

PENGENDALIAN PERSEDIAAN MATERIAL LISTRIK DENGAN METODE FORECASTING, CONTINUOUS REVIEW, DAN PERIODIC REVIEW (STUDI KASUS: GUDANG KRAPYAK PT PLN (PERSERO) UP3 SEMARANG)

Hieldayanti Chandraningrum¹, Arfan Bakhtiar²

*Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275*

Abstrak

PT PLN (Persero) UP3 Semarang merupakan salah satu unit pelaksana PLN yang mengelola, memenuhi, serta menjadi unit distribusi kebutuhan listrik pelanggan di seluruh wilayah Semarang. Adanya fluktuasi menyebabkan PT PLN (Persero) UP3 Semarang sulit melakukan prediksi terhadap permintaan pelanggan yang akan datang sehingga perusahaan juga sulit meramalkan ketersediaan material yang ada di gudang. Hal tersebut menimbulkan kondisi stock out, dimana gudang kekurangan material ketika ada permintaan masuk dari pelanggan. Permasalahan lain yang ditemui adalah adanya over stock, dimana beberapa material yang persediaannya terlalu banyak atau dengan kata lain tertimbun. Oleh karena itu, dilakukan rekomendasi perbaikan dengan melakukan peramalan menggunakan tiga metode yaitu Simulasi Monte Carlo, Single Moving Average, dan Holts-Winter Multiplikatif. Metode peramalan diterapkan kepada material yang memiliki nilai barang per tahun dan frekuensi penggunaan yang tinggi. Dari ketiga metode peramalan, dilakukan verifikasi dengan menghitung nilai error menggunakan metode MAD, MSE, dan MAPE. Berdasarkan verifikasi yang dilakukan, diperoleh metode dengan nilai error terkecil adalah metode Holts-Winter Multiplikatif sehingga metode tersebut merupakan metode terpilih untuk meramalkan permintaan material. Selanjutnya dilakukan validasi menggunakan peta moving range dan uji F. Hasil validasi menunjukkan bahwa metode Holts-Winter valid digunakan sebagai metode peramalan material listrik. Pada penelitian ini dilakukan juga evaluasi kebijakan pengadaan dengan membandingkan total biaya antara metode continuous review dengan metode periodic review. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode continuous review menghasilkan biaya persediaan yang lebih rendah sehingga dapat menjadi pertimbangan untuk diterapkan pada sistem persediaan PT PLN (Persero) UP3 Semarang.

Kata kunci: *forecasting; continuous review; periodic review; pengendalian persediaan*

Abstract

[Title: Electrical Material Inventory Control With Forecasting, Continuous Review, And Periodic Review Methods (Case Study: Krapyak Warehouse Pt Pln (Persero) Up3 Semarang)] PT PLN (Persero) UP3 Semarang is one of the PLN implementing units that manages, fulfills, and becomes a distribution unit for customer electricity needs throughout the Semarang area. The existence of fluctuations makes it difficult for PT PLN (Persero) UP3 Semarang to predict future customer demand so that the company is also difficult to predict the availability of materials in the warehouse. This causes a stock out condition, where the warehouse lacks material when there is an incoming request from the customer. Another problem encountered is the existence of over stock, where some materials are too much inventory or in other words hoarded. Therefore, improvement recommendations are made by forecasting using three methods, namely Monte Carlo Simulation, Single Moving Average, and Holts-Winter Multiplicative. Forecasting methods are applied to materials that have an annual value of goods and a high frequency of use. Of the three forecasting methods, verification is carried out by calculating the error value using the MAD, MSE, and MAPE methods. Based on the verification, the method with the smallest error value is the Holts-Winter Multiplicative method so that the method is the selected method for forecasting material demand. Furthermore, validation is carried out using the moving range map and the F test. The validation results show that the Holts-Winter method is valid to be used as a forecasting method for electrical materials. This research also evaluates the procurement policy by comparing the total cost between the continuous review

method and the periodic review method. The results show that the continuous review method results in lower inventory costs so that it can be considered to be applied to the inventory system of PT PLN (Persero) UP3 Semarang.

Keywords: *forecasting; continuous review; periodic review; inventory control*

1. Pendahuluan

Listrik merupakan salah satu sumber energi pokok untuk memenuhi kebutuhan hidup seluruh lapisan masyarakat. Listrik digunakan dalam berbagai bidang mulai dari rumah tangga, industri, pertanian, perkantoran, swasta hingga pemerintah memerlukan daya listrik untuk keberjalanan kegiatannya. Pertumbuhan masyarakat dan perkembangan teknologi turut mendorong penggunaan serta kebutuhan masyarakat akan energi listrik. Melansir dari CNBC Indonesia (15/11), Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) mengungkapkan proyeksi kebutuhan listrik dalam negeri di tahun 2024 mendatang akan mencapai 3,6% hingga 4,2% lebih besar dari tahun 2023. PT Perusahaan Listrik Negara (Persero) atau yang disingkat PLN merupakan Badan Usaha Milik Negara (BUMN) sebagai perusahaan jasa listrik di Indonesia yang melayani distribusi kelistrikan serta pemenuhan kebutuhan layanan listrik lainnya di seluruh Indonesia. Sebagai perusahaan milik negara, PT PLN memiliki tuntutan untuk menyediakan tenaga listrik dengan jumlah dan kualitas yang memadai bagi masyarakat serta menghasilkan keuntungan guna memenuhi tugas yang diberikan pemerintah pada sektor ketenagalistrikan.

Dalam melakukan pelayanan distribusi, PT PLN (Persero) membagi fungsinya ke dalam beberapa unit di seluruh wilayah Indonesia. Adapun struktur unit PT PLN (Persero) terdiri atas kantor pusat PLN, Unit Induk dan/atau Pusat-Pusat, Unit Pelaksana, serta Unit Layanan. PT PLN (Persero) UP3 Semarang merupakan salah satu unit pelaksana PLN yang mengelola, memenuhi, serta menjadi unit distribusi kebutuhan listrik pelanggan di seluruh wilayah Semarang. PT PLN (Persero) UP3 Semarang fokus pada pelayanan berupa pemenuhan kebutuhan pemasangan listrik baru serta penambahan daya listrik. PT PLN (Persero) UP3 Semarang membawahi tujuh Unit Layanan Pelanggan (ULP) di tujuh kawasan di sekitar Semarang meliputi Semarang Tengah, Semarang Timur, Semarang Barat, Semarang Selatan, Kendal, Boja, dan Weleri. Tujuh ULP tersebut menjadi perpanjangan tangan PT PLN (Persero) UP3 Semarang untuk melakukan distribusi layanan kepada konsumen.

Pemenuhan kebutuhan listrik pada PT PLN (Persero) UP3 Semarang ditunjang dengan tersedianya gudang-gudang yang menampung material listrik yang akan dipasang sesuai dengan kebutuhan listrik pelanggan. PT PLN (Persero) UP3 Semarang memiliki tiga gudang utama yang berada di Krapyak, Randugarut, dan Kalisari. Pada gudang terdapat setidaknya 200 jenis material listrik

yang dibedakan menjadi dua kelompok umum yaitu Material Distribusi Utama (MDU) dan material aksesoris. Material Distribusi Utama merupakan material utama dalam instalasi listrik yang pengadaannya berasal dari alokasi yang didistribusikan oleh Unit Induk dan/atau Pusat-Pusat PLN. Material Distribusi Utama (MDU) meliputi Kwh Meter, *Miniature Circuit Breaker* (MCB), kabel, trafo, isolator, konduktor, dan kubikel. Sementara material aksesoris merupakan material yang mendukung pemasangan MDU, di mana pengadaannya dilakukan oleh UP3. Material aksesoris tersebut meliputi segel Kwh Meter, *cross arm*, serandang trafo, *ground luck*, *ground rod*, dan terminating.

