received Nov, 2025

Revised Nov, 2025

Accepted Nov, 2025

Kata Kunci:

Connecting Rod; Crankshaft; Efisiensi Maintenance; Kapasitas Produksi; Modifikasi Mesin; Vibrator Cengkeh

Keywords:

Clove Vibrator; Connecting Rod; Crankshaft; Machine Modification; Maintenance Efficiency; Production Capacity

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan kapasitas produksi dan efisiensi biaya perawatan (maintenance) pada mesin Vibrator cengkeh melalui modifikasi desain *Joint Connecting rod* terhadap Big End. Mesin vibrator merupakan komponen penting dalam proses pengayakan cengkeh di industri pengolahan tembakau, namun sering terjadi kegagalan proses akibat lemahnya sambungan antara *Connecting rod* dan big end. Masalah ini menyebabkan keretakan, patah komponen, dan tingginya tingkat reject material, yang berujung pada turunnya kapasitas produksi serta meningkatnya biaya perawatan. Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan eksperimen dan desain rekayasa teknik, yang mencakup proses pengamatan di lapangan, perancangan ulang sambungan, pembuatan prototipe, serta pengujian performa mesin sebelum dan sesudah modifikasi. Hasil modifikasi menunjukkan peningkatan kapasitas produksi dari 11 ton menjadi 14 ton per 7 jam kerja, serta penurunan frekuensi perawatan dan penggantian komponen seperti flange dan bearing. Penggunaan pin pengunci, sambungan ulir, serta penguatan struktur sambungan terbukti efektif mengurangi kerusakan dan meningkatkan stabilitas operasional mesin. Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa modifikasi sambungan *Connecting rod* terhadap big end mampu meningkatkan performa mesin secara signifikan baik dari segi output produksi maupun efisiensi biaya maintenance. Penelitian ini memberikan kontribusi nyata dalam pengembangan teknologi mesin pengolahan cengkeh di industri tembakau.

ABSTRACT

This study aims to improve production capacity and maintenance cost efficiency of the clove vibrator machine through the modification of the *Connecting rod joint* to the big end. The vibrator machine is a crucial component in the clove screening process within the tobacco processing industry. However, frequent process failures caused by improper joint mechanisms have led to component cracks, breakdowns, high reject rates, and reduced machine reliability, ultimately affecting overall production output and increasing maintenance costs. The research methodology involves experimental and engineering design approaches, including field observation, joint redesign, prototype fabrication, and performance testing before and after modification. The modification includes the addition of locking pins, threaded joints, and reinforced structural alignment, resulting in increased production capacity from 11 tons to 14 tons per 7-hour shift, while significantly reducing maintenance frequency and costs. The findings indicate that modifying the *Connecting rod joint* enhances machine stability, reduces reject rates, and prolongs component lifespan. The study contributes both practically and theoretically to the development of clove processing machinery, particularly in improving mechanical reliability and operational efficiency.

This is an open access article under the [CC BY-SA](#) license.



Corresponding Author:

Name: Nanta Sigit

Institution: Universitas Wisnuwardhana Malang

Email: Nantasigit1991@gmail.com

1. PENDAHULUAN

Pada semua industri tembakau khususnya departemen Primary Processing, yang berfokus untuk memproduksi bahan baku tembakau, kelancaran dalam proses produksi merupakan suatu tuntutan yang harus dapat dipenuhi untuk menjaga delivery tembakau untuk proses selanjutnya. Primary processing merupakan tahapan dalam mengolah bahan mentah (raw material) berupa tembakau dan cengkeh menjadi bahan setengah jadi dalam bentuk campuran rajangan. Primary processing ini menentukan 90% rasa / sensasi merokok sedangkan 10% nya disumbangkan dari proses linting dan sistem filter yang digunakan. Mengingat konstribusinya yang sangat besar, maka tidak salah jika dikatakan bahwa "jantungnya" tobacco factory berada di Primary Processing, mengingat pentingnya akan sebuah kualitas rokok maka diharapkan tercapainya kualitas serta kelancaran delivery cengkeh untuk berada di tahap proses berikutnya.

