

Perbandingan Metode *Double Exponential Smoothing*, *Moving Average*, dan *Linear Regression* pada Peramalan Permintaan Produk Pipa *Spec Non-Api Tipe SNI 0068:2013 Kelas 2 /PKB (STK)-400 di WTM-8 PT XYZ*

Muhamad Supriyatna^{1,*}, Ade Momon²

^{1,2}Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, University of Singaperbangsa Karawang

Article Info

Article history:

Received July 9, 2024

Accepted November 4, 2024

Published May 20, 2025

Keywords:

Exponential Smoothing
Forecasting
Moving Average
Linear Regression
Time Series Data

ABSTRACT

PT XYZ, as one of the leading steel pipe manufacturers in Indonesia, aims to compare the effectiveness of forecasting methods in predicting demand for SPEC NON-API TYPE SNI 0068:2013 CLASS 2 /PKB (STK)-400 in WTM-8. The methods compared include Double Exponential Smoothing, Moving Average, and Linear Regression. The forecasting results show that Linear Regression provides the best accuracy with an MSE of 2,619,446 and a MAPE of 96.80%, compared to Double Exponential Smoothing (MSE: 17,123,634.831, MAPE: 113.65%) and two variants of Moving Average, namely MA (2) (MSE: 4,193,150, MAPE: 136.68%) and MA (2x3) (MSE: 4,273,548, MAPE: 169.84%). These findings emphasize the importance of using Linear Regression for demand forecasting to improve the accuracy and efficiency of production planning. Continuous evaluation of forecasting methods and development of related staff skills are expected to support more effective decision making and reduce operational risks.



Corresponding Author:

Muhamad Supriyatna,
Department of Industrial Engineering,
University of Singaperbangsa Karawang,
Jl. HS. Ronggo Waluyo, Puseurjaya, Telukjambe Timur, Karawang, Jawa Barat 41361
Email: *muhamadsupriyatna43@gmail.com

1. PENGANTAR

Era Industri 4.0 adalah konsep yang masih tergolong baru dan mungkin belum sepenuhnya dikenal oleh banyak orang. Era ini sangat erat kaitannya dengan peningkatan efisiensi proses produksi dan tak terpisahkan dari perkembangan disiplin ilmu teknik, khususnya teknik industri. Perubahan ini telah berlangsung sejak masa Revolusi Industri hingga sekarang, dengan lingkup yang semakin luas mencakup berbagai aspek, tidak hanya dalam produksi, tetapi juga dalam sektor jasa dan pelayanan [1].

Optimalnya sebuah perusahaan manufaktur perlu memiliki strategi perencanaan produksi yang efisien guna menyelaraskan tujuan produksinya dengan kapasitas yang dimiliki. Strategi perencanaan produksi yang efektif memungkinkan mencapai keuntungan optimal bagi perusahaan dengan terpenuhinya segala kebutuhan yang diharapkan oleh setiap konsumen. Perencanaan produksi merupakan elemen penting dalam strategi pengambilan keputusan di setiap perusahaan untuk mencapai tujuan bisnis mereka. Dalam menjalankan kegiatan produksi, setiap perusahaan memerlukan sumber daya yang cukup guna memenuhi permintaan atas produk yang dihasilkan [2]. Sedangkan menurut [3], perencanaan produksi adalah proses perencanaan yang bertujuan untuk menetapkan jenis dan volume produksi yang dilakukan oleh perusahaan dalam jangka waktu tertentu yang sudah ditentukan.

Produk perlu direncanakan untuk dievaluasi secara teratur guna mencegah kerugian finansial, seperti kelebihan produksi yang menyebabkan pemborosan. Dalam konteks ini, manajemen persediaan memiliki

peran yang sangat penting. Persediaan merujuk kepada barang yang disimpan untuk digunakan kembali dalam proses produksi atau untuk dijual. Ini juga merupakan aset krusial bagi perusahaan, sehingga pengendalian yang efektif terhadap persediaan sangatlah krusial [4]. Untuk mengatasi masalah ini, salah satu langkah yang dapat diambil adalah melakukan perencanaan produksi yang efisien dan memperkirakan permintaan produk. Permintaan adalah dorongan yang mendorong pembeli untuk membeli produk dengan harga tertentu dalam periode waktu tertentu. Di sisi lain, peramalan merupakan proses merencanakan dan memproyeksikan situasi yang mungkin terjadi. Perusahaan menggunakan kapasitas dan ketersediaan untuk memenuhi permintaan atau merencanakan tujuan peramalan guna mencapai perkiraan yang akurat, mengurangi ketidakpastian dalam peramalan, dan memprediksi permintaan produk tertentu [5].

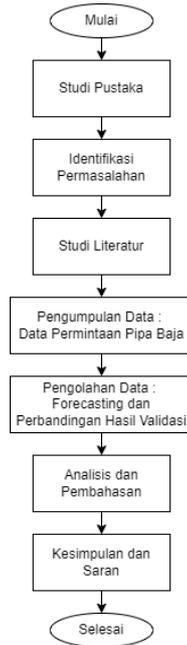
Dalam perencanaan produksi, peramalan memiliki peran penting dalam proses pengambilan keputusan. Penggunaan data historis dan saat ini digunakan untuk memprediksi kondisi yang diharapkan di masa mendatang [6]. Peramalan adalah kemampuan atau pengetahuan untuk mengantisipasi kejadian di masa depan. Proses ini melibatkan pengamatan data masa lalu serta proyeksi ke depan dengan menggunakan kerangka model yang terstruktur [7]. Metode peramalan membantu menganalisis pola perilaku dari data historis, memungkinkan pengembangan strategi, pelaksanaan tindakan, dan penyelesaian masalah dengan keyakinan tinggi terhadap ketepatan prediksi yang dihasilkan [8].