Ketersediaan material instalasi listrik merupakan salah satu hal utama yang harus diperhatikan oleh PT PLN (Persero) UP3 Semarang. Berdasarkan wawancara dan observasi yang dilakukan pada bagian konstruksi PT PLN (Persero) UP3 Semarang serta pada Gudang Krapyak, permasalahan mengenai material yang terjadi yaitu adanya fluktuasi permintaan pelanggan terhadap pemasangan instalasi listrik dan penambahan daya. Adanya fluktuasi menyebabkan PT PLN (Persero) UP3 Semarang sulit melakukan prediksi terhadap permintaan pelanggan yang akan datang sehingga perusahaan juga sulit meramalkan ketersediaan material yang ada di gudang. Hal tersebut menimbulkan kondisi *stock out*, di mana gudang kekurangan material ketika ada permintaan masuk dari pelanggan. Oleh karenanya terjadi penundaan pemasangan atau penambahan daya sehingga pelanggan harus menunggu lebih lama untuk mendapatkan layanan dari PT PLN (Persero) UP3 Semarang. Selain itu, beberapa material listrik merupakan material gabungan yang saling melengkapi, seperti Kwh Meter dan MCB. Pemasangan instalasi listrik dan penambahan daya listrik tidak dapat dilakukan apabila salah satu dari material tersebut tidak terpenuhi kuantitasnya. Penundaan pemasangan dan penambahan daya listrik oleh PT PLN (Persero) UP3 Semarang secara langsung memengaruhi tingkat layanan dan kepuasan konsumen, serta menghambat distribusi dan penjualan energi listrik. Permasalahan lain yang ditemui terkait persediaan material di PT PLN (Persero) UP3 Semarang adalah adanya *over stock*, dimana ditemui beberapa material yang persediaannya terlalu banyak atau dengan kata lain tertimbun. Adanya persediaan material yang berlebih menyebabkan adanya peningkatan biaya simpan akibat waktu penyimpanan yang lebih lama pada gudang. Pada material MDU, kasus yang sering ditemui adalah ketidakpastian *leadtime* dan alokasi yang diberikan oleh

Unit Induk dan/atau Pusat-Pusat yang menyebabkan material belum tersedia ketika dibutuhkan.

Keadaan saat ini pada PT PLN (Persero) UP3 Semarang belum menggunakan metode *forecasting* untuk melakukan peramalan pengadaan material. Selain itu, perusahaan belum memiliki kebijakan terkait pengelolaan persediaan yang diatur untuk menjaga kestabilan ketersediaan agar perusahaan dapat selalu memenuhi kebutuhan listrik pelanggan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk memberikan usulan pengoptimalan pengadaan material dengan metode *forecasting* yang tepat untuk diterapkan pada material agar perusahaan dapat selalu memenuhi kebutuhan pelanggan. Selain itu, dilakukan juga evaluasi kebijakan untuk menentukan kebijakan yang paling sesuai guna menghadapi ketidakpastian *leadtime* dari *supplier* dan Unit Induk. Adapun agar peramalan dan evaluasi kebijakan gudang lebih efektif, maka digunakan empat material terpilih dari hasil klasifikasi ABC-XYZ sehingga difokuskan pada material yang bernilai yang tinggi dengan permintaan yang lebih konstan.

2. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan di PT PLN (Persero) UP3 Semarang tanggal 2 Januari hingga 2 Februari 2024. Tahap identifikasi awal dilakukan studi pendahuluan yang dilakukan dengan studi lapangan studi literatur. Selanjutnya dilakukan perumusan masalah dan penetapan tujuan penelitian. Tahap pengumpulan data dilakukan melalui wawancara dengan kepala tim logistik PT PLN (Persero) UP3 Semarang serta menggunakan data sekunder yang diperoleh dari data historis pengadaan material Gudang Krapyak periode Januari 2023 hingga Desember 2023.

Tahap pengolahan data diawali dengan klasifikasi material menggunakan analisis ABC-XYZ untuk mengetahui tingkat kepentingan serta fluktuasi permintaan material. Data dengan klasifikasi kepentingan tinggi dan tingkat fluktuasi rendah akan menjadi fokus dalam peramalan guna menciptakan strategi pengadaan yang efektif dan efisien. Selanjutnya dilakukan peramalan (*forecasting*) pada material dengan tingkat kepentingan tinggi serta fluktuasi permintaan yang rendah. Metode peramalan persediaan yang digunakan adalah Metode Monte Carlo serta Metode *Time Series* yaitu *Single Moving Average* (SMA) dan *Holts-Winter* Multiplikatif. Data hasil peramalan yang diperoleh kemudian akan dilakukan perhitungan *Error* untuk memilih metode peramalan yang paling optimal diterapkan pada setiap material. Metode verifikasi yang digunakan antara lain MSE (*Mean Square Error*), MAD (*Mean Absolute Deviation*), dan MAPE (*Mean Absolute Percentage Error*). Selanjutnya dilakukan uji Validitas menggunakan metode *Moving Average*. Validasi dilakukan untuk mengetahui apakah masih terdapat data hasil peramalan yang berada di luar batas kontrol.

Apabila masih ditemukan data yang berada di luar batas kontrol, maka perlu dilakukan Uji T, apabila Uji F data masih berada di luar batas kontrol, maka dilanjutkan pada Uji F. Apabila semua data sudah berada dalam batas kontrol, maka metode peramalan dapat dikatakan valid untuk diterapkan. Selanjutnya dilakukan evaluasi kebijakan pengadaan berupa penentuan *Safety Stock*, *Economic Order Quantity*, *Re-order point* untuk menentukan usulan kebijakan yang paling optimal yang dapat diterapkan menggunakan pendekatan *Periodic* dan *Continuous Review*.

Tahap analisis dilakukan untuk membandingkan hasil peramalan, membandingkan *error* setiap metode peramalan, serta menganalisis hasil peramalan yang terpilih. Selain itu, akan dianalisis juga mengenai perbandingan total biaya dari kedua metode kebijakan persediaan, serta perbandingan *safety stock*. Terakhir yaitu tahap penarikan kesimpulan berdasarkan tujuan penelitian yang sudah ditentulkan sebelumnya. Selain itu, dilakukan juga pemberian saran yang berisi usulan dari peneliti mengenai pelaksanaan maupun penyusunan laporan penelitian yang mungkin dapat menjadi usulan bagi pembaca, perusahaan, maupun sebagai masukan bagi penelitian selanjutnya.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Analisis ABC-XYZ

Berdasarkan Analisis ABC – XYZ, diperoleh klasifikasi AX sebanyak 4 jenis material. Kemudian, 4 material terpilih akan dilanjutkan pada tahap peramalan dan evaluasi kebijakan. Adapun setelah dilakukan pengklasifikasian secara menyeluruh terhadap material Gudang Krapyak, berikut merupakan tabel perbandingan kelas material berdasarkan Analisis ABC-XYZ pada Gudang Krapyak PT PLN (Persero) UP3 Semarang:

Tabel 1. Klasifikasi Material Krapyak

Klasifikasi	Jumlah Jenis Material	Persentase
AX	4	1,660%
AY	7	2,905%
AZ	14	5,809%
BX	4	1,660%
BY	14	5,809%
BZ	18	7,469%
CX	10	4,149%
CY	12	4,979%
CZ	158	65,560%
Total	241	100,000%

3.2 Data Historis Demand Material Terpilih

Berikut merupakan data historis material terpilih pada Gudang Krapyak PT PLN (Persero) UP3 Semarang:

Tabel 2. Data Historis *Demand* Material Terpilih

Periode (2023)	Kode Material / Nama Material			
	2190224	3110025	3060436	3250048
	MTR;Kwh E-PR;;1P;230V;560A;1;;2W	CABLE PWR; NFA2X; 2X10mm2; 0.6/1kV;OH	COND ACC;TAP CONNec-TOR 10-25mm2	MCB;230 /400V;1; 4A;50Hz;
	Satuan : Unit	Satuan : Meter	Satuan : Unit	Satuan : Unit
Jan	21.552	94.275	7.288	3146
Feb	8.219	98.491	5346	1449
Mar	12.525	113.895	9086	6329
Apr	10.813	115.848	6930	2156
Mei	17.339	267.856	10063	4788
Juni	7.535	164.410	6116	3844
Juli	10.189	143.477	6484	5374
Agt	8.805	132.616	10740	4423
Sep	10.285	144.326	8012	4327
Okt	13.658	161.099	12306	6061
Nov	24.926	286.735	14085	6505
Des	10.225	139.894	11166	3306
Total	156.071	1.862.822	107.622	51.708