Salah satu kegiatan produksi di dalam Primary Processing yaitu adanya proses pengayakan cengkeh menggunakan mesin vibrator cengkeh. Mesin Vibrator adalah alat mekanis yang digunakan untuk memisahkan material berdasarkan ukuran material dengan memanfaatkan gerakan linier. Mesin ini umumnya digunakan untuk meratakan, mengaduk, dan memilah cengkeh serta bahan-bahan lainnya yang digunakan dalam pembuatan rokok. Dimana saat proses pengayakan cengkeh yang menggunakan mesin vibrator tersebut sering terdapat kegagalan proses (process failure) yang disebabkan karena struktur komponen pada *Joint Connecting rod* pada *crankshaft* yang tidak proper sehingga terjadi keausan. Akibat hal tersebut maka dampak yang ditimbulkan yaitu tingginya downtime, waste material yang tinggi (loss material) serta efisiensi maintenance yang rendah.

Dari latar belakang yang telah di paparkan tersebut, maka dalam permasalahan utama dalam penyambungan antara *Connecting rod* dan *crankshaft* sering kali muncul akibat keausan, serta gaya kerja berulang yang melebihi batas komponen. Hal ini dapat menyebabkan efisiensi kerja mesin menurun, meningkatkan konsumsi energi, hingga menyebabkan kerusakan komponen secara prematur. Sebagai solusi permasalahan tersebut maka penelitian ini menawarkan pendekatan dengan melakukan modifikasi pada *Connecting rod* terhadap *crankshaft*, dengan tujuan meningkatkan kepresisian penyambungan, menyesuaikan dimensi agar sesuai dengan *crankshaft* yang ada, serta meningkatkan ketahanan terhadap beban kerja mesin. Modifikasi ini dapat meliputi perubahan desain, pemilihan material yang lebih sesuai, hingga teknik fabrikasi ataupun perakitan yang lebih tepat.

Diharapkan melalui modifikasi tersebut, umur pakai mesin vibrator cengkeh dapat diperpanjang, getaran mesin berkurang, efisiensi kerja mesin meningkat secara keseluruhan serta meningkatnya kapasitas produksi. Selain itu, solusi ini juga berpotensi menekan biaya perawatan dan penggantian komponen dalam jangka panjang. Gagasan ide modifikasi tersebut diambil dengan pertimbangan sebagai tindakan preventive maintenance dan juga sebagai improvement pada part guna menghindari terjadinya kegagalan proses (process failure) di kemudian hari.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Meningkatkan Kapasitas Produksi dan Efisiensi Maintenance

Dalam hal penelitian ini, terdapat beberapa teori yang digunakan untuk menjadi referensi:

a. Teori *Continuous Improvement*

Continuous Improvement (CI) adalah pendekatan sistematis untuk meningkatkan kinerja proses atau peralatan secara berkelanjutan (Imai, 1997). Konsep ini menekankan bahwa perbaikan bukanlah suatu proyek - yang sekali selesai (*one-time project*), melainkan proses tanpa akhir yang terus dilakukan untuk menyesuaikan diri terhadap perubahan kebutuhan pelanggan, teknologi, dan pasar. Berikut ini beberapa prinsip dasar continuous improvement yaitu:

- 1) Perbaikan Bertahap (*Incremental Improvement*): Perubahan dilakukan secara kecil namun konsisten sehingga lebih mudah diimplementasikan dan dipertahankan.
- 2) Fokus pada Proses: Masalah kualitas atau produktivitas biasanya bersumber dari proses, bukan individu. Oleh karena itu, continuous improvement berfokus pada penyempurnaan alur kerja.
- 3) Partisipasi Semua Pihak: Semua level karyawan, mulai dari manajemen hingga operator, berperan aktif dalam ide dan pelaksanaan perbaikan.
- 4) Pengukuran dan Evaluasi Berkelanjutan: Keberhasilan perbaikan diukur dengan indikator kinerja seperti OEE (Overall Equipment Effectiveness), downtime, efisiensi, dan biaya.
- 5) Standarisasi Hasil Perbaikan: Perbaikan yang terbukti efektif harus didokumentasikan dan dijadikan prosedur baku (SOP) agar konsistensi terjaga.

