

Optimalisasi Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Biji Plastik dengan Metode Peramalan dan Simulasi Simpleks

Disusun oleh:

Muhamad Setia Fauzan¹, R. Lisye Herlina¹, Riyadi Juhana¹

¹²³Teknik Industri dan Universitas Kebangsaan Republik Indonesia

Email: msetia.fauzan02@gmail.com

Abstrak

Limbah plastik merupakan isu global yang berdampak pada lingkungan dan kesehatan, sehingga diperlukan pengelolaan yang berkelanjutan dan bernilai ekonomis. Di Indonesia, tingginya jumlah limbah plastik membuka peluang bagi industri daur ulang, termasuk PT Peka Cipta Kembali yang mengolah *Blowing (HDPE)* dan *PP* menjadi biji plastik. Tantangan yang dihadapi berupa fluktuasi permintaan, keterbatasan kapasitas mesin, dan ketidakpastian pasokan bahan baku. Penelitian ini bertujuan mengoptimalkan perencanaan produksi dengan metode *Single Exponential Smoothing (SES)* untuk peramalan permintaan dan simulasi Simpleks untuk optimasi produksi. Data yang digunakan meliputi pembelian bahan baku dan penjualan tahun 2024, kapasitas mesin 4.000 kg/shift, serta penyusutan bahan baku 15%. Hasil peramalan menunjukkan peningkatan permintaan tahun 2026 dengan tingkat kesalahan kurang dari 10%. Dengan memproduksi 5.076.808 kg pada periode 2026, perusahaan berpotensi memperoleh profit sebesar Rp 19.519.982.746. Integrasi kedua metode terbukti meningkatkan akurasi, efisiensi, serta berpotensi diterapkan di perusahaan.

Kata kunci: Perencanaan produksi, Peramalan, Simulasi Simpleks.

Abstract

Plastic waste is a global issue that affects the environment and public health, requiring sustainable and economically valuable management. In Indonesia, the large volume of plastic waste creates opportunities for the recycling industry, including PT Peka Cipta Kembali, which processes Blowing (HDPE) and PP into plastic pellets. The challenges faced include fluctuating demand, limited machine capacity, and uncertainty in raw material supply. This study aims to optimize production planning using the Single Exponential Smoothing (SES) method for demand forecasting and the Simplex simulation for production optimization. The data used include raw material purchases and sales in 2024, machine capacity of 4.000 kg/shift, and 15% raw material shrinkage. The forecasting results indicate an increase in demand in 2026 with an error rate of less than 10%. With a total production of 5.076.808 kg in 2026, the company has the potential to achieve a profit of IDR 19.519.982.746. The integration of both methods has been proven to improve accuracy and efficiency, and it has the potential to be applied in companies.

Keywords: Production planning, Forecasting, Simplex Simulation.

PENDAHULUAN

Limbah plastik telah menjadi isu lingkungan global yang semakin meningkat dan mengancam ekosistem serta kesehatan manusia. Berdasarkan *United Nations Environment Programme* (2021), produksi plastik dunia mencapai lebih dari **438 juta ton per tahun**, dengan sekitar **19–23 juta ton** mencemari ekosistem perairan. Di Indonesia, jumlah limbah plastik makro diperkirakan mencapai **±3,4 juta ton per tahun** (NDTV, 2024), menempatkan Indonesia sebagai salah satu penghasil limbah plastik terbesar di dunia.

Salah satu solusi yang menjanjikan adalah **daur ulang limbah plastik menjadi biji plastik**, yang memiliki nilai ekonomi sekaligus mengurangi dampak lingkungan. **PT Peka Cipta Kembali**, perusahaan daur ulang di Bandung, mengolah limbah jenis *High-Density Polyethylene (HDPE)* dan *Polypropylene (PP)* menjadi biji plastik siap jual. Namun, perusahaan menghadapi tantangan berupa fluktuasi permintaan, ketidakpastian pasokan bahan baku, dan keterbatasan kapasitas mesin yang menyebabkan inefisiensi produksi.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, diperlukan **pendekatan terintegrasi antara peramalan permintaan dan optimasi produksi**. Peramalan berfungsi memprediksi kebutuhan pasar berdasarkan data historis, sedangkan optimasi memastikan alokasi sumber daya yang efisien sesuai hasil peramalan. Integrasi kedua metode ini memungkinkan pengambilan keputusan yang berbasis data, efisien, dan adaptif terhadap dinamika pasar pada industri daur ulang plastik di Indonesia

Berdasarkan uraian tersebut, rumusan masalah penelitian ini adalah:

1. Bagaimana meramalkan permintaan biji plastik daur ulang secara akurat?
2. Bagaimana mengintegrasikan metode peramalan dengan simulasi Simpleks untuk menghasilkan perencanaan produksi yang optimal?
3. Bagaimana pengaruh pasokan bahan baku dan kapasitas mesin terhadap efisiensi produksi?

Tujuan penelitian ini adalah: (1) mengembangkan model peramalan permintaan biji plastik; (2) membangun sistem terintegrasi antara peramalan dan Simpleks untuk perencanaan produksi; (3) menganalisis pengaruh variabel operasional terhadap efisiensi.

