

ANALISA KELAYAKAN INVESTASI MESIN INDUSTRI DAUR ULANG PLASTIK DALAM MENINGKATKAN PENCAPAIAN PRODUKSI

Ade Sophian¹, Hasbullah²

^{1,2)} Program Studi Magister Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana
Jl. Meruya Selatan, Kembangan, Jakarta Barat 11650
Email: adeshopian1107@gmail.com, hasbullah@mercubuana.ac.id

Abstrak

Peluang pengembangan industri daur ulang plastik di Indonesia dinilai masih cukup besar karena hanya mampu mengisi 80% kebutuhan nasional. Dari delapan industri daur ulang plastic di sekitar Jakarta hamper semuanya memiliki kemampuan produksi 80% dari kapasitasnya. Artikel ini bertujuan untuk menyediakan pendekatan Analisa Kelayakan Investasi dalam peningkatan pencapaian produksi. Penelitian ini dilakukan pada sebuah imdustri daur ulang plastic di Bogor yang memiliki pencapaian produksi 320 Kg/jam dari kapasitas 400 Kg/jam. Dari temuan penelitian ini, terdapat dua dari lima proses stasiun kerja WS-1,WS-2,WS-3,WS-4,dan WS-5 memiliki bottleneck sebesar 75,00 dan 72,73 menit dibanding stasiun kerja lainnya yang memiliki waktu proses sekitar 60 menit. Analisa Kelayakan Investasi menunjukkan bahwa perbaikan bottleneck dilakukan dengan membeli mesin baru untuk WS-1, dan WS-3 layak dilakukan, karena memiliki Net Present Value (NPV) positif.

Kata kunci: Daur ulang plastik, Pencapaian produksi, Kelayakan investasi, NPV.

Abstract

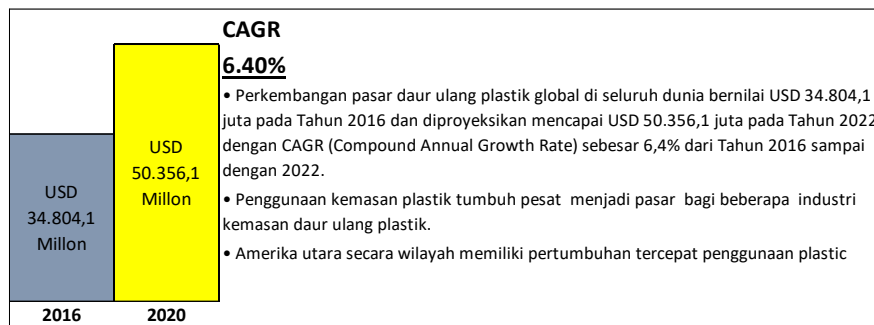
The opportunity for the development of the plastic recycling industry in Indonesia is still considered quite large because it is only able to fill 80% of national needs. Of the eight plastic recycling industries around Jakarta, almost all of them have a production capacity of 80% of their capacity. This article aims to provide an Investment Feasibility Analysis approach in increasing production achievement. This research was conducted in a plastic recycling industry in Bogor which has a production achievement of 320 Kg/hour from a capacity of 400 Kg/hour. From the findings of this study, there are two of the five work station processes WS-1, WS-2, WS-3, WS-4, and WS-5 have bottlenecks of 75.00 and 72.73 minutes compared to other work stations which have a bottleneck of 75.00 and 72.73 minutes. The process takes about 60 minutes. Feasibility of Investment Analysis shows that bottleneck repair is done by buying a new machine for WS-1, and WS-3 is feasible, because it has a positive Net Present Value (NPV).

Keywords: *Plastic recycling, Achievement of production, Feasibility of investment, NPV.*

PENDAHULUAN

Perkembangan pasar daur ulang plastik global di seluruh dunia bernilai USD 34.804,1 juta pada tahun 2016 dan diproyeksikan mencapai USD 50.356,1 juta pada tahun 2022, dengan *CAGR (Compound Annual Growth Rate)* sebesar 6,4% (Industry, 2022). Pertumbuhan pasar daur ulang plastik secara global semakin meningkat penggunaan daur ulang plastik daripada membeli plastik virgin. Plastik juga dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan sangat parah yang disebabkan oleh pembuangan limbah plastik bekas di laut dan tempat pembuangan limbah di banyak negara. Faktor-faktor peningkatan penggunaan daur ulang plastik di beberapa

industri pengemasan, otomotif dan listrik, elektronik yang inisiatif mendukung penggunaan daur ulang plastik di seluruh dunia dengan menawarkan peluang yang menguntungkan untuk pertumbuhan pasar daur ulang plastik.