Penelitian terdahulu telah dilakukan oleh [9], didapatkan hasil bahwa berdasarkan peramalan yang dilakukan dengan dua metode alternatif serta analisis kesalahan peramalan, dapat disimpulkan bahwa metode *Exponential Smoothing* dengan $\alpha = 0,9$ merupakan pilihan yang lebih tepat untuk memprediksi permintaan konsumen. Ini terbukti dari estimasi permintaan konsumen untuk bulan Januari yang mencapai 78.146,30 pcs, melebihi hasil dari metode lainnya. Selain itu, metode ini menunjukkan tingkat kesalahan yang lebih rendah, dengan MAD sebesar 1.239,58 dan MSE sebesar 6.005.490,73, jika dibandingkan dengan metode lainnya. Kemudian penelitian terdahulu lainnya juga dilakukan oleh [10], didapatkan hasil bahwa metode yang paling efektif dan efisien untuk meramalkan permintaan tabung gas LPG adalah *Double Exponential Smoothing*, mengingat data yang diperoleh menunjukkan adanya tren dengan fluktuasi permintaan yang meningkat pada bulan-bulan tertentu dan menurun pada bulan lainnya. Hasil *forecasting* menggunakan Metode *Moving Average* menunjukkan angka permintaan konstan sebesar 74.151,5 untuk bulan September, Desember, dan Januari 2022. Sebaliknya, Metode *Single Exponential Smoothing* memperkirakan permintaan sebagai berikut: 71.652,1 pada bulan November, 69.344,6 pada bulan Desember, dan 67.037 pada bulan Januari 2022. Temuan ini membantu perusahaan dalam membuat estimasi yang lebih akurat untuk kebutuhan stok material di gudang.

PT XYZ, sebuah perusahaan manufaktur terkemuka di Indonesia dalam bidang produksi pipa baja, menghasilkan pipa untuk berbagai keperluan seperti saluran oil & gas, air, tiang telepon, tiang listrik, pipa struktural untuk konstruksi umum, dan struktur *offshore*. Departemen Produksi PT XYZ memiliki tanggung jawab penuh dalam merencanakan, mengawasi, dan mengendalikan seluruh proses produksi mulai dari bahan baku hingga produk jadi. Fokus utama mereka adalah memenuhi permintaan pelanggan dengan volume yang tepat, meningkatkan kualitas produk, mencapai efisiensi produksi, dan meningkatkan kepuasan pelanggan. Penelitian ini bertujuan untuk membandingkan efektivitas beberapa metode peramalan, seperti *Double Exponential Smoothing*, *Moving Average*, dan *Linear Regression*, dalam konteks aplikasi untuk produk pipa baja SPEC NON-API TIPE SNI 0068:2013 Kelas 2 /PKB (STK)-400 di WTM-8 PT XYZ. Digunakannya metode *Double Exponential Smoothing* karena dapat menangani tren jika data menunjukkan tren naik atau turun secara konsisten, *Double Exponential Smoothing* dapat menyesuaikan peramalan dengan perubahan tren tersebut. Kemudian, digunakannya metode *Moving Average* karena dapat menghaluskan fluktuasi, *Moving Average* berguna untuk mengurangi fluktuasi jangka pendek dan membuat pola dalam data lebih jelas. Serta digunakannya metode *Linier Regression* yaitu sebagai prediksi dan interpolasi yang dimana metode ini dapat digunakan untuk meramalkan nilai di masa depan berdasarkan hubungan yang telah ditemukan dalam data historis. Tujuannya adalah untuk menentukan metode peramalan yang paling sesuai untuk implementasi di PT XYZ untuk rentang waktu WTM 8-16. Data historis yang digunakan mencakup jumlah permintaan produk pipa tersebut dari Januari hingga Desember 2023, yang diperoleh dari sumber sekunder dari periode-periode sebelumnya. Dengan memahami kelebihan dan batasan masing-masing metode, peneliti dapat merekomendasikan teknik yang lebih akurat untuk peramalan yang lebih baik, mengurangi kesalahan dan meningkatkan efisiensi dalam proses peramalan.

2. METODE PENELITIAN

Pada studi ini, perkiraan permintaan dibuat menggunakan beberapa metode peramalan yang umum, termasuk *Exponential Smoothing*, *Moving Average*, dan *Linear Regression*. Alur penelitian ini dimulai dari Studi Pustaka, Identifikasi Permasalahan, Studi Literatur, Pengumpulan Data yang termasuk dengan Data Permintaan Produk Pipa Baja, Pengolahan Data yang dilakukan dengan Melakukan Perhitungan, dan Prediksi dengan ketiga metode yaitu *Exponential Smoothing*, *Moving Average*, dan *Linear Regression*, Validasi Hasil Prediksi Terpilih, dan Pengujian Akurasi Hasil Peramalan dijelaskan sebagai berikut ini.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

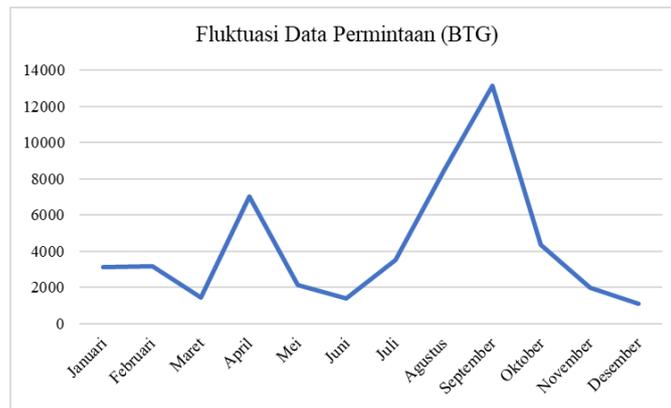
2.1. Pengumpulan data

Berikut ini adalah penjelasan tentang hasil pengumpulan data terkait permintaan pipa baja SPEC NON-API TIPE SNI 0068:2013 KELAS 2 /PKB (STK)-400 di WTM-8 selama tahun 2023. Data tersebut dikumpulkan melalui pengambilan data sekunder atau data historis permintaan pipa pada periode sebelumnya.