Ruang lingkup penelitian ini difokuskan pada pengolahan limbah plastik jenis **HDPE** dan **PP** di **PT Peka Cipta Kembali**, menggunakan data pembelian bahan baku dan penjualan produk tahun **2024**. Metode **Single Exponential Smoothing (SES)** digunakan untuk meramalkan permintaan karena sesuai dengan karakter data

yang relatif stabil tanpa pola musiman, serta lebih sederhana dan efisien dibanding metode seperti **ARIMA** atau **Holt-Winters** yang membutuhkan parameter musiman dan data dengan pola tren kuat. Sementara itu, metode **Simpleks dua fase** diterapkan untuk menganalisis kemampuan perusahaan dalam memenuhi hasil peramalan permintaan berdasarkan kapasitas produksi bulanan, sekaligus menentukan kombinasi produksi paling efisien dan menguntungkan. Dibandingkan metode optimasi lain seperti **Integer Programming** atau **Goal Programming**, Simpleks dua fase lebih tepat digunakan karena mampu menangani kendala linier kompleks dan memberikan solusi optimal secara komputasional lebih cepat pada kasus perencanaan produksi multi-produk seperti di PT Peka Cipta Kembali.

Landasan Teori

Research Gap dan Kebaruan Penelitian

Sebagian besar penelitian sebelumnya hanya membahas salah satu aspek, yakni peramalan permintaan atau optimasi produksi, tanpa mengintegrasikan keduanya. Studi yang menerapkan kombinasi kedua metode tersebut dalam konteks industri daur ulang plastik di Indonesia masih sangat terbatas, padahal sektor ini memiliki karakter pasokan yang fluktuatif dan permintaan yang tidak pasti.

Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi metode **Single Exponential Smoothing (SES)** dan simulasi **Simpleks dua fase** dalam satu sistem perencanaan produksi, yang mampu menghasilkan peramalan akurat sekaligus menguji kemampuan perusahaan dalam memenuhi permintaan sesuai kapasitas produksinya.

Peramalan dengan **Single Exponential Smoothing (SES)**

Metode **Single Exponential Smoothing (SES)** digunakan karena sederhana, mudah diterapkan, dan cukup akurat untuk data historis dengan pola relatif stabil (Hyndman & Athanasopoulos, 2021). Berdasarkan Hyndman & Athanasopoulos (2021), rumus SES dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$F_t = F_{t-1} + \alpha(A_{t-1} + F_{t-1})$$

Keterangan:

1. F_t = Nilai Peramalan untuk periode waktu t
2. F_{t-1} = Nilai Peramalan untuk 1 periode waktu sebelum t
3. A_{t-1} = Nilai aktual untuk 1 periode waktu t
4. α = parameter *smoothing* ($0 < \alpha < 1$)

Menurut Kusuma et al. (2023), akurasi hasil peramalan diukur dengan beberapa indikator kesalahan, yaitu:

1. *Mean Absolute Deviation (MAD)*:

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^n |A_t - F_t|}{n}$$

2. *Mean Squared Error (MSE)*:

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^n (A_t - F_t)^2}{n}$$

3. *Symmetric Mean Absolute Percentage Error (sMAPE)*:

$$sMAPE = \frac{100\% \sum_{t=1}^n |A_t - F_t|}{n (|A_t| + |F_t|)/2}$$

Indikator tersebut digunakan untuk menilai sejauh mana hasil peramalan mendekati data aktual. Tingkat kesalahan peramalan dikategorikan berdasarkan tabel berikut:

Tabel 1. Kriteria Tingkat Kesalahan Peramalan

Nilai <i>sMAPE</i>	Kriteria
< 10%	Sangat Baik
10% – 20%	Baik
20% – 50%	Cukup
> 50%	Buruk

(Sumber: Darina et al., 2024)

Optimasi Produksi dengan Simpleks Dua Fase

Setelah memperoleh hasil peramalan permintaan, langkah berikutnya adalah melakukan optimasi perencanaan produksi menggunakan metode Simpleks Dua Fase. Metode ini digunakan untuk mencari solusi optimal dari permasalahan pemrograman linier, khususnya ketika terdapat kendala dengan variabel buatan. Menurut Juhana (2025), model umum optimasi produksi dapat dituliskan sebagai berikut:

Fungsi tujuan (memaksimalkan keuntungan):

$$Z = \sum_{j=1}^m c_j x_j$$

Keterangan:

1. Z = total keuntungan
2. c_j = keuntungan per unit produk ke- j
3. x_j = jumlah unit produk ke- j

Kendala produksi:

$$\sum_{j=1}^m \alpha_{ij} x_j \leq b_j, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

Keterangan:

1. a_{ij} = jumlah sumber daya ke- i yang dibutuhkan untuk memproduksi 1 unit produk ke- j
2. b_i = jumlah sumber daya ke- i yang tersedia

Metode Simpleks Dua Fase digunakan jika model membutuhkan variabel buatan (Juhana, 2025). Menurut Juhana (2025), tahapan dalam metode Simpleks dua fase adalah sebagai berikut:

1. **Fase I:** meminimalkan fungsi artifisial

$$W = \sum \alpha_i$$

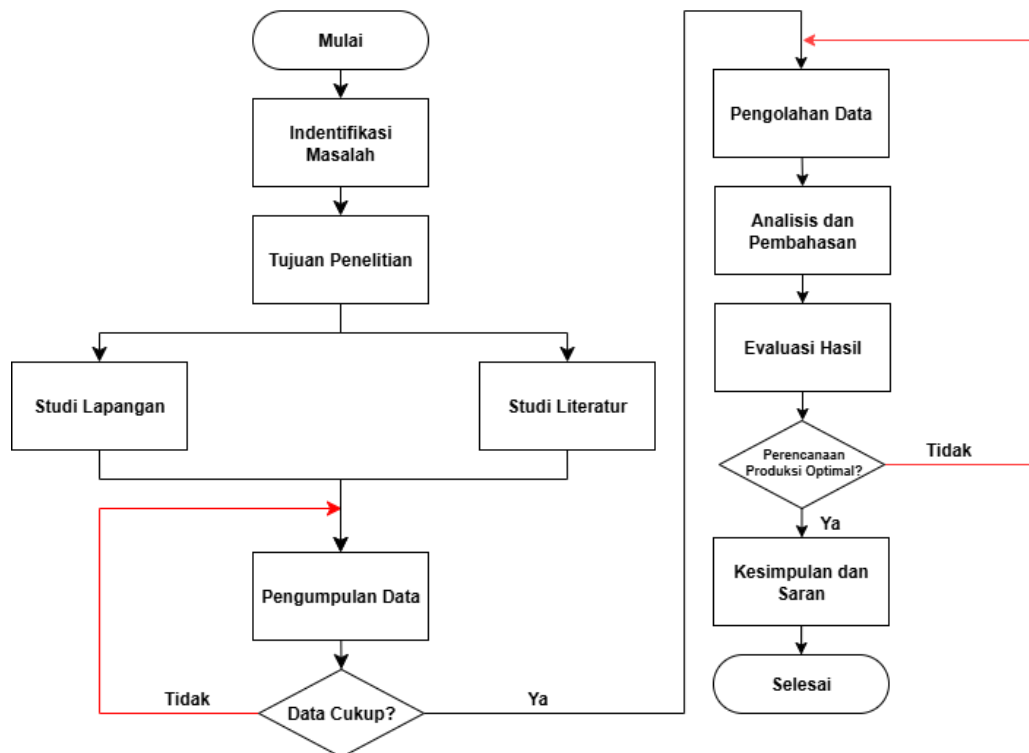
untuk mendapatkan solusi awal yang feasible.

2. **Fase II:** menggunakan solusi feasible dari fase pertama untuk menyelesaikan fungsi tujuan asli dan memperoleh nilai optimal.

Dengan pendekatan ini, perusahaan dapat mengetahui kombinasi produksi terbaik yang sesuai dengan kapasitas mesin, ketersediaan bahan baku, serta kebutuhan pasar, sehingga profit dapat dimaksimalkan.

METODE

Metode penelitian ini disusun secara sistematis untuk mencapai tujuan penelitian melalui beberapa langkah. Langkah-langkah tersebut digambarkan dalam bagan alir (*flowchart*) berikut:



Gambar 1. Flowchart Alur Penelitian
(Sumber: Data Penelitian, 2025)

HASIL DAN ANALISIS

Data Objek dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan pada PT Peka Cipta Kembali, sebuah perusahaan daur ulang plastik yang berlokasi di Bandung, Jawa Barat. Perusahaan ini berfokus pada pengolahan limbah plastik jenis *High-Density Polyethylene (HDPE)* dan *Polypropylene (PP)* menjadi biji plastik siap jual. Proses produksi meliputi penyortiran, pembersihan, peleburan, hingga pemotongan plastik menjadi butiran.

Sampel dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data historis pembelian bahan baku dan penjualan biji plastik periode Januari–Desember 2024. Jenis data mencakup dua kategori utama:

1. Biji Plastik *Blowing (BL)* – *HDPE* dengan variasi warna (bening, merah, biru, hijau, putih kapur, aqua).
2. Biji Plastik *Polypropylene (PP)* – dengan variasi warna (bening, merah, biru, hijau, putih kapur, sablon).

Sampel penelitian mencakup seluruh data mingguan tahun 2024 (52 minggu) yang mewakili populasi produksi tahunan perusahaan, yang selanjutnya diolah melalui peramalan permintaan dan dijadikan input dalam Optimalisasi produksi menggunakan metode Simpleks dua fase. Berikut pengolahannya:

1. Peramalan Permintaan Biji Plastik

Peramalan dilakukan dua tahap dengan metode *Single Exponential Smoothing (SES)*:

- a. **Tahap 1 (Validasi Model):** Data aktual tahun 2024 digunakan untuk meramalkan permintaan tahun 2025. Hasil peramalan dibandingkan dengan data aktual 2024 menunjukkan tingkat kesalahan rata-rata (MAD, MSE, sMAPE) <20%, yang masuk kategori **baik**. Hal ini menegaskan bahwa model SES sesuai untuk memprediksi permintaan biji plastik. Berikut disajikan data permintaan tahun 2024 beserta hasil peramalan untuk tahun 2025:

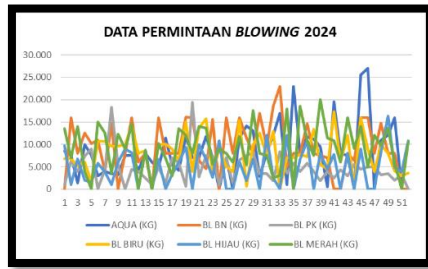
Tabel 2. Data Permintaan Biji Plastik 2024

BULAN	DATA PERMINTAAN 2024											
	AGUSTUS (R)	SEPT (R)	OKT (R)	NOV (R)	DES (R)	JAN (R)	FEB (R)	MAR (R)	APR (R)	MAY (R)	JUN (R)	JUL (R)
1	8.500	0	1.000	5.775	9.750	13.475	3.000	5.000	16.000	4.850	2.625	2.175
2	7.850	16.900	6.300	6.750	1.000	7.600	0	1.000	10.100	10.525	4.375	6.300
3	1.400	8.025	4.000	5.225	5.800	14.000	8.000	3.500	19.500	4.250	3.250	9.400
4	10.000	12.525	7.275	6.000	2.000	4.000	8.000	4.000	3.200	4.000	3.000	4.925
5	7.650	10.275	9.000	4.600	1.500	100	11.000	12.375	5.000	1.700	1.500	7.025
6	3.000	11.000	0	10.725	5.700	15.025	4.375	0	12.250	2.000	5.000	5.725
7	4.000	4.000	4.400	19.650	3.800	12.025	0	6.000	23.000	3.500	1.000	7.725
8	3.325	14.800	18.250	6.500	1.000	3.275	20.275	4.250	13.000	100	2.575	2.500
9	3.350	0	5.500	18.625	6.025	12.350	8.000	0	17.500	6.900	6.875	8.025
10	7.500	8.025	25	10.925	9.025	9.000	15.000	4.500	25.700	4.000	1.000	4.925
11	7.500	16.000	4.400	14.350	8.150	14.500	7.400	0	16.000	1.000	1.000	7.700
12	4.375	8.000	4.000	8.000	0	0	0	0	10.000	14.500	2.400	7.000
13	8.000	8.000	2.500	4.925	3.700	25	7.200	10.000	14.500	0	2.800	7.000
14	6.000	0	1.000	0	0	0	11.325	4.000	8.000	1.000	2.000	8.000
15	4.000	10.000	10.000	10.000	6.275	10.275	1.000	1.000	1.000	1.000	2.000	2.000
16	11.500	8.025	1.400	16.150	0	0	6.500	12.550	8.700	20.000	6.325	4.400
17	5.475	8.000	7.025	0.000	3.375	3.000	11.075	3.500	21.000	7.000	5.000	6.025
18	4.250	8.000	5.900	14.475	6.000	11.325	0	0	4.000	1.000	2.225	1.000
19	11.850	16.125	600	15.000	9.400	12.000	0	8.000	43.225	8.000	1.000	9.000
20	7.000	16.000	18.425	4.000	0	8.000	24.000	14.000	14.000	2.000	375	0.000
21	7.000	6.000	3.000	8.000	10.000	14.000	16.000	1.000	14.000	3.000	5.000	9.000
22	11.850	4.575	7.125	11.775	6.625	11.700	8.000	6.000	10.000	7.125	1.000	6.000
23	7.000	15.800	7.475	3.350	2.625	5.525	0	1.300	41.000	13.875	1.000	4.000
24	7.000	17.000	0	1.775	10.875	0	7.825	7.000	8.000	11.000	1.000	8.800
25	7.000	16.000	7.000	5.025	0	8.000	10.150	48.625	8.500	5.000	0	0
26	25	8.000	1.400	4.000	0	6.000	16.000	8.500	41.000	15.500	5.125	7.150
27	11.500	16.000	6.125	14.400	6.125	14.400	7.000	14.000	10.200	10.200	1.225	4.100
28	14.100	11.400	7.500	625	1.900	5.475	19.650	4.150	34.500	3.500	4.500	3.000
29	19.025	8.000	8.100	18.825	6.775	17.625	12.000	4.000	36.275	300	2.400	3.400
30	7.000	8.000	8.000	5.500	8.000	12.000	7.000	2.000	10.125	1.000	700	4.025
31	8.475	9.500	3.500	7.500	12.000	7.500	10.400	4.500	9.500	3.500	400	9.800
32	12.200	16.000	4.900	12.900	2.500	2.500	12.000	10.275	55.500	0	0	4.000
33	12.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34	1.400	4.900	3.600	7.000	12.000	16.000	8.000	8.000	11.150	300	850	7.700
35	29.025	8.000	8.850	7.800	0	0	15.000	200	8.000	1.000	3.000	9.850
36	8.000	4.025	4.025	7.825	6.500	18.525	7.000	3.000	13.000	6.000	1.500	2.500
37	11.850	14.625	8.900	7.300	10.800	10.800	8.000	0	42.725	0	0	0
38	11.175	8.000	4.000	13.400	0	7.575	16.000	2.000	34.000	3.925	4.000	8.675
39	9.500	7.575	1.500	5.500	8.000	20.000	0	0	0	0	0	0
40	500	6.975	4.000	4.500	4.900	11.900	24.900	0	8.000	2.000	7.150	0
41	19.500	0	2.500	17.975	7.800	10.875	7.950	0	25.000	0	0	5.000
42	8.000	8.000	4.000	11.000	16.000	8.000	8.000	8.000	12.500	1.000	1.000	1.000
43	7.500	8.000	5.000	12.000	8.000	15.000	8.000	7.500	7.500	2.000	6.500	6.500
44	16.025	6.525	5.275	0	0	0	6.625	8.000	19.000	2.000	2.250	5.750
45	25.500	16.000	0	16.000	9.000	14.000	0	8.000	34.000	0	0	6.500
46	27.000	16.000	5.000	8.000	0	5.000	8.000	8.375	33.775	2.000	1.000	7.750
47	8.000	5.000	4.000	12.000	24.375	2.775	28.200	4.400	6.400	4.400	0	0
48	11.000	14.750	3.250	10.000	8.275	0	15.000	20.000	9.200	3.300	7.700	0
49	12.000	8.000	3.500	8.000	16.400	0	16.500	6.425	16.500	6.425	9.375	5.300
50	16.000	8.000	2.000	4.025	4.775	5.775	0	0	28.000	4.500	5.000	7.025
51	0	0	0	3.200	4.100	4.100	0	15.525	18.000	3.000	0	0
52	0	0	0	3.575	10.825	10.800	0	0	0	0	0	0