Gambar 1. Peluang Menarik di Pasar Daur Ulang Global

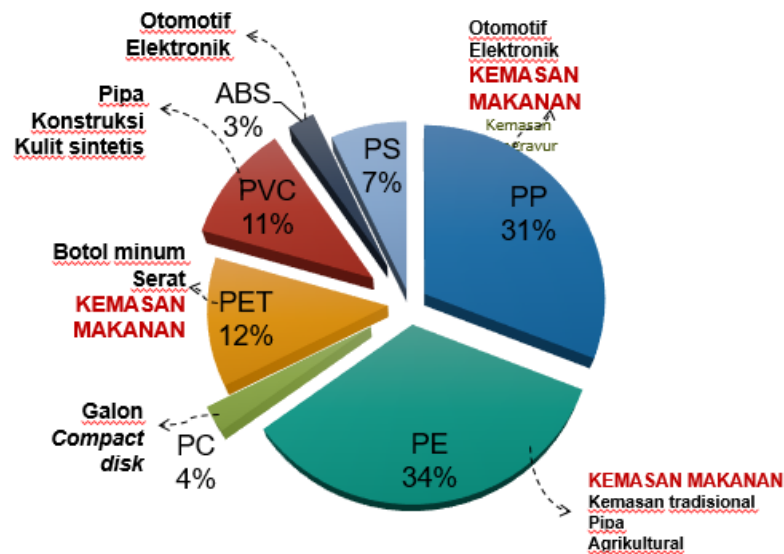
Sumber: Presentasi Investor, Literatur Sekunder, Wawancara Ahli, dan Analisis Pasar dan Pasar, 2020

Biaya daur ulang plastik lebih tinggi daripada plastik virgin, sehingga harga dipasar bersaing ketat. Dalam hal ini kinerja daur ulang plastik merupakan faktor utama yang menahan pertumbuhan pasar. Larangan impor limbah plastik di negara China, dan pengumpulan limbah plastik yang tidak teratur sehingga proses daur ulang menjadi faktor yang sangat menantang dalam pertumbuhan daur ulang plastik secara global. Ecological Observation and Wetlands Conservation (Ecoton) mencatat, akibat kebijakan China menghentikan impor limbah plastik dari sejumlah negara di Eropa dan Amerika, limbah plastik beralih tujuan ke negara-negara di ASEAN, termasuk Indonesia. *High Density Polyethylene* (HDPE) dan *Low Density Polyethylene* (LDPE) salah satu jenis daur ulang plastik yang tumbuh paling cepat, HDPE dan LDPE diperkirakan akan tumbuh cepat selama tahun 2017 sampai 2022. Jenis plastik ini diharapkan memiliki pertumbuhan tercepat karena jenis plastik mudah untuk didaur ulang seperti botol. Sumber plastik jenis HDPE dan LDPE adalah plastik bekas yang paling mudah disortir dan dikumpulkan

Industri Plastik Nasional memiliki peran penting dan memiliki keterkaitan dengan industri lain seperti makanan dan minuman, kosmetik, farmasi, elektronik, pertanian, otomotif, barang-barang rumah tangga, dll. Tingkat konsumsi plastik di Indonesia saat ini mencapai 22,5kg per kapita. Konsumsi plastik tumbuh 6-7% per tahun, dengan konsumsi saat ini (2019) sebesar 7,2 ton per tahun. Kekuatan Industri Plastik Hilir Nasional tersebar di industri skala besar dan kecil dengan sekitar 1.580 perusahaan yang memproduksi berbagai jenis produk plastik, di antaranya dari 892 perusahaan pengemasan industri. Industri Plastik Hilir Nasional yang diserap adalah 177.300 tenaga kerja. Industri plastik Indonesia terus berkembang dengan kendala bahan baku. Produksi lokal memasok sekitar 50% bahan baku untuk produksi hilir dengan variasi produk terbatas (Perindustriaan, 2020).

Dari observasi awal penulis pada delapan industri daur ulang material plastik di Jabodetabek, hampir semuanya produktivitas 80% dari kapasitas produksi maksimalnya. Objek studi dalam penelitian ini adalah aliran kerja industri daur ulang plastik PT. Parindo Agung Masjaya (PAM) dan beberapa perusahaan lain yang similar. Produktivitas di PT PAM sendiri hanya mampu memproduksi 400 kg/jam dari kapasitas 500 kg/jam atau 80%. Selain itu dalam melakukan industri daur ulang material plastik, penelitian ini mengisi kekurangan dan rekomendasi penelitian sebelumnya pada topik pengembangan industri daur ulang plastik yang terlalu fokus pada kajian material (Kaiser et al., 2018), dan terlalu fokus pada masalah rantai pasok kebutuhan material atau *shortage* kelangkaan pasokan (Hapsari & Damanhuri, 2009).

Penelitian ini mencoba untuk menawarkan pendekatan analisa kelayakan investasi dalam membeli mesin baru untuk meningkatkan pencapaian produksi.



Gambar 2. Profil Konsumsi Plastik Hilir Nasional
 Sumber: Kementriaan Industri, 2020

TINJAUAN PUSTAKA

Pada umumnya perbaikan produktivitas, pengurangan pemborosan, dan pencapaian produksi dilakukan dengan pendekatan lean manufacturing (Khairunnas et al., 2016). Artikel ini mencoba untuk melakukan pendekatan ekonomi teknik dalam meningkatkan pencapaian produksi. Pendekatan ini digunakan karena berdasarkan analisis, observasi, dan Focus Group Discussion yang menyatakan pendekatan lain yang bersifat perbaikan tidak bermanfaat banyak karena factor umur dan spesifikasi mesin tidak bisa ditingkatkan lagi. Kajian ini dilakukan pada industri daur ulang plastik yang saat ini sangat dibutuhkan untuk memenuhi industri nasional. Yang dimaksud industri plastik di sini adalah plastik berupa senyawa polimer yang unsur penyusun utamanya adalah karbon dan hidrogen (Surono, 2013).