Tabel 1. Data Jumlah Permintaan Produk Pipa Baja

Year	Month	Permintaan (BTG)
2023	Januari	3099
	Februari	3196
	Maret	1429
	April	7035
	Mei	2114
	Juni	1400
	Juli	3530
	Agustus	8432
	September	13158
	Oktober	4335
	November	1982
	Desember	1102
Total		50812

Berdasarkan pada Tabel 1 di atas merupakan data permintaan produk pipa baja SPEC NON-API TIPE SNI 0068:2013 KELAS 2 /PKB (STK)-400 DI WTM-8 pada bulan januari-desember 2023. Untuk dapat mengetahui fluktuasi dari data permintaan produk pipa tersebut, maka dapat dilihat berikut adalah visualisasi fluktuasi data permintaan selama satu periode tahun 2023.



Gambar 2. Fluktuasi Data Permintaan Produk Pipa Baja

2.2. Melakukan perhitungan dan prediksi

Melakukan perhitungan dengan metode *Exponential Smoothing*, *Moving Average*, dan *Linear Regression*.

2.2.1. Exponential Smoothing

Metode *Exponential Smoothing* adalah teknik peramalan yang menggunakan rata-rata bergerak dengan bobot, di mana setiap nilai data diberikan bobot berdasarkan fungsi eksponensial [9]. Metode *exponential smoothing* merupakan teknik peramalan yang menggunakan fungsi eksponensial untuk memberi bobot lebih signifikan pada data observasi yang lebih baru [10]. Metode ini menerapkan penyaringan yang stabil dengan pendekatan estimasi. Dalam *Double Exponential Smoothing*, setiap titik data dalam deret waktu mengalami penurunan bobot secara eksponensial seiring waktu berlalu. Metode SES memberikan bobot yang seragam pada setiap data, sementara *Double Exponential Smoothing* melaksanakan proses penyaringan dua kali [11]. Proses untuk menghasilkan prediksi melibatkan langkah-langkah berikut ini:

a. Menentukan *Smoothing* pertama (S'_t)

$$S'_t = \alpha \cdot X_t + (1 - \alpha)S'_{t-1} \tag{1}$$

b. Menentukan *Smoothing* kedua (S''_t)

$$S''_t = \alpha \cdot X_t + (1 - \alpha)S''_{t-1} \tag{2}$$

Keterangan:

S'_t = *Double Smoothing* pada periode ke-t

α = Koefisien pemulusan ($0 < \alpha < 1$)

X_t = Permintaan pada periode ke-t

S''_{t-1} = Peramalan pada waktu t-1

c. Menentukan besarnya konstanta (α)

$$\alpha = \frac{S'_t - S''_t}{S'_t + S''_t} \tag{3}$$

$$\alpha = \frac{2S'_t - S''_t}{S'_t + S''_t} \tag{4}$$

d. Menentukan besarnya *slope*/koefisien *trend* (b)

$$b = \frac{\alpha}{(1-\alpha)}(S'_t - S''_t) \tag{5}$$

e. Menentukan besarnya *forecast* ($F_t + m$)

$$F_t + m = a_t + b_t \cdot m \tag{6}$$

Keterangan:

$F_t + m$ = Nilai ramalan pada periode ke-t

a = Konstanta pemulusan

b = Koefisien tren

2.2.2. Moving average

Peramalan dengan metode *Moving Average* melibatkan penggunaan informasi terbaru untuk menghitung estimasi nilai, tanpa mempertimbangkan data masa lalu. Pendekatan rata-rata bergerak ini menggunakan riwayat data untuk memproyeksikan nilai di masa depan [12]. Rata-rata umumnya dihitung dari total data yang ada, sementara rata-rata bergerak diperoleh dari nilai rata-rata dalam rentang N data terakhir. Metode *Moving Average* berguna untuk memprediksi tren data yang bebas dari pola musiman atau tren, idealnya untuk data yang konsisten tanpa variasi signifikan dari waktu ke waktu. Rumus untuk *Moving Average* adalah sebagai berikut:

$$MA(n) = \sum \frac{A_i}{n} \quad (7)$$

Keterangan:

- A_i = Nilai aktual tahun ke - i
 i = Banyak data (1,2,3.....N)
 n = pembobot, angka periode rata-rata bergerak

2.2.3. Linear regression

Regresi linear adalah teknik yang digunakan untuk meramalkan nilai di masa depan dengan memanfaatkan hubungan linier antara variabel independen (X) dan variabel dependen (Y). Metode ini berguna dalam statistika untuk menilai korelasi antara variabel yang tidak tergantung (independen) dan variabel yang bergantung (dependen) [13]. Metode regresi linier digunakan untuk memprediksi ketika data aktual permintaan menunjukkan peningkatan seiring waktu. Dalam situasi ini, regresi linier menyatakan bahwa rata-rata ($\frac{\mu y}{x}$) berkorelasi secara linier dengan x dalam bentuk persamaan linier populasi [14].

$$\mu y|x = \alpha + \beta x \quad (8)$$

Koefisien α dan β dalam analisis regresi adalah variabel yang dihitung dari data sampel. Jika kita menggunakan simbol α dan β untuk estimasi kedua variabel ini, nilai perkiraan $\mu y|x$ dapat diperoleh sebagai \hat{y} dari garis regresi yang dibangun berdasarkan sampel atau garis regresi yang tepat.

$$\hat{y} = a + bx \quad (9)$$

Keterangan:

- \hat{Y} = nilai ramalan permintaan pada periode ke-t.
 a = intercept.
 b = *slope* dari garis kecenderungan, merupakan tingkat perubahan dalam permintaan.
 x = indeks waktu ($t = 1,2,3, \dots, n$); n adalah banyaknya periode waktu.