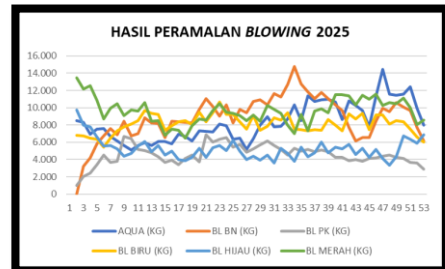
(Sumber: PT Peka Cipta Kembali, 2025)

Tabel 3. Hasil Peramalan 2025 dan Tingkat Kesalahan

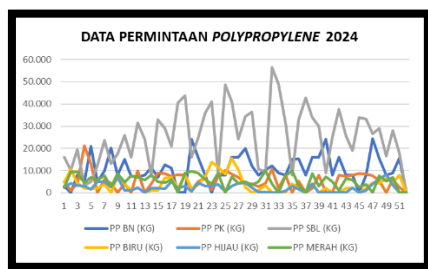
BULAN	HASIL PERAMALAN 2025											
	AGUSTUS (R)	SEPT (R)	OKT (R)	NOV (R)	DES (R)	JAN (R)	FEB (R)	MAR (R)	APR (R)	MAY (R)	JUN (R)	JUL (R)
1	8.500	0	1.000	6.775	9.750	13.475	3.000	5.000	16.000	4.850	2.625	2.175
2	8.100	1.000	2.000	6.775	8.000	12.800	2.400	4.200	14.600	5.800	2.875	3.000
3	8.100	1.000	2.000	6.775	8.000	12.800	2.400	4.200	14.600	5.800	2.875	3.000
4	8.100	1.000	2.000	6.775	8.000	12.800	2.400	4.200	14.600	5.800	2.875	3.000
5	7.450	1.817	3.433	6.839	6.609	10.839	3.816	7.345	11.245	4.933	3.834	4.721
6	7.500	1.700	3.400	6.800	6.500	10.800	3.800	7.300	11.200	4.900	3.800	4.700
7	6.611	1.688	3.447	6.447	5.614	9.564	3.791	6.895	11.227	4.611	3.476	4.240
8	6.121	1.684	3.700	7.321	5.201	10.671	7.408	6.124	14.108	3.822	1.565	3.777
9	6.000	1.681	4.084	7.709	4.900	9.900	6.600	5.129	16.900	3.977	1.951	3.122
10	5.111	1.761	4.646	8.127	4.729	9.746	7.684	4.981	14.108	3.812	1.654	3.923
11	5.000	1.764	4.611	8.011	4.688	9.611	7.611	4.944	14.000	3.800	1.600	3.900
12	5.966	1.811	5.049	8.474	4.608	10.577	10.021	5.429	16.488	4.815	2.954	4.618
13	5.022	1.824	4.807	8.311	4.890	9.491	9.491	5.063	16.033	3.924	2.825	4.221
14	4.998	1.820	4.846	8.287	4.852	9.508	9.508	5.041	15.900	3.899	2.800	4.200
15	4.978	1.812	4.877	7.861	4.522	8.857	9.344	4.941	16.000	3.899	2.800	4.200
16	5.013	1.800	4.901	7.891	4.480	7.890	8.890	5.001	16.000	3.900	2.800	4.200
17	4.950	1.805	4.833	8.344	4.974	7.890	8.390	4.966	15.604	3.811	2.800	4.165
18	4.970	1.822	4.511	8.471	3.911	6.556	10.971	6.117	12.203	3.761	2.874	3.889
19	4.926	1.824	4.591	8.971	4.291	6.926	9.926	5.926	12.927	3.802	2.874	4.076
20	7.309	1.812	3.721	8.460	5.300	8.722	8.420	6.813	16.466	4.938	3.834	5.189
21	7.500	1.808	4.601	8.268	6.264	8.600	8.600	5.601	16.771	3.825	3.221	4.601
22	7.308	18.120	6.049	8.415	5.391	8.600	11.150	5.129	16.253	3.764	2.874	4.921
23	6.108	1.811	4.315	10.047	5.641	10.475	10.518	5.713	16.203	4.462	2.792	4.727
24	6.700	18.120	4.914	9.219	3.939	5.681	8.681	4.981	16.926	4.914	2.900	4.000
25	6.322	1.813	5.430	9.210	6.100	9.386	8.287	5.386	16.381	3.776	3.861	4.738
26	4.608	1.800	5.244	8.211	6.900	9.114	9.114	5.361	16.000	3.800	2.800	4.200
27	5.171	1.848	4.875	7.493	3.901	8.401	8.401	6.774	12.839	3.830	2.803	3.742
28	4.427	18.729	5.200	9.970	4.417	6.166	10.512	6.024	11.007	3.614	2.827	3.629
29	4.786	18.897	4.919	7.988	3.919	6.629	9.798	4.786	16.798	3.919	2.827	3.907
30	4.889	18.217	4.119	7.876	4.488	10.268	12.437	4.811	12.431	4.805	3.873	4.974
31	4.771	12.654	4.611	8.800	5.980	8.810	10.790	4.711	16.700	3.711	2.810	4.566
32	7.802	11.223	5.200	8.540	5.271	8.512	11.447	5.022	14.480	4.914	2.807	4.914
33	6.701	11.689	4.542	8.412	4.717	7.861	11.556	6.115	16.884	3.866	1.674	3.546
34	6.700	11.700	4.511	7.900	3.700	6.900	9.900	6.100	16.700	3.811	1.674	4.016
35	4.889	12.787	4.871	7.462	5.427	8.186	10.447	4.811	12.842	2.808	3.339	4.088
36	11.386	11.830	5.146	7.801	4.801	7.821	10.821	4.701	16.821	3		