3.3 Data Biaya Material Terpilih

Berikut merupakan data harga beli material terpilih PT PLN (Persero) UP3 Semarang:

Tabel 3. Harga Beli Material Terpilih

Nama Material	Harga per Unit
MTR;KwhEPR;;1P;230V;560A;1;;2W	Rp326.117
CABLEPWR;NFA2X;2X10mm2;0.6/1kV;OH	Rp5.162
COND ACC;TAP CONNECTOR 10-25mm2	Rp20.070
MCB;230/400V;1P;4A;50Hz;	Rp37.685

Biaya pemesanan diasumsikan menggunakan perhitungan sebagai berikut :

$$\frac{UMR \text{ Semarang} \times \text{Jumlah Karyawan} \times \%Order}{Rata - Rata \text{ Jumlah Order}}$$

$$Biaya \text{ Pesan} = \frac{Rp3.243.969 \times 4 \times 50\%}{613}$$

$$Biaya \text{ Pesan} = Rp10.584$$

Berikut merupakan data biaya simpan material terpilih Gudang Krapyak PT PLN (Persero) UP3 Semarang:

Tabel 4 Biaya Simpan Material Terpilih

Nama Material	Biaya Simpan per Unit
MTR;KwhEPR;;1P;230V;560A;1;;2W	Rp32.612
CABLEPWR;NFA2X;2X10mm2;0.6/1kV;OH	Rp516
COND ACC;TAP CONNECTOR 10-25mm2	Rp2.007
MCB;230/400V;1P;4A;50Hz;	Rp3.769

3.4 Data *Leadtime* Material Terpilih

Dari data *leadtime* selama tahun 2023, diperoleh rata-rata *leadtime* setiap material terpilih selama periode pemesanan tahun 2023. Berikut merupakan data *leadtime* setiap material terpilih Gudang Krapyak PT PLN (Persero) UP3 Semarang:

Tabel 5. Data *Leadtime* Material Terpilih

Nama Material	<i>Leadtime</i>	
	Hari	Bulan
MTR;Kwh E-PR;;1P;230V;5-60A;1;;2W	21	0,700
CABLEPWR;NFA2X;2X10mm2; 0.6/1kV;OH	28	0,933
COND ACC;TAP CONNECTOR 10-25mm2	11	0,967
MCB;230/400V;1P;4A;50Hz;	25	0,833

3.5 Simulasi Monte Carlo

Simulasi Monce Carlo merupakan simulasi yang digunakan untuk menemukan solusi dari permasalahan yang didasarkan pada proses random (acak). Bilangan acak dibangkitkan untuk merepresentasikan kejadian acak yang terjadi setiap waktu dari variabel acak dan berurutan mengikuti perubahan yang terjadi dalam proses simulasi (Tersine, 1994). Berikut merupakan langkah-langkah dalam melakukan simulasi Monte Carlo (Syata, Nurman, & Adnan, 2022):

- Membuat distribusi kemungkinan untuk variable penting.
- Membangun distribusi kemungkinan kumulatif untuk tiap-tiap variabel di tahap pertama.
- Menentukan interval angka random untuk tiap variabel.
- Membuat angka random.
- Membuat simulasi dari rangkaian percobaan.

Berikut merupakan contoh tabel hasil perhitungan simulasi monte carlo untuk material MTR;Kwh E-PR;;1P;230V;5-60A;1;;2W:

Tabel 6. Contoh Hasil Perhitungan Simulasi Monte Carlo

Material Code : 2190224								
MTR;Kwh E-PR;;1P;230V;5-60A;1;;2W								
Periode (Bulan)	Permintaan/ Bulan (Unit)	Frekuensi	Distribusi Densitas	Distribusi Kumulatif	Tag Number	Nilai Random	*100	Jumlah Pesanan Material (Unit)
1	21552	1	0,08	0,08	00-08	0,550842149	55,08	10189
2	8219	1	0,08	0,17	09-17	0,861676245	86,17	24926
3	12525	1	0,08	0,25	18-25	0,874929189	87,49	24926
4	10813	1	0,08	0,33	26-33	0,84206058	84,21	24926
5	17339	1	0,08	0,42	34-42	0,439332662	43,93	7535
6	7535	1	0,08	0,50	43-50	0,499473275	49,95	7535
7	10189	1	0,08	0,58	51-58	0,113343181	11,33	8219
8	8805	1	0,08	0,67	59-67	0,026568994	2,66	21552
9	10285	1	0,08	0,75	68-75	0,990485828	99,05	10225
10	13658	1	0,08	0,83	76-83	0,591675993	59,17	8805
11	24926	1	0,08	0,92	84-92	0,193845861	19,38	12525
12	10225	1	0,08	1,00	93-100	0,172057373	17,21	8219
Jumlah	156071	12						169582

Berikut merupakan tabel rekapitulasi hasil perhitungan peramalan monte carlo empat material terpilih untuk 12 periode ke depan:

Tabel 7. Rekapitulasi Peramalan Metode Monte Carlo

Periode (Bulan)	Jumlah Pesanan (Unit)			
	Kwh Meter	Cable	Tap Connector	MCB
1	10189	115848	14085	4423
2	24926	98491	11166	4788
3	24926	144326	6930	3146
4	24926	164410	10740	5374
5	7535	94275	5346	3146
6	7535	161099	14085	4423
7	8219	286735	12306	6505
8	21552	94275	6484	4423
9	10225	144326	11166	6329
10	8805	164410	10063	2156
11	12525	164410	5346	4423
12	8219	286735	7288	3146
Jumlah	169582	1919340	115005	52282

3.6 Metode Single Moving Average

Berikut merupakan contoh perhitungan Ft untuk peramalan material terpilih untuk 12 periode menggunakan metode *Single Moving Average* (SMA) pada Material Kwh Meter menggunakan dengan nilai T = 4:

$$F_{t+1} = \bar{X} = \sum_{t=1}^T \frac{X_t}{T}$$

$$F_{t+1} = \frac{21552 + 8219 + 12525 + 10813}{4}$$

$$F_{t+1} = 13277,250$$

Keterangan:

F_{t+1} = peramalan periode berikutnya

$\bar{X}$ = rata-rata *Demand* aktual

X_t = *Demand* aktual periode ke-t

T = periode bergerak

Berikut merupakan contoh tabel hasil perhitungan peramalan menggunakan *Single Moving Average* (SMA) (T = 4) untuk material MTR;Kwh E-PR;;1P;230V;5-60A;1;;2W:

Tabel 8. Contoh Perhitungan Peramalan Metode SMA (T=4) Material Kwh Meter

Periode	Demand (Unit)	Ft (Unit)	Error	Error	Error^2	PE
1	21552					
2	8219					
3	12525					
4	10813					
5	17339	13277,250	4061,750	4061,750	16497813,063	23,426%
6	7535	12224,000	-4689,000	4689,000	21986721,000	62,230%

Tabel 8. Contoh Perhitungan Peramalan Metode SMA (T=4) Material Kwh Meter (Lanjutan)

Periode	Demand (Unit)	Ft (Unit)	Error	Error	Error ²	PE
7	10189	12053,000	-1864,000	1864,000	3474496,000	18,294%
8	8805	11469,000	-2664,000	2664,000	7096896,000	30,256%
9	10285	10967,000	-682,000	682,000	465124,000	6,631%
10	13658	9203,500	4454,500	4454,500	19842570,250	32,615%
11	24926	10734,250	14191,750	14191,750	201405768,063	56,936%
12	10225	14418,500	-4193,500	4193,500	17585442,250	41,012%
13		14773,500				
14		14773,500				
15		14773,500				
16		14773,500				
17		14773,500				
18		14773,500				
19		14773,500				
20		14773,500				
21		14773,500				
22		14773,500				
23		14773,500				
24		14773,500				
Jumlah		8615,500	36800,500	288354830,625	27,14%	

