

PENGELOLAAN PERSEDIAAN PIPA BAJA PENDEKATAN FORECASTING MONTE CARLO, CROSTON, DAN SBA (STUDI KASUS : PT PERUSAHAAN GAS NEGARA, TBK)

Marsha Syafina Zaliazny¹ Chaterine Alvina Prima H²

¹*Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275
marshasyfnz@gmail.com*

Abstrak

Penelitian ini mengkaji pengelolaan persediaan pipa baja di PT Perusahaan Gas Negara Tbk (PGN) dengan menggunakan metode peramalan Monte Carlo, Croston, dan SBA untuk mengatasi tantangan permintaan yang bersifat intermitten dan tidak kontinu. PT PGN menghadapi kebutuhan pengadaan pipa baja dalam tiga ukuran utama yang sangat penting bagi kelancaran distribusi gas bumi. Metode Monte Carlo digunakan untuk simulasi probabilistik berdasarkan data historis, sementara Croston dan SBA diterapkan khusus untuk permintaan intermitten dengan teknik exponential smoothing. Data permintaan tahun 2022 dianalisis untuk meramalkan kebutuhan material tahun 2024, dan validitas metode diuji menggunakan Mean Squared Error (MSE), Mean Absolute Deviation (MAD), dan Uji F. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi metode ini mampu meningkatkan akurasi peramalan permintaan, sehingga pengelolaan persediaan menjadi lebih efisien dan dapat mengurangi risiko overstock maupun stockout. Temuan ini memberikan kontribusi penting dalam mendukung kelancaran operasional PT PGN dan pengelolaan persediaan yang lebih terstruktur dalam menghadapi fluktuasi permintaan.

Kata kunci: Pengelolaan Persediaan; Pendekatan Forecasting; Metode Monte Carlo, Croston, dan SBA

Abstract

This study examines the management of steel pipe inventory at PT Perusahaan Gas Negara Tbk (PGN) using Monte Carlo, Croston, and SBA forecasting methods to address the challenges of intermittent and discontinuous demand. PT PGN faces the need to procure steel pipes in three main sizes that are critical to the smooth distribution of natural gas. The Monte Carlo method is used for probabilistic simulation based on historical data, while Croston and SBA are specifically applied to intermittent demand using exponential smoothing techniques. Demand data from 2022 was analyzed to forecast material requirements for 2024, and the validity of the methods was tested using Mean Squared Error (MSE), Mean Absolute Deviation (MAD), and the F-test. The research results indicate that this combination of methods can improve the accuracy of demand forecasting, thereby enhancing inventory management efficiency and reducing the risk of overstocking or stockouts. These findings provide significant contributions in supporting the operational smoothness of PT PGN and more structured inventory management in addressing demand fluctuations.

Keywords: Inventory Management, Forecasting Approaches, Monte Carlo, Croston, and SBA method

PENDAHULUAN

PT. Perusahaan Gas Negara Tbk. (PT PGN) merupakan salah satu perusahaan terkemuka di Indonesia yang bergerak di bidang distribusi dan transmisi gas bumi. Sebagai bagian dari rantai pasokan energi nasional, PT PGN memiliki tanggung jawab besar dalam memastikan ketersediaan dan kelancaran distribusi gas bumi ke berbagai sektor, termasuk industri, rumah tangga, dan transportasi. Gas alam merupakan salah satu sumber energi yang memainkan peran signifikan dalam memenuhi kebutuhan energi di Indonesia. Penggunaannya mencakup berbagai sektor, seperti industri, transportasi, rumah tangga, hingga sektor komersial. Dalam hal penyediaan energi primer, gas alam dan turunannya menempati posisi ketiga terbesar di Indonesia, setelah batubara dan minyak bumi (Wibowo & Windarta, 2022). Gas alam lebih ramah lingkungan dibandingkan jenis bahan bakar fosil lainnya. Konsumsi gas alam diperkirakan akan meningkat 1,6% per tahun antara tahun 2016 dan 2034, melampaui pertumbuhan konsumsi minyak bumi dan batu bara, dan pada akhirnya menyumbang sebagian besar konsumsi energi primer (Bimantoro, 201).

PT Perusahaan Gas Negara Tbk. sendiri mempunyai fokus dalam pengelolaan pipa dan elemen-elemen pendukungnya. Jenis material pipa yang digunakan untuk proyek-proyek akan disimpan di gudang milik PGN terlebih dahulu. Material-material ini berperan penting dalam memastikan ketepatan jadwal proyek, termasuk jaringan transmisi gas, instalasi jaringan gas rumah tangga, dan fasilitas pendukung lainnya. Material yang paling umum digunakan oleh PGN adalah pipa baja, karena mayoritas pelanggan PGN merupakan perusahaan besar dibandingkan industri kecil atau rumah tangga. Oleh karena itu, penelitian ini difokuskan pada pengadaan material pipa baja. Dalam penelitian ini, pipa baja yang digunakan terdiri dari tiga ukuran, yaitu pipa baja 4 inch, pipa baja 6 inch, dan pipa baja 8 inch. Penggunaan hanya tiga ukuran pipa baja tersebut didasarkan pada hasil observasi di lapangan, yang menunjukkan bahwa ukuran 4 inch, 6 inch, dan 8 inch merupakan ukuran paling umum digunakan di sektor industri yang menjadi pelanggan utama PT Perusahaan Gas Negara (PGN). Ketiga ukuran ini dianggap mewakili kebutuhan transmisi dan distribusi gas dengan berbagai kapasitas aliran yang dibutuhkan oleh industri-industri berskala besar. Ukuran pipa baja empat inch, enam inch, dan delapan inch memiliki fungsi yang saling berkaitan dalam sistem distribusi gas industri. Pipa berukuran

delapan inch umumnya digunakan sebagai jalur utama transmisi gas, karena mampu menyalurkan volume besar dengan tekanan tinggi dari pusat distribusi ke kawasan industri. Selanjutnya, aliran gas dari pipa delapan inch dialirkan ke pipa berukuran enam inch yang berperan sebagai jalur distribusi menengah menuju masing-masing unit atau fasilitas industri. Dan pipa empat inch digunakan sebagai cabang distribusi akhir, mengalirkan gas ke titik pemakaian dengan kebutuhan tekanan dan volume lebih rendah.