Material plastik digunakan dalam berbagai industri sehingga menjadi pendorong bagi ekonomi nasional (Suci, 2021). Ada berbagai pendekatan dalam mendukung peningkatan produksi dalam industri material plastik, umumnya dalam ruang lingkup peningkatan produktivitas dan mengurangi berbagai proses yang tidak memiliki nilai tambah (Liker, 2004). Sering kali metode yang digunakan dalam mengurangi pemborosan dan proses non value added adalah pendekatan *lean manufacturing* (Womack et al., 1990). Lean thinking adalah ramping (lean) karena menyediakan suatu cara untuk melakukan hal yang lebih baik dengan menggunakan sumber daya yang sedikit mungkin yaitu usaha manusia yang sedikit (human effort), sedikit peralatan (less equipment), sedikit waktu (less time) dan sedikit uang (less space) dengan terus menerus mendekati keinginan yang benar-benar diinginkan pelanggan (Zahra, 2015). Lean manufacturing tidak hanya fokus pada teknik perbaikan yang berorientasi pada peralatan semata, tetapi menyangkut juga interaksi hubungan antara manusia (Wilson, 2010). Kajian yang dilakukan pada artikel ini memadukan beberapa metode lean manufacturing dan ekonomi teknik.

Ekonomi teknik adalah disiplin ilmu yang menyajikan pilihan-pilihan ekonomis yang digunakan pada proyek keteknikan, salah satunya adalah analisa kelayakan investasi (Hasbullah & Nasir, 2021). Pendekatan ini digunakan untuk menganalisis kelayakan investasi dalam kasus terkait berbagai proyek teknik industri dan keteknikan lainnya dengan menghitung nilai uang

(Swalm, 1965). Dalam pendekatan ekonomi rekayasa ini, digunakan faktor dan kriteria ekonomi dalam penilaian beberapa pilihan dalam pengambilan keputusan yaitu ;

a) Nilai Sekarang Bersih (NPV)

NPV adalah Jumlah uang yang dikeluarkan, dan jumlah pendapatan yang diperoleh setiap saat dikonversi ke waktu saat ini.

Rumus:

$$NPV = \sum_{t=0}^N At/(1+k)^t \text{ or } \Sigma PV_{\text{Proceed}} - \Sigma PV_{\text{outlays}} \quad (1)$$

- k = discount rate
- At = Cash Flow in (t) period
- n = period
- PV_{proceed} = PV on going
- PV_{outlays} = Total Investment

b) Internal rate of return (IRR)

Model IRR adalah metode yang menghitung persentase keuntungan dari suatu proyek dan menghitung kemampuan proyek untuk mengembalikan bunga pinjaman sampai NPV sama dengan nol.

Rumus:

$$IRR = I_1 + \frac{NPV^{(+)}}{NPV^{(+)} - NPV^{(-)}} (I_2 - I_1) \quad (2)$$

Parameter :

Jika $IRR \geq MARR$ (Minimum Attractive Rate of Return), investment is feasible

Jika $IRR < MARR$ (Minimum Attractive Rate of Return), investment is not feasible

c) Payback Period (PP)

Payback period adalah jumlah periode yang diperlukan untuk dapat menutup biaya investasi dengan menggunakan hasil atau arus kas bersih.

Rumus:

$$PP = n + [(a-b)/(c-b)] \times 1 \text{ Years} \quad (3)$$

Jika arus kas bervariasi setiap tahun

n = Tahun lalu, dimana jumlah arus kas masih belum bisa menutupi investasi awal.

a = Jumlah investasi pertama

b = Jumlah kumulatif arus kas tahun ke-n

c = Total arus kas kumulatif hingga n + 1 tahun

Jika arus kas tahunan adalah jumlah yang sama, maka rumusnya;

$$PP = (\text{The Initial Investment/Cashflow}) \times 1 \text{ Years} \quad (4)$$

Parameter:

PP lebih cepat dari jangka waktu investasi; investasinya layak

PP lebih lama dari jangka waktu investasi; investasi tidak layak

d) Benefit-Cost Ratio (BCR)

BCR adalah metode yang mempertimbangkan perbandingan manfaat dan biaya bisnis.

Rumus;

$$BCR = \text{Benefit/Cost or } \Sigma PV_{\text{Proceed}} / \Sigma PV_{\text{Investment}} \quad (5)$$

Parameter

BCR >1; investasinya layak

BCR <1; investasinya tidak layak

Pendekatan ekonomi rekayasa sederhana ini hanya untuk mengkonfirmasi kelayakan produksi produk Anestesi A8500 sebelum memberikan harga, seperti yang menjadi fokus penelitian ini.

