

PERENCANAAN PENGGUNAAN MATERIAL PLASTIK DAUR ULANG DENGAN SISTEM MANUFAKTUR BERKELANJUTAN DI POLITEKNIK MANUFAKTUR ASTRA

Komarudin dan Neilinda Novita Aisa

Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri
Institut Sains dan Teknologi Nasional
komarudin.mt@gmail.com

Abstract

One of many kinds of production processes in Politeknik Manufaktur Astra is Plastic Injection Process with ABS material. This process will produce plastic and scrap. The amount of plastic scrap that is produced by this process reaches 50% of all of the amount. To increase the efficiency of ABS material and build up the culture of Sustainable Development System so that is done a kind of research that is focused on the utilization of plastic waste material from Process of Plastic Injection by doing a recycle process and using the product of recycle as the basic additive material in Plastic Injection Process. To figure out the properness of the material of recycled plastic as the main material in Plastic Injection Process so is also done a tensile test to any composition of recycled ABS material and valuing certain mechanical properties that are similar to original ABS material. Moreover to cut the cost of ABS material providing so is done an analysis of material reservation with EOQ method to figure out the economic number of material reservation. The calculation of EOQ showed the most economic amount per reserving is 75kg/reserve. By the utilization of recycled material and usage of EOQ method on providing the ABS material so that Politeknik Manufaktur Astra can do a cost reduction for 36%.

Key Words : Injection Process, ABS Material, Recycle, EOQ

PENDAHULUAN

Perhatian terhadap masalah lingkungan hidup mulai meningkat dan menjadi isu global ketika konferensi PBB mengenai lingkungan hidup pertama diadakan pada tanggal 5 Juni 1972 di Stockholm, Swedia. Pada pertemuan tersebut, negara-negara sepakat memperbaiki lingkungan dan menyelamatkan bumi. Kemudian diadakanlah KTT Bumi pada tanggal 12-14 Juni 1992 yang mengeluarkan himbauan untuk menerapkan konsep pembangunan yang berwawasan lingkungan atau biasa disebut *Sustainable Development* atau pembangunan yang berkelanjutan.

Di Politeknik Manufaktur Astra atau Polman Astra proses produksi plastik cetak injeksi menggunakan dua material yaitu *Polypropilena* (PP) dan *Acrylonitrile Butadine Styrene* (ABS) dimana ABS menjadi material yang paling banyak digunakan. Proses produksi menghasilkan produk yang OK dan yang NG (*no good*) atau cacat. Jumlah produk NG bisa mencapai 50% dari hasil produk yang diproduksi karena *skill* operator yang

belum mumpuni. Produk-produk yang NG menjadi limbah plastik yang tidak lagi digunakan. Ditambah scrap plastik yang dihasilkan dari produk OK maka limbah yang dihasilkan bertambah.

Untuk itu, dilakukan penelitian yang akan difokuskan pada pemanfaatan limbah plastik dari proses cetak injeksi untuk meningkatkan efisiensi material plastik dengan melakukan proses daur ulang material dan membangun budaya manufaktur berkelanjutan.

Salah satu caranya dengan melakukan proses daur ulang dan menggunakan limbah plastik hasil daur ulang sebagai campuran material dasar pada proses cetak injeksi plastik. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat mengurangi jumlah pemakaian material plastik baru dengan memanfaatkan limbah plastik yang dihasilkan dari proses produksi serta dapat menerapkan sistem manufaktur berkelanjutan di Polman Astra.

TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian Sustainable Development

Berdasarkan tata bahasa, pengertian kata

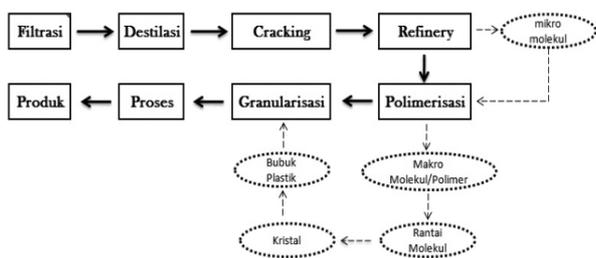
sustainable pada dasarnya dapat diartikan juga dengan *capable of being sustained* atau kemampuan untuk tetap berkelanjutan, sedangkan kata *development* diartikan sebagai pembangunan. Jadi, secara bahasa pengertian *sustainable development* dapat diartikan sebagai pembangunan berkelanjutan.

Dasar Tuntutan Penerapan Sistem Produksi Berkelanjutan

Dalam beberapa dekade terakhir, kesadaran manusia akan arti lingkungan semakin besar. Industri dituntut untuk bekerja tanpa merusak lingkungan. Untuk mendapatkan pelanggan, perusahaan perlu memiliki pengetahuan yang komprehensif mengenai lingkungan bisnisnya. Pemahaman yang baik atas kondisi lingkungan akan mengarahkan kebijakan dan keputusan pemasaran berkemampuan mengantisipasi strategi pemasaran yang diterapkan oleh pesaingnya.

Siklus Material Plastik

Berikut adalah proses pembuatan material plastik



Gambar 2.1 Diagram Proses Pembuatan Material Plastik

Pengertian Limbah

Limbah adalah buangan yang dihasilkan dari suatu proses produksi baik industri maupun domestik (rumah tangga). Dimana masyarakat bermukim, disanalah berbagai jenis limbah akan dihasilkan. Limbah padat lebih dikenal sebagai sampah, yang seringkali tidak dikehendaki kehadirannya karena tidak memiliki nilai ekonomis. Bila ditinjau secara kimiawi, limbah ini terdiri dari bahan kimia Senyawa organik dan Senyawa anorganik.

Pengolahan Material Plastik Daur Ulang

Secara umum, terdapat empat (4) persyaratan agar sampah plastik dapat diproses oleh sebuah industri, antara lain: (Gugun Gunawan, 2007: 20)

1. Sampah plastik harus berbentuk tertentu.
2. Harus homogen.
3. Tidak terkontaminasi oleh zat-zat kimia yang dapat menurunkan kualitas produk yang dihasilkan, dan

4. Diupayakan tidak teroksidasi.

Berikut adalah tahapan pendaurulangan sampah plastik menjadi biji plastik:

1. Pemisahan: sampah plastik harus dipisahkan dari material sampah lainnya
2. Pemotongan: sampah plastik yang sudah dipisahkan kemudian dipotong-potong sesuai dengan kebutuhan.
3. Pencucian; sampah plastik yang sudah menjadi potongan-potongan ini harus dicuci untuk membersihkannya dari zat-zat tertentu yang tidak dibutuhkan
4. Penggilingan; setelah dicuci, sampah plastik kemudian digiling agar menjadi biji plastik.
5. Biji plastik yang telah diolah inilah yang akan dikirim ke pabrik pengolahan produk-produk daur ulang.

Proses Injeksi Plastik

Injection molding adalah proses pembuatan part-part yang berlainan, yang dapat memiliki penampang yang kompleks dan bervariasi, serta berbagai tekstur dan karakteristik permukaan dengan cara menyuntikkan material plastik leleh ke dalam mold menggunakan *screw*.

