Industrial Engineering Journal Vol.14 No.2 (2025)
P-ISSN 2302-934X
E-ISSN 2614-2910

Quality Control

Efisiensi Proses Produksi Melalui Analisis *Downtime* Pada Mesin Produksi Dan *Packaging* Pupuk NPK Dengan Menggunakan Diagram Pareto Dan Diagram *Fishbone* Di PT PIM

Khairul Anshar[1)], Aji Sutama Nasution[2*)]
[1,2)]Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh, Lhokseumawe, Indonesia
*Corresponding Author: aji.210130115@mhs.unimal.ac.id

Web Journal: https://ojs.unimal.ac.id/miej DOI: https://doi.org/10.53912/iej.v10i2.xxx

Abstrak – Penelitian ini bertujuan menganalisis efek *downtime* terhadap efisiensi produksi pupuk NPK di PT Pupuk Iskandar Muda untuk meningkatkan efisiensi produksi dengan memberikan solusi dari akar permasalahan yang didapatkan melalui metode diagram pareto dan *Fishbone*. Observasi lapangan dilakukan untuk menilai secara lansung kondisi aktual dalam Perusahaan, data produksi, data kerusakan mesin dan mengamati cara kerja karyawan. Pengamatan dilakukan dengan menganalisis data kerusakan mesin dan data produksi yang ada di Perusahaan. Dari hasil analisis yang dilakukan terdapat pengaruh efek *downtime* yang signifikan dari segi produksi, yang dimana perusahaan hanya dapat memproduksi setengah dari target perbulan. Adapun target produksi perbulan yaitu sebesar 42.000 ton, sedangkan produksi yang dihasilkan pada bulan juli 2024 adalah sebesar 21.000 ton. Downtime pada mesin disebabkan oleh enam mesin utama yaitu mesin granulator dengan jumlah downtime sebesar 142 jam 15 menit, mesin *rotary dryer* sebesar 78 jam 9 menit, mesin *product cooler* sebesar 77 jam 59 menit, mesin *recycle drag conveyor* sebesar 66 jam 3 menit, *product bulk conveyor* sebesar 72 jam 10 menit dan mesin *product* elevator 125 jam 25 menit serta dibagian *packing* manual sebesar 4 jam, dengan jumlah total *downtime* sebulan sebesar 556 jam 14 menit yaitu sekitar 15 hari. Dari penelitian yang dilakukan didapatkan hasil penelitian bahwa akar masalah downtime terbesar ada pada mesin granulator dan *product* elevator dengan akar masalah yaitu dibagian mesin, material, metode dan manusia. Tindakan solusi yang diberikan yaitu dengan menerapkan *preventive* dan *predictive maintenance* pada metode, mesin dan material serta dibagian manusia dapat diberikan Tindakan yaitu dengan membatasi pekerjaan sampingan karyawan dan memberikan jadwal *shift* kerja karyawan.

Kata kunci: *Downtime,* diagram pareto, diagram *fishbone*, *Preventive* dan *predictive maintenance*

Abstract *- This research aims to analyze the effect of downtime on the efficiency of NPK fertilizer production at PT Pupuk Iskandar Muda to increase production efficiency by providing solutions to the root of the problem obtained through the Pareto and Fishbone diagram methods. Field observations are carried out to directly assess actual conditions within the Company, production data, machine damage data and observe how employees work. Observations were made by analyzing machine damage data and production data in the Company. From the results of the analysis carried out, there is a significant downtime effect in terms of production, where the company can only produce half of the monthly target. The monthly production target is 42,000 tons, while the production produced in July 2024 will be 21,000 tons. Downtime on the machines was caused by six main machines, namely the granulator machine with a total downtime of 142 hours 15 minutes, the rotary dryer machine 78 hours 9 minutes, the product cooler machine 77 hours 59 minutes, the recycle drag conveyor machine 66 hours 3 minutes, the product bulk the conveyor is 72 hours 10 minutes and the product elevator machine is 125 hours 25 minutes and the manual packing section is 4 hours, with a total monthly downtime of 556 hours 14 minutes, which is around 15 days. From the research carried out, the research results showed that the biggest root of the downtime problem was in the granulator machine and product elevator with the root of the problem being the machine, material, method and people.*

The solution action provided is by implementing preventive and predictive maintenance on methods, machines and materials as well as in the human sector. Action can be given, namely by limiting employee side work and providing employee work shift schedules.