METODE PENELITIAN

Studi ini menginvestigasi bagaimana meningkatkan pencapaian produksi dengan melakukan investasi mesin baru apakah layak dilakukan. Tujuan dari studi ini adalah untuk menguji kelayakan investasi dalam menghilangkan bottleneck aliran kerja produksi yang berdampak pada kerugian. Metode pertama dalam penelitian ini menggunakan studi kasus untuk mengidentifikasi proses di stasiun kerja yang menyebabkan bottleneck di sebuah industri material plastik. Pendekatan studi kasus ini bertujuan untuk memperoleh pemahaman yang lebih baik tentang konstruksi teoretis dari fenomena atau sistem yang menjadi perhatian dalam penelitian (Koskela-huotari et al., 2016). Studi ini mengumpulkan berbagai kasus kegagalan pencapaian produksi dengan berbagai pendekatan, buku, laporan teknis, artikel berita, dan web. Analisis Kasus dilakukan berdasarkan pendekatan tinjauan pustaka dengan mengklasifikasikan literatur penelitian untuk kegagalan pencapaian produksi di industri daur ulang plastik. Tinjauan pustaka menyajikan tiga kegiatan; mencari artikel, memilih artikel, dan mengekstrak data dan informasi dari artikel.

Metode kedua yang digunakan dalam penelitian ini adalah penelitian tindakan. Tindakan berarti semua kegiatan yang terdiri dari pengumpulan data, analisis, penyampaian laporan, dan pengolahan informasi, termasuk melihat dampak setelah peneliti mencoba melihat reaksi atau dampak ketika peneliti mencoba mengintervensi hasil dari suatu penerapan tindakan tertentu di proses penelitian untuk melihat hasil sementara. Penelitian tindakan ini mengharuskan seorang praktisi terlibat dalam konteks praktik (Huang, 2010). Penelitian ini memilih salah satu perusahaan lokal PT PAM di Indonesia dan mengetahui secara empiris bagaimana aliran produksi di industri daur ulang plastik. Kedua metode analisis kasus dan penelitian tindakan secara sinergis dapat mengurangi kerugian dan meningkatkan pencapaian produksi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data produksi di Tabel 1. di atas kemudian diolah menjadi kinerja pencapaian produksi terhadap target dan kapasitas sebagaimana di tampilkan pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Pencapaian Produksi Total

NO.	MONTH	TOTAL QUANTITY (TON)	TARGET (TONS)	KAPASITAS (TONS)	% TERHADAP TARGET	% TERHADAP KAPASITAS
1	JAN	619	700	780	88,43%	79,36%
2	FEB	500	620	650	80,65%	76,92%
3	MAR	368	389	450	94,60%	81,78%
4	APR	294	324	400	90,74%	73,50%
5	MAY	102	116	135	87,93%	75,56%
6	JUN	305	350	390	87,14%	78,21%
7	JUL	256	279	315	91,76%	81,27%
8	AUG	249	288	300	86,46%	83,00%
9	SEP	401	450	500	89,11%	80,20%
10	OCT	428	430	600	99,53%	71,33%
11	NOV	434	495	550	87,68%	78,91%
12	DEC	387	425	480	91,06%	80,63%
	TOTAL	4.343	4.866	5.550	89,25%	78,25%

Dari data di atas maka tampaklah bahwa pencapaian kinerja produksi terhadap target adalah $4343/4866 = 89,25\%$ dengan rata-rata Σ %Terhadap Target/12 Bulan = 89,59%, sedangkan pencapaian kinerja produksi terhadap kapasitas adalah $4343/5550 = 78,25\%$ dengan rata-rata Σ %Terhadap Kapasitas/12 Bulan = 84,91%. Data ini menunjukkan bahwa kinerja pencapaian produksi terhadap kapasitas dan terhadap target tidak tercapai yang seharusnya diangka 97% sebagai target perusahaan. Hal inilah yang menjadi latar belakang masalah dalam penelitian ini.

Data selanjutnya yang dikumpulkan dalam penelitian ini adalah data waktu proses salah satu line di PT PAM untuk mencari titik-titik di proses produksi yang berpotensi menyebabkan terjadinya kegagalan pencapaian kinerja produksi seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2. di atas. Data di bawah salah satu Line produksi Geording yang menjadi objek studi penelitian ini mewakili gambaran umum kondisi Line produksi lainnya