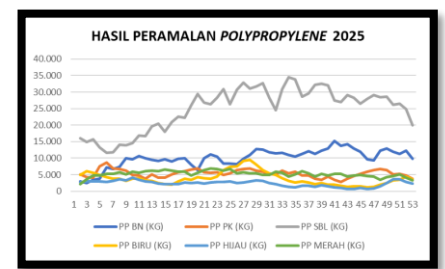
Gambar 2. Data Permintaan *Blowing* 2024
 (Sumber: Data Penelitian, 2025)



Gambar 3. Hasil Peramalan *Blowing* 2025
 (Sumber: Data Penelitian, 2025)



Gambar 4. Data Permintaan *Polypropylene* 2024
 (Sumber: Data Penelitian, 2025)

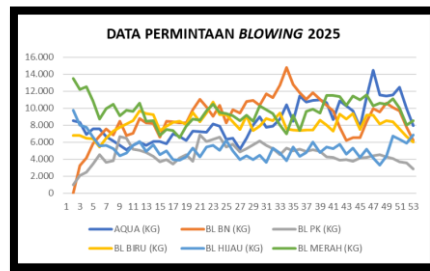


Gambar 5. Hasil Peramalan *Polypropylene* 2025
 (Sumber: Data Penelitian, 2025)

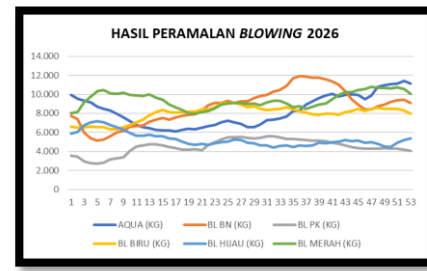
- b. **Tahap 2 (Prediksi 2026):** Setelah model terbukti **baik**, dilakukan peramalan untuk tahun 2026. Hasil peramalan dibandingkan dengan data permintaan 2025 menunjukkan tingkat kesalahan rata-rata (*MAD, MSE, sMAPE*) <10%, yang masuk kategori **sangat baik**. Hal ini menegaskan bahwa model *SES* sesuai untuk memprediksi permintaan plastik.

Tabel 4. Hasil Peramalan 2025 dan Tingkat Kesalahan

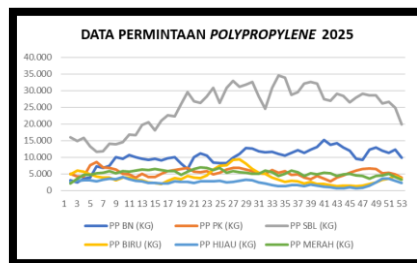
JULAI	HASIL PERAMALAN 2025											
	AQJA (KG)	BN (KG)	PK (KG)	BRU (KG)	HJAU (KG)	MERAH (KG)	PP BN (KG)	PP PK (KG)	PP SBL (KG)	PP BIRU (KG)	PP HJAU (KG)	PP MERAH (KG)
1	8200	7320	7480	6510	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
2	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
3	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
4	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
5	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
6	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
7	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
8	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
9	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
10	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
11	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
12	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
13	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
14	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
15	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
16	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
17	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
18	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
19	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
20	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
21	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
22	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
23	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
24	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
25	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
26	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
27	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
28	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
29	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
30	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
31	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
32	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
33	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
34	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
35	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
36	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
37	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
38	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
39	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
40	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
41	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
42	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
43	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
44	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
45	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
46	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
47	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
48	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
49	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
50	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
51	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
52	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
53	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
54	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
55	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
56	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
57	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
58	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
59	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
60	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
61	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
62	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
63	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
64	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
65	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
66	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
67	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
68	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
69	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
70	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
71	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
72	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
73	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
74	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
75	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
76	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
77	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
78	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
79	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
80	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
81	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
82	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
83	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
84	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
85	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
86	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
87	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
88	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
89	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
90	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540	7810	4200
91	8200	7450	7430	6500	4210	6230	12320	4700	24400	4540		