Dengan menggunakan simbol \hat{y} , kita dapat membedakan prediksi dari garis regresi terhadap nilai pengamatan aktual untuk suatu nilai x, di mana a dan b mewakili intersep sumbu y dan kemiringannya berturut-turut. Formula untuk menghitung kemiringan dan intersep dari persamaan regresi linier dapat diterapkan untuk menemukan nilai ini.:

$$b = \frac{n \cdot \sum xy - \sum x \cdot \sum y}{n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2} \quad (10)$$

$$a = \frac{\sum x - b \cdot \sum x}{n} \quad (11)$$

Keterangan:

- n = Banyaknya data.
 b = *slope* dari persamaan garis lurus.
 a = *intercept* dari persamaan garis lurus.
 x = *index* waktu (periode).
 x^2 = nilai rata-rata dari x
 y = variabel permintaan

2.3. Validasi Hasil Prediksi Terpilih

Selain pengolahan secara manual, dilakukan pengolahan data menggunakan *software* POM QM for Windows untuk membuktikan bahwa hasil pengolahan data terhadap metode terbaik dapat selaras atau sama dengan hasil yang ditampilkan menggunakan bantuan *software*.

2.4. Pengujian Akurasi Hasil Peramalan

Pengujian untuk mengukur keakuratan prediksi biasanya menggunakan metrik seperti rata-rata penyimpangan absolut, rata-rata kuadrat terkecil, rata-rata persentase kesalahan absolut sebagai bagian dari proses validasi peramalan.

2.4.1. Mean Absolute Deviation (MAD)

Metode untuk menilai metode peramalan melibatkan penghitungan total kesalahan absolut. *Mean Absolute Deviation* (MAD) mengevaluasi akurasi peramalan dengan cara menghitung rata-rata dari nilai absolut dari setiap kesalahan peramalan. MAD berguna untuk mengevaluasi kesalahan peramalan dalam unit yang sama dengan deret waktu aslinya.

$$MAD = \frac{\sum(\text{absolut dari forecast error})}{n} \quad (12)$$

2.4.2. Mean Square Error (MSE)

Menurut Gaspersz, *Mean Square Error* (MSE) sering digunakan bersama *Mean Absolute Deviation* (MAD) dan *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) untuk mengevaluasi akurasi metode peramalan [15], Galat peramalan, atau *Mean Squared Error* (MSE), juga dapat digunakan untuk menghitung nilai *Mean Absolute Deviation* (MAD).

$$MSE = \frac{\sum ei}{n} \tag{13}$$

2.4.3. Mean Absolute Percentage Error (MAPE)

Mean Absolute Percentage Error (MAPE) adalah ukuran akurasi peramalan yang menunjukkan kesalahan peramalan dalam bentuk persentase. MAPE menghitung rata-rata kesalahan absolut dalam persentase antara nilai sebenarnya dan nilai yang diprediksi. Pendekatan ini sangat berguna ketika ukuran atau besar variabel yang diramalkan penting untuk menilai keakuratan prediksi.

$$MAPE = \frac{\sum \left| \frac{e}{xi} \right| (100)}{n} \tag{14}$$

3. HASIL DAN ANALISIS

Penelitian ini memproses data dengan tiga metode peramalan (*forecasting*), yakni *Double Exponential Smoothing* (DES), *Moving Average* (MA), dan *Linear Regression* (LR). Berikut adalah hasil pengolahan data dengan ketiga metode tersebut.

3.1. Perhitungan Peramalan dengan Menggunakan Metode *Double Exponential Smoothing* (DES)

Di bawah ini merupakan tabel ringkasan dari hasil pengolahan data secara manual menggunakan metode *Double Exponential Smoothing* (DES) dengan beberapa nilai alpha.

Tabel 2. Data *Double Exponential Smoothing*

No	Metode	Nilai MSE	Nilai MAD	Nilai MAPE
1	Double Exponential Smoothing $\alpha = 0,1$	17123634,83	3387,79	1,14
2	Double Exponential Smoothing $\alpha = 0,2$	19443403,02	3889,77	1,36
3	Double Exponential Smoothing $\alpha = 0,3$	21357007,71	4167,06	1,43
4	Double Exponential Smoothing $\alpha = 0,4$	22857443,35	4260,09	1,39
5	Double Exponential Smoothing $\alpha = 0,5$	24354752,24	4199,51	1,26
6	Double Exponential Smoothing $\alpha = 0,6$	26237358,57	4144,65	1,21
7	Double Exponential Smoothing $\alpha = 0,7$	28753774,35	4103,63	1,24
8	Double Exponential Smoothing $\alpha = 0,8$	32095792,20	4282,24	1,39
9	Double Exponential Smoothing $\alpha = 0,9$	36599086,73	4719,05	1,68
Nilai MSE Terkecil		17123634,83	3387,79	1,14

Dapat dilihat berdasarkan dengan Tabel 2 di atas bahwa nilai MSE terkecil diperoleh dari DES ($\alpha = 0,1$) dengan nilai MSE yang diperoleh sebesar 17123634,83. Berikut ini merupakan hasil pengolahan berdasarkan dengan nilai MSE terkecil.