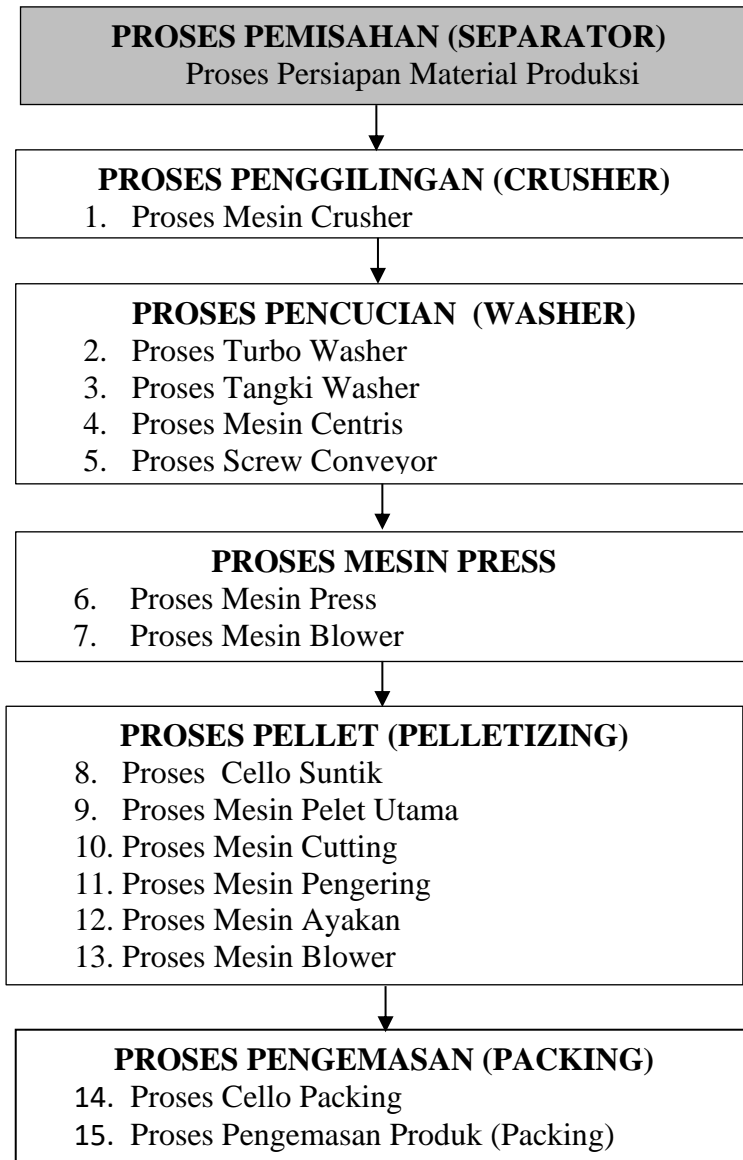
Tabel 2. Waktu Proses Produksi Line 1

No	Nama Sub-Proses	Target Prod/Jam (Kg)	Hasil Prod/Jam (Kg)	%	Waktu Untuk 400 kg (Menit)	Kategori Proses	Waktu Bottleneck
1	Proses Mesin Crusher	400	320	80%	75,00	Crusher	75,00
2	Proses Turbo Washer	400	388	97%	61,86	↓	
3	Proses Tangki Washer	400	375	94%	64,00	Washer	64,00
4	Proses Mesin Centris	400	378	95%	63,49	↓	
5	Proses Screw Conveyor	400	381	95%	62,99		
6	Proses Mesin Press	400	330	83%	72,73	Mesin Press (Refining)	72,73
7	Proses Mesin Blower	400	395	99%	60,76		
8	Proses Cello Suntik	400	380	95%	63,16	↓	
9	Proses Mesin Pelet Utama	400	381	95%	62,99		
10	Proses Mesin Cutting	400	371	93%	64,69	Peletizing	64,69
11	Proses Mesin Pengering	400	375	94%	64,00	↓	
12	Proses Mesin Ayakan	400	385	96%	62,34		
13	Proses Mesin Blower	400	390	98%	61,54	↓	
14	Proses Cello Packing	400	397	92%	60,45	Packing	60,45
15	Packaging	400	398	100%	60,30		

Tabel 2. di atas menggambarkan proses produksi yang diilustrasikan pada Gambar 1. di atas yang menunjukkan rangkaian proses.

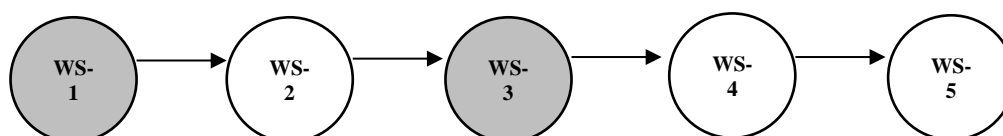
Gambar 3. diatas menjelaskan bagan aliran proses produksi dimulai dengan Proses pemisaham Material (Separator) yang berfungsi memastikan hanya material resin yang akan diproses. Berlanjut ke Proses Penggilingan Material (Crusher) yang berfungsi untuk memecah material ke ukuran serpih kecil, Selanjutnya Proses Pencucian (Washer) untuk membersihkan

hasil penggilingan. Diteruskan dengan Proses Pressing material yang terdiri dari proses press dan proses blower. Berikutnya ke Proses Pelet (Pelletizing) dan akhirnya masuk ke Proses Pengemasan.



Gambar 3. Bagan Aliran Produksi

Idealnya *cycletime* produk berdasarkan kapasitas mesin adalah 60 menit / 400 kg = 0,15 Menit. Tetapi kemampuan produksi dihalangi oleh *bottleneck* di Proses Crusher WS-1 yang membutuhkan waktu 75 menit untuk mencapai 400 kg, sedangkan dalam waktu 60 menit hanya mencapai 320 kg. Sehingga *cycle-time* saat ini yang digunakan adalah 60 menit/320 kg = 0,19 Menit. Untuk Menghitung jumlah Stasiun Kerja (WS atau Work Station) maka dihitung dari Waktu Total Proses 336,86 Menit / 75 Menit = 4,49 (Pembulatan Jumlah Stasiun jadi 5 Stasiun kerja WS-1, WS-2, WS-3, WS-4, dan WS-5 yang ditunjukkan Gambar 3. di bawah ini (Gasverz, 2011):



75,00 Menit 64,00 Menit 72,72 Menit 64,69 Menit 60,03 Menit

Gambar 4. Diagram Waktu Proses Produksi Daur Ulang Plastik

Dari proses di atas maka jelaslah berapapun nilai waktu proses di masing-masing proses, maka hasil produksi hanya bergantung pada Proses yang memiliki *bottleneck* terbesar yaitu di WS-1 dengan waktu terlama 75,00 menit. Inilah yang menjadi fokus perbaikan.