Dari penerapan *Continuous Improvement* memiliki berbagai manfaat yang dapat membantu perusahaan tetap kompetitif. Beberapa tujuan utamanya meliputi:

- 1) Meningkatkan Efisiensi Operasional: Dengan mengidentifikasi dan menghilangkan pemborosan, perusahaan dapat mengoptimalkan proses bisnis mereka.
- 2) Meningkatkan Kualitas Produk dan Layanan: *Continuous Improvement* membantu organisasi dalam memastikan bahwa produk dan layanan yang mereka tawarkan memenuhi standar tinggi.
- 3) Mengurangi Biaya Produksi: Efisiensi yang lebih baik dapat mengurangi biaya operasional dan produksi, meningkatkan profitabilitas perusahaan.
- 4) Meningkatkan Kepuasan Pelanggan: Dengan produk dan layanan yang lebih baik, pelanggan akan lebih puas, meningkatkan loyalitas mereka terhadap perusahaan.
- 5) Mendorong Inovasi Berkelanjutan: Dengan budaya *Continuous Improvement*, organisasi akan selalu mencari cara baru untuk berkembang dan berinovasi.

Pada penelitian modifikasi *Connecting rod* terhadap *crankshaft*, *continuous improvement* bertujuan untuk mengidentifikasi dan mengatasi penyebab utama *downtime* sehingga kehandalan peralatan meningkat.

b. Teori *Total Predictive Maintenance* (TPM)

Total Predictive Maintenance (TPM) adalah strategi pemeliharaan yang di mana perawatan dilakukan berdasarkan prediksi kondisi aktual peralatan menggunakan data, sensor, dan analisis tren, sehingga kerusakan dapat dicegah sebelum terjadi. Menurut Mobley (2002), *predictive maintenance* adalah kegiatan memonitor parameter kondisi mesin (seperti getaran, suhu, suara, pelumasan) untuk memprediksi kapan peralatan akan mengalami kerusakan, sehingga perawatan dapat dijadwalkan secara tepat waktu.

Tujuan dari Kegiatan Total Predictive Maintenance (TPM) yaitu:

- 1) Tidak Ada Downtime Mendadak (Zero Unplanned Downtime): Mesin dapat beroperasi terus tanpa terhenti mendadak karena kerusakan dapat diprediksi sebelumnya.
- 2) Umur Peralatan Lebih Panjang: Perawatan tepat waktu mencegah kerusakan parah, sehingga komponen bertahan lebih lama.
- 3) Produktivitas Meningkatkan: Proses produksi berjalan lancar karena mesin selalu dalam kondisi optimal.
- 4) Biaya Perawatan Lebih Efisien: Mengurangi biaya perbaikan darurat dan penggantian komponen yang masih layak.
- 5) Kualitas Produk Terjaga: Mesin dalam kondisi prima menghasilkan produk dengan kualitas konsisten dan minim cacat.
- 6) Keselamatan Kerja Lebih Baik: Mencegah kerusakan yang bisa menimbulkan risiko kecelakaan kerja.
- 7) Meningkatkan OEE (*Overall Equipment Effectiveness*): Nilai *Availability*, *Performance*, dan *Quality* meningkat secara signifikan.
- 8) Budaya Perawatan Proaktif: Mengubah pola pikir dari “memperbaiki saat rusak” menjadi “mencegah sebelum rusak” di seluruh tim.

2.2 Komponen pada Mesin Pengayak (Vibrator) Cengkeh

a. Mesin Pengayak (Vibrator) Cengkeh

Mesin *vibrator Linear Sifter* adalah mesin penyaring yang menggunakan gerakan linier (getaran searah) untuk memisahkan partikel berdasarkan ukuran. Mesin ini cocok untuk berbagai aplikasi, mulai dari penyaringan bahan ringan hingga berat, dan mampu menghasilkan output dengan tingkat yang tinggi.