Pengadaan material pipa baja pada gudang PGN memiliki tantangan tersendiri, mengingat fluktuasi permintaan dan pengaruh faktor eksternal seperti harga bahan baku di pasar global dan kondisi ekonomi makro. Perencanaan yang tidak akurat dalam pengadaan dapat menyebabkan kelebihan stok (*overstock*) atau kekurangan stok (*stockout*), yang berdampak pada ketidakseimbangan antara ketersediaan dan kebutuhan material di gudang, serta efisiensi biaya yang menyebabkan peningkatan biaya penyimpanan. Data demand yang digunakan tidak selalu dalam kondisi optimal dan kerap bersifat tidak kontinu atau intermittent. Jenis data ini ditandai dengan adanya sejumlah periode tanpa permintaan sama sekali (nilai nol) serta pola permintaan yang cenderung tidak menentu. Karakteristik utama dari data intermittent adalah tingginya proporsi nilai nol, sementara ketika permintaan terjadi, jumlahnya dapat meningkat secara drastis. Pola seperti ini umum dijumpai dalam berbagai sektor, termasuk industri otomotif, pertahanan, dan manufaktur, serta dalam kajian ilmiah seperti analisis aliran sungai dan distribusi curah hujan.

Metode *forecasting* Monte Carlo, Croston, dan SBA menjadi pendekatan yang relevan dalam menganalisis pola permintaan yang menunjukkan adanya tren, musiman, dan fluktuasi yang signifikan berdasarkan data historis. Metode Monte Carlo adalah metode analisis numerik yang melibatkan pengambilan sampel eksperimental acak. Model simulasi Monte Carlo merupakan jenis simulasi berbasis probabilitas yang menyelesaikan suatu permasalahan melalui proses pengacakan. Proses ini melibatkan distribusi probabilitas dari variabel-variabel data yang diperoleh baik dari data historis maupun dari distribusi teoritis. Dalam penerapannya, angka acak digunakan untuk merepresentasikan kejadian-kejadian acak yang berlangsung secara berurutan sesuai dengan dinamika perubahan dalam proses simulasi (Putra, et al., 2022). Metode Croston adalah pendekatan yang banyak

digunakan untuk peramalan permintaan yang bersifat intermittent, dan didasarkan pada teknik *exponential smoothing*. Secara khusus, metode ini melakukan *exponential smoothing* secara terpisah terhadap besaran permintaan dan terhadap periode waktu antar permintaan. Rasio dari kedua estimasi tersebut (besar permintaan/periode antar permintaan) kemudian digunakan sebagai estimasi permintaan per periode (XU, et al., 2012). Metode *Syntetos Boylan Approximation* (SBA) pada dasarnya mengacu pada metode Croston dengan menggunakan persamaan dasar dari metode Croston, sedangkan persamaan peramalannya berbeda. Metode SBA yang memiliki varians lebih kecil daripada metode Croston (Simamora, et al., 2012).

Dengan memanfaatkan metode ini, perusahaan dapat mengidentifikasi tren, musiman, dan pola fluktuasi permintaan material pipa baja. Oleh karena itu, diperlukan metode yang dapat memberikan estimasi permintaan pipa baja secara akurat untuk mendukung proses pengadaan yang lebih terstruktur dan efisien.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan menggunakan pendekatan metode kualitatif dan kuantitatif untuk mengkaji permasalahan pengelolaan material pada gudang PT Perusahaan Gas Negara. Proses dimulai dengan identifikasi masalah melalui observasi langsung, survei lapangan, dan wawancara dengan pihak terkait seperti kepala gudang dan admin. Tahap ini dilanjutkan dengan studi pendahuluan yang mencakup studi literatur untuk mengkaji teori-teori relevan seperti metode peramalan Croston, SBA, dan simulasi Monte Carlo, serta studi lapangan guna memahami kondisi operasional secara faktual. Data yang dikumpulkan meliputi riwayat permintaan material, waktu tunggu (lead time), biaya pemesanan, dan biaya penyimpanan. Data tersebut diolah untuk merumuskan usulan perbaikan, diawali dengan proses peramalan kebutuhan material tahun 2024 berdasarkan data permintaan tahun 2022. Hasil peramalan diuji menggunakan *Mean Squared Error* (MSE) dan *Mean Absolute Deviation* (MAD) untuk mengukur tingkat kesalahan, serta Uji F untuk menguji validitas metode.

Desain penelitian ini bersifat *ex-post facto*, di mana peneliti tidak melakukan manipulasi terhadap variabel, melainkan menganalisis kondisi yang telah terjadi. Metode kualitatif digunakan melalui observasi dan wawancara guna memperoleh pemahaman menyeluruh terhadap permasalahan di lapangan,

sementara metode kuantitatif digunakan dalam pengolahan dan analisis data numerik. Studi eksplorasi juga dilakukan secara internal dan eksternal; eksplorasi internal berupa wawancara dengan pihak gudang untuk memahami proses dan tantangan operasional, sedangkan eksplorasi eksternal dilakukan melalui penelusuran literatur ilmiah guna membentuk kerangka teoritis. Penelitian dilaksanakan di Gudang Klender PT Perusahaan Gas Negara pada 30 Desember 2024 hingga 31 Januari 2025, dengan jam kerja operasional Senin hingga Jumat pukul 07.30–16.00 WIB. Hasil akhir dari penelitian ini berupa pemilihan metode peramalan terbaik, serta kesimpulan dan rekomendasi yang diharapkan dapat meningkatkan efisiensi pengelolaan material dan menjadi referensi bagi penelitian lanjutan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

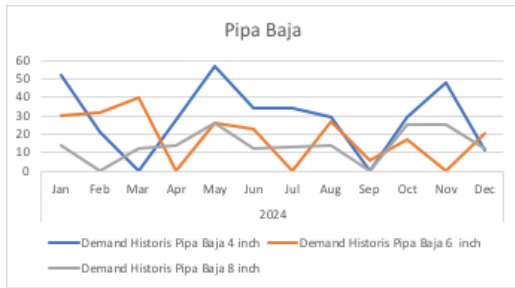
Pengumpulan Data

Data yang digunakan untuk penelitian didapat dari Kepala Gudang Klender Perusahaan Gas Negara. Data historis harga dan jumlah permintaan pipa PE pada tahun Januari hingga Desember tahun 2024 dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Historis Permintaan Pipa Baja