Nilai Pencapaian produksi perjam berdasarkan perbandingan hasil aktual produksi dan kaspitasnya adalah $320 \text{ kg} / 400 \text{ kg} = 80\%$, sedangkan pencapaian waktu efektif produksinya dalam

$$\begin{aligned} &= \frac{\sum \text{WS} \times \text{Cycle-time Ideal}}{\sum \text{Waktu Proses Aktual}} \\ &= \frac{60 \times 5}{336,25} \\ &= 89,21\% \text{ (Target Perusahaan } 97\%) \end{aligned}$$

Tetapi dalam hitungan praktiknya adalah *loss-time* yang diakibat *bottleneck* 75 menit yang dibutuhkan untuk menghasilkan 400 kg produk mengakibatkan *gap* pencapaian yang seharusnya mencapai 400 kg dalam 60 menit sebesar 20% atau 80 kg per jam. Jika dikonversikan dengan uang maka dengan rata-rata harga produk sebesar Rp 14,102.48/Kg, maka kerugian dalam per hari atau 24 Jam (tiga Shift) adalah :

$$\begin{aligned} &\text{Rp } 14,102.48 \times 80 \text{ Kg} \times 24 \text{ Jam} = \text{Rp } 27,076,752.53 \text{ Per hari atau} \\ &\text{Rp } 14,102.48 \times 80 \text{ Kg} \times 24 \text{ Jam} \times 250 \text{ Hari Kerja} = 6,769,188,133.52 \end{aligned}$$

Dari *Focus Discussion Group* bahwa Mesin Penggilingan WS-1 yang memiliki nilai *bottleneck* waktu proses 75,00 menit dan Mesin Press WS-3 yang memiliki nilai *bottleneck* waktu proses 72,73 adalah status “*Given Condition*” karena umur dan depresiasi efektifitas mesin. Tidak ada celah untuk melakukan perbaikan dan *maintenance* yang lebih efektif karena faktor alamiah umur mesin dan spesifikasi yang rendah. Dengan pendekatan ekonomi teknik, titik ukur dalam pendekatan ini adalah kerugian per hari sebesar Rp 27,076,752.53 atau dalam satu tahun 250 hari kerja sebesar Rp 6,769,188,133.52 atau dengan pembulatan Rp 6, 77 Milyar.

Jika dengan membeli Mesin Crusher WS-1 dan Mesin Press WS-3 yang baru dengan kaspitas 100% maka potensi kerugian bisa dihitung sebagai berikut ;

1. Waktu *bottleneck* akan pindah dari WS-1 dan WS-2 ke WS-4 (Sub-Proses Mesin *cutting* dan pengeringan) karena memiliki waktu proses tertinggi ke tiga setelah WS-1 dan WS-2 yaitu 64,69 menit dengan potensi kerugian menurun dari Rp 6,79 Milyar ke 4,31 Milyar. Hal ini bisa dihitung dengan kalkulasi sebagai berikut:
 Cycle-time 100% = 60 menit hasil produksi 400 kg
 Cycletime WS-4 = 60 Menit menghasilkan 371 Kg (Lihat Tabel 4.3)
 Ada perbedaan produksi per jam 400 Kg - 371 Kg = 29 Kg (7,2%)
 Angka 7,2 % lebih baik dari 20% kondisi saat ini. Nilai kerugian pertahun dalam rupiah dari konversi 29 Kg per jam adalah :
 $29 \text{ Kg} \times \text{Rp } 14,102.48 \times 24 \text{ Jam} = \text{Rp } 2,453,830,698,40 \text{ Per tahun}$
 Potensi Kerugian yang bisa diturunkan adalah;
 $\text{Rp } 6,769,188,133.52 - \text{Rp } 2,453,830,698,40 = \text{Rp } 4,315,3574,351,21$

atau sebesar Rp 4,31 Milyar per tahun. Ada penghematan kerugian sebesar Rp 2,453,830,698,40 atau Rp 2,45 Milyar (Pembulatan)