Alat mekanis ini juga digunakan untuk memisahkan cengkeh berdasarkan ukuran (*particle size*) atau untuk memisahkan kotoran seperti tangkai, daun, dan benda asing lainnya setelah proses penjemuran atau pengeringan. Mesin ini sangat membantu dalam meningkatkan efisiensi dan kualitas sortasi cengkeh sebelum masuk ke tahap pengolahan atau penjualan.

b. Motor

Motor pada mesin vibrator cengkeh adalah sumber tenaga utama yang menggerakkan seluruh sistem penggetar *vibrator*. Motor ini berfungsi mengubah energi listrik menjadi energi mekanik (putaran poros), yang kemudian ditransmisikan melalui pulley–belt atau gearbox menuju *crankshaft* untuk menghasilkan getaran pada ayakan.

c. Pulley – Belt

Pulley–belt adalah sistem transmisi daya yang menghubungkan motor dengan poros penggerak *crankshaft*.

d. Crankshaft

Crankshaft pada vibrator cengkeh adalah poros engkol yang dilengkapi *crank-pin* dan *counterweight* untuk menghasilkan gaya osilasi/getaran teratur, sehingga ayakan atau meja getar dapat berfungsi memisahkan cengkeh dari kotoran atau sortasi ukuran. Fungsi utama *Crankshaft* di vibrator cengkeh yaitu:

- 1) Mengubah energi putar motor menjadi energi getar.
- 2) Menghasilkan frekuensi getaran sesuai dengan desain sudut engkol, panjang *Connecting rod*, dan putaran motor.
- 3) Menyalurkan gaya dinamis ke bagian ayakan sehingga cengkeh dapat terpisah berdasarkan ukuran/berat.
- 4) Menjaga keseimbangan sistem dengan bantuan *counterweight* agar getaran stabil dan tidak merusak rangka mesin.

e. *Connecting Rod*

Connecting rod pada vibrator cengkeh merupakan komponen transmisi mekanis yang berfungsi meneruskan gerakan putar *crankshaft* menjadi gerakan bolak-balik atau getaran pada bagian ayakan mesin.

Fungsi utama *Connecting rod* di vibrator cengkeh:

- 1) Menghubungkan *crankshaft* dengan sistem penggetar → menjadi perantara utama dalam mekanisme getaran.
- 2) Meneruskan gaya putar menjadi gaya osilasi → sehingga meja atau ayakan bergetar sesuai frekuensi yang diinginkan.
- 3) Menjaga keseimbangan gerakan → karena panjang dan sudut *Connecting rod* berpengaruh pada amplitudo getaran.
- 4) Mengurangi getaran berlebih → dengan konstruksi yang kuat dan presisi, *Connecting rod* membantu menstabilkan sistem.

f. *Oscillating Lever*

Oscillating Lever pada mesin vibrator cengkeh adalah salah satu komponen mekanis yang berfungsi untuk mengubah gerakan rotasi poros (*crankshaft* atau cam) menjadi gerakan osilasi (maju-mundur/naik-turun) yang nantinya ditransmisikan ke bagian pengayak.

Fungsi utama *Oscillating Lever* di mesin vibrator cengkeh:

- 1) Mengkonversi Gerak
 - a) Dari gerakan putar (rotary motion) yang berasal dari motor menuju reducer dan *crankshaft*.
 - b) Menjadi gerakan bolak-balik (osilasi) pada lengan penggerak.
- 2) Mentransfer getaran

Lever ini menyalurkan gaya ke bagian saringan/pengayak cengkeh, sehingga terjadi gerakan getaran yang dapat memisahkan cengkeh dari kotoran (ranting, daun, atau debu).
- 3) Menjadi peredam beban kejut

Karena posisinya sebagai penghubung, lever juga membantu menyerap sebagian gaya kejut dari ayakan agar tidak langsung merusak poros penggerak.

g. *Flange Rubber Damping*

Flange Rubber Damping pada mesin vibrator cengkeh adalah komponen elastis berbahan karet yang dipasang di antara flange penghubung (biasanya antara poros penggerak, *Oscillating Lever*, atau rangka mesin dengan ayakan).

Fungsi utama *Flange Rubber Damping*:

- 1) Peredam Getaran (Vibration Damping)

Menyerap getaran berlebih yang timbul dari gerakan osilasi lever, sehingga tidak semua energi kejut diteruskan ke rangka mesin.
- 2) Perlindungan Komponen Mekanis

Mengurangi risiko retak pada flange logam, aus pada bearing, dan longgarnya baut-baut akibat hentakan langsung.
- 3) Penyesuaian Ketidaksejajaran

Karena karet bersifat fleksibel, flange damping dapat menyesuaikan sedikit misalignment antara poros penggerak dan ayakan.

h. *Screen (saringan) Ayakan*

Screen (saringan) pada mesin vibrator cengkeh adalah bagian ayakan (saringan) yang berfungsi untuk memisahkan bunga cengkeh dari kotoran seperti ranting kecil, tangkai, daun, atau debu dengan bantuan getaran.