Periode		Nama Material (batang)		
Tahun	Bulan	PIPA Baja 4 inch	PIPA Baja 6 inch	PIPA Baja 8 inch
2024	Januari	52	30	14
	Februari	21	32	0
	Maret	0	40	12
	April	28	0	14
	Mei	57	26	26
	Juni	34	23	12
	Juli	34	0	13
	Agustus	29	27	14
	September	0	6	0
	Oktober	29	17	25
	November	48	0	25
	Desember	11	20	12

Setelah didapatkan data realisasi material pipa baja selama periode Januari 2024 hingga Desember 2024, data tersebut kemudian digambarkan dalam sebuah plot data untuk masing-masing material. Hal tersebut dilakukan sebelum metode peramalan dimulai. Plot data berfungsi untuk melihat pola data yang terjadi pada data historis serta digunakan untuk menentukan metode peramalan apa yang akan digunakan selanjutnya.



Gambar 1. Plot Data Pipa Baja

Dari hasil data yang telah dilakukan seperti pada gambar 1. Di atas, dapat diketahui bahwa pola data yang ditimbulkan dari data historis pipa baja adalah pola data musiman (seasonal), datanya fluktuatif, dan memiliki trend.

Pengolahan Data

Simulasi Monte Carlo

Simulasi Monte Carlo merupakan metode numerik yang dideskripsikan sebagai metode statistik yang biasanya digunakan dalam memecahkan suatu permasalahan yang berkenaan dengan ketidakpastian. Dalam pelaksanaan simulasi ini, bilangan acak digunakan untuk merepresentasikan kejadian-kejadian acak yang terjadi secara berurutan mengikuti dinamika perubahan dalam sistem. Langkah awal dalam perhitungan total biaya persediaan pipa baja dilakukan dengan menerapkan metode Simulasi Monte Carlo, yang bertujuan untuk mengestimasi rata-rata jumlah persediaan tahunan serta jumlah pemesanan yang dilakukan selama satu tahun. Metode ini didasarkan pada pendekatan probabilistik, di mana data diperoleh dari proses pengacakan dan kemudian disusun dalam bentuk distribusi peluang untuk menggambarkan variasi yang mungkin terjadi dalam sistem. Persamaan dapat dilihat pada dibawah ini :

$$\text{Distribusi Desitas (dt)} = \frac{f_i}{\sum f} = \frac{1}{12} = 0,08 \quad (2.10)$$

$$\text{Distribusi Kumulatif} = d_t + d_{t-1} = 0.08 + 0.08 = 0.17 \dots \dots \dots (2.11)$$

Perhitungan peramalan data demand menggunakan simulasi Monte Carlo dapat dilihat dari Tabel 2.

Tabel 2. Perhitungan Simulasi Monte Carlo

Data (Bulan)	Permintaan/ Bulan	Distribusi Densitas	Distribusi Kumulatif	Tag Number	Nilai Random Value	*100	Jumlah Order Part
1	52	0,083	0,083	00-08	0,257	25,717	28
2	21	0,083	0,167	09-17	0,919	91,965	48
3	0	0,083	0,250	18-25	0,777	77,721	29
4	28	0,083	0,333	26-33	0,760	76,036	29
5	57	0,083	0,417	34-42	0,485	48,514	34
6	34	0,083	0,500	43-50	0,003	0,393	52
7	34	0,083	0,583	51-58	0,558	55,812	34
8	29	0,083	0,667	59-67	0,189	18,995	0
9	0	0,083	0,750	68-75	0,194	19,416	0
10	29	0,083	0,833	76-83	0,315	31,552	28
11	48	0,083	0,917	84-92	0,958	95,836	11
12	11	0,083	1,000	93-100	0,057	5,747	52
JUMLAH	343						345

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui bahwa jumlah data *demand* pipa baja empat inch dengan simulasi Monte Carlo permintaan selamaa 12 bulan mencapai 343 dengan jumlah batang yang bervariasi 0 hingga 57 batang. Setiap tingkat permintaan memiliki frekuensi yang sama, yaitu satu kali dalam setahun, sehingga distribusi densitasnya merata sebesar 0,08. Distribusi kumulatif kemudian digunakan untuk menentukan rentang probabilitas dalam bentuk tag number, yang berfungsi sebagai acuan dalam proses simulasi Monte Carlo.

Dalam pelaksanaan simulasi, nilai acak yang dihasilkan akan dikalibrasi terhadap rentang *tag number* untuk menentukan jumlah pemesanan pipa setiap bulannya. Sebelumnya, nilai acak tersebut dikalikan dengan 100 guna memudahkan pencocokan dengan interval *tag number* yang telah ditentukan dan untuk menetapkan jumlah part yang dipesan. Sebagai contoh, pada bulan kedua, bilangan acak sebesar 0,9196584 dan dikalikan 100 menjadi 91,97 berada dalam rentang 84-92, sehingga jumlah pesanan yang dihasilkan adalah 48 batang.

Berdasarkan hasil simulasi selama periode 12 bulan, total jumlah pesanan yang dihasilkan adalah 178 batang, yang sejalan dengan total permintaan berdasarkan data historis. Temuan ini mengindikasikan bahwa metode Simulasi Monte Carlo mampu menghasilkan estimasi jumlah pemesanan yang cukup akurat dan selaras dengan tren permintaan sebelumnya. Oleh karena itu, pendekatan ini dapat dimanfaatkan dalam perencanaan pengadaan persediaan guna mengoptimalkan jumlah pemesanan sesuai dengan pola permintaan yang ada.