Cacat Proses Injeksi Plastik

Tabel 2.1 Cacat Injeksi Plastik

No	Nama	Ilustrasi	Diskripsi	Penyebab	Solusi
1	<i>Silver Streak</i>		Cacat yang berbentuk garis berwarna perak dan memanjang searah dengan aliran injeksi.	- Material basah - Udara terjebak di nozzle.	- Keringkan material - Kurangi suck back
2	<i>Short Shot atau Short Mold</i>		Pengisian yang tidak sempurna pada cavity yang menyebabkan produk tidak sempurna.	- Ukuran runner tidak mencukupi - Bentuk saluran terlalu rumit - Charging stroke terlalu pendek. - Kecepatan injeksi terlalu rendah	- Repair mold - Papanjang Charging stroke - Naikkan kecepatan injeksi - Sesuaikan setting parameter dengan produk
3	<i>Flash</i>		Lapisan tipis yang keluar dari cavity mold pada bagian parting line atau pada lokasi ejector pin.	- Kecepatan dan tekanan injeksi terlalu tinggi. - Charging stroke terlalu panjang. - Suhu material terlalu tinggi. - Mold disfungsi	- Kurangi kecepatan dan tekanan injeksi. - Pendekkan CS - Turunkan suhu material - Periksa kondisi mold
4	<i>Weld Line</i>		Garis berbentuk siku pertemuan dua aliran material	- Multi gate - Temperatur melt material terlalu rendah - Temperatur mold rendah	- Naikkan temperature melt material - Naikkan temperature mold
5	<i>Flow Line</i>		Cacat permukaan yang berupa gelombang melingkar di sekitar area gate.	- Temperatur material dan mold terlalu rendah. - Kecepatan injeksi rendah	- Naikkan temperature material dan mold. - Naikkan kecepatan injeksi.
6	<i>Sink Mark</i>		Pengerutan yang terjadi pada area yang memiliki ketebalan yang berbeda	- Penyusutan thermal produk - Waktu cooling dan holding terlalu rendah - Temperatur melt	- Naikkan waktu cooling dan holding - Turunkan temperature melt

Pengenalan Material ABS

Akronitril butadiena stirena atau yang lebih dikenal dengan nama ABS dengan rumus kimia $(C_8H_8)_x \cdot (C_4H_6)_y \cdot (C_3H_3N)_z$ adalah polimer termoplastik umum. ABS memiliki suhu transisi gelas (T_g) sekitar $105^\circ C$ ($221^\circ F$). ABS memiliki kristal amorf.

Berikut adalah kekuatan mekanis material ABS:

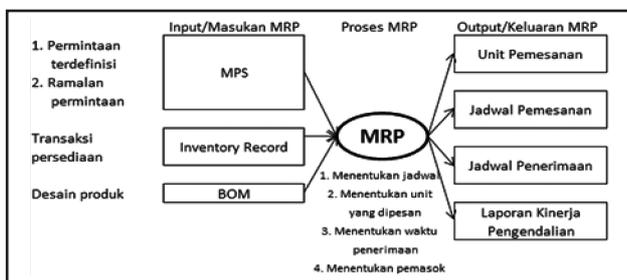
Tabel 2.2 Spesifikasi Material ABS

Specific Gravity	Processing Temperatur $^{\circ}F$ ($^{\circ}C$)	Tensile Strength Psi (MPa)	Elongation at Break (%)	Flexural Stength Psi (MPa)	Flexural Modulus Psi (MPa)	Izod Impact Ft-lb/in (J/m)
1.20	420 (215)	6000 (41.4)	50	10000 (68.9)	450 (3.10)	6.0 (320)

Sumber: Strong, A. Brent. *Plastics Material and Processing*, Pearson

Material Requirements Planning (MRP)

Material Requirement Planning (MRP) adalah suatu sistem perencanaan dan penjadwalan kebutuhan material untuk produksi yang memerlukan beberapa tahapan proses atau fase. Berdasarkan definisi dan unsur penting yang dijumpai dalam MRP, berikut disajikan kerangka umum model MRP.



Gambar 2.2 Kerangka Umum Model MRP

Economic Order Quantity (EOQ)

Persediaan optimum, seperti yang telah dikemukakan, akan dicapai pada titik keseimbangan antara biaya penyimpanan dan biaya pemesanan. Secara matematis, keseimbangan tersebut dapat dirumuskan melalui persamaan berikut:

$$\frac{D}{Q}(S) = \frac{Q}{2}(H) \text{ sehingga } 2DS = Q^2H$$

$$Q^2 = \frac{2DS}{H} \text{ dan } EOQ = \sqrt{\frac{2DS}{H}}$$

EOQ yaitu jumlah unit yang dipesan pada biaya yang paling murah atau optimal. Model ini memakai asumsi sebagai berikut:

1. Permintaan selama satu tahun (D) diketahui tetap dan tidak berubah.
2. Harga sediaan (C) diketahui tetap dan tidak berubah
3. Sediaan dianggap selalu tersedia sehingga dapat diperoleh setiap dibutuhkan.
4. Biaya sediaan diketahui tetap dan tidak berubah. Berdasarkan asumsi di atas, maka factor yang

dianggap berubah-ubah ialah kuantitas pemesanan (Q) yang tergantung pada nilai factor : D , C , dan biaya-biaya sediaan.

$$\text{Biaya Total Persediaan (TC)} = \text{Biaya Variabel} + \text{Biaya Tetap}$$

$$TC = TIC + DC$$

$$TIC = \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H + DC = \sqrt{2DSH}$$

$$TC = \text{Biaya Total Sediaan}$$

$$TIC = \text{Biaya Variabel Persediaan}$$

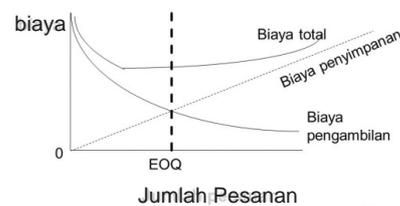
$$\frac{DS}{Q} = \text{Biaya Pemesanan}$$

$$\frac{QH}{2} = \text{Biaya Penyimpanan}$$

$$DC = \text{Harga dari sediaan yang diperlukan selama satu tahun}$$

Berikut ini disajikan grafik yang menunjukkan hubungan antara kedua biaya tersebut, biaya penyimpanan dan biaya pemesanan.

Model grafik dari konsep EOQ



Gambar 2.3 Grafik EOQ

Periodic Order Quantity (POQ)

Pada penentuan unit pesanan berdasarkan periode tetap maka jumlah unit yang dipesan per order dapat saja berbeda dari setiap kali melakukan pemesanan, tetapi selang waktu penyampaian order tetap sama. Teknik POQ ini digunakan untuk menentukan interval waktu order (*Economic Order Interval*). Perhitungan metode POQ menggunakan rumus sebagai berikut:

$$POQ = Q = \sqrt{\frac{2DS}{H \left[1 - \left(\frac{d}{p} \right) \right]}}$$

$$TC = SC + HC + PC$$

$$= \frac{D}{Q}S + \frac{Q}{2}H + PD$$

Dimana :

- d = daily production rate (tingkat produksi per hari)
- p = daily demand rate (tingkat permintaan per hari)

Lot for Lot (L4L)

Pada metode ini unit yang disorder disesuaikan dengan jumlah kebutuhan bersih dalam periode yang bersangkutan.