Fungsi utama *Screen* di mesin vibrator cengkeh:

1) Media Pemisah

Lubang screen dibuat dengan ukuran tertentu sesuai ukuran butir cengkeh sehingga cengkeh bisa lolos, sementara kotoran yang lebih besar/lebih kecil tertahan.

2) Menentukan Hasil Sortasi

Jenis screen (mesh halus, sedang, kasar) bisa disusun bertingkat:

- a) *Screen* atas untuk menahan kotoran besar (ranting, tangkai).
- b) *Screen* tengah untuk meloloskan cengkeh tapi menahan pecahan atau kotoran lain.
- c) *Screen* bawah untuk cengkeh murni jatuh ke wadah penampung.

3. METODE PENELITIAN

Jenis penelitian yang digunakan saat ini adalah penelitian eksperimen rekayasa (engineering experiment), yaitu penelitian yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh modifikasi joint *Connecting rod* terhadap *crankshaft* terkait performa mesin vibrator cengkeh, baik dari segi kapasitas produksinya. maupun efisiensi maintenance.

Penelitian ini dilaksanakan di workshop PT. XZ Pasuruan, yang memiliki beberapa fasilitas untuk mendukung penelitian di bidang fabrikasi mesin. Workshop ini dilengkapi dengan berbagai peralatan untuk fabrikasi part mekanikal dan assembly mesin, termasuk pengerjaan *Connecting rod* mesin vibrator yang akan dimodifikasi dalam penelitian ini. Keberadaan fasilitas ini memungkinkan peneliti untuk melakukan percobaan dalam kondisi yang terkontrol dan sesuai dengan standar keselamatan yang berlaku.

Pengujian kinerja mesin dilakukan dengan cara continue batch dalam jumlah dan waktu yang telah ditentukan. Mesin diuji dalam dua kondisi, yaitu sebelum dimodifikasi dan setelah dimodifikasi. Parameter yang diamati antara lain durasi pengayakan, volume hasil ayakan, jumlah hasil reject ayakan, getaran mesin, serta realibity mesin

Data hasil pengujian dianalisis secara sistematis dan komparatif. Tingkat kapasitas produksi dihitung dengan seksama selama 1 shift, kapasitas dihitung berdasarkan berat cengkeh yang dihasilkan per jam, dan kehandalan mesin saat beroperasi, hal tersebut dinilai berdasarkan pengamatan langsung saat mesin running.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil pengujian sebelum dan sesudah modifikasi yang telah dilakukan maka terdapat peningkatan output produksi yaitu

Tabel 1. Perbandingan sebelum modifikasi mesin vibrator cengkeh

No	Waktu uji	Berat cengkeh/karung	Berat total	Reject	Hasil
1.	450 menit	50 kg	15 ton	4 ton	11 ton

Rincian Perhitungan kapasitas produksi:

- a. 480 menit (*available time*) dari total waktu produksi selama 1 shift di kurangi durasi cleaning mesin selama 30 menit
 $480 \text{ nit} - 30 \text{ menit} = 450 \text{ menit}$
- b. Berat cengkeh/karung = 50 kg
 - 1) Bruto 52 kg
 - 2) Netto 50 kg
 - 3) Tara 2 kg
- c. Per shift 300 karung cengkeh
 $300 \text{ karung} \times 50 \text{ kg} = 15000 \text{ kg} = 15 \text{ ton cengkeh}$