Berikut merupakan tabel rekapitulasi hasil perhitungan peramalan metode SMA empat material terpilih untuk 12 periode ke depan:

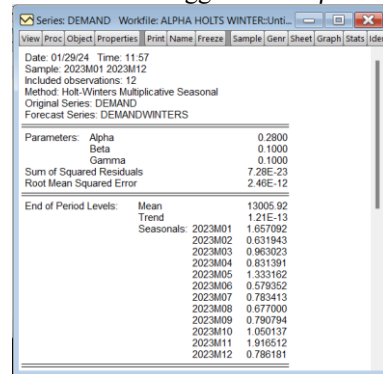
Tabel 9. Rekapitulasi Peramalan Metode SMA (T=4)

Periode (Bulan)	Peramalan (Unit)			
	Kwh Meter	Cable	Tap Connector	MCB
1	14774	172934	12519	4925
2	14774	172934	12519	4925
3	14774	172934	12519	4925
4	14774	172934	12519	4925
5	14774	172934	12519	4925
6	14774	172934	12519	4925
7	14774	172934	12519	4925
8	14774	172934	12519	4925
9	14774	172934	12519	4925
10	14774	172934	12519	4925
11	14774	172934	12519	4925
12	14774	172934	12519	4925
Jumlah	177288	20075208	150228	59100

3.7 Metode Holts-Winter Multiplikatif

Perhitungan metode *Holts-Winter* Multiplikatif dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* EvIEWS dan Minitab. *Software* EvIEWS digunakan untuk menentukan nilai α , β , dan γ . Selanjutnya, peramalan akan dilakukan menggunakan *software* Minitab untuk menentukan ramalan permintaan 12 periode yang akan

datang. Berikut merupakan contoh *output* nilai α , β , dan γ material Kwh Meter menggunakan *software* EvIEWS:



Parameters:		
Alpha		0.2800
Beta		0.1000
Gamma		0.1000
Sum of Squared Residuals		7.28E-23
Root Mean Squared Error		2.46E-12
End of Period Levels:		
Mean		13005.92
Trend		1.21E-13
Seasonals:		
2023M01		1.657092
2023M02		0.631943
2023M03		0.963023
2023M04		0.831391
2023M05		1.333182
2023M06		0.579352
2023M07		0.783413
2023M08		0.677000
2023M09		0.790794
2023M10		1.050137
2023M11		1.916512
2023M12		0.786181

Gambar 1. Output Nilai α , β , dan γ Material Kwh Meter

Berikut merupakan contoh *output* peramalan material Kwh Meter menggunakan metode *Holts-Winter* Multiplikatif dengan bantuan *software* Minitab:

Tabel. 10 Output Minitab Metode *Holts-Winter* Material Kwh Meter

Forecasts

Period	Forecast	Lower	Upper
13	21771,211	21608,057	21934,364
14	8308,628	8140,396	8476,860
15	12671,898	12497,831	12845,965
16	10949,492	10768,908	11130,076
17	17574,352	17386,639	17762,065
18	7644,769	7449,383	7840,155
19	10347,907	10144,364	10551,449
20	8951,599	8739,473	9163,725
21	10467,272	10246,185	10688,360
22	13914,888	13684,506	14145,270
23	25422,144	25182,172	25662,116
24	10439,797	10189,975	10689,619

Berikut merupakan tabel rekapitulasi hasil perhitungan peramalan metode *Holts-Winter* Multiplikatif empat material terpilih untuk 12 periode ke depan:

Tabel 11. Rekapitulasi Peramalan Metode *Holts-Winter* Multiplikatif

Periode (Bulan)	Peramalan (Unit)			
	Kwh Meter	Cable	Tap Connector	MCB
1	21772	132572	8765	3563
2	8309	140608	6492	1663
3	12672	165224	11204	7370
4	10950	170856	8686	2548
5	17575	401717	12820	5739
6	7645	250757	7916	4672
7	10348	222531	8521	6618
8	8952	209135	14322	5518
9	10468	231373	10836	5467
10	13915	262482	16872	7751
11	25423	474695	19565	8418
12	10440	235257	15708	4328
Jumlah	158469	2897207	141707	63655

3.8 Verifikasi Hasil Peramalan

Berikut merupakan contoh perhitungan nilai *Error* untuk Simulasi Monte Carlo pada material Kwh Meter:

Tabel 12. Contoh Perhitungan *Error* Simulasi Monte Carlo Material Kwh Meter

Periode (Bulan)	Permintaan/ Bulan (Unit)	Jumlah Pesanan Material (Unit)	<i>Error</i>	<i>Error</i>	<i>Error</i> ²	PE
1	21552	10189	11363	11363	129117769	52,724%
2	8219	24926	-16707	16707	279123849	203,273%
3	12525	24926	-12401	12401	153784801	99,010%
4	10813	24926	-14113	14113	199176769	130,519%
5	17339	7535	9804	9804	96118416	56,543%
6	7535	7535	0	0	0	0,000%
7	10189	8219	1970	1970	3880900	19,335%
8	8805	21552	-12747	12747	162486009	144,770%
9	10285	10225	60	60	3600	0,583%
10	13658	8805	4853	4853	23551609	35,532%
11	24926	12525	12401	12401	153784801	49,751%
12	10225	8219	2006	2006	4024036	19,619%
Total			8202,083		100421046,583	68%

Setelah dilakukan peramalan, selanjutnya metode peramalan dengan nilai *error* terkecil akan dipilih sebagai metode yang terbaik untuk *forecasting*. Berikut

merupakan rekapitulasi perbandingan perhitungan *nilai error* untuk ketiga metode:

Tabel 13. Rekapitulasi Perhitungan *Error*

No	Metode <i>Forecasting</i>	Metode Verifikasi	Material			
			Kwh Meter	Cable	Connector	MCB
1	Simulasi Monte Carlo	MAPE	67,638%	36,398%	61,816%	57,377%
		MAD	8202,083	60961,167	4946,750	1876,500
		MSE	100421046,583	7701714057,333	28615673,750	5099548,500
2	<i>Single Moving Average (SMA)</i>	MAPE	33,925%	19,383%	20,894%	22,427%
		MAD	4600,063	37814,371	2043,778	1065,343
		MSE	36044353,828	3164067916,646	6251906,938	1739561,217
3	<i>Holts-Winter Multiplikatif</i>	MAPE	0,482%	13,263%	7,548%	5,264%
		MAD	66,595	19809,665	638,783	208,120
		MSE	7295,916	593026010,484	603457,633	68632,673

Berdasarkan rekapitulasi pada Tabel 11, metode peramalan yang memiliki nilai *error* terkecil adalah metode *Holts-Winter* Multiplikatif. Metode *Holts-Winter* Multiplikatif memiliki nilai MAPE, MAD, dan MSE yang paling kecil untuk semua material. Nilai *error* terkecil kedua ditempati oleh metode SMA dan simulasi monte carlo di urutan terakhir. Pada perbandingan nilai *error*, diutamakan untuk membandingkan nilai MAPE daripada nilai MAD dan MSE. Hal ini dikarenakan nilai MAPE merupakan nilai yang membandingkan *error* dengan jumlah *demand* di setiap periode. Oleh karena itu, MAPE lebih baik digunakan dalam verifikasi hasil peramalan dibandingkan dengan MAD dan MSE yang hanya menghitung nilai *absolute* dan kuadrat *error*.

Berdasarkan klasifikasi nilai MAPE, nilai MAPE metode *Holts-Winter* Multiplikatif untuk material Kwh Meter, *Tap Connector*, dan MCB berturut-turut adalah 0,482%, 7,548% dan 5,264% yang mana nilai ini kurang dari 10% dan berarti bahwa model mampu meramalkan dengan sangat baik. Sementara nilai MAPE metode *Holts-Winter* Multiplikatif untuk material *Cable* adalah sebesar 13,263% yang mana masuk ke dalam klasifikasi 10 – 20%. Hal tersebut berarti bahwa model *Holts-Winter* mampu meramalkan *demand* material *cable* dengan baik. Oleh karena itu, metode yang terpilih untuk digunakan

dalam meramalkan jumlah permintaan material di PT PLN (Persero) UP3B Semarang adalah metode *Holts-Winter* Multiplikatif.