Keywords: *Downtime, Pareto Chart, Fishbone Chart, Preventive and Predictive Maintenance*

---

1. PENDAHULUAN

Industri pupuk merupakan industri turunan gas alam, dimana bahan baku gas alam diproses menjadi ammonia yang selanjutnya menjadi bahan baku pembuatan pupuk. Dengan ditemukannya kandungan gas alam di wilayah Aceh Utara dan sekitarnya, menjadi modal awal bagi pertumbuhan industri hilir termasuk industri pupuk. Kondisi tersebut didukung dengan letak geografis yang sangat strategis dimana tersedianya jalur darat dan jalur laut yang merupakan jalur perdagangan internasional, sehingga semakin menunjang pembangunan pabrik pupuk NPK. PT PIM sebagai salah satu industri pupuk urea dan NPK yang berada di area strategis tersebut sangat berperan dalam menunjang ketahanan pangan nasional serta produksi perkebunan[1].

Unsur Nitrogen (N), Fosfor (P), dan kalium (K) adalah unsur tambahan yang paling dibutuhkan oleh tanaman diantara unsur yang lain. Elemen-elemen ini dapat ditentukan satu per satu atau sekaligus. Secara terpisah unsur N dapat diberikan sebagai liquid amoniak (NH_3) atau pupuk urea ($CO_2(NH_2)_2$), sedangkan unsur P dapat diberikan sebagai TSP (*triple superphospat*) atau pupuk NSP *(normal superphospat*), dan unsur kalium (K) dapat diberikan sebagai pupuk MOP (*muriate of potash*), Selain diberikan secara terpisah, pemberian ketiga unsur tersebut dapat juga dilakukan bersamaan dalam satu pupuk.

Pupuk yang mengandung banyak bahan utama disebut pupuk majemuk. Jika unsur utama yang terkandung dalam pupuk tersebut adalah unsur nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), maka pupuk tersebut disebut pupuk NPK. Produksi Pupuk NPK terdiri dari beberapa unit proses yang digunakan. Secara garis besar tahapan unit yang akan digunakan adalah, persiapan bahan baku, Penyiapan *Slurry* dan granulasi, pengeringan, pengayakan, pendinginan dan pelapisan produk[2].

Dalam proses produksi dan *Packing* pupuk NPK sering terjadinya *truoble* atau permasalahan pada mesin produksi serta adanya keterlambatan pada proses packing yang masih manual sehingga terjadinya *downtime* pada proses produksi dan *packing* yaitu permasalah yang terjadi pada 7 mesin utama yang beroperasi sehingga membuat efesiensi pada produksi berkurang untuk perawatan dan perbaikan mendadak ataupun *downtime* selama 2-3 hari dalam yang membuat stok dan permintaan dari *supplier* tidak terpenuhi yaitu sebesar 42.000 ton/bulan. Akibatnya pada bulan juli 2024 hanya dapat terpenuhi sekitar 21.641 ton, yang membuat pabrik mengalami kerugian yang dapat diperkirakan dari harga pasar untuk modal sebesar Rp 7.000/kg yaitu sekitar 7 miliar jika dilihat dari harga pasar. Tujuan dari manajemen perawatan yaitu untuk membuat sebuah kebijakan dalam aktifitas perawatan untuk memperbaiki kerusakan fungsi oprasional dengan meningkatkan umur pakai, mengurangi kemungkina kerusakan dan mengurangi *Downtime* sehingga meningkatkan fungsi operasional sistem[3].

Downtime adalah situasi dimana mesin divonis rusak dan harus diperbaiki tanpa adanya persiapan. *Downtime* dalam manufaktur perlu diperbaiki karena kaitannya dengan produktivitas dan profitabilitas bisnis[4]. Bahkan beberapa penelitian juga mengidentifikasi bahwa *downtime* dapat mempengaruhi produktivitas kinerja mesin. Mesin yang berpotensi mengalami kerusakan yaitu dibagian mesin granulator, mesin *dryer*, mesin *conveyor recycle drag*, mesin *product cooler*, mesin *product elevator* dan *conveyor product bulk* serta keterlambatan diproses *packing* yang masih manual. Untuk meminimalisir *downtime* yang tidak terencana merupakan hal yang sangat krusial dalam meningkatkan Efisiensi Keseluruhan Peralatan dan produktifitas. *Downtime* adalah waktu dimana mesin atau peralatan tidak beroperasi baik karena sedang *preventive maintenance* ataupun sedang *corrective maintenance*. Waktu *downtime* meliputi waktu administrasi, waktu logistik dan waktu perbaikan mesin-mesin produksi yang sudah tua adalah salah satu penyebab utama tingginya *downtime* [5].

Penting untuk mengetahui jumlah dan waktu berhentinya proses untuk mengetahui bagaimana efesiensi produksi yang terjadi. Penulis melakukan penelitian yang dilaksanakan untuk mengidentifikasi penyebab mendasar dari kerusakan mesin atau peralatan menggunakan diagram pareto yang berguna untuk menyoroti faktor-faktor yang paling penting di antara sejumlah faktor yang ada (biasanya dalam skala besar) dan diagram *fishbone* untuk mengidentifikasi faktor-faktor potensial yang dapat menyebabkan efek keseluruhan yang bertujuan untuk memberikan solusi terhadap masalah *downtime* pada mesin produksi[6]Pada kebanyakan industri, pemeliharaan fasilitas dan peralatan hanya dibebankan kepada Departemen *Maintenance* untuk melakukan perbaikan, sehingga yang sering terjadi adalah pemeliharaan hanya dilakukan apabila terjadi kerusakan [7].
Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui efesiensi produksi pupuk NPK dengan analisis *downtime*, untuk mengetahui solusi dari akar masalah yang didapatkan dengan tabel solusi dan untuk mengetahui solusi untuk mengurangi dan menghilangkan *downtime* pada mesin produksi.