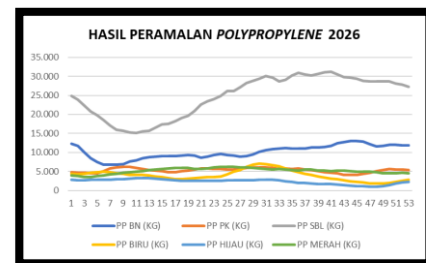
Gambar 6. Data Permintaan *Blowing* 2025
 (Sumber: Data Penelitian, 2025)



Gambar 7. Hasil Peramalan *Blowing* 2026
 (Sumber: Data Penelitian, 2025)



Gambar 8. Data Permintaan *Polypropylene* 2025
 (Sumber: Data Penelitian, 2025)



Gambar 9. Hasil Peramalan *Polypropylene* 2026
 (Sumber: Data Penelitian, 2025)

Analisis: Tahap validasi (2025) penting untuk memastikan reliabilitas model, sementara hasil peramalan 2026 menjadi dasar *input* dalam Optimalisasi produksi.

2. Optimalisasi Produksi dengan Metode Simpleks Dua Fase

Hasil peramalan 2026 dijadikan dasar formulasi model *Linear Programming*. Kendala yang digunakan meliputi kapasitas mesin (32.000 kg/hari), ketersediaan bahan baku, dan variasi jenis produk. Berikut disajikan data pengolahan dan hasil Simulasi Simpleks dua fase:

Tabel 5. Data Pengolahan Simulasi Simpleks Dua Fase

DATA PENGOLAHAN SIMULASI SIMPLEKS DUA FASE	
KONVERSI BAHAN BAKU KE BIJI PLASTIK	Permintaan Biji Plastik/(100% - Penyusutan) 1 Kg Biji Plastik/(100% - 15%) Penyusutan = 1,18 Kg bahan baku
KAPASITAS PRODUKSI MAKSIMAL	Kapasitas produksi/hari x Hari kerja/minggu 32.000 Kg/hari x 6 Hari kerja/minggu = 192.000 Kg/minggu
KEUNTUNGAN BIJI PLASTIK PER KG	Aqua (5612), BL BN (2561), BL PK (3831), BL Biru (2843), BL Hijau (2285), BL Merah (2826), PP BN (4550), PP PK (2066), PP SBL (5517), PP Biru (2283), PP Hijau(2283), PP Merah (2607)
DATA PERMINTAAN 2026	Data permintaan 2024 diramalkan untuk periode 2025, dan kemudian periode 2025 diramalkan kembali untuk periode 2026
DATA PERSEDIAAN BAHAN BAKU 2026	Data persediaan bahan baku 2026 dihasilkan dari jumlah kebutuhan bahan baku pada hasil permintaan 2026 kemudian ditambah dengan <i>allowance</i> 5%

(Sumber: Data Penelitian, 2025)

Tabel 6. Hasil Pengolahan Simulasi Simpleks Dua Fase

Barang	HASIL PENGUNCIAN DAN OPTIMALISASI										Total	
	PRODUKSI	PRODUKSI	PRODUKSI	PRODUKSI	PRODUKSI	PRODUKSI	PRODUKSI	PRODUKSI	PRODUKSI	PRODUKSI		
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
11	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
12	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
13	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
14	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
15	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
16	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
17	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
18	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
19	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
21	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
22	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
23	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
25	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
26	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
27	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
28	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
29	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
31	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
32	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
33	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
34	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
35	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
36	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
37	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
38	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
39	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
41	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
42	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
43	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
44	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
45	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
46	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
47	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
48	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
49	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
51	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
52	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
53	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
TOTAL PUNCIAN 2026												

(Sumber: Data Penelitian, 2025)

Analisis: Optimalisasi dengan simulasi Simpleks dua fase terbukti mampu memberikan alokasi produksi yang lebih efisien dibanding praktik konvensional perusahaan. Model ini juga memungkinkan perusahaan mengantisipasi fluktuasi pasokan dan permintaan secara lebih adaptif, serta menghasilkan total keuntungan tahun 2026 sebesar Rp 19.519.982.746.