Berikut merupakan rekapitulasi hasil peramalan menggunakan Simulasi Monte Carlo pada pipa baja empat inch, enam inch, dan delapan inch dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi Hasil Peramalan Simulasi Monte Carlo

Data (Bulan)	PIPA Baja 4 inch		PIPA Baja 6 inch		PIPA Baja 8 inch	
	<i>Demand</i>	Jumlah Order Part	<i>Demand</i>	Jumlah Order Part	<i>Demand</i>	Jumlah Order Part
1	52	28	30	30	14	25
2	21	48	32	26	0	13
3	0	29	40	40	12	14
4	28	29	0	0	14	14
5	57	34	26	20	26	25
6	34	52	23	40	12	12
7	34	34	0	20	13	26
8	29	0	27	0	14	14
9	0	0	6	20	0	0
10	29	28	17	6	25	25
11	48	11	0	40	25	12
12	11	52	20	17	12	25
Jumlah	343	345	221	259	167	205

Berdasarkan tabel rekapitulasi diatas dilakukan untuk tiga jenis pipa dengan diameter berbeda, yaitu empat inch, enam inch, dan delapan inch. Tabel ini menunjukkan perbandingan antara *demand* dan jumlah *order part* (hasil pemesanan) selama 12 bulan. Hasil unuk pipa baja empat inch permintaan selama satu tahun adalah 343 batang, sedangkan jumlah *order part* nya sebanyak 345. Pipa baja enam inch total permintaannya adalah 221 batang dan total jumlah *order part* sebanyak 259 batang dan untuk pipa baja delapan inch permintaan selama setahun tercatat sebanyak 167 batang dan total jumlah *order part* nya sebanyak 205. Sehingga simulasi Monte Carlo menunjukkan jumlah order yang jauh lebih tinggi dibandingkan permintaan aktual, yang dapat meningkatkan biaya penyimpanan akibat kelebihan stok. Oleh karena itu, diperlukan evaluasi lebih lanjut agar estimasi yang dihasilkan menjadi lebih efisien dan selaras dengan pola permintaan sebenarnya.

Metode Croston

Nilai alpha (α) yang digunakan dalam data ini adalah 0,009 dan diperoleh melalui pengolahan data menggunakan *software* Eviews. Metode yang digunakan adalah *Single Exponential Smoothing*, karena metode Croston dikembangkan dari pendekatan ini. Nilai α yang digunakan dalam peramalan menggunakan metode Croston dan *Syntetos Boylan Approximation* dapat dilihat dari Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Nilai Alpha Software Eviews

<i>Method</i>	<i>Single Exponential</i>
<i>Parameters</i>	Alpha
<i>Sum of Squared Residuals</i>	0,0010
<i>Root mean Squared Error</i>	1279,621
<i>End of Period Levels</i>	10,32643
	Mean
	16,31534

Berikut merupakan peritungan peramalan menggunakan metode Croston dapat dilihat dari Tabel 5.

Tabel 5. Perhitungan Metode Croston

Periode (t)	Demand (Xt)	s(t)	Q	I(t)	Croston
0	0	0	0	0	0
1	52	51,948	1	0,999	52
2	21	21,030948	1	0,999999	21
3	0	0,021030948	1	0,999999999	0
4	28	0,021030948	1	0,999999999	0
5	57	56,94302103	1	0,999999999	57
6	34	34,02294302	1	1	34
7	34	34,00002294	1	1	34
8	29	29,00500002	1	1	29
9	0	29,00500002	1	1	29
10	29	29,000005	1	1	29
11	48	47,98100001	1	1	48
12	11	11,036981	1	1	11
Jumlah	343				344

Tabel 5. menunjukkan bahwa hasil perhitungan metode Croston pipa baja empat inch selama setahun. Metode Croston digunakan untuk memprediksi permintaan yang bersifat *intermiten* (tidak teratur), di mana terdapat periode dengan permintaan nol yang mengakibatkan tantangan dalam peramalan dengan metode konvensional.

Kolom s(t) menunjukkan estimasi rata-rata permintaan yang diperbarui secara eksponensial sesuai dengan data permintaan aktual. Nilai Q mewakili frekuensi munculnya permintaan yang dianggap konstan dalam metode Croston, sedangkan I(t) adalah interval antar permintaan yang digunakan untuk menyesuaikan estimasi ke depan.

Sebagai contoh, pada periode ke-2 terdapat permintaan aktual (Xt) sebanyak 21 unit. Nilai s(t) pada periode tersebut adalah 21,030948 dan interval I(t) sebesar 0,999999. Dalam metode Croston, s(t) dihitung berdasarkan kombinasi antara permintaan baru dan s(t) sebelumnya (misalnya 51,948), menggunakan faktor pemulusan α . Proses serupa juga diterapkan pada pembaruan nilai I(t), yang mencerminkan frekuensi kemunculan permintaan semakin kecil nilainya, semakin sering permintaan terjadi. Sehingga, ramalan permintaan dihitung dengan membagi s(t) dengan I(t), sehingga menghasilkan estimasi sekitar 21 unit pada periode selanjutnya nilai yang mendekati permintaan aktual.

Berdasarkan hasil perhitungan metode Croston menghasilkan total permintaan actual sebesar 343 batang dan permintaan peramalan sebesar 344 batang. Hal ini menunjukkan bahwa sedikit lebih tinggi dari permintaan aktual, yang dapat berpotensi menyebabkan kelebihan stok (*overstock*), tetapi juga dapat menjadi cadangan yang bermanfaat jika terjadi lonjakan permintaan.

Berikut merupakan rekapitulasi hasil peramalan pipa baja empat inch, enam inch, dan delapan inch menggunakan metode Croston dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Rekapitulasi Hasil Peramalan Metode Croston

Data (Bulan)	PIPA Baja 4 inch		PIPA Baja 6 inch		PIPA Baja 8 inch	
	Demand	Jumlah Order Part	Demand	Jumlah Order Part	Demand	Jumlah Order Part
1	52	52	30	30	14	14
2	21	21	32	32	0	1
3	0	0	40	39	12	11
4	28	0	0	4	14	11
5	57	57	26	4	26	24
6	34	34	23	21	12	13
7	34	34	0	2	13	13
8	29	29	27	2	14	14
9	0	29	6	6	0	14
10	29	29	17	16	25	24
11	48	48	0	16	25	25
12	11	11	20	20	12	13
Jumlah	343	344	221	191	167	178

Dari hasil peramalan dengan metode Croston, terlihat bahwa jumlah order part yang dihasilkan tidak selalu identik dengan nilai permintaan aktual tiap bulannya. Hal ini sejalan dengan karakteristik metode Croston yang dirancang untuk menangani permintaan *intermiten* (tidak terjadi secara kontinu), dengan cara memperbarui estimasi permintaan dan interval antar permintaan secara terpisah. Pipa baja 4 inch, total permintaan selama 12 bulan adalah 343 batang, sementara jumlah order part yang dihasilkan adalah 344 batang menunjukkan hasil prediksi yang sangat mendekati permintaan aktual, meskipun dalam beberapa bulan seperti bulan ke-6 dan ke-10 terlihat ada perbedaan signifikan antara nilai demand dan jumlah order part.