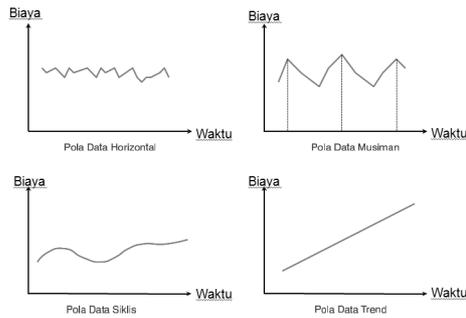
Model L4L ini memiliki kesamaan dengan model kedua (POQ), yaitu jumlah unit yang

disorder dapat saja bervariasi dari period ke periode dan sediaan pada akhir periode sama dengan nol.

Metode Peramalan

Peramalan adalah proses untuk memperkirakan beberapa kebutuhan yang akan datang dalam ukuran kuantitas, kualitas, waktu dan lokasi dalam rangka untuk memenuhi permintaan barang dan jasa.

Pola Data



Gambar 2.5 Pola Data

Keterangan:

1. Pola Data Horizontal/Konstan : Data historis diplotkan terhadap waktu, fluktuasi random berharga konstan
2. Pola Data Musiman : Data historis diplotkan terhadap waktu, fluktuasi yang muncul secara reguler setiap tahun yang biasanya disebabkan oleh iklim.
3. Pola Data Siklis : muncul ketika data dipengaruhi oleh fluktuasi ekonomi jangka panjang, variasi siklis ini bisa terulang setelah jangka waktu tertentu.
4. Pola Data Trend/Linier : Data historis diplotkan terhadap waktu, fluktuasi random garis lurus yang menunjukkan pertumbuhan maupun penurunan terhadap waktu

2.10.2 Teknik Peramalan Pola Data Konstan

Metode Least Square

$$y' = a + bt$$

$$a = \bar{d} - b\bar{t}$$

$$b = \frac{n \sum_{t=1}^n td_t - \sum_{t=1}^n d_t \sum_{t=1}^n t}{n \sum_{t=1}^n t^2 - \left(\sum_{t=1}^n t \right)^2}$$

Metode Simple Average

? = ? = ? ? ?

Single Moving Average

Time	Moving Average	Forecasting
t	$\bar{d} = \frac{d_1 + d_2 + \dots + d_t}{t}$	$d'_{t+1} = \bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^t d_i}{t}$
t+1	$\bar{d} = \frac{d_2 + d_3 + \dots + d_{t+1}}{t}$	$d'_{t+1} = \bar{d} = \frac{\sum_{i=2}^{t+1} d_i}{t}$
t+2	$\bar{d} = \frac{d_3 + d_4 + \dots + d_{t+2}}{t}$	$d'_{t+1} = \bar{d} = \frac{\sum_{i=3}^{t+2} d_i}{t}$

Teknik Peramalan Pola Data Trend Simple Linear Regression

$$b = \frac{n \sum_{t=1}^n td_t - \sum_{t=1}^n d_t \sum_{t=1}^n t}{n \sum_{t=1}^n t^2 - \left(\sum_{t=1}^n t \right)^2}$$

Gunakan metode least square untuk memperoleh parameter a dan b

a= Komponen yang tetap dari penjualan pada setiap tahun.

b= Tingkat perkembangan penjualan tiap tahun atau slope dari garis perkiraan penjualan

Double Moving Average

$$S_t'' = \frac{S_t' + S_{t-1}' + \dots + S_{t-N+1}'}{M}$$

$$S_t' = \frac{d_1 + d_2 + \dots + d_{t-N+1}}{N}$$

$$a_t = S_t' + (S_t' - S_t'')$$

$$b_t = \frac{2}{N-1} (S_t' - S_t'')$$

Teknik Peramalan Pola Data Siklis

$$d'_t = a + u \cos \frac{2\pi}{n} t + v \sin \frac{2\pi}{n} t$$

n : jumlah periode per siklus

Parameter a, u dan v dapat dicari dengan metode determinan matriks :

$$\begin{vmatrix} d' & 1 & \cos \frac{2\pi}{n} t & \sin \frac{2\pi}{n} t \\ \sum d & n & 0 & 0 \\ \sum d \cos \frac{2\pi}{n} t & 0 & \frac{n}{2} & 0 \\ \sum d \sin \frac{2\pi}{n} t & 0 & 0 & \frac{n}{2} \end{vmatrix} = 0$$

2.10.5 Ukuran Kesalahan Peramalan

a. Mean Square Error

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (d_t - D'_t)^2}{n}$$

a.

b. *Standard Error of Estimate*

$$SEE = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(d_t - D'_t)^2}{(n-f)}}$$

c. *Error Percentase*

$$PE_t = \left(\frac{d_t - D'_t}{d_t}\right) \times 100\% \quad a = \bar{d}$$

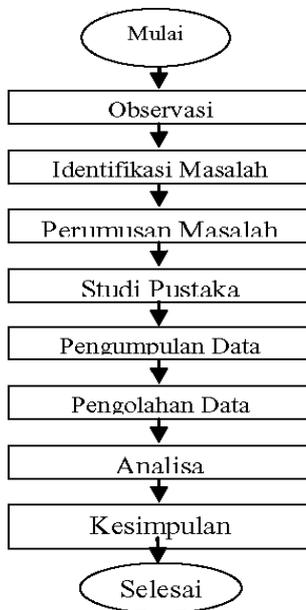
Keterangan : f = degree of freedom

- 1 untuk pola data konstan
- 2 untuk pola data trend
- 3 untuk pola data siklis

METODE DAN PENGOLAHAN DATA

Alur Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan langkah-langkah tahapan sebagai berikut :



Gambar 3.1 *Flowchart* Tahapan Penelitian

Metode Penelitian

Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang dilakukan adalah jenis penelitian deskriptif, yaitu studi untuk menggambarkan suatu keadaan terdahulu. Penelitian dilakukan dalam rangka untuk mencari fakta-fakta yang jelas tentang situasi dan kondisi aktivitas produksi perusahaan dengan pendekatan studi kasus.

Obyek Penelitian

Dalam penelitian ini peneliti akan membahas bagaimana cara meningkatkan efisiensi material plastik dengan melakukan proses daur ulang dalam

rangka mengurangi dampak lingkungan hidup dengan sistem manufaktur berkelanjutan.

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di Politeknik Manufaktur Astra yang memproduksi beberapa jenis produk dimana salah satu produknya adalah produk plastik yang berlokasi di Jl. Gaya Motor Raya No. 8 Sunter II-Jakarta 14330. Sedangkan penelitian dilakukan selama Januari – Juni 2015.