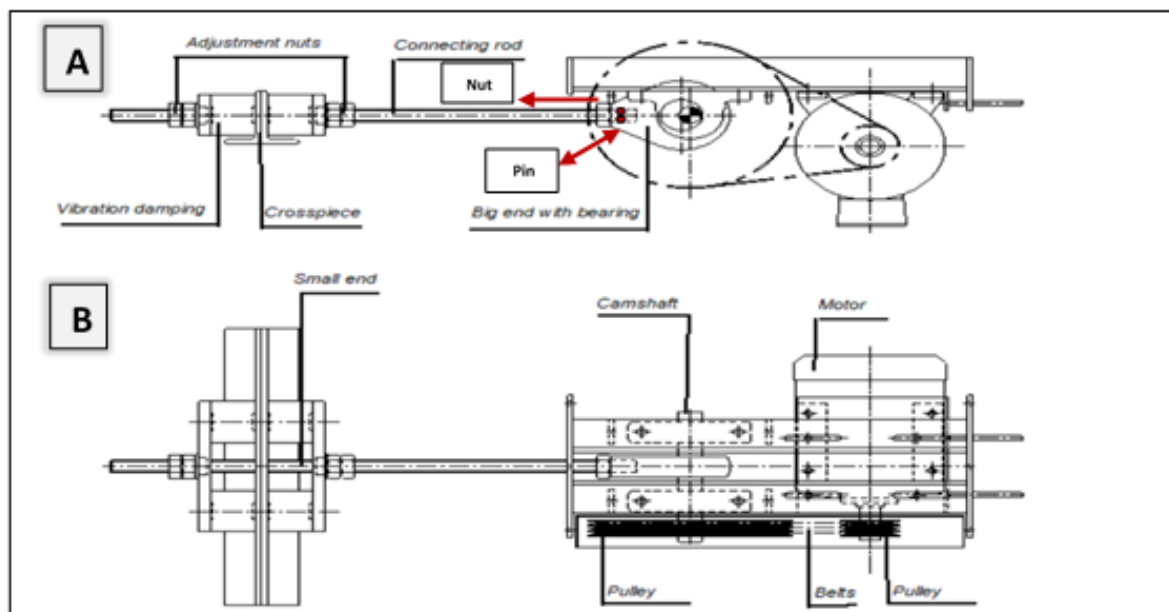
- d. Output ayakan / per shift = $15000 \text{ kg} : 450 \text{ menit} = 33,333$ dibulatkan 33 kg/menit atau $33 \text{ kg/menit} \times 60 \text{ menit} = 1980 \text{ kg}$
- e. Total reject $4000 \text{ kg} = 4 \text{ ton}$
 $15000 \text{ kg} - 4000 \text{ kg} = 11000 = 11 \text{ ton}$
 Jadi, total kapasitas produksi selama 1 shift sebanyak 11 ton cengkeh

Tabel 2. Perbandingan sesudah modifikasi mesin vibrator cengkeh

No	Waktu uji	Berat Cengkeh / karung	Berat total	Reject	Hasil
1.	450 menit	50 kg	15 ton	1 ton	14 ton

Rincian Perhitungan kapasitas produksi:

- a. Durasi produksi 480 menit (*available time*) selama 1 shift di kurangi durasi - cleaning mesin selama 30 menit
 $480 \text{ menit} - 30 \text{ menit} = 450 \text{ menit}$
- b. Berat cengkeh/karung = 50 kg
 1) Bruto 52 kg
 2) Netto 50 kg
 3) Tara 2 kg
- c. Per shift 300 karung cengkeh
 $300 \text{ karung} \times 50 \text{ kg} = 15000 \text{ kg} = 15 \text{ ton cengkeh}$
- d. Output ayakan / per shift = $15000 \text{ kg} : 450 \text{ menit} = 33,333$ dibulatkan 33 kg/menit atau $33 \text{ kg/menit} \times 60 \text{ menit} = 1980 \text{ kg}$
- e. Total reject $1000 \text{ kg} = 4 \text{ ton}$
 $15000 \text{ kg} - 1000 \text{ kg} = 14000 = 14 \text{ ton}$
 Jadi, total kapasitas produksi selama 1 shift sebanyak 14 ton cengkeh



Gambar 1. Modifikasi Mesin

1) Performa Sebelum Modifikasi

Mesin vibrator cengkeh memiliki kapasitas maksimal 11 ton per shift dengan frekuensi perawatan mingguan. Permasalahan yang sering muncul adalah keretakan pada sambungan dan kerusakan flange, yang berdampak pada peningkatan biaya operasional dan waktu henti produksi.