3. Pengaruh Variabel Operasional terhadap Efisiensi Produksi

Dilakukan analisis sensitivitas terhadap faktor-faktor operasional:

- a. **Pasokan Bahan Baku:** Fluktuasi pasokan berdampak langsung pada kelancaran produksi. Kekurangan pasokan menimbulkan *idle time*, sedangkan kelebihan pasokan menyebabkan penumpukan material, biaya penyimpanan tinggi, dan penurunan kualitas. Stabilitas pasokan melalui peramalan akurat menjadi kunci efisiensi.
- b. **Kapasitas Mesin:** Keterbatasan kapasitas, terutama pada tahap pelelehan, membatasi *output* produksi. Peningkatan kapasitas terbukti mampu menaikkan profit dan mempercepat pemrosesan.
- c. **Keterkaitan Variabel:** Pasokan dan kapasitas saling memengaruhi: pasokan berlebih dengan mesin terbatas memicu *bottleneck*, sementara pasokan kurang membuat mesin tidak optimal. Integrasi peramalan dan simulasi Simpleks dapat menyalurkan kedua variabel agar produksi lebih efisien.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan dan saran disusun berdasarkan hasil penelitian serta rumusan masalah, dengan tujuan merangkum temuan utama sekaligus memberikan rekomendasi perbaikan bagi perusahaan. Poin-poin berikut merangkum temuan utama penelitian ini secara ringkas:

Kesimpulan

1. **Peramalan Permintaan:** Metode *Single Exponential Smoothing (SES)* terbukti akurat dalam meramalkan permintaan biji plastik, dengan tingkat kesalahan (*MAD, MSE, sMAPE*) di bawah 20% pada periode 2025, dan di bawah 10% pada periode 2026 sehingga masuk kategori baik pada 2025 dan sangat baik pada 2026.
2. **Integrasi Peramalan dan Simulasi Simpleks:** Hasil peramalan tahun 2026 yang dijadikan *input* simulasi Simpleks dua fase menghasilkan perencanaan produksi optimal dengan profit maksimal, misalnya Rp 373.891.072 pada minggu pertama tahun 2026, serta total profit pada tahun 2026 mencapai Rp 19.519.982.746.
3. **Pengaruh Variabel Operasional:** Fluktuasi pasokan bahan baku berpengaruh langsung terhadap efisiensi produksi, di mana kekurangan pasokan menimbulkan *idle time*, sedangkan kelebihan pasokan memicu penumpukan material dan biaya penyimpanan. Keterbatasan kapasitas mesin juga menjadi faktor pembatas utama, meskipun peningkatan kapasitas terbukti dapat menaikkan profit dan mempercepat pemrosesan. Kedua variabel ini saling berkaitan dan dapat menimbulkan *bottleneck* apabila tidak seimbang. Integrasi peramalan dengan metode Simpleks terbukti efektif untuk menyelaraskan pasokan dan kapasitas sehingga produksi berjalan lebih efisien.

Saran

1. **Peramalan Permintaan:** Peramalan permintaan sebaiknya tetap menggunakan metode *Single Exponential Smoothing (SES)* dengan evaluasi berkala terhadap parameter *smoothing* (α), disertai pembaruan data historis secara konsisten, serta penambahan variabel eksternal seperti tren pasar dan kondisi pemasok untuk meningkatkan akurasi prediksi.
2. **Integrasi Peramalan dan Optimasi Produksi:** Integrasi peramalan dan optimasi produksi perlu dikembangkan melalui sistem otomatis yang menghubungkan hasil peramalan dengan model Simpleks, disertai simulasi berbagai skenario pasokan dan permintaan, serta pengukuran efektivitas melalui indikator kinerja seperti tingkat pemenuhan permintaan dan utilisasi mesin.
3. **Variabel Operasional:** Pada aspek operasional, perusahaan disarankan menjalin kemitraan jangka panjang dengan pemasok guna menjaga stabilitas pasokan, menerapkan jadwal pemeliharaan preventif mesin untuk meminimalkan *downtime*, serta menyesuaikan jadwal produksi dengan kapasitas mesin dan ketersediaan bahan baku agar terhindar dari *idle time* maupun penumpukan material.

DAFTAR PUSTAKA

- Juhana, R. (2025). *Penelitian Operasional*. Bandung: *Quality Books*.
- United Nations Environment Programme. (2021). *Drowning in plastics – Marine litter and Plastic waste vital graphics*. GRID-Arendal. <https://www.unep.org/resources/report/drowning-plastics-marine-litter-and-plastic-waste-vital-graphics>. (Diakses pada 28 Agustus 2025)

- New Delhi Television Limited (NDTV). (2024, April 6). *India tops world in plastic pollution, produces 20% of global Plastic waste: Study*. NDTV India News. <https://www.ndtv.com/india-news/india-tops-world-in-plastic-pollution-produces-20-of-global-plastic-waste-6496133>. (Diakses pada 28 Agustus 2025)
- Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2021). *Forecasting: Principles and Practice* (3rd ed.). OTexts. Retrieved from <https://otexts.com/fpp3/>. (Diakses pada 28 Agustus 2025)
- Kusuma, D. T., Fitriani, Y., Purwanto, Y. S., Saputra, A. L., & Distra, Y. (2023, August). *Optimization of alpha parameters in single exponential smoothing method for forecasting coffee raw material stocks*. In *2023 International Conference on Networking, Electrical Engineering, Computer Science, and Technology (IConNECT)* (pp. 207–213). IEEE. <https://doi.org/10.1109/IConNECT56593.2023.10327187>.
- Darina, N., Widiarti, & Chasanah, S. L. (2024). *Penerapan metode double moving average dan double exponential smoothing pada peramalan nilai impor barang konsumsi tahun 2017 - 2022*. *Jurnal Ilmiah Matematika*, 12(01). <https://doi.org/10.26740/mathunesa.v12n1.p30-37>.