Sementara itu, pada pipa baja 6 inch, total permintaan adalah 221 batang, tetapi jumlah order part yang diperkirakan hanya 191 batang. Ini menunjukkan bahwa metode Croston pada jenis pipa ini menghasilkan prediksi yang lebih konservatif dibandingkan permintaan sebenarnya. Hal ini bisa saja terjadi karena fluktuasi permintaan yang tidak teratur, sehingga interval permintaan yang diperbarui lebih besar, yang mengakibatkan estimasi jumlah order menjadi lebih rendah.

Sebaliknya, untuk pipa baja 8 inch, permintaan aktual tercatat sebanyak 167 batang, tetapi jumlah order yang dihasilkan mencapai 178 batang, sedikit melebihi permintaan. Kelebihan ini mencerminkan cara metode Croston mengantisipasi kemungkinan permintaan di masa depan, terutama saat terjadi permintaan nol di beberapa bulan, seperti bulan ke-1 dan ke-2. Perbedaan antara nilai permintaan dan jumlah order ini mencerminkan kekuatan metode Croston dalam menghaluskan fluktuasi permintaan agar perusahaan dapat menyusun perencanaan pengadaan yang lebih stabil. Meskipun terdapat potensi *overstock* (kelebihan stok) atau *understock* (kekurangan stok) pada jenis pipa tertentu, secara umum metode ini memberikan estimasi yang realistis dan dapat diandalkan dalam menghadapi pola permintaan yang tidak teratur.

Metode Synthesos Boylan Approximation (SBA)

Metode *Syntetos Boylan Approximation* (SBA) merupakan pengembangan dari metode Croston yang ditujukan untuk mengurangi bias yang terdapat pada metode aslinya. Dalam pendekatannya, metode ini tetap mengikuti prinsip dasar Croston, namun melakukan penyesuaian pada hasil peramalan dengan cara mengalikannya dengan faktor koreksi $(1 - \alpha/2)$. Dengan demikian, meskipun struktur perhitungannya serupa, perbedaan utama SBA terletak pada proses penyesuaian nilai estimasi agar hasilnya lebih akurat dan tidak terlalu menyimpang dari kenyataan.

Berikut merupakan perhitungan menggunakan metode SBA dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Perhitungan Metode SBA

Periode (t)	Demand (Xt)	s(t)	Q	I(t)	Croston	SBA
0	0	0	0	0	0	0
1	52	51,948	1	0,999	52	29
2	21	21,030948	1	0,999999	21	12
3	0	0,021030948	1	0,99999999	0	1
4	28	0,021030948	1	0,99999999	0	1
5	57	56,94302103	1	0,99999999	57	32
6	34	34,02294302	1	1	34	19
7	34	34,00002294	1	1	34	19
8	29	29,00500002	1	1	29	16
9	0	29,00500002	1	1	29	16
10	29	29,000005	1	1	29	16
11	48	47,98100001	1	1	48	27
12	11	11,036981	1	1	11	7
Jumlah	343				344	195

Pada tabel ini dapat dilihat perhitungan peramalan pipa baja empat inch menggunakan metode *Syntetos-Boylan Approximation* (SBA). Metode ini adalah hasil modifikasi dari pendekatan Croston yang dirancang untuk menangani pola permintaan intermiten secara lebih tepat. Pada tabel terkait, ditampilkan beberapa parameter utama, yaitu permintaan aktual (Xt), estimasi permintaan (s(t)), interval waktu antar permintaan (I(t)), serta hasil peramalan yang dihitung menggunakan metode Croston dan *Syntetos Boylan Approximation* (SBA). Hasil peramalan SBA menghasilkan lebih kecil dibandingkan metode Croston, contohnya metode Croston sebesar 344 batang sedangkan SBA hanya 195 batang. Hal ini terjadi karena metode SBA memberikan penyesuaian terhadap bias yang ada pada metode Croston, sehingga jumlah order yang dihasilkan lebih konservatif dan mendekati permintaan aktual.

Berikut merupakan hasil peramalan pipa baja empat inch, enam inch, dan delapan inch menggunakan metode *Syntetos Boylan Approximation* (SBA) yang dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8. Rekapitulasi Hasil Peramalan Metode SBA

No	PIPA Baja 4 inch		PIPA Baja 6 inch		PIPA Baja 8 inch	
	Demand	Jumlah Order Part	Demand	Jumlah Order Part	Demand	Jumlah Order Part
1	52	29	30	17	14	8
2	21	12	32	18	0	1
3	0	1	40	22	12	7
4	28	1	0	3	14	7
5	57	32	26	3	26	14
6	34	19	23	12	12	8
7	34	19	0	2	13	8
8	29	16	27	2	14	8
9	0	16	6	4	0	8
10	29	16	17	9	25	14
11	48	27	0	9	25	14
12	11	7	20	11	12	8
Jumlah	343	195	221	112	167	105

Berdasarkan tabel, terlihat bahwa jumlah total order part hasil peramalan dengan metode SBA secara konsisten lebih rendah dibandingkan dengan total permintaan aktual. Untuk pipa baja 4 inch, jumlah permintaan mencapai 343 batang, sementara jumlah order part hanya 195 batang. Pada pipa baja 6 inch, permintaan sebanyak 221 batang hanya menghasilkan 112 order part. Hal serupa terjadi pada pipa baja 8 inch, di mana dari total permintaan 167 batang, peramalan SBA menyarankan pemesanan sebanyak 105 batang saja.

Ketidakseimbangan antara permintaan aktual dan jumlah order ini menunjukkan bahwa metode SBA mengutamakan efisiensi dengan menghindari overestimasi, yang sering berujung pada kelebihan stok dan pemborosan biaya penyimpanan. Dalam konteks manajemen persediaan, pendekatan seperti ini penting untuk menjaga kestabilan rantai pasok, terutama pada barang-barang yang permintaannya tidak teratur. Oleh karena itu, penggunaan metode SBA memberikan gambaran perencanaan stok yang lebih realistis dan hemat biaya. Ini sangat relevan bagi perusahaan yang menangani produk dengan permintaan intermiten, karena dapat meminimalkan risiko overstock sekaligus tetap menjaga ketersediaan barang secara optimal.