3.9 Uji Validitas Hasil Peramalan Terpilih

Metode validasi yang digunakan adalah metode *Moving Range*. Peta *Moving Range* dapat digunakan untuk menguji kestabilan sistem. Berikut merupakan contoh perhitungan validasi *Moving Range* untuk material Kwh Meter:

$$\begin{aligned}
 MR_2 &= (X_2 - X_2) - (X_{2-1} - F_{2-1}) \\
 &= 0,000 - 0,000 \\
 &= 0,000
 \end{aligned}$$

Berikut merupakan contoh perhitungan nilai CL (*Center Line*), UCL (*Upper Center Line*), dan LCL (*Lower Center Line*) pada material Kwh Meter:

$$CL = \frac{\sum MR}{n} = \frac{0,000}{11} = 0,000$$

$$UCL = 2,66 \times CL = 2,66 \times 0,000 = 0,000$$

$$LCL = -2,66 \times CL = -2,66 \times 0,000 = 0,000$$

Berikut merupakan contoh tabel perhitungan validasi metode peramalan terpilih untuk material Kwh Meter:

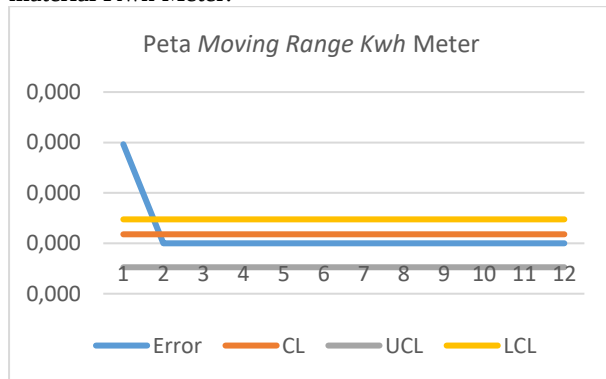
Tabel 14. Perhitungan Validasi Material Kwh Meter

Material Code : 2190224								
MTR;Kwh E-PR;;1P;230V;5-60A;1;;2W								
Periode	Demand	Ft	Error	MR	MR	CL	UCL	LCL
1	21552	21552,000	0,000			0,000	0,000	0,000
2	8219	8219,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3	12525	12525,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4	10813	10813,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5	17339	17339,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6	7535	7535,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7	10189	10189,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8	8805	8805,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
9	10285	10285,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tabel 14. Perhitungan Validasi Material Kwh Meter (Lanjutan)

Material Code : 2190224								
MTR;Kwh E-PR;;1P;230V;5-60A;1;;2W								
Periode	Demand	Ft	Error	MR	MR	CL	UCL	LCL
10	13658	13658,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
11	24926	24926,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
12	10225	10225,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
13		21771,211						
14		8308,628						
15		12671,898						
16		10949,492						
17		17574,352						
18		7644,769						
19		10347,907						
20		8951,599						
21		10467,272						
22		13914,888						
23		25422,144						
24		10439,797						

Berikut merupakan peta *Moving Range* pada material Kwh Meter:

**Gambar 2.** Peta *Moving Range* Kwh Meter

Berdasarkan Gambar 2, dapat disimpulkan bahwa masih terdapat titik yang berada di luar batas kontrol pada periode 1. Dapat disimpulkan bahwa metode peramalan belum valid untuk melakukan perhitungan peramalan *demand*. Oleh karena itu, diperlukan metode validasi lain yaitu menggunakan Uji F. Uji F digunakan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan variansi antara *demand* aktual dengan hasil *forecast*.

Berikut merupakan perhitungan validasi Uji F untuk material Kwh Meter:

- H_0 = Nilai variansi *demand* aktual sama dengan *forecast* ($\sigma_1^2 = \sigma_2^2$)
- H_1 = Nilai variansi *demand* aktual sama dengan *forecast* ($\sigma_1^2 = \sigma_2^2$)
- α : 0,05

- Daerah Kritis: $F_{hitung} > F_{tabel}$ ($F_{hitung} > 2,818$)
Tabel L.6 (Walpole)

Dengan nilai $v_1 = n - 1 = 12 - 1 = 11$

$v_2 = n - 1 = 12 - 1 = 11$

- Perhitungan:

Berikut merupakan *output* perhitungan Uji F menggunakan *Excel*:

Tabel 15. *Output* Uji F Material Kwh Meter

F-Test Two-Sample for Variances

	Variable 1	Variable 2
Mean	13005,9166	13005,9166
Variance	30266365,5	30266365,5
Observations	12	12
df	11	11
F	1	
P(F<=f) one-tail	0,5	
F Critical one-tail	2,81793047	

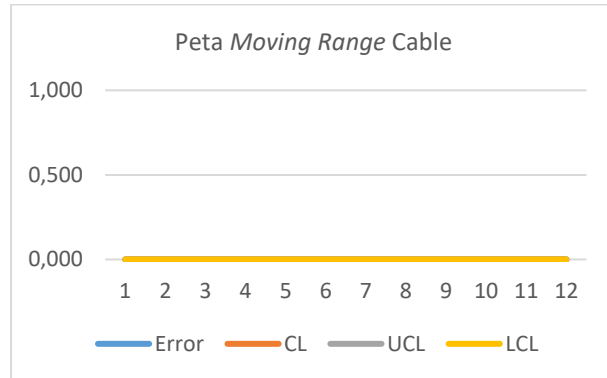
- Keputusan:
Jangan tolak H_0 karena $F_{hitung} > F_{tabel}$ ($1 < 2,818$).

- Kesimpulan:
Nilai variansi *demand* aktual sama dengan *forecast* ($\sigma_1^2 = \sigma_2^2$).

Berdasarkan perhitungan Uji F di atas, diketahui bahwa nilai variansi *demand* sama dengan variansi hasil *forecast*. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa

metode *forecasting* yang digunakan valid untuk meramalkan permintaan.

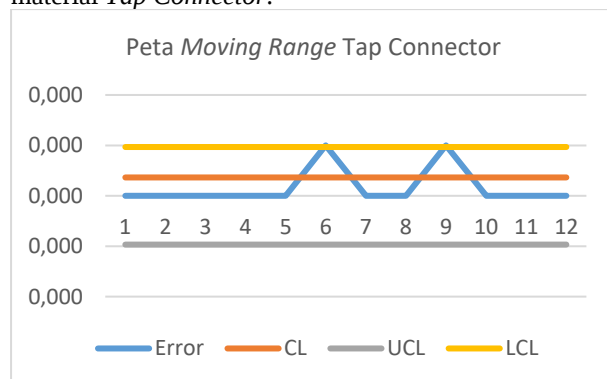
Berikut merupakan peta *Moving Range* pada material *Cable*:



Gambar 3. Peta *Moving Range Cable*

Berdasarkan Gambar 3, dapat diketahui bahwa pada hasil peramalan material *Cable* tidak terdapat titik yang berada di luar batas kontrol. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa metode *forecasting* valid untuk melakukan perhitungan peramalan *demand* untuk rencana produksi 12 periode ke depan.

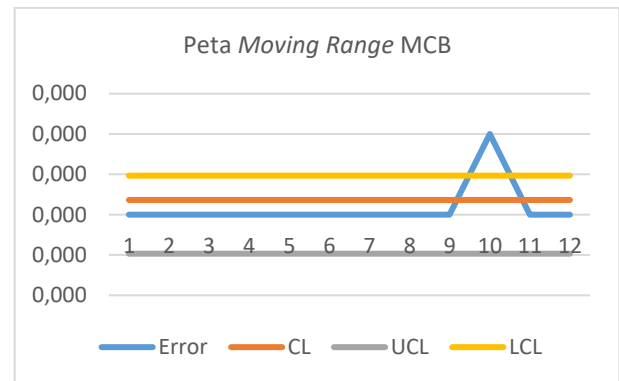
Berikut merupakan peta *Moving Range* pada material *Tap Connector*:



Gambar 4. Peta *Moving Range Tap Connector*

Berdasarkan Gambar 4, dapat diketahui bahwa pada hasil peramalan material *Tap Connector* terdapat titik yang menyentuh nilai UCL akan tetapi tidak melebihi batas kontrol. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa metode *forecasting* valid untuk melakukan perhitungan peramalan *demand* untuk rencana produksi 12 periode ke depan.