2) Performa Setelah Modifikasi

Hasil uji lapangan menunjukkan peningkatan output sebesar +/- 25% menjadi 14 ton per shift, dengan jumlah material yang masuk ke bak kontaiment reject menurun dari 4 ton menjadi 1 ton. Perawatan hanya dilakukan dua bulan sekali dengan pelumasan *bearing crankshaft*. Tidak ditemukan kerusakan pada sambungan selama pengujian.

3) Analisis Ekonomi

Modifikasi menurunkan durasi maintenance hingga 50% dan meningkatkan efisiensi mesin. Jika sebelumnya penggantian part dilakukan setiap minggu, maka kini hanya diperlukan satu kali dalam dua bulan. Selain itu, downtime mesin berkurang drastis

4) Efek Teknis Modifikasi

Struktur sambungan menjadi lebih stabil berkat pin pengunci dan penguatan las. *Vibrasi* menjadi merata, menghindari lompatan material berlebihan. Posisi alignment poros terjaga karena adanya pin sebagai pengunci penguat struktur.

5. KESIMPULAN

Modifikasi joint *Connecting rod* terhadap *Crankshaft* pada mesin vibrator cengkeh terbukti meningkatkan kapasitas produksi sebesar +/- 25 % dan menurunkan durasi maintenance hingga 50%. Perbaikan desain sambungan menghasilkan vibrasi mesin yang stabil dan efisien, mengurangi reject material dan memperpanjang umur pakai komponen.

DAFTAR PUSTAKA

- Adam, L. (2016). Membangun daya saing tenaga kerja Indonesia melalui peningkatan produktivitas. *Jurnal Kependudukan Indonesia*, 11(2), 71–84.
- Arvian Restu Adjie, Masruki Kabib, Rianto Wibowo. (2021) Desain Mesin Pengayak Tembakau dengan Sistem Vibrating Screen Kapasitas 150 kg/jam
- Bayu Pranoto (2022). Pengaruh Temperatur Pemanasan dan Pendinginan Terhadap Sifat Mekanik Pada Proses Annealing Baja AISI410 Setelah Pengerasan
- Balai Besar Perbenihan dan Proteksi Tanaman Perkebunan Medan, Ditjenbun, 2022)
- Budiman, A. (2018). Perawatan Mesin dan Efisiensi Produksi. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Buffa, E. S. (2006). Manajemen Produksi/Operasi Modern (alih bahasa). Jakarta: Binarupa Aksara.
- Fatkur Rhozman & Engga Predianto. (2020). "Rancang Bangun Alat Perontok Cengkeh Berbasis Modifikasi Poros." *Jurnal Mekatronika Nusantara*, 3(2), 89–96.
- Groover, M. P. (2019.) *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing*. 5th ed. New York: Pearson.
- Hassan Ali. (2012.). *Manufacturing of cigarettes*.
- Hongyu Liu, Guowu Yuan, et al. (2025). An Appearance Defect Detection Method for Cigarettes Based on C-CenterNet. *arXiv*.
- Ilham, A., Sutopo, W., & Setiawan, D. (2021). "Diagram Alur Penelitian pada Pengembangan Produk Mesin." *Jurnal Teknologi dan Inovasi*, 8(3), 22–29.
- Nazir, M. (2014). *Metode Penelitian*. Bogor: Ghalia Indonesia.
- Oktiarso & Loekito (2017). "Perancangan ulang tata letak area produksi PT X. dengan metode Systematic Plant Layout".
- Sedarmayanti. (2000). *Sumber Daya Manusia dan Produktivitas Kerja*. Bandung: Mandar Maju.
- Suryani, M. (2023). Analisis Faktor-faktor yang Mempengaruhi Produktivitas Tenaga Kerja di Sektor Manufaktur. *Jurnal Produktivitas Industri*, 12(3), 45–60.
- Telsang, M. T. (2007). *Industrial engineering and production management*. New Delhi: S. Chand & CompanyLtd. (Membahas teknik rekayasa industri untuk meningkatkan kinerja mesin dan produktivitas)

Vera Junita Siagian, Anna Astrid, Rhendy Kencana Putra (2023). Publikasi Outlook Komoditi Perkebunan Cengkeh. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian. Jakarta

Yuniarsih, T., & Suwatno. (2008). Manajemen Sumber Daya Manusia. Bandung: Alfabeta.