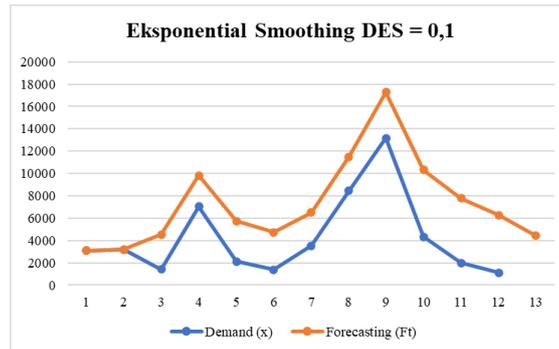
Tabel 3. Peramalan DES dengan ($\alpha = 0,1$)

Bulan	Demand (x)	S't	S''t	S' - S''t	a	b	Ft	e	e^2	e	%Error
1	3099	3099	3099,00								
2	3196	3108,7	3099,97	8,73	3117,4	1,0					
3	1429	2940,73	3084,05	-143,32	2797,4	-15,9	3118	-1689,4000	2854072,3600	1689,4000	1,1822
4	7035	3350,157	3110,66	239,50	3589,7	26,6	2781	4253,5100	18092347,3201	4253,5100	0,6046
5	2114	3226,5413	3122,25	104,30	3330,8	11,6	3616	-1502,2680	2256809,1438	1502,2680	0,7106
6	1400	3043,88717	3114,41	-70,52	2973,4	-7,8	3342	-1942,4255	3773016,8231	1942,4255	1,3874
7	3530	3092,498453	3112,22	-19,72	3072,8	-2,2	2966	564,4712	318627,7131	564,4712	0,1599
8	8432	3626,448608	3163,64	462,81	4089,3	51,4	3071	5361,4128	28744746,9868	5361,4128	0,6358
9	13158	4579,603747	3305,24	1274,37	5854,0	141,6	4141	9017,3213	81312084,2642	9017,3213	0,6853

Perbandingan Metode Double Exponential Smoothing, Moving Average, dan Linear Regression ..

10	4335	4555,143372	3430,23	1124,92	5680,1	125,0	5996	-1660,5659	2757479,1995	1660,5659	0,3831
11	1982	4297,829035	3516,99	780,84	5078,7	86,8	5805	-3823,0490	14615703,3508	3823,0490	1,9289
12	1102	3978,246132	3563,11	415,13	4393,4	46,1	5165	-4063,4297	16511461,1447	4063,4297	3,6873
							4440				
Total	50812	42899	38721,76	4177,03	43976,8	464,1	44440,9	SUM	171236348,31	33877,85342	11,3652
									17123634,83	3387,79	1,13652479
									MSE	MAD	MAPE

Adapun berikut ini adalah grafik yang diperoleh dari perhitungan peramalan menggunakan metode *Double Exponential Smoothing* (DES) dengan $\alpha = 0,1$.



Gambar 3. Grafik DES dengan $\alpha = 0,1$

Metode ini efektif untuk data yang menunjukkan tren tetapi tidak memiliki pola musiman. Hasil perhitungan dengan *Double Exponential Smoothing* dapat menunjukkan seberapa baik model tersebut menangkap dan memproyeksikan tren jangka panjang dalam data.

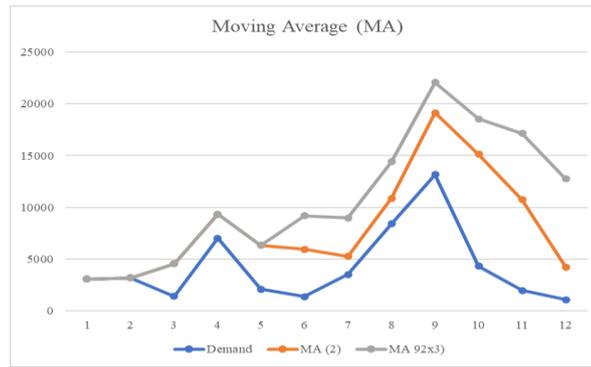
3.2. Perhitungan Peramalan dengan Menggunakan Metode *Moving Average* (MA)

Berikut ini merupakan hasil pengolahan data untuk peramalan menggunakan metode *Moving Average* (MA) yang dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 4. Hasil Metode *Moving Average*

Bulan	Demand (x)	MA (2)	MA (2X3)	SE (MA 2)	SE (MA 2X3)	e (MA 2)	E (MA 2X3)	e (MA2)	e (MA 2X3)	%Error (MA2)	%Error (MA2X3)
1	3099										
2	3196										
3	1429	3148		2953242		-1719		1719		1,202589	
4	7035	2313		22302006		4723		4722,5		0,671286	
5	2114	4232		4485924		-2118		2118		1,001892	
6	1400	4575	3231	10077450	3351340	-3175	-1831	3174,5	1831	2,267500	1,307619
7	3530	1757	3706	3143529	31093	1773	-176	1773	176	0,502266	0,049953
8	8432	2465	3521	35605089	24116284	5967	4911	5967	4911	0,707661	0,582404
9	13158	5981	2932	51509329	104567667	7177	10226	7177	10226	0,545448	0,777157
10	4335	10795	3401	41731600	872356	-6460	934	6460	934	1,490196	0,215456
11	1982	8747	6414	45758460	19639669	-6765	-4432	6765	4432	3,412967	2,235957
12	1102	3159	8508	4229192	54841430	-2057	-7406	2057	7406	1,866152	6,720054
Total	50812		SUM	221795822	207419841			41932	29915	13,667958240	11,888600268
			MSE	22179582,225	29631405,853			4193,15	4273,55	1,366795824	1,698371467
								MAD			MAPE

Adapun grafik hasil dari pengolahan untuk peramalan dengan metode *Moving Average* (MA) dapat dilihat di bawah ini.