Verifikasi Hasil Peramalan

Memverifikasi hasil peramalan menggunakan error terkecil dari metode yang terpilih. Penggunaan Mean Square Error dan Mean Average Deviation karena banyak permintaan bernilai 0. Hasil perhitungan error pada masing-masing metode dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Verifikasi Hasil Peramalan

		Verifikasi Metode					
No	Part	Simulasi Monte Carlo		Croston		SBA	
		MSE	MAD	MSE	MAD	MSE	MAD

1	PIPA Baja 4inch	574,33	19,167	135,343	4,765	288,833	15,166
2	PIPA Baja 6inch	284,667	12,000	115,382	6,142	183,917	11,416
3	PIPA Baja 8inch	66,833	5,500	17,736	2,076	54,5	6,66

Dalam memverifikasi hasil peramalan, error yang digunakan adalah *Mean Squared Error* (MSE) dan *Mean Absolute Deviation* (MAD) yang menjadi indikator utama karena kedua error ini mampu memberikan gambaran yang jelas mengenai tingkat kesalahan peramalan. Dalam memilih metode peramalan yang paling tepat, salah satu pertimbangan utamanya adalah nilai kesalahan prediksi. Metode dengan nilai error paling rendah dianggap paling akurat., perbandingan antara tiga metode peramalan yaitu Simulasi Monte Carlo, Croston, dan Syntetos Boylan Approximation (SBA) menunjukkan bahwa metode Croston memberikan hasil paling optimal, ditandai dengan nilai *Mean Square Error* (MSE) dan *Mean Absolute Deviation* (MAD) yang lebih kecil dibandingkan dua metode lainnya.

Metrik MSE digunakan karena menghitung rata-rata kuadrat dari selisih antara hasil prediksi dan data aktual. Dengan memberikan bobot lebih besar pada kesalahan yang besar melalui pemangkatan, MSE menjadi lebih peka terhadap outlier atau fluktuasi ekstrem. Hal ini penting dalam konteks peramalan untuk memastikan bahwa lonjakan permintaan tidak menyebabkan deviasi prediksi yang terlalu besar.

MAD dipilih karena menghitung rata-rata dari selisih absolut antara nilai aktual dan hasil peramalan tanpa memperbesar skala kesalahan. Kelebihan dari MAD adalah kemampuannya memberikan ukuran error dalam satuan yang sama dengan data asli, sehingga memudahkan interpretasi. Selain itu, MAD lebih tahan terhadap pengaruh data yang mengandung banyak nol, seperti dalam kasus permintaan pipa yang bersifat intermiten. Dengan demikian, analisis nilai MSE dan MAD tidak hanya membantu dalam mengevaluasi akurasi metode, tetapi juga mempertimbangkan stabilitas dan sensitivitas metode terhadap variasi permintaan.

Hasil peramalan pada pipa baja 4 inch, metode croston memiliki MSE sebesar 135,343 dan MAD sebesar 4,765, jauh lebih rendah dibandingkan simulasi Monte Carlo (574,333; 19,167) dan SBA (288,833; 15,166). Hal serupa ini terjadi pada pipa baja

enam inch dan pipa baja delapan inch, di mana hasil metode Croston memiliki nilai MAD dan MSE paling kecil.

Uji Validitas Hasil Peramalan

Berdasarkan perhitungan *error*, metode terpilih pada ketiga material adalah Croston. Selanjutnya, akan divalidasi menggunakan dilanjutkan dengan Uji F.

Hasil output Uji F Pipa Baja 4 inch menggunakan Excel dapat dilihat dari Tabel 10.

Tabel 10. Hasil Uji F Pipa Baja 4 inch

F-Test Two-Sample for Variances

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Mean	28,58333333	28,67225034
Variance	344,8106061	344,0698898
Observations	12	12
df	11	11
F	1,002152808	
P(F<=f) one-tail	0,498609225	
F Critical one-tail	2,81793047	

Hasil uji F menunjukkan bahwa variansi antara data permintaan dan hasil peramalan adalah sama. Hal ini dibuktikan dengan nilai F hitung < F Tabel . yaitu $1,002152808 < 2,81793047$. Dengan demikian, metode peramalan yang digunakan dapat dinyatakan valid.

Kemudian, hasil output Uji F Pipa Baja 6 inch menggunakan Excel dapat dilihat dari Tabel 5.11

Tabel 11. Hasil Uji F Pipa Baja 6 inch

F-Test Two-Sample for Variances

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Mean	18,41666667	15,92228144
Variance	192,0833333	164,4204626
Observations	12	12
df	11	11
F	1,168244696	
P(F<=f) one-tail	0,400535653	
F Critical one-tail	2,81793047	

Hasil uji F menunjukkan bahwa variansi antara data permintaan dan hasil peramalan adalah sama. Hal ini dibuktikan dengan nilai F hitung < F Tabel yaitu $1,168244696 < 2,81793047$. Dengan demikian, metode peramalan yang digunakan dapat dinyatakan valid.

Selanjutnya, hasil output Uji F Pipa Baja 8 inch menggunakan Excel dapat dilihat dari Tabel 12.

Tabel 12. Hasil Uji F Pipa Baja 8 inch

F-Test Two-Sample for Variances

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Mean	13,91666667	14,83841541
Variance	71,90151515	45,50362655
Observations	12	12
df	11	11
F	1,580127137	
P(F<=f) one-tail	0,230093087	
F Critical one-tail	2,81793047	

Hasil uji F menunjukkan bahwa variansi antara data permintaan dan hasil peramalan adalah sama. Hal ini dibuktikan dengan nilai F hitung < F Tabel yaitu $1,580127137 < 2,81793047$. Dengan demikian, metode peramalan yang digunakan dapat dinyatakan valid.

Analisis Metode Peramalan

Berdasarkan data permintaan pada material pipa baja untuk ukuran empat inch, enam inch, dan delapan inch yang telah dikumpulkan, dilakukan peramalan tahun 2024 dengan menggunakan metode simulasi monte carlo, croston, dan SBA. Peramalan bertujuan untuk mengetahui perkiraan kebutuhan material pipa baja selama periode akan digunakan pada beberapa periode kedepan dari metode peramalan tersebut.