Berikut merupakan peta *Moving Range* pada material *MCB*:



Gambar 5. Peta *Moving Range MCB*

Berdasarkan Gambar 5.14, dapat disimpulkan bahwa masih terdapat titik yang berada di luar batas kontrol pada periode 10. Dapat disimpulkan bahwa metode peramalan belum valid untuk melakukan perhitungan peramalan *demand*. Oleh karena itu, diperlukan metode validasi lain yaitu menggunakan Uji F. Uji F digunakan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan variansi antara *demand* aktual dengan hasil *forecast*. Berikut merupakan perhitungan validasi Uji F untuk material *MCB*:

1. H_0 = Nilai variansi *demand* aktual sama dengan *forecast* ($\sigma_1^2 = \sigma_2^2$)
2. H_1 = Nilai variansi *demand* aktual sama dengan *forecast* ($\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$)
3. α : 0,05
4. Daerah Kritis: Fhitung > Ftabel (Fhitung > 2,818)
Tabel L.6 (Walpole)
Dengan nilai $v_1 = n - 1 = 12 - 1 = 11$
 $v_2 = n - 1 = 12 - 1 = 11$
5. Perhitungan:
Berikut merupakan *output* perhitungan Uji F menggunakan *Excel*:

Tabel 16. *Output* Uji F Material *MCB*

F-Test Two-Sample for Variances

	Variable 1	Variable 2
Mean	4309	4309
Variance	2612647,09	2612647,09
Observations	12	12
df	11	11
F	1	
P(F<=f) one-tail	0,5	
F Critical one-tail	2,81793047	

6. Keputusan:
Jangan tolak H_0 karena F hitung > F tabel (1 < 2,818).

7. Kesimpulan:

Nilai variansi *demand* aktual sama dengan *forecast* ($\sigma_1^2 = \sigma_2^2$).

Berdasarkan perhitungan Uji F di atas, diketahui bahwa nilai variansi *demand* sama dengan variansi hasil *forecast*. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa metode *forecasting* yang digunakan valid untuk meramalkan permintaan.

3.10 Metode Continuous Review

Pada metode *Continuous Review*, nilai Q atau jumlah pesanan bersifat tetap namun waktu antar pemesanan yang bervariasi. Berikut merupakan perhitungan kebijakan *Continuous Review*:

a. **Quantity Order (Q)**

Berikut merupakan contoh perhitungan manual nilai *quantity order* (Q) pada material Kwh Meter:

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

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 \times 156071 \times Rp10.584}{Rp32.612}}$$

$$EOQ = 318,282 \approx 319 \text{ Unit}$$

Berikut merupakan tabel rekapitulasi perhitungan nilai EOQ material terpilih:

Tabel 17. Rekapitulasi Nilai Q Metode *Continuous Review*

Material	Quantity Order (Q) (Unit)
MTR;KwhE-PR;;1P;230V;560A;1;;2W	319
CABLEPWR;NFA2X;2X10mm2;0.6/1kV;OH	8741
COND ACC;TAP CONNECTOR10-25mm2	1066
MCB;230/400V;1P;4A;50Hz;	539

b. **Tingkat Layanan**

Tingkat Pelayanan (*Service Level*) diasumsikan sebesar 95% didasarkan pada kemampuan gudang PLN dalam memenuhi permintaan. Tingkat pelayanan 95% menandakan bahwa pelayanan yang mampu diberikan gudang PLN kepada ULP dan pelanggan sebesar 95% dengan risiko kekurangan persediaan adalah 5%. Berdasarkan tingkat pelayanan, diperoleh nilai Z sebesar 1,645 yang diperoleh dari tabel distribusi normal.

c. **Safety Stock**

Berikut merupakan contoh perhitungan *safety stock* untuk material Kwh Meter:

$$SS = Z \times \sigma \times \sqrt{LT}$$

$$SS = 1,645 \times 5501,488 \times \sqrt{0,700}$$

$$SS = 7571,729 \approx 7572 \text{ Unit}$$

Berikut merupakan tabel rekapitulasi perhitungan nilai *safety stock* material terpilih:

Tabel 18. Rekapitulasi *Safety Stock* Metode *Continuous Review*

Material	Safety Stock (SS) (Unit)
MTR;Kwh EPR;;1P;230V;560A;1;;2W	7572
CABLEPWR;NFA2X;2X10mm2;0.6/1kV;OH	97373
COND ACC;TAP CONNECTOR 10-25mm2	2717
MCB;230/400V;1P;4A;50Hz;	2428

d. **Reorder Point (ROP)**

Reorder point (ROP) merupakan titik yang menandakan harus dilakukannya pemesanan kembali material untuk mencegah terjadinya *stockout*. Berikut merupakan contoh perhitungan nilai ROP untuk material Kwh Meter:

$$ROP = \bar{DL} + SS$$

$$ROP = (13006 \times 0,700) + 7572$$

$$ROP = 16676,200 \approx 16677 \text{ Unit}$$

Berikut merupakan tabel rekapitulasi perhitungan nilai ROP material terpilih:

Tabel 19. Rekapitulasi ROP Metode *Continuous Review*

Material	ROP (Unit)
MTR;Kwh E-PR;;1P;230V;560A;1;;2W	16677
CABLE PWR;NFA2X;2X10mm2;0.6/1kV;OH	242267
COND ACC;TAP CONNECTOR 10-25mm2	6006
MCB;230/400V;1P;4A;50Hz;	6019

e. **Total Biaya**

Berikut merupakan contoh perhitungan total biaya metode *Continuous Review* untuk material Kwh Meter:

$$TC = \frac{D}{Q}S + H \left(\frac{Q}{2} + SS \right)$$

$$TC = \left(\frac{156070}{319} \right) (Rp10.584) + (Rp32.612) \left(\frac{319}{2} + 7572 \right)$$

$$TC = Rp257.315.545,75$$

Berikut merupakan tabel rekapitulasi perhitungan total biaya material terpilih untuk metode *Continuous Review*:

Tabel 20. Rekapitulasi Total Biaya Material Terpilih Metode *Continuous Review*

Material	Total Biaya
MTR;KwhEPR;;1P;230V;560A;1;;2W	Rp257.315.545,75
CABLE PWR;NFA2X;2X10mm2;0.6/1kV;OH	Rp54.775.686,54
COND ACC;TAP CONNECTOR 10-25mm2	Rp7.591.288,24
MCB;230/400V;1P;4A;50Hz;	Rp11.180.877,39

3.11 Metode *Periodic Review*

Pada metode *Periodic Review*, nilai Q atau jumlah pesanan dapat berubah dari satu pesanan ke pesanan berikutnya, namun waktu antar pemesanan tetap. Berikut merupakan perhitungan kebijakan *Periodic Review*:

a. Waktu Antara Tinjauan (P)

Berikut merupakan contoh perhitungan waktu antara tinjauan pada material Kwh Meter:

$$P = \frac{Q}{D} = \frac{319}{156071}$$

$$P = 0,002 \text{ tahun} = 0,491 \text{ hari} \approx 1 \text{ hari}$$

Dengan asumsi 20 hari kerja dalam 1 bulan.