Gambar 4. Grafik Moving Average

Dengan menggunakan metode *Moving Average*, lebih cocok untuk data yang stabil atau memiliki fluktuasi kecil tanpa pola tren yang jelas. Hasil perhitungan ini akan menunjukkan bagaimana metode ini menanggapi data dengan variabilitas tinggi dan tanpa tren yang jelas

3.3. Perhitungan Perhitungan Peramalan dengan Menggunakan Metode *Linear Regression* (LR)

Adapun berikut ini merupakan hasil pengolahan data dari untuk peramalan menggunakan metode regresi linear (*linear regression*) dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 5. Perhitungan Regresi Linear (*Linear Regression*)

Bulan	X PERIODE	Y DEMAND	XY	X ²	Y'Forecast	Y-Y'	(Y-Y') ²	e	% Error
Januari	1	3099	3099	1	3481	-382,49	146296,44	382,49	0,123422775
Februari	2	3196	6392	4	3618	-422,37	178394,98	422,37	0,132155287
Maret	3	1429	4287	9	3755	-2326,25	5411436,35	2326,25	1,627886226
April	4	7035	28140	16	3892	3142,87	9877628,47	3142,87	0,446747614
Mei	5	2114	10570	25	4029	-1915,01	3667269,64	1915,01	0,905871171
Juni	6	1400	8400	36	4166	-2765,89	7650162,84	2765,89	1,975637696
Juli	7	3530	24710	49	4303	-772,77	597179,49	772,77	0,218916117
Agustus	8	8432	67456	64	4440	3992,34	15938818,51	3992,34	0,473475449
September	9	13158	118422	81	4577	8581,46	73641522,14	8581,46	0,652186037
Oktober	10	4335	43350	100	4713	-378,42	143199,61	378,42	0,087293483
November	11	1982	21802	121	4850	-2868,30	8227135,53	2868,30	1,447173748
Desember	12	1102	13224	144	4987	-3885,18	15094619,65	3885,18	3,525571222
Total	78	50812	349852	650	50812	SUM	140573663,65	31433,36	11,61633683
Koef a	3344,61	Koef b	136,9			MSE	11714471,97	2619,45	0,968028069
								MAD	MAPE

Adapun grafik hasil dari pengolahan untuk peramalan dengan metode regresi linear (*linear regression*) dapat dilihat di bawah ini.



Gambar 5. Grafik Regresi Linear

Linear Regression dapat menangani data dengan hubungan linier antara variabel independen dan dependen. Hasil perhitungan dapat *mengungkapkan* kekuatan dan sifat hubungan ini, serta seberapa baik model memprediksi nilai masa depan berdasarkan tren linier.

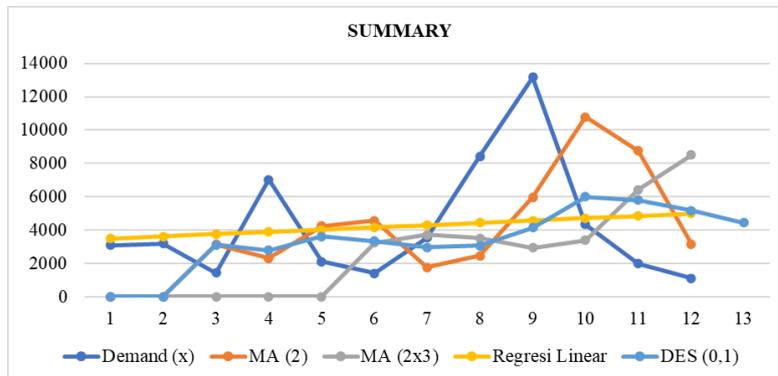
3.4. Rangkuman Peramalan

Pada perhitungan dengan menggunakan ketiga metode diatas, maka peramalan yang dipilih merupakan suatu peramalan yang memiliki nilai *error* atau MSE yang paling kecil. Di bawah ini adalah hasil rekap pada peramalan dengan ketiga metode diatas untuk memilih nilai MSE terkecil yang nantinya digunakan dalam perhitungan MPS 12 bulan yang datang.

Tabel 6. Rangkuman Peramalan

Periode (t)	Demand (x)	Verifikasi Data Peramalan			
		Metode Peramalan			
		MA (2)	MA (2X3)	Regresi Linier	DES (0,1)
Januari	3099			3481	
Februari	3196			3618	
Maret	1429	3148		3755	3118
April	7035	2313		3892	2781
Mei	2114	4232		4029	3616
Juni	1400	4575	3231	4166	3342
Juli	3530	1757	3706	4303	2966
Agustus	8432	2465	3521	4440	3071
September	13158	5981	2932	4577	4141
Oktober	4335	10795	3401	4713	5996
November	1982	8747	6414	4850	5805
Desember	1102	3159	8508	4987	5165
					4440
	MSE	22179582,225	29631405,853	11714471,970	17123634,831
	MAD	4193,150	4273,548	2619,446	3387,785
	MAPE	136,68%	169,84%	96,80%	113,65%

Berikut ini merupakan grafik dari *summary forecasting* terlihat pada gambar dibawah ini.



Gambar 6. Grafik Summary Forecasting

Berdasarkan pada grafik *Summary Forecasting* di atas, didapatkan bahwa hasil peramalan dari tiga metode yang menghasilkan nilai MSE terkecil adalah metode regresi linear sehingga mendapatkan hasil perhitungan peramalan 12 bulan kedepan menggunakan metode regresi linear.