2. Metode

Diagram Pareto

Grafik batang menunjukkan masalah berdasarkan frekuensi. Urutannya dimulai dari jumlah masalah yang paling sering terjadi dan jumlah masalah yang paling jarang terjadi.Analisis penyebabnya dan identifikasi masalah yang ingin Anda pecahkan. Diagram pareto dibuat untuk menemukan masalah atau penyebab yang merupakan kunci dalam penyelesaian masalah dan perbandingan terhadap keseluruhan [8].
Adapun langkah – langkah pembuatan diagram pareto sebagai berikut:

1. Analisis penyebabnya dan identifikasi masalah yang ingin Anda pecahkan.
2. Menganalisis dan mengetahui semua faktor penyebab terjadinya masalah (dapat dilakukan dengan berbagai cara, seperti pengukuran lapangan, data sekunder, dan lain-lain).
3. Membuat frekuensi untuk setiap penyebab masalah dalam format angka dan persentase.
4. Kemudian membuat sebuah model sumbu X dan Y, namun hanya menggunakan kuadran 2, yakni pada area X positif dan Y positif.
5. Sumbu Y digunakan sebagai frekuensi setiap penyebab, dan sumbu X digunakan untuk mencantumkan setiap faktor penyebab.
6. Menginterprestasikan setiap faktor penyebab dengan menggunakan model batang.
7. Urutkan faktor penyebab dari penyebab yang paling sering hingga yang paling jarang terjadi.
8. Menggunakan bagian kanan dari sumbu X untuk mengakumulasikan persentasenya hingga genap 100%, dengan memberi tanda berupa titik dari setiap batang menuju persentase.

Diagram *Fishbone*

Diagram sebab akibat adalah sebuah alat yang berguna untuk mengidentifikasi penyebab dan sub penyebab masalah. Diagram *fishbone* juga merupakan suatu alat visual untuk mengidentifikasi, mengeksplorasi, dan secara grafik menggambarkan semua penyebab yang berkontribusi pada suatu masalah Diagram *fishbone* dapat digunakan untuk menganalisis masalah baik pada tingkat individu maupun organisasi. Manfaat penggunaan diagram ini adalah bahwa itu memfokuskan pada masalah utama bagi individu, tim, atau organisasi[9]. Salah satu siklus kualitas yang dikemukakan oleh Pak Ishikawa dikenal dengan diagram sebab akibat, atau lebih dikenal dengan diagram tulang ikan, dan diagram ini juga ada**.** yang menyebutnya diagram Ishikawa. Diagram Ishikawa merupakan alat yang mudah dan dapat digunakan oleh siapapun untuk menganalisis penyebab dan solusi permasalahan Adapun langkah-langkah dalam penyusunan diagram ini dijelaskan sebagai berikut:

1. Membuat bentuk kerangka diagram *fishbone*
2. Merumuskan masalah pokok, masalah juga dapat diartikan sebagai kesenjangan antara kinerja saat ini dengan target kinerja.Ini berada di bagian atas ikan, menampilkan dalam format angka dan persentase.
3. Teknik brainstorming, dapat dikelompokan yaitu bahan baku, mesin dan peralatan, sumber daya manusia, metode, lingkungan, dan pengukuran. Ditempatkan pada sirip ikan