Berikut merupakan tabel rekapitulasi hasil perhitungan waktu antar tinjauan (P) untuk material terpilih:

Tabel 21. Rekapitulasi Waktu Antar Tinjauan Metode *Periodic Review*

Material	Waktu Antar Tinjauan (Hari)
MTR;Kwh E-PR;;1P;230V;560A;1;;2W	1
CABLE PWR;NFA2X;2X10mm2;0.6/1kV;OH	2
COND ACC;TAP CONNECTOR 10-25mm2	3
MCB;230/400V;1P;4A;50Hz;	3

b. Tingkat Layanan

Tingkat Pelayanan (*Service Level*) diasumsikan sebesar 95% didasarkan pada kemampuan gudang PLN dalam memenuhi permintaan. Tingkat pelayanan 95% menandakan bahwa pelayanan yang mampu diberikan gudang PLN kepada ULP dan pelanggan sebesar 95% dengan risiko kekurangan persediaan adalah 5%. Berdasarkan tingkat pelayanan, diperoleh nilai Z sebesar 1,645 yang diperoleh dari tabel distribusi normal.

c. *Safety Stock*

Berikut merupakan contoh perhitungan *safety stock* untuk material Kwh Meter:

$$SS = Z \times \sigma \times \sqrt{LT + P}$$

$$SS = 1,645 \times 5501,488 \times \sqrt{0,700 + 0,002}$$

$$SS = 7582,775 \approx 7583 \text{ Unit}$$

Berikut merupakan tabel rekapitulasi perhitungan nilai *safety stock* material terpilih:

Tabel 22. Rekapitulasi *Safety Stock* Metode *Periodic Review*

Material	<i>Safety Stock</i> (SS) (Unit)
MTR;Kwh EPR;;1P;230V;560A;1;;2W	7583
CABLEPWR;NFA2X;2X10mm2;0.6/1kV;OH	97617
COND ACC;TAP CONNECTOR 10-25mm2	2754
MCB;230/400V;1P;4A;50Hz;	2443

d. Total Biaya

Berikut merupakan contoh perhitungan total biaya persediaan menggunakan sistem *periodic review*:

$$TC = \frac{S}{P} + H \left(\frac{Q}{2} + SS \right)$$

$$TC = \frac{Rp10.584}{0,002} + Rp32.612 \left(\frac{319}{2} + 7583 \right)$$

$$TC = Rp257.662.571,80$$

Berikut merupakan tabel rekapitulasi perhitungan total biaya material terpilih untuk metode *Periodic Review*:

Tabel 23. Reakapitulasi Total Biaya Material Terpilih Metode *Periodic Review*

Material	Total Biaya
MTR;KwhEPR;;1P;230V;560A;1;;2W	Rp257.662.571,80
CABLE PWR;NFA2X;2X10mm2;0.6/1kV;OH	Rp54.901.459,20
COND ACC;TAP CONNECTOR 10-25mm2	Rp7.664.950,70
MCB;230/400V;1P;4A;50Hz;	Rp11.237.273,83

3.12 Analisis Hasil Peramalan Terpilih

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan, metode peramalan yang terpilih untuk masing-masing material adalah metode *Holts-Winter* Multiplikatif. Metode peramalan tersebut merupakan metode peramalan terbaik yang dipilih di antara dua metode peramalan lainnya yaitu Simulasi Monte Carlo dan *Single Moving Average* (SMA). Metode peramalan terbaik dipilih berdasarkan nilai *error* yang terkecil. Berdasarkan perhitungan verifikasi nilai *error* berikut merupakan rekapitulasi nilai *error* yang dihasilkan dengan metode peramalan *Holts-Winter* Multiplikatif:

Tabel 24. Rekapitulasi Nilai *Error* Metode *Holts-Winter* Multiplikatif

Metode <i>Forecasting</i>	Metode Verifikasi	Material			
		Kwh Meter	<i>Cable</i>	<i>Connector</i>	MCB
<i>Holts-Winter</i> Multiplikatif	MAPE	0,482%	13,263%	7,548%	5,264%
	MAD	66,595	19809,665	638,783	208,120
	MSE	7295,916	593026010,484	603457,633	68632,673

Nilai MAPE metode *Holts-Winter* Multiplikatif untuk material Kwh Meter, *Tap Connector*, dan MCB berturut-turut adalah 0,482%, 7,548% dan 5,264% yang mana nilai ini kurang dari 10% dan berarti bahwa model mampu meramalkan dengan sangat baik. Sementara nilai MAPE metode *Holts-Winter* Multiplikatif untuk material *Cable* adalah sebesar 13,263% yang mana masuk ke dalam klasifikasi 10 – 20%. Hal tersebut berarti bahwa model *Holts-Winter* mampu meramalkan *demand* material *cable* dengan baik. Oleh karena itu, metode yang terpilih untuk digunakan dalam meramalkan jumlah permintaan material di PT PLN (Persero) UP3B Semarang adalah metode *Holts-Winter* Multiplikatif.

Metode peramalan yang terpilih kemudian dilakukan validasi menggunakan peta *Moving Range*. Validasi hasil peramalan pada material Kwh Meter dan MCB, masih terdapat nilai *error* yang melewati batas UCL dan LCL. Hal ini menyebabkan proses validasi harus dilanjutkan menggunakan metode selanjutnya yaitu Uji F. Pada Uji F dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan variansi antara nilai *demand* aktual dengan nilai *demand* hasil *forecasting* dengan metode terpilih. Uji F yang dilakukan menggunakan taraf signifikansi 0,05 yang berarti bahwa peneliti memiliki taraf kepercayaan sebesar 95%. Hipotesis nol dapat

ditolak apabila nilai *F*hitung lebih dari nilai *F*tabel. Nilai *F*hitung diperoleh dari tabel L.6 (Walpole) dengan derajat kebebasan $v_1 = 11$ dan $v_2 = 11$ sehingga diperoleh nilai *F*tabel = 2,818. Baik pada hasil perhitungan nilai *F* menggunakan Excel, untuk material Kwh Meter dan MCB sama-sama memperoleh nilai *F*hitung sebesar 1. Oleh karena itu, keputusan yang dihasilkan untuk pengujian kedua material adalah jangan tolak hipotesis nol karena nilai *F*hitung berada di luar daerah kritis atau nilai *F*hitung kurang dari nilai *F*tabel ($1 < 2,818$). Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan antara variansi *demand* aktual dengan variansi *demand* hasil *forecasting*. Sementara pada peta *Moving Range* dari material *Cable* dan *Tap Connector* diketahui bahwa tidak terdapat titik yang melewati batas kendali. Pada *Tap Connector*, nilai *error* pada periode 6 dan 9 mencapai nilai yang sama dengan UCL akan tetapi tidak sampai melewati UCL. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa untuk material *Cable* dan *Tap Connector*, metode *Holts-Winter* dapat dikatakan valid sebagai metode peramalan permintaan.

Berikut merupakan tabel rekapitulasi nilai *forecasting* metode terpilih yaitu *Holts-Winter* Multiplikatif pada 4 material terpilih selama 12 periode yang akan datang.

Tabel 25. Hasil Peramalan Metode Terpilih

Periode	Jumlah Permintaan (Satuan: Unit)			
	MTR;Kwh E-PR;;1P; 230V;5- 60A;1;;2W	CABLE PWR;NFA2X; 2X10mm2; 0.6/1kV;OH	COND ACC;TAP CONNECTOR 10-25mm2	MCB;230/ 400V;1P;4A; 50Hz;
Januari 2024	21772	132572	8765	3563
Februari 2024	8309	140608	6492	1663
Maret 2024	12672	165224	11204	7370
April 2024	10950	170856	8686	2548
Mei 2024	17575	401717	12820	5739
Juni 2024	7645	250757	7916	4672
Juli 2024	10348	222531	8521	6618
Agustus 2024	8952	209135	14322	5518
September 2024	10468	231373	10836	5467
Oktober 2024	13915	262482	16872	7751
November 2024	25423	474695	19565	8418
Desember 2024	10440	235257	15708	4328
Total	158469	2897207	141707	63655

Hasil peramalan yang diperoleh merupakan hasil *roundup* atau hasil pembulatan ke atas dari perhitungan peramalan sesungguhnya. Pada nilai *forecasting* dilakukan pembulatan ke atas dikarenakan pada material Kwh Meter, *Cable*, *Tap Connector*, dan MCB tidak mungkin memiliki jumlah yang dinyatakan dalam bentuk desimal sebab material tersebut merupakan satu kesatuan yang utuh. Pembulatan ke atas dilakukan agar tidak terjadi pengurangan nilai peramalan dan tidak terjadi kekurangan material dalam memenuhi perkiraan *demand*. Metode yang valid dan paling baik digunakan untuk melakukan *forecasting* pada material listrik di PT PLN (Persero) UP3 Semarang adalah metode *Holts-Winter* Multiplikatif. Metode *Holts-Winter* Multiplikatif dipilih karena memiliki nilai *error* yang paling kecil apabila dibandingkan dengan kedua metode lain yang digunakan. Selain itu, metode tersebut lolos uji validasi menggunakan peta *moving range* sebab tidak ditemukan

nilai *error* yang melebihi nilai UCL dan LCL serta lolos uji validasi dengan uji F sebab tidak ditemukan nilai *F*hitung yang melebihi nilai *F*tabel. Adapun berdasarkan perhitungan, peramalan *demand* untuk 12 periode yang akan datang mempunyai nilai total keseluruhan yaitu 158469 unit untuk Kwh Meter, 2897207 unit untuk *Cable*, 141707 unit untuk *Tap Connector*, dan 63655 unit untuk MCB.