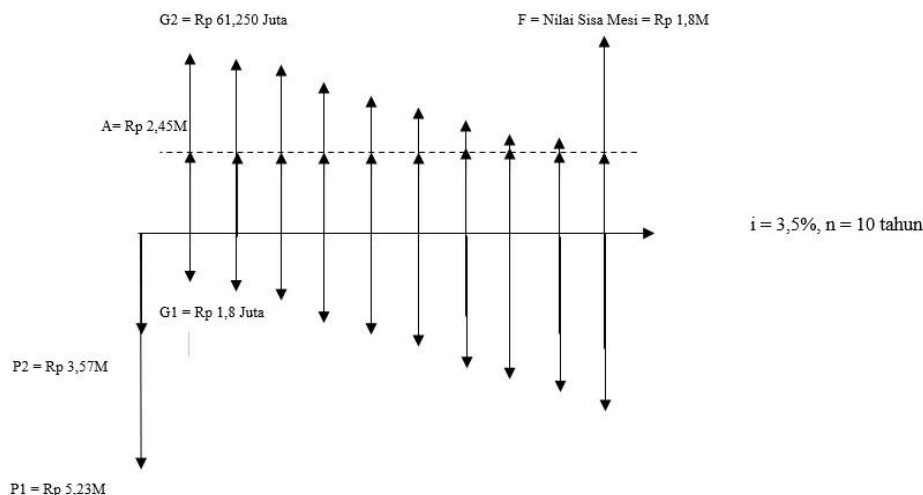
2. Harga Mesin Crusher lama untuk mengganti Mesin lama di WS-1 buatan Jerman dengan Harga sekitar Rp 5,23 Milyar sedangkan Untuk Mesin Press di WS-3 dengan harga sekitar Rp 3,57 Milyar apakah layak dilakukan untuk menekan kerugian sebesar 2,45 Milyar dilakukan dengan pendekatan ekonomi teknik melalui Analisa Kelayakan Investasi.

Analisis Kelayakan Investasi dilakukan dengan pendekatan ekonomi teknik dengan data berikut:

- a. Pengeluaran Investas Harga Mesin Crusher Rp 5,23 Milyar (P1)
- b. Pengeluaran Investasi Harga Mesin Press Rp 3,57 Milyar (P2)
- c. Pengeluaran Perawatan Mesin Crusher dan Press = Rp 180 Juta/tahun (A1)
Sejalan dengan kenaikan perawatan 1% / tahun (G1) = Rp 1,8 Juta
- d. Pemasukan Mencegah Kerugian per tahun 2,45 Milyar (A2) dengan penurunan karena depresiasi nilai dan degradasi efektif mesin 2,5%/tahun dari nilai total 2,45 Milyar (G2) = Rp 61,250 Juta

3. Dari data poin di atas maka dibuat Diagram Cashflow dengan notasi sebagai berikut :
Pengeluaran :

- P1 (Present Value) = Rp 5,23 Milyar
- P2 (Present Value) = Rp 3,57 Milyar
- A1 (Annuity) = Rp 180 Juta disertai G1 (Gradual) 1% dari Rp 180 juta (Kenaikan Biaya Maintenance) = Rp 18,000,000
- G2 (Gradual) 2,5% dari Pemasukan Penurunan Pencegahan Kerugian dari Rp 2,45 Milyar = Rp 61,250 Juta per tahun
- N = 10 tahu Waktu Efektif Mesin, Suku Bunga 3,5%
- Nilai Sisa Mesin Crisher dan Press Total (F) = Rp 1,8 M



Gambar 5. Diagram Aliran Keuangan Kelayakan Investasi Mesin

4. Analisa Untung Rugi , NPV (Net Present Value = Pemasukan-Pengeluaran)
 - a. Pemasukan ;

$$\begin{aligned}
 &= 2,45 \text{ M(P/A, 3,5\%,10 tahun)} + 1,8\text{M (P/F,3,5\%,10 tahun)} \\
 &= (4,3 \text{ M} \times 8,317) + (1,8\text{M} \times 0,7089) \\
 &= \text{Rp } 21,652,670,000
 \end{aligned}$$

b. Pengeluaran ;

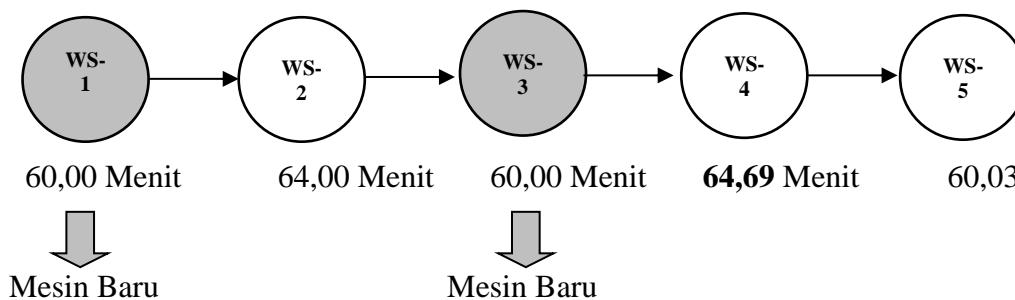
$$\begin{aligned}
 &= 5,3 \text{ M} + 3,57 \text{ M} + 1,8 \text{ Juta (P/G, 3,5\%,10 tahun)} + 61,25 \text{ Juta} \\
 &\quad (\text{P/G,3,5\%,10}) + 180 \text{ Jt (P/A, 3,5\%, 10 TAHUN)} \\
 &= 5,3 \text{ M} + 3,57 \text{ M} + (1,8 \times 35,069) + (61,25 \times 35,069) \\
 &= \text{Rp } 12,578,160,450 \text{ Milyar}
 \end{aligned}$$

c. NPV = Pemasukan - Pengeluaran

$$\begin{aligned}
 &= \text{Rp } 21,65 \text{ Milyar} - 12,58 \text{ Milyar} \\
 &= \text{Rp } 9,07 \text{ Milyar}
 \end{aligned}$$

NPV Positif (+) artinya Investasi pembelian Mesin Crusher dan Press sangat Layak dilakukan.