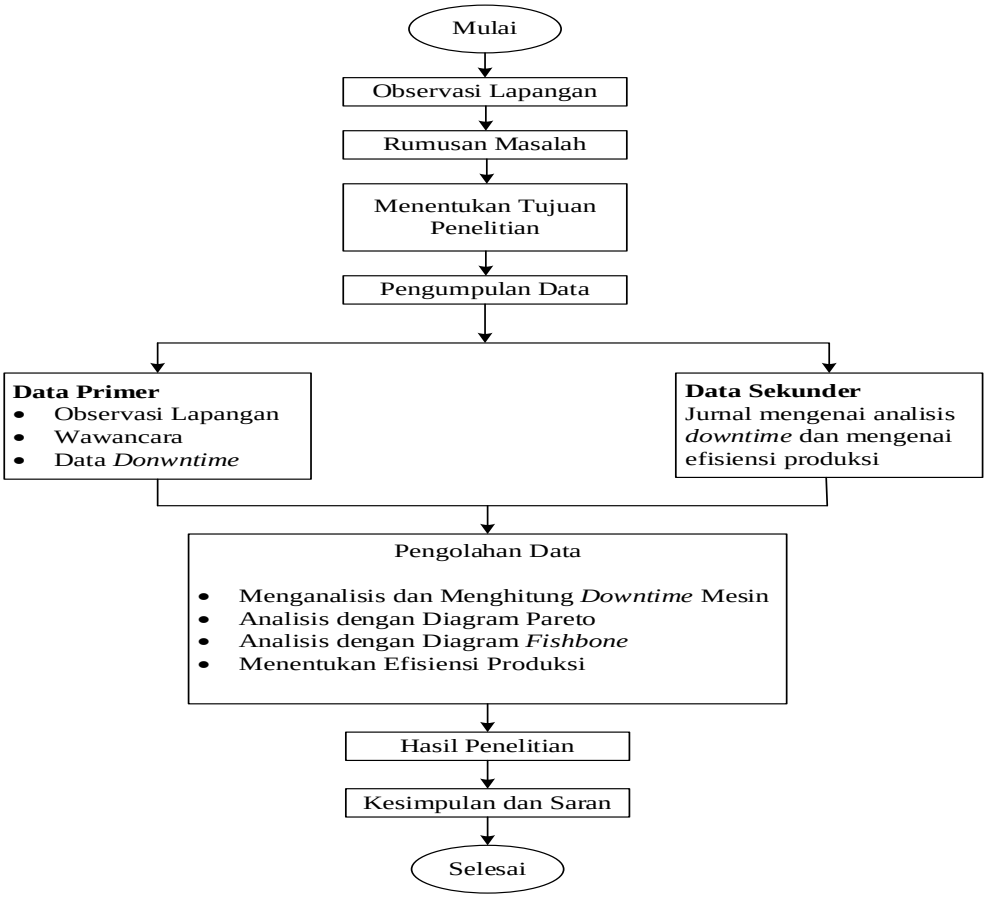
4. Menemukan penyebab untuk masing-masing kelompok penyebab masalah. Ditempatkan pada duri ikan.
5. Setelah masalah dan penyebab diketahui, kita dapat menggambarkannya kedalam diagram *fishbone.*

Teknik Pengumpulan Data

Adapun teknik pengumpulan data adalah sebagai berikut:

1. Data Primer
   Data primer merupakan data yang diperoleh melalui observasi serta wawancara kepada karyawan PT Pupuk Iskandar Muda, tepatnya pada bagian proses produksi dan bagian *fasility*.
2. Data Sekunder
   Data sekunder merupakan data yang diperoleh secara tidak langsung. Pada pengamatan ini data sekunder diperoleh dari data historis perusahaan.

Penelitian dilakukan di PT Pupuk Iskandar Muda selama 1 bulan. Penelitian ini dilakukan pada departemen Pabrik Operasi-3 Pupuk NPK. Metodologi penelitian berisi mengenai langkah-langkah yang akan ditempuh selama penelitian



Gambar 3. *Flow Chart* Metode penelitian

Rumus yang digunakan pada perhitungan data downtime dan efesiensi produksi adalah sebagai berikut :

$$\text{Persentase } Downtime = \frac{\text{Periode } Downtime \text{ dalam jam}}{\text{Total jam dalam sebulan}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{Periode } Downtime = \frac{\text{Persentase Downtime}}{100\%} \times \text{Total jam dalam sebulan} \quad (2)$$

$$\text{Efesinsi Produksi} = \frac{Output \text{ aktual}}{Output \text{ standar}} \times 100\% \quad (3)$$

3. Hasil dan Pembahasan

Adapun Pengolahan data yang dilakukan dengan menganalisis seuruh data yang telah didapat dari pengumpulan data lalu di analisis dan dihitung untuk menentukan *downtime* terbesar yang terjadi pada seluruh mesin proses produksi dan *bagging storage*.

Tabel 1. Analisis dan Penghitungan Data *Downtime*

No	Nama Mesin	Perhitungan *downtime* (%)	Jumlah *Downtime*
1	*Granulator*	19,106 %	142 jam15 menit
2	*Dryer*	10,496 %	78 Jam 9 menit
3	*Recycle Drag Conveyor*	10,428 %	77 jam 59 menit
4	*Product cooler*	8,875 %	66 jam 3 menit
5	*Product Elevator*	16,835 %	125 jam 25 menit
6	*Product Bulk Conveyor*	9,69 %	72 jam 10 menit
7	*Packing Manual*	0,537 %	4 jam
	Jumlah	**59,132**	**566 jam 14 menit**

Data diatas diperoleh dengan menggunakan pengumpulan data dan menghitung *downtime* data dalam persentase mesin granulator dengan menggunakan rumus perhitungan *downtime* persamaan (1) yaitu:

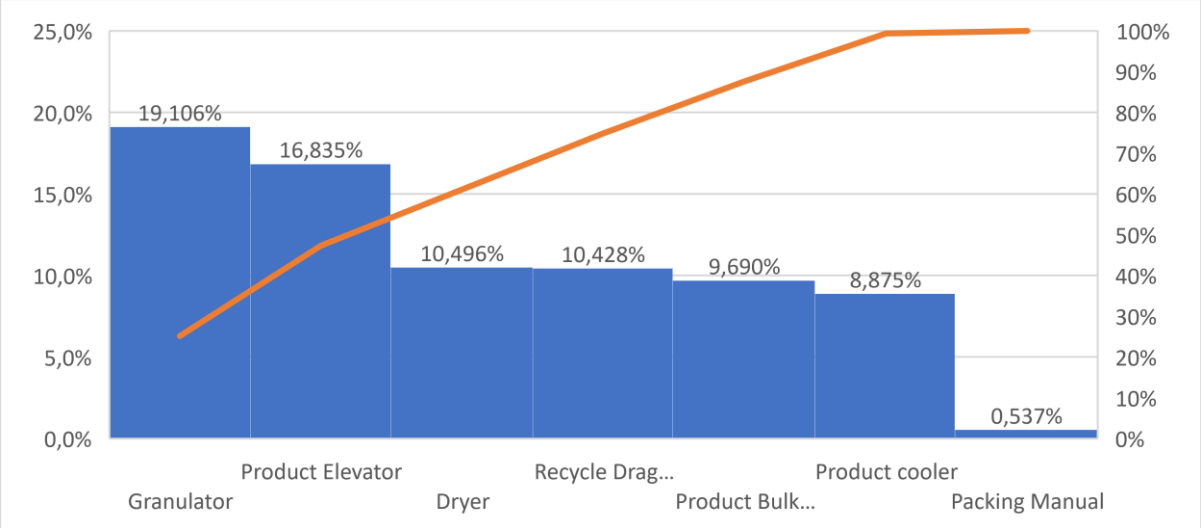
Persentase *Downtime* = $\frac{142{,}15 \text{ jam}}{744 \text{ jam}}$ x 100% = 19,106 %

Untuk menghitung periode *downtime* mesin granulator dapat dilakukan dengan menggunakan rumus periode *downtime* persamaan (2) sebagai berikut:

Periode *Downtime* = $\frac{19{,}106}{100\%}$ x 744 = 142,15 jam.

Setelah didapatkan nilai persentase dan nilai periode untuk memastikan kelengkapan dan kepastian terhadap data, maka selanjutnya data yang didapat akan diolah untuk mencari nilai *downtime* tertinggi yang mempengaruhi efesiensi produksi.