3.5. Pengolahan Data dengan Software POM for Windows

Berdasarkan dari hasil perhitungan peramalan (*forecasting*) dengan menggunakan ketiga metode yaitu *Double Exponential Smoothing*, *Moving Average*, dan *Linear Regression* yang dilakukan secara manual, maka dapat dihasilkan bahwa metode terbaik yaitu peramalan dengan metode Regresi Linear (*Linear Regression*). Selain pengolahan secara manual berikut ini juga dilakukan pengolahan data menggunakan *software POM QM for Windows* untuk membuktikan bahwa hasil pengolahan data terhadap metode terbaik dapat selaras atau sama dengan hasil yang ditampilkan menggunakan bantuan *software*.

3.5.1. Perhitungan Peramalan Menggunakan Metode Regresi Linear (*Linear Regression*)

Tabel 7. Perhitungan Peramalan Metode Regresi Linear (*Linear Regression*) dengan Software POM QM

	Demand(y)	Time(x)	x ²	x * y	Forecast	Error	Error	(E-Ebar) ²	Pct Error
January	3099	1	1	3099	3481,488	-382,488	382,488	146296,9	12,342%
February	3196	2	4	6392	3618,369	-422,369	422,369	178395,3	13,216%
March	1429	3	9	4287	3755,25	-2326,25	2326,25	5411438	162,789%
April	7035	4	16	28140	3892,131	3142,869	3142,869	9877626	44,675%
May	2114	5	25	10570	4029,012	-1915,012	1915,012	3667271,0	90,587%
June	1400	6	36	8400	4165,893	-2765,893	2765,893	7650165,0	197,564%
July	3530	7	49	24710	4302,774	-772,774	772,774	597179,6	21,892%
August	8432	8	64	67456	4439,655	3992,345	3992,345	15938820	47,348%
September	13158	9	81	118422	4576,536	8581,464	8581,464	73641520	65,219%
October	4335	10	100	43350	4713,417	-378,417	378,417	143199,4	8,729%
November	1982	11	121	21802	4850,298	-2868,298	2868,298	8227133,0	144,717%
December	1102	12	144	13224	4987,179	-3885,179	3885,179	15094620	352,557%
TOTALS	50812	78	650	349852		-0,01	31433,36	140573700	1161,634%
AVERAGE	4234,333	6,5	54,167	29154,33		0	2619,446	11714470	96,803%
Next period forecast					5124,061	(Bias)	(MAD)	(MSE)	(MAPE)
Intercept	3344,607						Std err	3749,315	
Slope	136,881								

Tabel 8. Hasil Akurasi Peramalan Metode Regresi Linear (*Linear Regression*) dengan Software POM QM

Measure	Value
Error Measures	
Bias (Mean Error)	0
MAD (Mean Absolute Deviation)	2619,446
MSE (Mean Squared Error)	11714470
Standard Error (denom=n-2=10)	3749,315
MAPE (Mean Absolute Percent Error)	96,803%
Regression line	
Demand(y) =	3344,607
+ 136,881 * Time(x)	
Statistics	
Correlation coefficient	,137
Coefficient of determination (r ²)	,019

3.5.2. Perhitungan Peramalan Menggunakan Metode Regresi Linear (*Linear Regression*) di Periode Selanjutnya (12 Bulan ke Depan)

Tabel 9. Hasil Peramalan Menggunakan Metode Regresi Linear (*Linear Regression*) untuk Periode Selanjutnya (12 Bulan)

Future Period	Forecast
13	5124,061
14	5260,941
15	5397,822
16	5534,703
17	5671,584
18	5808,466
19	5945,347
20	6082,228
21	6219,108
22	6355,989
23	6492,871
24	6629,752

3.6. Perbandingan Hasil Nilai Akurasi

Setelah melakukan analisis peramalan terhadap permintaan pipa baja SPEC NON-API TIPE SNI 0068:2013 KELAS 2 /PKB (STK)-400 di WTM-8 di PT XYZ menggunakan metode *Double Exponential Smoothing*, *Moving Average*, dan *Linear Regression*, hasil evaluasi menunjukkan nilai *error* dari setiap metode. Semakin kecil nilai *error*, semakin tinggi tingkat akurasi metode tersebut. Evaluasi akurasi dilakukan dengan menggunakan *Mean Absolute Deviation* (MAD), *Mean Square Error* (MSE), *Mean Absolute Percent Error* (MAPE) sebagai validasi prediksi peramalan. Rincian nilai *error* dari ketiga metode dapat dilihat pada tabel di bawah ini.

Tabel 6. Perbandingan Hasil Nilai Akurasi Metode Peramalan

Metode	MAD	MSE	MAPE
<i>Double Exponential Smoothing</i>	3387,785	17123634,831	113,65%
<i>Moving Average</i> (2)	22179582,225	4193,150	136,68%
<i>Moving Average</i> (2X3)	29631405,853	4273,548	169,84%
<i>Linier Regression</i>	11714471,970	2619,446	96,80%

Berdasarkan dengan hasil nilai *error* dari ketiga metode pada tabel di atas, dapat diketahui metode *Linear Regression* memiliki nilai paling terkecil dari metode lainnya dengan nilai MSE sebesar 2619,446; MAD sebesar 11714471,970; dan MAPE sebesar 96,80%. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa metode peramalan yang sebaiknya digunakan oleh PT XYZ di WTM-8 ialah Metode Regresi Linear (*Linear Regression*). Perbandingan hasil akurasi ini serupa dengan penelitian yang dilakukan oleh [10], bahwa perbandingan nilai MAPE, MAD, dan MSE dari ketiga metode peramalan untuk periode tiga bulan ke depan dapat dilihat dari nilai terkecil masing-masing metrik di antara ketiga metode tersebut. Peramalan menggunakan *Single Exponential Smoothing* menunjukkan nilai MAPE, MAD, dan MSE yang paling rendah, yaitu masing-masing 4, 3803, dan 3419219. Sebaliknya, peramalan dengan metode *Moving Average* menghasilkan nilai MAPE, MAD, dan MSE yang paling tinggi, yakni 5, 3968, dan 35979235. Secara umum, nilai MAPE dari ketiga metode tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan.