Setelah dilakukan pergantian Mesin Crusher dan Mesin Press maka diagram aliran produksi akan memiliki bottleneck dari 75,00 Menit menjadi 64,69 Menit karena WS-1 dan WS-2 dengan mesin baru memiliki kemampuan kapasitas 100% atau 60 menit menghasilkan 400 kg. Artinya yang menjadi *bottleneck* saat ini adalah Proses Pelet atau WS-4.



Gambar 6. Diagram Waktu Proses Produksi Setelah Investasi Mesin

PENUTUP

Berdasarkan uraian analisis penelitian bahwa dengan titik yang paling tidak seimbang dalam lintasan produksi daur ulang plastic di PT PAM ini adalah Mesin Proses Crusher yang memiliki nilai *bottleneck* 75 menit dalam menghasilkan 400 kg. Ketidakmampuan Mesin Crusher dalam mencapai tingkat kapasitas produksinya adalah “*given condition*” berdasarkan Focus Group Discussion (FGD) dan observasi lapangan, sehingga harus dilakukan investasi pergantian untuk mengurnag potensial kerugian sebesar Rp 6,77 Milyar.

Hasil penelitian menyimpulkan bahwa perhitungan Analisa kelayakan investasi menunjukkan NPV Positif (+) artinya investasi pembelian Mesin Crisher dan Press sangat Layak dilakukan. Kerugian menggunakan Mesin Press dan Mesin Crusher yang lama mengakibatkan kehilangan pendapatan sebesar Rp 6,769,188,133.52, jika dilakukan investasi mesin baru potensi kerugian yang bisa diturunkan menjadi 4,31 Milyar per tahun.

Berdasarkan hasil pendekatan ekonomi teknik dalam penelitian ini, maka penulis merekomendasikan saran-saran di antaranya Manajemen puncak perusahaan hendaknya meninggalkan model pendekatan top-down dalam pengambilan keputusan terkait pemecahan masalah produktivitas untuk mencapai kapasitas produksi yang maksimal. Diperlukan pendekatan yang merujuk yang perlu diuji secara praktis dan teoretik, pada penelitian ini dengan menggunakan Analisa Kelayakan Investasi. Menyertakan kajian analisis kelayakan investasi ekonomi teknik dalam merancang harga produk baru, kajian ini sangat cocok untuk kajian produksi produk yang baru sebelum melangkah pada perancangan harga produk.

DAFTAR PUSTAKA

- Hapsari, H. N., & Damanhuri, T. P. (2009). Studi Persebaran Pelaku Daur Ulang Sampah Plastik Air Minum Dalam Kemasan (Studi Kasus: Kota Bandung). *Jurnal Teknik Lingkungan*, 15, 71–80.
- Hasbullah, H., & Nasir, M. (2021). Pricing of Medical Instrument Products for Domestic Production through Investment Feasibility Analysis. *ComTech: Computer, Mathematics and Engineering Applications*, 12(1), 9–18. <https://doi.org/10.21512/comtech.v12i1.6605>
- Huang, H. B. (2010). *What is good action research?* 8(1), 93–109. <https://doi.org/10.1177/1476750310362435>
- Industry, E. (2022). <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/recycled-plastic-market-115486722.html> 1.
- Kaiser, K., Schmid, M., & Schlummer, M. (2018). Recycling of polymer-based multilayer packaging: A review. *Recycling*, 3(1). <https://doi.org/10.3390/recycling3010001>
- Khairunnas, J., Ceha, R., & Muhammad, C. (2016). *Meminimasi Lead Time Produksi Menggunakan Pendekatan Lean Manufacturing di PT Indofarma (Persero) Tbk (dengan Studi Kasus Kapsul Piroxicam 20 mg)*. 9–18.
- Koskela-huotari, K., Edvardsson, B., Jonas, J. M., Sörhammar, D., & Witell, L. (2016). Innovation in service ecosystems — Breaking , making , and maintaining institutionalized rules of resource integration. *Journal of Business Research*. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2016.02.029>
- Liker. (2004). *The Toyota Way Field Book* (Vol. 19, Issue 1).
- Perindustriaan, K. (2020). 'PERAN INDUSTRI PLASTIK DALAM MENGELOLA SAMPAH PLASTIK YANG DIHASILKAN.
- Suci, R. (2021). *Kemenperin Dukung Industri Daur Ulang Plastik*. Jurnal Jabar.
- Surono, U. B. (2013). Berbagai metode konversi sampah plastik menjadi bahan bakar minyak. *Jurnal Teknik*, 1(2), 32–40. <https://doi.org/10.33005/envirotek.v9i2.966>
- Swalm, R. O. (1965). Engineering economy. *Engineering Economist*, 10(4), 40–46. <https://doi.org/10.1080/00137916508928729>
- Wilson. (2010). *How to Implement Lean Manufacturing*. McGraw-Hill.
- Womack et al. (1990). Book Review: The Machine That Changed The World. *Memory Studies*, 3(2), 179–183. <https://doi.org/10.1177/1750698009355679>
- Zahra, D. L. S. K. (2015). Penggunaan Konsep Lean untuk Meningkatkan Efisiensi Pelayanan Instalasi Farmasi Rawat Jalan. *Jurnal Administrasi Rumah Sakit*, 2(1), 29–42.