Analisis Dengan Diagram Pareto



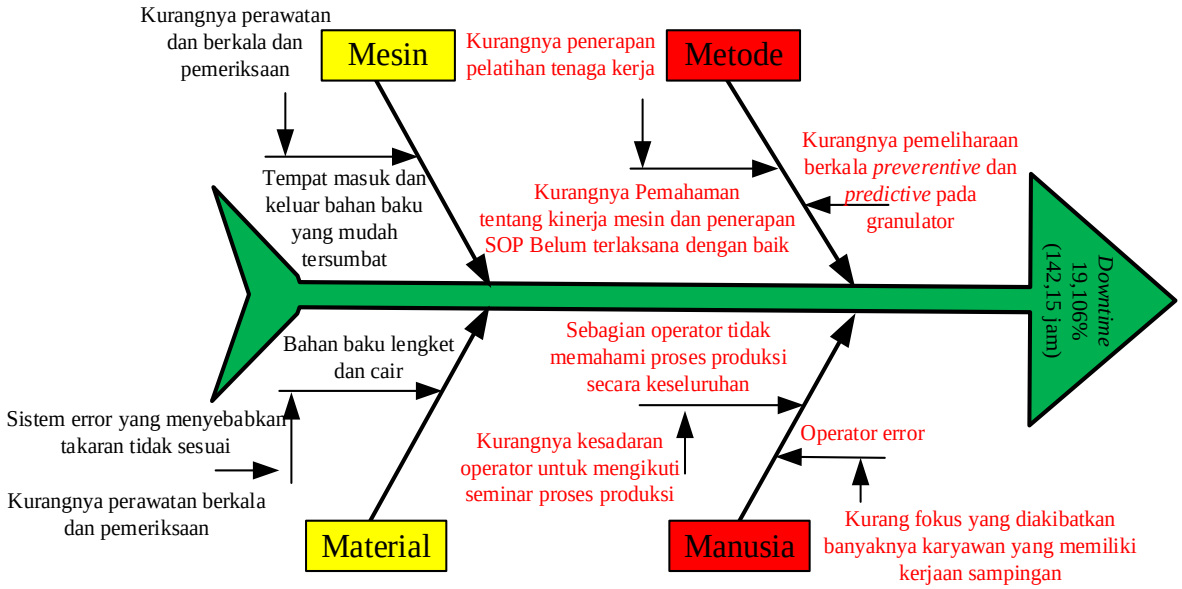
Gambar 4. Diagram Pareto

Dari diagram pareto diatas dapat dilihat untuk *downtime* tertinggi terdapat pada mesin granulator dengan jumlah *downtime* sebesar 142,15 jam dengan persentase 19,106% dari 100% waktu efesiensi produksi dalam bulan juli 2024. Untuk *downtime* tertinggi kedua yaitu pada mesin *product elevator* dengan jumlah *downtime* sebesar 125 jam 25 menit dengan persentase 16,835% dari 100% waktu efesiensi produksi.

Analisis Diagram Fishbone

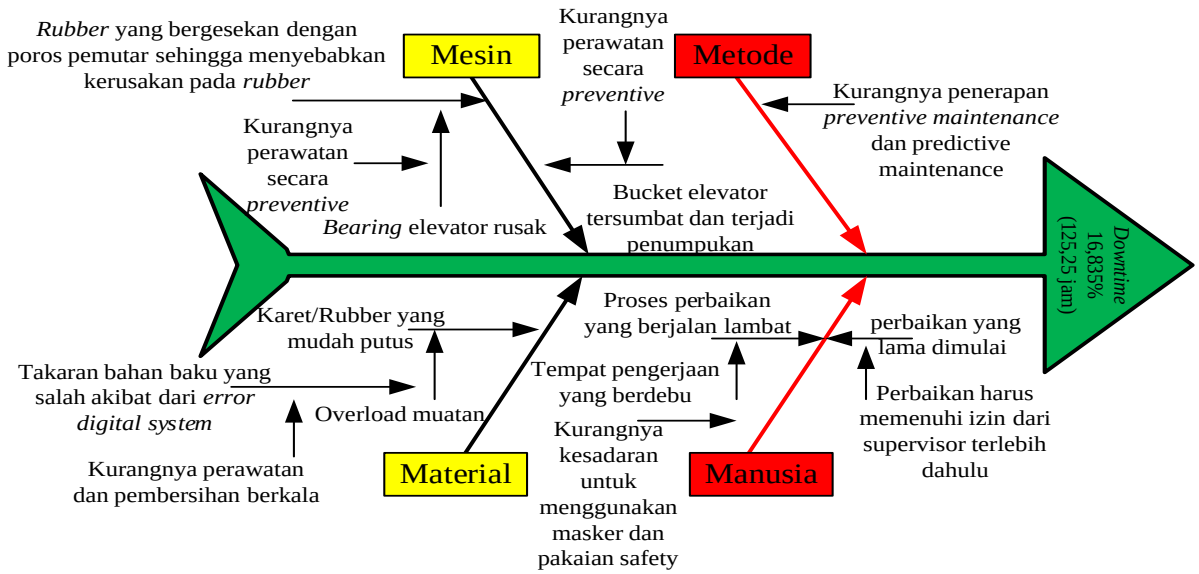
Adapun analisis diagram *fishbone* dilakukan untuk melihat penyebab dan akibat yang terjadi pada mesin dengan jumlah *downtime* dari yang terbesar dalam 15 – 20 % yaitu untuk mesin akan dipilih granulator dengan nilai *downtime* tertinggi pertama dan mesin product elevator dengan downtime tertinggi kedua merupakan penyebab *downtime* yang besar pada bulan juli dengan menggunakan rumus 5W (*why*) sampai tidak ada lagi alasan atau tanggapan dari karyawan dan operator dan juga pembuatan tabel solusi untuk mengatasi akar masalah yang terdapat pada setiap mesin

Analisis Diagram Fishbone Mesin Granulator



Gambar 5. Diagram *Fishbone* Granulator

Analisis Diagram *Fishbone Product* Elevator



Gambar 6. Diagram *Fishbone Product* Elevator

Solusi Diagram *Fishbone*

Adapun Tabel Solusi ini dibuat bertujuan untuk membuat tidakan dan saran saran atau Solusi yang dapat diterapkan Perusahaan untuk mengatasi akar masalah yang terdapat pada mesin granulator dan product elevator dapat dilihat pada tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2. Tabel Solusi Diagram *fishbone* Granulator