Data bulanan realisasi material pipa baja dengan tiga pada tahun 2024 kemudian digambarkan dalam sebuah grafik untuk mengetahui plot data untuk masing-masing ukuran. Hal tersebut dilakukan sebelum metode peramalan dimulai. Plot data berfungsi untuk melihat pola data yang terjadi pada data historis serta digunakan untuk menentukan metode peramalan apa yang akan digunakan selanjutnya. Berdasarkan Gambar 1. dapat diketahui bahwa plot data yang dihasilkan berpola musiman, berunsur trend, dan data fluktuatif. Oleh karena itu, metode *forecasting* yang digunakan ialah metode yang juga memperhitungkan ketiga hal tersebut. Metode yang tepat untuk digunakan adalah metode simulasi Monte Carlo, Croston, dan SBA. Peramalan dilakukan untuk mendapatkan kebutuhan material listrik pada 12 bulan kedepan atau periode 2025.

Pada material pipa baja ukuran empat inch, melakukan perhitungan peramalan dengan metode Monte Carlo, Croston, dan SBA secara manual menggunakan

Microsoft Excel. Pada simulasi Monte Carlo mendapatkan nilai error sebesar 574,333 pada MSE dan 19,167 pada MAD. Pada metode croton mendapatkan error sebesar 135,343 pada MSE dan 4,765 pada MAD dan pada metode SBA mendapatkan sebesar 288,833 pada MSE dan 15,166 pada MAD. Sehingga untuk material pipa baja ukuran empat inch nilai error terkecil dari metode croston

Pada pipa baja ukuran enam inch, hasil perhitungan pada Monte Carlo mendapatkan nilai error sebesar 284,667 pada MSE dan 12,000 pada MAD, metode Croston mendapatkan sebesar 115,383 pada MSE dan 6,142 pada MAD, dan pada metode SBA nilai error yang didapatkan sebesar 183,917 pada MSE dan 11,416 pada MAD. Sehingga untuk material pipa baja ukuran enam inch nilai error terkecil dari metode croston.

Pada pipa baja ukuran delapan inch, hasil perhitungan pada Monte Carlo mendapatkan nilai error sebesar 66,833 pada MSE dan 5,500 pada MAD. Sedangkan untuk metode Croston mendapatkan nilai error sebesar 17,736 pada MSE dan 2,076 pada MAD dan pada metode SBA didapatkan sebesar 54,5 untuk MSE dan 6,66 untuk MAD. Sehingga untuk material pipa baja ukuran delapan inch nilai error terkecil dari metode croston.

Analisis Validasi Hasil Peramalan

Setelah melakukan verifikasi error dan mendapatkan metode terbaik, maka selanjutnya dilakukanlah validasi dari hasil peramalan metode terpilih tersebut. Metode yang digunakan dalam validasi hasil peramalan adalah Uji F menggunakan Microsoft Excel.

Pada material pipa baja empat inch, dapat dilihat dari hasil uji F menunjukkan bahwa variansi antara data permintaan dan hasil peramalan adalah sama. Hal ini dibuktikan dengan nilai $F_{hitung} < F_{Tabel}$. yaitu $1,002152808 < 2,81793047$. Dengan demikian, metode peramalan yang digunakan dapat dinyatakan valid. F tabel didapatkan dari tabel L.6 Walpole. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa hasil pada metode forecasting Croston valid dan dapat digunakan sebagai acuan untuk 12 bulan kedepan atau periode 2025 pada material pipa baja empat inch.

Pada material pipa baja enam inch, dapat dilihat dari hasil uji F, dapat dilihat dari hasil uji F menunjukkan bahwa variansi antara data permintaan dan hasil peramalan adalah sama. Hal ini dibuktikan dengan nilai $F_{hitung} < F_{Tabel}$. yaitu $1,168244696 < 2,81793047$.

Dengan demikian, metode peramalan yang digunakan dapat dinyatakan valid. F tabel didapatkan dari tabel L.6 Walpole. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa hasil pada metode forecasting Croston valid dan dapat digunakan sebagai acuan untuk 12 bulan kedepan atau periode 2025 pada material pipa baja enam inch.

Pada material pipa baja delapan inch, dapat dilihat dari hasil uji F, dapat dilihat dari hasil uji F menunjukkan bahwa variansi antara data permintaan dan hasil peramalan adalah sama. Hal ini dibuktikan dengan nilai $F_{hitung} < F_{Tabel}$. yaitu $1,580127137 < 2,81793047$. Dengan demikian, metode peramalan yang digunakan dapat dinyatakan valid. F tabel didapatkan dari tabel L.6 Walpole. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa hasil pada metode forecasting Croston valid dan dapat digunakan sebagai acuan untuk 12 bulan kedepan atau periode 2025 pada material pipa baja delapan inch.

Analisis Perbandingan Data Demand dan Dampak Pada Perusahaan

Dari hasil perhitungan dan pengolahan data yang telah dilakukan, perusahaan ingin mengetahui perbandingan data demand historis dengan data demand hasil forecast. Perbandingan data demand berdasarkan perhitungan metode Croston bisa dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Perbandingan Data Demand

Data (Bulan)	PIPA Baja 4 inch		PIPA Baja 6 inch		PIPA Baja 8 inch	
	Demand Historis	Demand Forecast	Demand Historis	Demand Forecast	Demand Historis	Demand Forecast
1	52	52	30	30	14	14
2	21	21	32	32	0	1
3	0	0	40	39	12	11
4	28	0	0	4	14	11
5	57	57	26	4	26	24
6	34	34	23	21	12	13
7	34	34	0	2	13	13
8	29	29	27	2	14	14
9	0	29	6	6	0	14
10	29	29	17	16	25	24
11	48	48	0	16	25	25
12	11	11	20	20	12	13
Jumlah	343	344	221	191	167	178