Sumber Data

Data yang diperoleh merupakan data numerik yang berkaitan dengan kegiatan produksi dan purchase order material plastik selama periode Januari-Juni 2015 yang berasal dari laporan divisi produksi dan purchase Politeknik Manufaktur Astra.

Variabel Penelitian

Persentase Kecacatan Produk

Dalam proses produksi, tidak seluruh produksi hasilnya baik 100% namun selalu ada kemungkinan beberapa produk cacat. Produk-produk cacat inilah yang nantinya akan didaur ulang untuk digunakan kembali menjadi bahan baku dengan persentase tertentu untuk memper-tahankan kualitas.

Rencana Pemesanan Bahan Baku

Perkiraan jumlah dan jenis bahan baku serta bahan pembantu yang akan dibutuhkan untuk dilakukan pemesanan guna memenuhi kebutuhan produksi didasarkan pada kebutuhan bersih produksi dengan penyesuaian lead time.

Biaya Pengendalian Persediaan Bahan Baku

Sebagai obyek perhitungan dan indikator hasil analisis, pengambilan keputusan penentuan besarnya jumlah persediaan didasarkan pada pertimbangan biaya-biaya variabel berikut ini:

Biaya Penyimpanan (*holding cost*)

Biaya yang berkaitan dengan menyimpan atau membawa persediaan selama waktu tertentu.

Biaya Pemesanan (*ordering cost*)

Mencakup biaya dari persediaan, formulir, proses pemesanan, pembelian, dukungan administrasi, dan seterusnya.

Biaya Penyetelan (*setup cost*)

Biaya untuk mempersiapkan sebuah mesin

dan atau proses untuk melakukan proses daur ulang yang juga menyertakan waktu kerja mesin dan tenaga kerja untuk melakukan proses daur ulang.

Catatan Persediaan Bahan Baku

Informasi data persediaan pendukung variabel penelitian meliputi struktur produk, jumlah dan jenis kebutuhan persediaan ditangan, jumlah persediaan pengaman dan lead time setiap komponen produk.

Alat Analisis Data

Alat analisis yang dipakai adalah Sistem Perencanaan dan Pengendalian Bahan Baku (Material requirement Planning-MRP).Sebelum sampai pada proses perhitungan MRP, dilakukan terlebih dahulu peramalan permintaan sebagai masukan MRP. Dengan demikian, hasil perhitungan MRP dapat dijadikan bahan evaluasi atau pertimbangan pengambilan keputusan yang tepat dalam melakukan perencanaan dan pengendalian persediaan bahan baku guna kelancaran proses produksi dengan keputusan yang efisien dari segi biaya serta ketepatan waktu.

Alat yang Digunakan

Mesin Plastik Injeksi Hwa Chin 160 Ton



Gambar 3.2 Mesin Plastik Injeksi Hwa Chin 160 Ton

Tabel 3.1 Tabel Spesifikasi Mesin Injeksi Hwa Chin 160 Ton

SYSTEM	ITEMS	CLAMPING FORCE	HC-160		
			160	S	M
INJECTION SYSTEM	SCREW DIAMETER	unit mm	38	42	48
	INJECTION PRESSURE	kg/cm ²	1755	1440	1100
	INJECTION PRESSURE (FOUR)	kg/cm ²	2281	1872	1430
	THEORETICAL SHOT VOLUME	cm ³	226	276	361
	SHOT WEIGHT(PS)	g oz	204 7.2	248 8.7	325 11.4
	INJECTION RATE	cm ³ /sec	148	180	236
	INJECTION RATE (FOUR)	cm ³ /sec	113.8	138.4	181.5
	SCREW REVOLVING SPEED	rpm	0-279		

CLAMPING SYSTEM	CLAMPING STROKE	mm	500		
	SPACE BETWEEN TIE BARS(HxV)	mm	460x450		
	MOLD PLATEN DIMENSIONS (HxV)	mm	660x660		
	RANGE OF MOLD HEIGHT	mm	150-500		
ELECTRICAL SYSTEM	HYDRAULIC EJECTOR STROKE	mm	130		
	PUMP MOTOR	kw	18.5		
	HEATER CAPACITY (220V)	kw	7.5	12.3	12.3
MECHANICAL DIMENSIONS	ALLOWABLE MAXIMUM PUMP PRESSURE	kg/cm ²	140		
	MACHINE SIZE	M	4.5x1.2x1.8		
	NET WEIGHT	ton	5.3		

HSS Plastik Granular Sumida Series 07039

Gambar 3.5 HSS Plastik Granular Sumida Series 07039

Sumber: www.Nbhuaire.en.alibaba.com

Spesifikasi mesin seperti berikut :

<i>Voltage</i>	: 380V
<i>Weight</i>	: 660 kg
<i>Power</i>	: 7.5 kw
<i>Frequency</i>	: 50 Hz

Spesifikasi Material yang Digunakan

Pada penelitian ini material ABS yang digunakan yaitu:ABS LG Chem HI 100 Kategori: Polymer; Thermoplastik; ABS Polymer; Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS), Impact Grade, Molded

Tabel 3.2 Tabel Mechanical Property ABS LG Chem HI100

ABS LG HI 100	
Tensile Strength @ Yield	37.278 N/mm ²
Tensile Modulus	1608.84 N/mm ²
Elongation @ Yield	4.12 mm
Elongation @ Break	14.2 mm

Purchase Order Material ABS

Berikut adalah data PO material ABS selama Januari 2015 hingga Juni 2015:

Tabel 3.4 PO Material ABS

Tanggal PO	Jumlah (kg)	Harga	Sub-Total	Biaya Pemesanan	Total
Jan-15	25	Rp 30,000	Rp 750,000	Rp 75,000	Rp 825,000
Feb-15	25	Rp 30,000	Rp 750,000	Rp 75,000	Rp 825,000
Mar-15	25	Rp 30,000	Rp 750,000	Rp 75,000	Rp 825,000
Apr-15	25	Rp 30,000	Rp 750,000	Rp 75,000	Rp 825,000
Mei-15	25	Rp 30,000	Rp 750,000	Rp 75,000	Rp 825,000
Jun-15	25	Rp 30,000	Rp 750,000	Rp 75,000	Rp 825,000
Total	150		Rp 4,500,000	Rp 450,000	Rp 4,950,000

Proses Produksi

Gambaran Umum Proses Produksi Plastik

Produk-produk hasil proses cetak injeksi yang menggunakan material ABS adalah:

Tabel 3.5 Spesifikasi Produk Plastik ABS

No.	Gambar	Nama Produk	Berat Produk (gr)	Berat Scrap (gr)
1		Test Piece	76.50	8.53
2		Sadap Karet	48.30	3.11
3		ID Card	20.05	3.80

Scrap yang dihasilkan dari ketiga produk tersebut nantinya akan menjadi limbah plastik yang tidak lagi digunakan.