Bagian	Akar masalah	Tindakan atau Solusi
Mesin	Kurangnya perawatan secara preventive dan pemeriksaan	Untuk masalah pada mesin dan material dengan menerapkan perawatan dan pembersihan berkala membuat jadwal yang sistematis.
material	Kurangnya perawatan dan pembersihan berkala dan pemeriksaan	
metode	Kurangnya penerapan pelatihan tenaga kerja	Menerapkan pelatihan tenaga kerja dan mengharuskan karyawan memiliki sertifikat telah melewati pelatihan tenaga kerja.
manusia	Kurangnya kesadaran untuk mengikuti seminar atau pelatihan proses produksi	Dengan memberikan syarat kepada karyawan untuk memiliki sertifikat mengikuti pelatihan proses produksi agar karyawan yang masuk adalah yang sesuai dengan syarat Perusahaan.
	Karyawan kurang fokus karena memiliki pekerjaan sampingan	Perusahaan dapat menerapkan shift kerja untuk mengatur karyawan sehingga memiliki waktu yang cukup untuk beristirahat dan memberikan Batasan bagi karyawan untuk melakukan pekerjaan sampingan karena mengganggu produktivitas kerja.

Berdasarkan tabel 2 tindakan dan solusi yang diberikan dapat diterapkan pada perusahaan, ini menjadi solusi atas akar masalah yang didapatkan dari bagian mesin, metode, material dan manusia.

Tabel 2. Tabel Solusi Diagram *fishbone Product* elevator

Bagian	Akar masalah	Tindakan atau Solusi
Mesin	Kurangnya perawatan secara preventive	Untuk masalah pada mesin dan material dengan menerapkan perawatan dan pembersihan berkala membuat jadwal yang sistematis.
material	Kurangnya perawatan dan pembersihan berkala	
metode	Kurangnya penerapan *preventive* dan *predictive maintenance*	Menerapkan perawatan berkala dan memiliki perawatan prediksi kapan kira kira sebuah mesin mengalami kerusakan, seperti masalah usia dan lain-lain.
manusia	Kurangnya kesadaran safety first dan perizinan dari supervisor yang memakan waktu.	Dengan menerapkan pengawasan pada pekerjaan yang memiliki Tingkat bahaya yang tinggi sehingga safety dapat terjalankan dan mempercepat pengambilan Keputusan agar tidak bertele-tele.

Dari tabel diatas dapat dilihat untuk Solusi dari akar masalah pada kedua mesin yang hamper memiliki kesamaan permasalahan yaitu pada perawatan dan pembersihan mesin secara berkala dan kurangnya penerapan pelatihan serta kurangnya perencanaan jadwal perawatan dan prediksi akan adanya kerusakan yang belum diterapkan[10].

Efesiensi Produksi

Adapun efesiensi produksi yang didapatkan dalam persentase untuk menentukan berapa persen efesiensi yang didapatkan[11], data produksi selama bulan juli yang memiliki jumlah sebesar 21.641 ton yang memiliki *downtime* sehingga menyebabkan di beberapa hari produksi tidak dapat tercapai yang ,mana harusnya dapat memiliki rata rata produksi perhari sekitar 1200-1900 ton perhari. Lalu dilakukan perhitungan efesiensi produksi dari data yang telah didapatkan dari lampiran I dengan menggunakan rumus persamaan (3) sebagai berikut :

Efesinsi Produksi = $\frac{21.641}{42.000}$ x 100% = 0,51%

Dari perhitungan diatas *Output* aktual didaptkan dari produksi dari pabrik NPK selama 1 bulan, untuk *output* standar didapatkan dari hasil penjumlahan semua produksi selama 1 bulan juli 2024. Hasilnya adalah *downtime* sangat berpengaruh terhadap Efesiensi kerja yang dimana dapat dilihat bahwa hasil efesiensi produksi untuk bulan juli adalah 0,51%.

4. Kesimpulan

Untuk *downtime* tertinggi terdapat pada mesin granulator dengan jumlah *downtime* sebesar 142,15 jam dengan persentase 19,106% dari 100% waktu efesiensi produksi dalam bulan juli 2024. Untuk *downtime* tertinggi kedua yaitu pada mesin *product elevator* dengan jumlah *downtime* sebesar 125 jam 25 menit dengan persentase 16,835% dari 100% waktu efesiensi produksi, Untuk efesiensi produksi selama *downtime* hanya dapat setengah dari jumlah yang seharusnya dapat diselesaikan dan dipenuhi untuk permintaan *supplier*, sehingga dengan demikian efesiensi produksi sangat berpengaruh dengan adanya efek *downtime*. Efesiensi yang didapatkan hanya 0,51% dari target standar yaitu sebesar 42.000 ton/bulan.

Solusi yang dapat diberikan adalah perlu adanya perbaikan pada metode perawatan terhadap semua mesin yang dilakukan secara berkala (*preventive*) dan juga harus membuat *predictive* maintenance untuk memudahkan dan meningkatkan efesiensi produksi[12]. Dari diagram solusi yang dapat diberikan untuk memberikan kompetensi tentang penggunaan dan penakaran yang pas sehingga tidak terjadi kesalahan yang membuat mesin menjadi *downtime*. dengan melakukan pergantian *shift* pada pekerja dan memberikan penerapan predictive dan preventive pada setiap mesin yang beroperasi sehingga mengurangi terjadinya hal yang tidak terduga dan dapat diselesaikan dengan segera untuk mengurangi efek *downtime* yang sangat berpengaruh terhadap produksi guna meningkatkan efesiensi produksi kedepannya serta meningkatkan keandalan mesin yang beroperasi.