4. KESIMPULAN

Perbandingan hasil perhitungan peramalan (*forecasting*) pada jumlah permintaan produk pipa baja SPEC NON-API TIPE SNI 0068:2013 KELAS 2 /PKB (STK)-400 DI WTM-8 di PT XYZ dengan menggunakan metode *Double Exponential Smoothing*, *Moving Average*, dan *Linear Regression* yaitu dapat dilihat dari hasil nilai akurasi. Hasil nilai akurasi MSE, MAD dan MAPE berturut-turut untuk metode *Double Exponential Smoothing* ($\alpha = 0,1$) yaitu 17123634,831; 3387,785; dan 113,65%. Untuk metode *Moving Average* dibagi menjadi 2 yaitu MA (2) dan MA (2x3) dengan hasil nilai akurasi MSE, MAD, dan MAPE berturut-turut yaitu 4193,150; 22179582,225; 136,68% dan 4273,548 ; 29631405,853; 169,84%. Sedangkan untuk metode *Linear Regression* memiliki hasil nilai akurasi MSE, MAD, dan MAPE berturut-turut yaitu 2619,446 ;11714471,970; dan 96,80%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] F. Ahmad, "Penentuan Metode Peramalan pada Produksi Part New Granada Bowl ST di PT X," *JISI: Jurnal Integrasi Sistem Industri*, vol. 7, no. 1, pp. 31-39, 2020.
- [2] E. Suciyati, "ANALISIS PERENCANAAN KAPASITAS PRODUKSI DENGAN," Tegal, 2019.
- [3] D. Santoso, "Pengertian Perencanaan Produksi," 9 April 2021. [Online]. Available: <https://smartpresence.id/blog/hr/pengertian-perencanaan-produksi>. [Accessed 9 April 2021].
- [4] M. A. W. J. L. & I. S. Cindy Ameilia Suhendra, "Sistem Peramalan Persediaan Sparepart Menggunakan Metode Weight Moving Average dan Reorder Point," *Jurnal Manajemen, Teknik Informatika, dan Rekayasa Komputer*, vol. 20, no. 2, pp. 343-354, 2021.
- [5] A. A. & Wahyudin, "Analisis Peramalan dengan Metode Naive, Linear Regression, Moving Average dan Exponential Smoothing (Studi Kasus: PT Artria Widya)," *Jurnal Serambi Engineering*, vol. 3, no. 3, pp. 6820 - 6827, 2023.
- [6] C. D. Montgomery and A. L. Johnson, *Forecasting and Time Series Analysis*, USA: McGraw-Hill Inc., 1998.
- [7] Render and Heizer, *Manajemen Operasi*, Jakarta: Salemba Empat, 2009.
- [8] .. A. Z. & D. I. Zihan Silvy, "PENERAPAN METODE WEIGHTED MOVING AVERAGE UNTUK PERAMALAN PERSEDIAAN PRODUK FARMASI," *JiTEKH (Jurnal Ilmiah Teknologi Harapan)*, vol. 8, no. 2, pp. 59-64, 2020.

- [9] R. Rachman, "Penerapan Metode Moving Average dan Exponential Smoothing pada Peramalan Produksi Industri Garment," *JURNAL INFORMATIKA*, vol. 5, no. 1, p. 211~220, 2018.
- [10] J. N. Aziza, "Perbandingan Metode Moving Average, Single Exponential Smoothing, dan Double Exponential Smoothing Pada Peramalan Permintaan Tabung Gas LPG PT Petrogas Prima Services," *Jurnal Teknologi dan Manajemen Industri Terapan*, vol. 1, no. 1, pp. 35-41, 2022.
- [11] J. Heizer and B. Render, *Manajemen Operasi*, Edisi Ketujuh ed., Jakarta: Salemba Empat, 2006.
- [12] M. I. W. & N. A. K. Rifai, "Peramalan Produksi Mobil Menggunakan Metode Double Exponential Smoothing dengan Algoritma Golden Section," in *Bandung Conference Series: Statistics*, Bandung, 2022.
- [13] M. L. & R. Herdiansyah, "Peramalan Persediaan Barang Menggunakan Metode Weighted Moving Average dan Metode Double Exponential Smoothing," *Journal of Information System Research (JOSH)*, vol. 3, no. 2, p. 137–142, 2022.
- [14] V. A. A. D. & M. L. D. Khamaludin, "Peramalan Penjualan Hijab Sxproject Menggunakan Metode Moving Average dan Exponential Smoothing," *Jurnal Keilmuan dan Aplikasi Teknik*, vol. 6, no. 2, pp. 13-16, 2019.
- [15] I. K. H. T. H. R. R. M. Y. H. Fadia Jasmine Has Shiela, "Analisis Peramalan Profitabilitas PT. Samudera Indonesia Tbk Menggunakan Metode Regresi Linear," *Zeta – Math Journal*, vol. 9, no. 1, pp. 41-49, 2024.
- [16] M. I. Hasan, *Pokok-pokok materi statistik 1*, Jakarta: Bumi Aksara, 1999.
- [17] V. Gaspersz, *Production Planning and Inventory Control*, Jakarta: Gramedia, 2004.