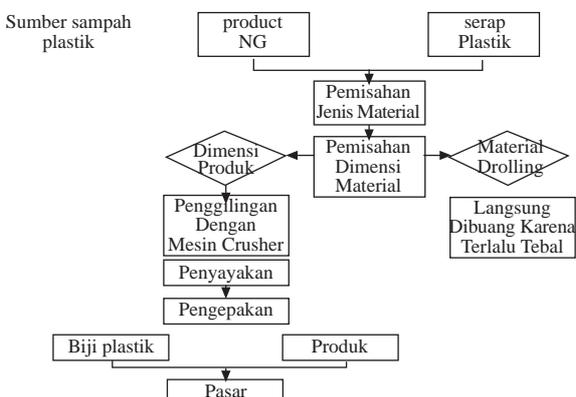
Berikut adalah data *scrap* yang dihasilkan dari ketiga produk:

Tabel 3.6 Scrap Plastik ABS Murni Februari-Juni 2015

Bulan	Jumlah Scrap (gr)
Februari	17320
Maret	20730
April	23730
Mei	24500
Juni	3260
Total	89540

Proses Daur Ulang Plastik

Sumber sampah plastik di Politeknik Manufaktur Astra ada dua yaitu dari produk-produk NG dan dari material drolling. Sampah-sampah plastik itu nantinya akan di proses daur ulang dengan langkah-langkahnya sebagai berikut:



Gambar 3.6 Flow Process Daur Ulang Plastik

Dari proses daur ulang tersebut didapatkan hasil biji plastik dan debu. Berikut adalah data biji

plastik yang bisa diproses kembali atau sudah tidak mengandung debu:

Tabel 3.7 Jumlah Biji Plastik Hasil Daur Ulang

Bulan	Jumlah Scrap (gr)
Februari	11250
Maret	12430
April	14230
Mei	12250
Juni	1950
Total	52110

Forecast Kebutuhan Material ABS

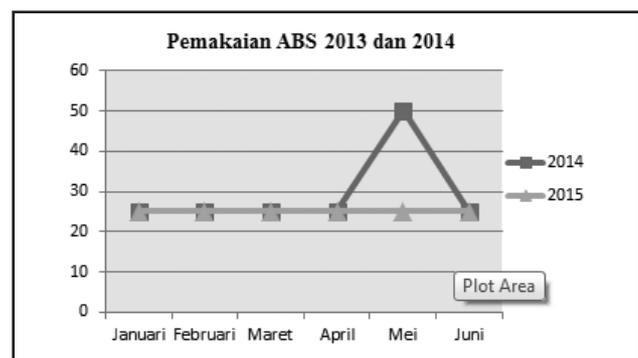
Berikut ini data pemakaian material plastik tahun 2014 dan 2015:

Tabel 3.8 Data Pemakaian Material ABS 2014-2015

Bulan	2014	2015
Januari	25	25
Februari	25	25
Maret	25	25
April	25	25
Mei	50	25
Juni	25	25
Total	175	150

Dari data diatas maka dengan metode least square peramalan pemakaian material yang dilakukan perusahaan dapat dihitung sebagai berikut :

Pola Data



Gambar 3.7 Grafik Pemakaian Material ABS 2014-2015

Perhitungan Peramalan Pemakaian Material Dengan Metode *Least Square*

Tabel 3.9 Peramalan Pemakaian Material ABS

Bulan	Pemakaian	t	dt	t ² dt	t ²
Januari	25	1	25	25	1
Februari	25	2	25	50	4
Maret	25	3	25	75	9
April	25	4	25	100	16
Mei	50	5	50	250	25
Juni	25	6	25	150	36
Januari	25	7	25	175	49
Februari	25	8	25	200	64
Maret	25	9	25	225	81
April	25	10	25	250	100
Mei	25	11	25	275	121
Juni	25	12	25	300	144
Jumlah	325	78	325	2075	650

Mencari Nilai a dan b

Persamaan linier regresi peramalan didapatkan dengan mengeliminasi persamaan:

$$325 = 12a + 78b$$

$$2075 = 78a + 650b$$

Menghasilkan nilai a = 28.788 b = -0.262

Maka $y' = 28.788 - 0.262t$

Standard Error of Estimate

Tabel 3.10 Tabel SEE

t	y	y'	(y-y') ²
1	25	25.38	0.14
2	25	25.12	0.01
3	25	24.85	0.02
4	25	24.59	0.17
5	50	24.33	658.96
6	25	24.07	0.87
7	25	23.81	1.43
8	25	23.54	2.12
9	25	23.28	2.96
10	25	23.02	3.93
11	25	22.76	5.03
12	25	22.49	6.28
Jumlah			681.91

Standard Error of Estimate =

$$\frac{\sum (y_1 - y_2)^2}{n - f} = \frac{681.91}{11} = 7.87 \text{ unit}$$

5. Perhitungan Peramalan Pemakaian Material Dengan Metode Simple Average

Tabel 3.11 Tabel Peramalan Metode Simple Averagedan SEE

y	y'	(y'-y) ²
25		
25	25	0
25	25	0
25	25	0
50	25	625
25	30	25
25	29.17	17.36
25	28.57	12.76
25	28.13	9.77
25	27.78	7.72
25	27.50	6.25
25	27.27	5.17
	27.08	
Jumlah		709.01

Standard Error of Estimate =

$$\frac{\sum (y_1 - y_2)^2}{n - f} = \frac{709.01}{11} = 8.03 \text{ unit}$$

Melihat nilai SEE dari dua metode yang digunakan, maka peramalan permintaan untuk tahun yang akan datang menggunakan metode *least square* dengan nilai SEE terkecil yaitu 7.87 unit. Berikut adalah rumus yang digunakan untuk peramalan bulan ke 13-24 sesuai dengan metode *least square*: $y' = 28.788 - 0.262t$

6. Tabel Hasil Peramalan Untuk 2 Bulan Ke Depan

Tabel 3.12 Tabel Hasil Peramalan untuk Tahun 2016 dan 2017

Bulan	Periode	Pemakaian (y')
Januari	13	25.38
Februari	14	25.12
Maret	15	24.85
April	16	24.59
Mei	17	24.33
Juni	18	24.07
Januari	19	23.81
Februari	20	23.54
Maret	21	23.28
April	22	23.02
Mei	23	22.76
Juni	24	22.49
Jumlah		287.24

Berdasarkan hasil peramalan di atas maka kebutuhan material ABS untuk tahun 2016 adalah 148.34 kg dan 2017 adalah 138.90 kg.