Daftar Pustaka

[1] E. Kurniawan, Ishak, and Suryani, 'Utilization of Cocopeat and Goat of Dirt in Marking of Solid Organic Fertilizer to Quality Macro Nutrient (NPK)', *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, vol. 543, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/543/1/012001.

[2] N. V. A. Harini, Y. Ilmiasari, R. Sanjaya, E. A. Novrimansyah, and S. Febrianti, 'PENGARUH PUPUK NPK TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL PRODUKSI JAGUNG MANIS (Zea mays saccharata Sturt.) DI LAMPUNG UTARA', *AGRORADIX : Jurnal Ilmu Pertanian*, vol. 7, no. 1, pp. 31–37, 2023, doi: 10.52166/agroteknologi.v7i1.4928.

[3] M. Gustiawan and N. Affandi, 'Perencanaan Ulang Penjadwalan Perawatan Mesin Extr Uder Menggunakan Metode Reliability Centered Maintenance Di Pt Staedter Indonesia', *Jurnal Ilmiah Teknik dan Manajemen Industri*, vol. 1, no. 2, pp. 255–270, 2021, doi: 10.46306/tgc.v1i2.20.

[4] A. Rahmawan, T. N. Ma'rifat, and A. B. F. Azka, 'Efisiensi Proses Produksi Melalui Analisis Downtime Pada Proses Packaging (Studi Kasus: Cargill Indonesia Plant)', *Agroindustrial Technology Journal*, vol. 4, no. 2, p. 157, 2021, doi: 10.21111/atj.v4i2.5044.

[5] T. J. Wibowo, T. Syarif Hidayatullah, A. Nalhadi, and F. Teknik, 'Analisa Perawatan pada Mesin Bubut dengan Pendekatan Reliability Centered Maintenance (RCM)', *Jurnal Rekayasa Industri (JRI)*, vol. 3, no. 2, 2021.

[6] F. O. Dayera, Musa Bundaris Palungan, 'G-Tech : Jurnal Teknologi Terapan', *G-Tech : Jurnal Teknologi Terapan*, vol. 8, no. 1, pp. 186–195, 2024, [Online]. Available: https://ejournal.uniramalang.ac.id/index.php/g-tech/article/view/1823/1229

[7] M. Saefullah, F. Ali Yusuf, U. Wildan Nuryanto, D. Pascasarjana, P. Studi Magister Manajemen, and U. Bina Bangsa, 'Peningkatan Produktivitas Melalui Downtime Reducing pada Industri Food & Beverage di Kabupaten Tangerang', *MES Management Journal*, vol. 3, p. 81, 2024.

[8] N. Sulistyo Nugroho and E. P. Putri, 'Upaya Menurunkan Kegagalan Proses Pengemasan Margarin di PT. Smart Tbk Surabaya', vol. VIII, no. 4, pp. 7477–7490.

[9] R. Arif and A. Gunawan, 'Diagram Pareto dan Diagram Fishbone: Penyebab yang mempengaruhi Keterlambatan Pengadaan Barang di Perusahaan Industri Petrochemicals Cilegon Periode 2020-2022', *Jurnal Riset Bisnis dan Manajemen Tirtayasa (JRBMT)*, vol. 7, no. 1, pp. 1–10, 2023, [Online]. Available: https://jurnal.untirta.ac.id/index.php/JRBM/article/view/23411%0Ahttps://jurnal.untirta.ac.id/index.php/JRBM

[10] A. Nurroif and D. Retnowati, 'Perencanaan Preventive Maintenance Mesin Crane Dengan Pendekatan Metode Reliability Centered Maintenance (RCM)', *Jurnal Teknik Industri*, vol. 1, no. 2, p. 111, 2022, doi: 10.30659/jurti.1.2.111-119.

[11] W. A. Wicaksono and H. Suliantoro, 'Analisis Efesiensi Kerja Pada Mesin Pembentuk Pipa Mesin F Menggunakan Metode Oee(Overall Equipment Effectiveness) Untuk Mengetahui Penyebab Gap Yang Terjadi Di Pt Raja Besi Semarang', *Industrial Engineering Online Journal*, vol. 12, no. 1, 2023.

[12] O. D. Cahyani and I. Iftadi, 'Penjadwalan Preventive Maintenance dengan Metode Reliability Centered Maintenance pada Stasiun Cabinet PU di PT IJK Preventive Maintenance Scheduling with Reliability Centered Maintenance Method at Cabinet PU Station in PT IJK Salah satu faktor produksi y', 2021.