Hasil peramalan dengan metode Croston menunjukkan bahwa jumlah part yang dipesan tidak selalu berbanding lurus dengan permintaan aktual setiap bulan. Hal ini wajar karena Croston memang dirancang untuk menangani pola permintaan intermiten dengan memutakhirkan besaran permintaan dan jarak antar permintaan secara terpisah. Pada pipa baja 4 inci, total permintaan 12 bulan adalah 343 batang, sementara rekomendasi pesanan mencapai 344 batang dimana selisih tipis tersebut menandakan akurasi tinggi, meskipun bulan ke-6 dan ke-10 tampak menyajikan deviasi mencolok. Berbeda dengan pipa 6 inci, di mana kebutuhan kumulatif 221 batang tetapi pesanan yang

diusulkan hanya 191 batang, sehingga estimasinya terlihat lebih konservatif. Kemungkinan karena fluktuasi permintaan tidak beraturan yang memperlebar interval antarpesanan. Sebaliknya, pipa 8 inci merekam permintaan 167 batang, namun usulan pemesanan mencapai 178 batang. Kelebihan ini merefleksikan cara Croston mengantisipasi permintaan masa depan, terutama saat beberapa bulan (misalnya bulan pertama dan kedua) permintaan bernilai nol. Perbedaan tersebut memperlihatkan kemampuan metode Croston meredam volatilitas, sehingga perusahaan dapat merancang pengadaan yang lebih stabil. Meski masih ada potensi overstock atau understock pada jenis pipa tertentu, secara keseluruhan Croston tetap memberikan estimasi yang realistis dan tepercaya untuk pola permintaan yang tidak teratur.

Secara keseluruhan, perbandingan antara data historis dan hasil peramalan menunjukkan bahwa metode Croston mampu memberikan estimasi yang cukup stabil dan realistis, terutama untuk pola permintaan yang tidak teratur. Jika dibandingkan dengan metode Monte Carlo, Croston terbukti lebih unggul karena Monte Carlo hanya berfungsi sebagai simulasi berbasis pengacakan yang mengandalkan distribusi probabilistik tanpa memperhitungkan karakteristik khusus data intermiten. Hasil simulasi Monte Carlo cenderung fluktuatif dan membutuhkan asumsi distribusi yang kuat, sehingga kurang tepat digunakan untuk peramalan jangka panjang yang menuntut stabilitas dan akurasi. Sementara itu, metode SBA (Syntetos-Boylan Approximation), yang merupakan pengembangan dari Croston, memang bertujuan mengurangi bias peramalan, namun dalam praktiknya tetap menunjukkan kecenderungan bias dan tidak menghasilkan performa lebih baik daripada Croston dalam kasus ini. Berdasarkan hasil analisis dan pengujian dalam laporan, metode Croston memberikan nilai error terkecil dan lolos uji validasi, menjadikannya metode paling efektif dan andal dalam memperkirakan permintaan pipa baja untuk mendukung efisiensi pengelolaan persediaan di perusahaan.

Bagi perusahaan yang sebelumnya tidak menggunakan metode peramalan dalam pengelolaan data demand, penggunaan Croston membawa dampak positif yang signifikan. Tanpa metode peramalan, pengadaan material cenderung bersifat reaktif sehingga berisiko terjadi kekurangan stok, pesanan mendadak, biaya transportasi tinggi, dan gangguan pada jadwal produksi. Sebaliknya, dengan penerapan metode Croston, perusahaan dapat mengelola stok secara lebih proaktif,

menjaga kontinuitas proses produksi, menurunkan biaya logistik, serta meningkatkan kepuasan pelanggan karena pengiriman produk menjadi lebih tepat waktu. Oleh karena itu, implementasi metode peramalan seperti Croston sangat direkomendasikan dalam sistem pengadaan perusahaan untuk mendukung efisiensi operasional dan kestabilan rantai pasok.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang sudah dilakukan maka dapat diambil beberapa kesimpulan:

1. Melakukan peramalan yang sebelumnya belum diterapkan oleh perusahaan, telah tercapai dengan baik. Penelitian ini berhasil menerapkan tiga metode peramalan Monte Carlo, Croston, dan Syntetos Boylan Approximation (SBA) untuk menganalisis kebutuhan material pipa baja ukuran empat inch, enam inch, dan delapan inch. Hasil analisis menunjukkan bahwa metode Croston memberikan estimasi paling mendekati permintaan aktual, terutama untuk data dengan pola permintaan yang tidak teratur atau intermiten, dengan nilai forecast error yang rendah dan validasi yang lolos uji F.
2. Membandingkan data demand historis dengan hasil forecasting dan melihat dampaknya terhadap perusahaan, hasil perbandingan menunjukkan bahwa metode forecasting memberikan manfaat signifikan. Dengan peramalan, perusahaan dapat mengurangi risiko overstock maupun understock, menekan biaya penyimpanan dan pemesanan mendadak, serta menjaga ketersediaan material yang berdampak langsung pada kelancaran proyek dan efisiensi operasional. Sebelum dilakukan peramalan, pengadaan material masih bersifat reaktif, sehingga rawan kekurangan stok saat permintaan tiba-tiba meningkat. Melalui pendekatan peramalan yang tepat, perusahaan kini dapat merancang sistem pengadaan yang lebih terstruktur dan responsif terhadap pola permintaan, sehingga mendukung efisiensi rantai pasok dan meningkatkan performa logistik secara keseluruhan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bimantoro, B., 201. *PPerencanaan Rantai Pasok Gas Alam Untuk Pemenuhan Kebutuhan Energi di Ibu Kota Negara Baru*, Surabaya: s.n.
- Putra, R. D., Apridiansyah, Y. & Sahputra, E., 2022. Penerapan Metode Monte Carlo pada Simulasi Prediksi Jumlah Calon Mahasiswa Baru Universitas Muhammadiyah Bengkulu.

Processor: Jurnal Ilmiah Sistem Informasi, Teknologi Informasi dan Sistem Komputer, Volume 17, No. 2.

- Simamora, Y. K., Puspita, E. & Herrhyanto, N., 2019. Peramalan Jumlah Permintaan Spare Part LCV Bushing Struthbar Dengan Menggunakan Metode Croston dan Metode Syntetos Boylan Approximation. Dalam: s.l.:s.n.
- Wibowo, Y. E. & Windarta, J., 2022. Kondisi Gas Bumi Indonesia dan Energi Alternatif Pengganti Gas Bumi. *JEET: Jurnal Energi Baru & Terbarukan*, Volume 3, p. 1.
- XU, Q., WANG, N. & SHI, H., 2012. A Review of Croston's Method for Intermittent Demand Forecasting.