Penetapan EOQ

Di bawah ini adalah biaya variable pembelian material ABS:

Tabel 3.13 Biaya-Biaya Variabel Pembelian Material ABS

Kebutuhan 1 tahun (D)		
Nilai persediaan	jumlah unit pesanan x harga beli (Rp. 30000)	148,34 kg Rp. 718.094.41
Biaya pemesanan (S)	10% x Harga	Rp. 75.000.00
Biaya Penyimpanan (H)	5% x biaya pemesan	Rp. 3.750.00

Berdasarkan data di atas, maka dapat ditentukan Economic Order Quantity (EOQ) adalah sebagai berikut:

$$\text{Economic Order Quantity} = \frac{2 \times D \times S}{H}$$

$$EOQ = \frac{2 \times D \times S}{H} = \frac{2 \times 148.34 \times 75000}{3750} = 77.03 \text{ kg}$$

$$TIC = \frac{2DS}{H} = \frac{2 \times 148.34 \times 75000 \times 3750}{3750} = \text{Rp } 288.861.99$$

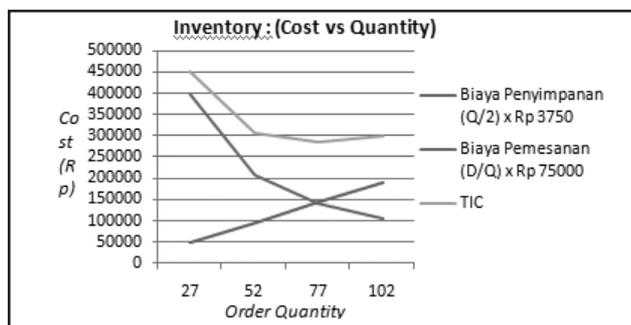
$$TC = D \times C + TI = 148.34 \times 30000 + 288.861.99 = \text{Rp } 4.739.061.99$$

Biaya rata-rata persediaan = Rp 4.739.061 / 148.34 = Rp 31.947,00

Tabel 3.14 Perhitungan Pemesanan Optimum Melalui Pendekatan Tabel

Uraian	27	52	77	102
Biaya Pemesanan (D/Q) x Rp 75000	Rp 398,944.44	Rp 207,144.23	Rp 139,889.61	Rp 105,602.94
Biaya Penyimpanan (Q/2) x Rp 3750	Rp 50,625.00	Rp 97,500.00	Rp 144,375.00	Rp 191,250.00
TIC	Rp 449,569.44	Rp 304,644.23	Rp 284,264.61	Rp 296,852.94
D x C (143.63 x 30000)	Rp 4,308,600.00	Rp 4,308,600.00	Rp 4,308,600.00	Rp 4,308,600.00
Total Cost	Rp 5,207,738.89	Rp 4,917,888.46	Rp 4,877,129.22	Rp 4,902,305.88

Tabel 3.14 menunjukkan bahwa persediaan optimum adalah 77.03 kg karena persediaan pada titik tersebut akan memberikan konseluensi biaya paling murah. Data dalam table 3.14 khususnya mengenai biaya variable sediaan, dapat dilihat pada gambar 3.14 berikut:



Gambar 3.8 Grafik EOQ

Dari perhitungan EOQ di atas, dapat diketahui bahwa besarnya pembelian yang

ekonomis adalah sebanyak 77.03 kg.

Pengujian Material Plastik Daur Ulang

Untuk mengetahui pengaruh material daur ulang terhadap kekuatan mekanik material, maka langkah yang diambil penulis adalah dengan mengujikan spesimen yang memiliki komposisi material daur ulang yang berbeda-beda untuk mengetahui pada komposisi berapa saja yang menunjukkan perubahan sifat yang drastis

Data yang dihasilkan dari pengujian tarik material ABS LG Chem HI 100. Pengujian tarik pada material ABS LG Chem HI 100 dilakukan dengan 2 kecepatan pengujian yaitu dengan kecepatan 5mm/min dan 50 mm/min.

Tabel 3.15 Data kekuatan mekanik ABS dengan kecepatan pengujian 5mm/min

MATERIAL	Stress @ Yield (N/mm ²)	Elong @ Yield (mm)	Strain @ Yield (%)	Elong @ Break (mm)	Modulus Young (N/mm ²) (10 ²)
ABS MURNI	30.618	3.316	2.0097	15.922	18.365
ABS DU 5%	28.059	3.334	2.0206	15.876	18.749
ABS DU 10%	29.946	3.358	2.3551	15.142	18.967
ABS DU 20%	30.057	3.432	2.0802	14.584	18.304
ABS DU 30%	30.258	3.436	2.1034	14.786	17.445
ABS DU 40%	30.388	3.568	2.1624	11.466	15.977
ABS DU 50%	30.392	3.772	2.2861	13.500	15.550
ABS DU 60%	30.119	3.608	2.1868	12.686	14.383
ABS DU 70%	30.281	3.534	2.1416	12.888	14.660
ABS DU 80%	30.262	3.558	2.1563	12.722	14.824
ABS DU 90%	26.312	3.538	1.8170	11.724	14.587
ABS DU 100%	30.765	3.554	2.1442	13.332	14.598

Tabel diatas adalah data pengujian tarik yang dilakukan terhadap spesimen ABS dengan kecepatan pengujian 5mm/min.

Tabel 3.16 Data kekuatan mekanik ABS dengan kecepatan pengujian 50 mm/min

MATERIAL	Stress @ Yield (N/mm ²)	Elong @ Yield (mm)	Strain @ Yield (%)	Elong @ Break (mm)	Modulus Young (N/mm ²) (10 ²)
ABS MURNI	35.667	3.843	2.3293	12.487	17.979
ABS DU 5%	35.444	3.883	2.3535	10.233	17.522
ABS DU 10%	35.686	3.897	2.3616	10.053	18.835
ABS DU 20%	35.530	3.803	2.3051	11.970	18.564
ABS DU 30%	35.682	3.893	2.3596	12.497	17.450
ABS DU 40%	35.925	3.930	2.3818	12.210	15.358
ABS DU 50%	35.757	3.853	2.3353	11.050	18.486
ABS DU 60%	35.741	3.853	2.3354	10.943	16.383
ABS DU 70%	35.615	3.717	2.4168	10.403	17.443
ABS DU 80%	35.860	3.880	2.3515	10.747	16.226
ABS DU 90%	36.016	3.890	2.3683	11.010	17.001
ABS DU 100%	36.577	3.930	2.3818	9.357	16.499

Tabel diatas adalah tabel kekuatan mekanik material ABS yang diuji dengan kecepatan 50 mm/min sesuai dengan kecepatan pengujian yang digunakan pada data pembandingnya.

ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisa Penggunaan Material Plastik Daur Ulang

4.1.1 Perbandingan Scrap Terpakai dan Terbuang Berikut adalah perbandingan antara jumlah material plastik ABS yang terpakai, yang bisa didaur ulang dan yang terbuang:

Tabel 4.1 Tabel Perbandingan Jumlah Scrap Total dan yang Masih Bisa Terpakai

Bulan	Jumlah Scrap	Jumlah Scrap Terpakai
Februari	17320	11250
Maret	20730	12430
April	23730	14230
Mei	24500	12250
Juni	3260	1950
Total	89540	52110

Gambar 4.1 Grafik Jumlah Scrap Terpakai VS Terbuang

Total Penghematan Akibat Penggunaan Material Daur Ulang

Berikut adalah penghematan yang bisa terjadi dengan adanya pemanfaatan material plastik daur ulang:

Tabel 4.2 Tabel Penghematan Akibat Penggunaan Material Daur Ulang

No	Bulan	Jumlah Scrap Terpakai	Harga Dijual	Harga Dipakai	Total Penghematan Dijual	Total Penghematan Dipakai
1	Februari	11.25	Rp 3,000.00	Rp 30,000.00	Rp 33,750.00	Rp 337,500.00
2	Maret	12.43	Rp 3,000.00	Rp 30,000.00	Rp 37,290.00	Rp 372,900.00
3	April	14.23	Rp 3,000.00	Rp 30,000.00	Rp 42,690.00	Rp 426,900.00
4	Mei	12.25	Rp 3,000.00	Rp 30,000.00	Rp 36,750.00	Rp 367,500.00
5	Juni	1.95	Rp 3,000.00	Rp 30,000.00	Rp 5,850.00	Rp 58,500.00
Total					Rp 156,330.00	Rp 1,563,300.00

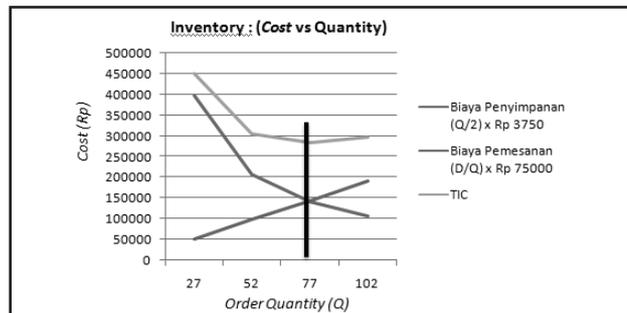
Keterangan :

- Harga dijual : Harga per kilo apabila material plastik daur ulang tersebut dijual keluar atau dengan kata lain tidak lagi digunakan di dalam Politeknik Manufaktur Astra.
- Harga dipakai : Harga apabila limbah material plastik dipakai kembali dengan asumsi bahwa dengan menggunakan material plastik daur ulang maka perusahaan bisa menghemat pembelian material sebanyak jumlah scrap yang digunakan.

Berdasarkan data di atas maka dapat diketahui bahwa pemanfaatan limbah material plastik dengan cara di daur ulang bisa menghemat 10 kali lebih besar daripada dijual kembali.

Analisa Data Peramalan dan Grafik EOQ

Berikut adalah grafik EOQ:



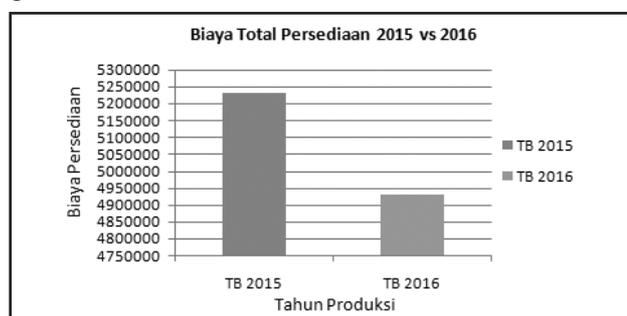
Gambar 4.2 Grafik EOQ

Berdasarkan grafik EOQ di atas diketahui bahwa nilai minimal order yang harus dilakukan perusahaan adalah 77.03 kg per order. Untuk memenuhi syarat minimal order dan peramalan kebutuhan material plastik tahun 2016 maka perusahaan akan melakukan order 75 kg per order.

Tabel 4.3 Tabel Perbandingan Biaya Total Persediaan Material ABS

Total Biaya Persediaan Material ABS tahun 2015						
No PO	Jumlah	Harga	Sub Total	Biaya Pemesanan	Biaya Penyimpanan	Total
1	25	30000	750000	75000	46875	871875
2	25	30000	750000	75000	46875	871875
3	25	30000	750000	75000	46875	871875
4	25	30000	750000	75000	46875	871875
5	25	30000	750000	75000	46875	871875
6	25	30000	750000	75000	46875	871875
Total Biaya Persediaan Selama 1 Tahun						Rp 5.231.250
Total Biaya Persediaan Material ABS Dengan Metode EOQ						
No PO	Jumlah	Harga	Sub Total	Biaya Pemesanan	Biaya Penyimpanan	Total
1	75	30000	2250000	75000	140625	2465625
2	75	30000	2250000	75000	140625	2465625
Total Biaya Persediaan Selama 1 Tahun						Rp 4.931.250

Penghematan biaya persediaan material plastik ABS tahun 2015 dipandingkan tahun depan yang menggunakan metode EOQ ditunjukkan pada grafik dibawah ini:



Gambar 4.3 Grafik Biaya Persediaan Material Tahun 2015 vs 2016

Setelah kita menghitung total biaya persediaan, baik yang ditetapkan oleh perusahaan selama ini maupun dengan penerapan metode EOQ, maka dapat diketahui bahwa terjadi penurunan biaya sebesar 5.73%.

EOQ ternyata dapat meminimalkan biaya persediaan selama setahun sebesar:

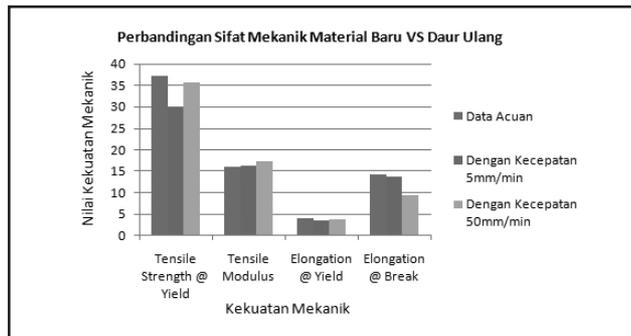
$$\text{Rp } 5.231.250 - \text{Rp } 4.931.250 = \text{Rp } 300.000$$

Sehingga pembelian dengan menggunakan metode EOQ adalah pembelian yang efisien dan meminimumkan biaya persediaan bagi perusahaan.

4.4 Analisa Sifat Material Plastik Daur Ulang

Pengujian tarik pada material ABS LG Chem HI 100 dilakukan dengan 2 kecepatan pengujian yaitu dengan kecepatan 5mm/min dan 50 mm/min.

Dari kelima analisa diatas maka komposisi material ABS daur ulang yang bisa untuk diproses kembali mulai dari 0% hingga 100% pada daur ulang pertama karena sifat mekanis yang dihasilkan dari pengujian tarik terhadap material daur ulang pertama hampir sama dengan sifat aslinya atau dengan kata lain pencampuran material daur ulang tidak terlalu berpengaruh pada perubahan sifat material ABS seperti yang terlihat pada grafik di bawah ini:



Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Sifat Mekanik Material Baru VS Daur Ulang

4.5 Analisa Total Biaya Persediaan Material ABS Setelah Penggunaan Material Daur Ulang

Dari data untuk memenuhi kebutuhan tahun 2016, perusahaan harus membeli material ABS sebanyak 150 kg. Dengan adanya pemanfaatan limbah material ABS sebanyak 52.11 kg maka kebutuhan pembelian material ABS baru menjadi 97.89 kg atau 100 kg. Untuk mengetahui nilai EOQ baru setelah diketahui bahwa kebutuhan material baru hanya 100 kg, maka penulis melakukan lagi perhitungan nilai EOQ dengan kebutuhan 1 tahun 97.89 kg. Berikut adalah perhitungannya:

Tabel 4.6 Biaya-Biaya Variabel Pembelian Material ABS

Kebutuhan 1 tahun (D)		150 - 52.11 - 97.89 kg
Biaya pemesanan (S)	10% x Harga	Rp. 75.000.00
Biaya Penyimpanan (H)	5% x biaya pemesan	Rp. 3.750.00

Berdasarkan data di atas, maka dapat ditentukan besarnya jumlah pembelian bahan baku yang ekonomis dengan menggunakan rumus (*formula approach*) *Economic Order Quantity (EOQ)* adalah sebagai berikut:

$$\text{Economic Order Quantity} = \frac{\sqrt{2 \times D \times S}}{H}$$

$$\text{EOQ} = \frac{\sqrt{2 \times D \times S}}{H} = \frac{\sqrt{2 \times 97.89 \times 75000}}{3750} = 62.57 \text{ kg}$$

$$\text{TIC} = \frac{2DS}{H} = \frac{2 \times 97.89 \times 75000}{3750} = \text{Rp } 234.655,33$$

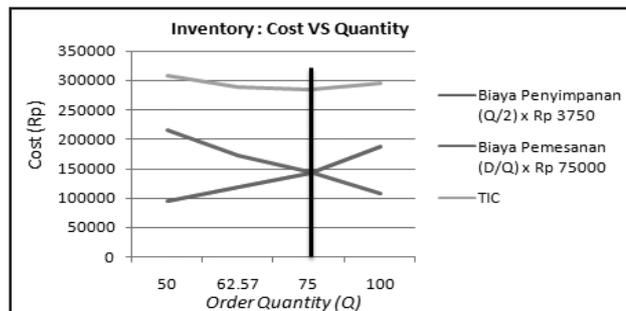
$$\text{TC} = D \times C + \text{TI} = 97.89 \times 30000 + 234.655,33 = \text{Rp } 3.171.355,33$$

$$\text{Biaya rata-rata persediaan} = \frac{\text{Rp } 3.171.355,33}{97.89} = \text{Rp } 32.397,13$$

Tabel 4.7 Perhitungan Pemesanan Optimum Melalui Pendekatan Tabel

Uraian	50	62.57	75	100
Biaya Pemesanan (D/Q) x Rp 75000	Rp 215,430.00	Rp 172,151.19	Rp 143,620.00	Rp 107,715.00
Biaya Penyimpanan (Q/2) x Rp 3750	Rp 93,750.00	Rp 117,318.75	Rp 140,625.00	Rp 187,500.00
TIC	Rp 309,180.00	Rp 289,469.94	Rp 284,245.00	Rp 295,215.00
D x C (143.63 x 30000)	Rp 4,308,600.00	Rp 4,308,600.00	Rp 4,308,600.00	Rp 4,308,600.00
Total Cost	Rp 4,926,960.00	Rp 4,887,539.88	Rp 4,877,090.00	Rp 4,899,030.00

Data dalam table 4.7 khususnya mengenai biaya variable sediaan, dapat dilihat pada gambar 4.7 berikut:



Gambar 4.7 Grafik EOQ Setelah Pemakaian Daur Ulang

Berdasarkan grafik EOQ diatas diketahui bahwa nilai minimal order yang harus dilakukan perusahaan adalah 75 kg per order.

Berikut adalah variabel penghematan total biaya penyediaan material ABS dengan metode EOQ dan pemanfaatan limbah material plastik:

Tabel 4.8 Tabel Variabel Penghematan Yang Terjadi

Kebutuhan material ABS 2016	150 kg
Jumlah Scrap yang bisa dipakai kembali	52.11 kg
Kebutuhan material ABS 2016 setelah pemanfaatan limbah	97.89 kg
Karena ada minimal order, maka minimal order 2016	100 kg
EOQ setelah adanya pemanfaatan limbah	75 kg
Total Biaya Persediaan Material ABS Tanpa EOQ	Rp5,231,250
Total Biaya Persediaan Material ABS Dengan EOQ tanpa Pemanfaatan Limbah Plastik	Rp4,931,250

Maka setelah adanya pemanfaatan limbah plastik dan penggunaan metode EOQ, berikut adalah biaya total persediaan material ABS:

Tabel 4.9 Tabel Biaya Total Persediaan Material ABS Setelah Ada EOQ dan Pemanfaatan Limbah Plastik

Total Biaya Persediaan Material ABS Dengan Metode EOQ dan Pemanfaatan Limbah Plastik						
No PO	Jumlah	Harga	Sub Total	Biaya Pemesanan	Biaya Penyimpanan	Total
1	75	30000	2250000	75000	140625	2465625
2	25	30000	750000	75000	46875	871875
Total Biaya Persediaan Selama 1 Tahun						Rp 3.337.500

Tabel 4.9 merupakan tabel perhitungan total biaya persediaan material ABS selama setahun dengan EOQ dan sudah memanfaatkan scrap material ABS. Dari tabel dapat diketahui bahwa dengan menggunakan metode EOQ dan memanfaatkan scrap material ABS dapat dilakukan penghematan biaya persediaan material ABS sebanyak: Rp 5.231.250 - Rp 3.337.500 = Rp 1.893.750

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan diantaranya yaitu:

Pemanfaatan limbah plastik guna meningkatkan efisiensi material plastik dengan melakukan proses daur ulang dalam rangka mengurangi dampak lingkungan hidup dengan sistem manufaktur berkelanjutan sangat dapat dilakukan karena sifat material plastik (yang dimaksud disini adalah ABS) pada daur ulang pertama tidak drastis berubah dari sifat aslinya yang sudah dibuktikan dengan adanya pengujian tarik.

Dengan menggunakan metode EOQ untuk proses persediaan material plastik ABS sebelum adanya pemanfaatan limbah plastik di Politeknik Manufaktur Astra dapat diketahui bahwa pemesanan material dapat dilakukan hanya 2 kali dengan jumlah sekali pesan sesuai EOQ adalah 75 kg dan hal tersebut dapat menghemat biaya sebesar Rp 300.000,00.

Dengan adanya pemanfaatan limbah material plastik dan penggunaan metode EOQ dalam proses

pemesanan maka total penghematan yang bisa dilakukan sebesar Rp 1.893.750.

DAFTAR PUSTAKA

Haming, Murdifin dan Mahfud. (2012), Manajemen Produksi Modern Operasi Manufaktur dan Jasa Buku 2, Bumi Aksara, Jakarta.

Hartini, Sri dan Kadarsah. (2010), Teknik Mencapai Produksi Optimal, Lubuk Agung, Bandung.

Mitchell, Philip. *Tool And Manufacturing Engineers Handbook Volume 8 Plastic Part Manufacturing*, TMEH.

Smallmam, R. (1999), Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material, Terj. *Modern Physical Metallurgy & Materials Engineering 6th Edition*, Djaprie, Sriati (Pen.), Simarmata, Silvester Lameda (Ed.), Erlangga, Jakarta.