3.13 Analisis Kebijakan Persediaan

Berdasarkan pengolahan data yang dilakukan mengenai kebijakan *continuous review* dan kebijakan *periodic review*, perusahaan ingin mengetahui kebijakan mana yang paling optimal. Berikut merupakan tabel rekapitulasi perbandingan total biaya, *safety stock*, serta nilai ROP dan T pada kebijakan *continuous review* dan *periodic review*:

Tabel 26. Rekapitulasi Kebijakan Persediaan

Nama Material	Total Biaya		Safety Stock (Unit)		ROP (Unit)	T (Hari)
	Continuous Review	Periodic Review	Continuous Review	Periodic Review	Continuous Review	Periodic Review
MTR;kWH E-PR; ;1P;230V;5-60A; 1;;2W	Rp 257.315.546	Rp257.662.572	7572	7583	16677	0,491
CABLE PWR; NFA2X;2X10mm2; 0.6/1kV;OH	Rp 54.775.687	Rp 54.901.459	97373	97617	242267	1,126
COND ACC;TAP CONNECTOR 10-25mm2	Rp 7.591.288	Rp 7.664.951	2717	2754	6006	2,377
MCB;230/400V; 1P;4A;50Hz;	Rp 11.180.877	Rp 11.237.274	2428	2443	6019	2,502

Tabel 24 merupakan perbandingan hasil perhitungan kebijakan *continuous review* dan *periodic review*. Meskipun tidak terjadi perbedaan yang cukup signifikan antara kedua kebijakan, namun *continuous review* memberikan total biaya persediaan yang lebih rendah dibandingkan dengan metode *periodic review*. Oleh karena itu, perusahaan disarankan untuk menerapkan metode *continuous review* dalam mengendalikan persediannya. Pada metode *continuous review*, persediaan ditinjau terus menerus setiap saat. Ketika persediaan mencapai titik pemesanan kembali atau *reorder point* (ROP) maka pemesanan akan langsung dilakukan. Hal tersebut mengakibatkan perusahaan akan lebih cepat merespons fluktuasi permintaan sehingga mencegah terjadinya kekurangan atau kelebihan stok yang dapat merugikan perusahaan. Apabila perusahaan mengalami kekurangan stok, maka akan terjadi penundaan pemasangan dan penambahan daya listrik sebab material yang digunakan pada

penelitian ini merupakan material dengan *level critically A* yang tidak dapat digantikan dengan material lain.

Selain itu, pada nilai *safety stock* dapat disimpulkan bahwa kebijakan *continuous review* memiliki nilai *safety stock* yang lebih kecil. Nilai *safety stock* yang lebih kecil memiliki keuntungan bagi perusahaan. *Continuous review* memberikan tingkat persediaan yang optimal. Dengan nilai *safety stock* yang lebih kecil memungkinkan perusahaan untuk mengurangi biaya penyimpanan. Oleh karena itu, kebijakan perusahaan yang diusulkan kepada perusahaan adalah kebijakan *continuous review*. Dengan kebijakan *continuous review*, perusahaan harus melakukan pemesanan kembali ketika persediaan mencapai titik *reorder point* (ROP). Nilai ROP untuk material Kwh Meter adalah 16677 unit, material *cable* sebesar 242267 unit, material *Tap Connector* sebesar 6006, dan material MCB sebesar 6019.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut yaitu berdasarkan hasil pengelompokan material listrik menggunakan analisis ABC-XYZ kepada 247 material yang ada di Gudang Krapyak PT PLN (Persero) UP3 Semarang diketahui bahwa terdapat 4 material dengan klasifikasi AX, 7 material dengan klasifikasi AY, 14 material dengan klasifikasi AZ, 4 material dengan klasifikasi BX, 14 material dengan klasifikasi BY, 18 material dengan klasifikasi BZ, 10 material dengan klasifikasi CX, 12 material dengan klasifikasi CY, dan 158 material dengan klasifikasi CZ. Pada penelitian ini, digunakan material dengan klasifikasi AX yang memiliki nilai dan penggunaan tinggi untuk menghitung peramalan *demand* dan menentukan kebijakan perusahaan. Keempat material tersebut antara lain MTR;KWH E-PR;;1P;230V;5-60A;1;;2W (Kwh Meter), CABLE PWR;NFA2X;2X10mm2;0.6/1kV;OH (Cable), COND ACC;TAP CONNECTOR 10-25mm2 (Tap Connector), dan MCB;230/400V;1P;4A;50Hz; (MCB).

Perhitungan peramalan dilakukan dengan tiga metode yaitu Simulasi Monte Carlo, *Single Moving Average* (T=4), dan *Holts-Winter* Multiplikatif. Berdasarkan ketiga metode peramalan tersebut, dilakukan verifikasi menggunakan metode MAD, MSE, dan MAPE. Hasil verifikasi menunjukkan *Holts-Winter* Multiplikatif memiliki nilai *error* terkecil. Selain itu juga dilakukan metode validasi terhadap hasil peramalan metode *Holts-Winter* Multiplikatif menggunakan peta *moving range* dan uji F. Hasil validasi metode menunjukkan tidak terdapat nilai *error* yang melebihi batas kontrol untuk material *cable* dan *tap connector*. Sementara pada material Kwh Meter dan MCB masih terdapat nilai *error* yang melewati batas kontrol sehingga perlu dilakukan validasi dengan uji F. Uji F pada material Kwh Meter dan MCB menghasilkan tidak terdapat nilai F hitung yang melebihi F tabel. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa metode *Holts-Winter* Multiplikatif valid digunakan sebagai usulan metode peramalan terbaik guna melakukan pengadaan empat material listrik terpilih pada PT PLN (Persero) UP3 Semarang.

Berdasarkan perhitungan peramalan material terpilih menggunakan metode *Holts-Winter* Multiplikatif, diperoleh jumlah kebutuhan material untuk 12 periode yang akan datang (tahun 2024) tertera pada Tabel 5.44. Untuk material Kwh Meter memiliki jumlah peramalan permintaan sebesar 158469 unit per tahun, material *Cable* memiliki jumlah peramalan permintaan sebesar 2897207 unit per tahun, material *Tap Connector* memiliki jumlah peramalan permintaan sebesar 141707 unit per tahun, dan material MCB memiliki jumlah peramalan permintaan sebesar 63655 unit per tahun.

Berdasarkan perhitungan biaya pada kebijakan *continuous review* dan *periodic review*, diketahui bahwa biaya minimum akan diperoleh perusahaan apabila

menggunakan kebijakan *continuous review*. Kebijakan *continuous review* mempunyai keunggulan lebih cepat merespons fluktuasi permintaan sehingga mencegah terjadinya kekurangan atau kelebihan stok yang dapat merugikan perusahaan. Selain itu, nilai *safety stock* kebijakan *continuous review* lebih kecil daripada *periodic review* yang membuat perusahaan dapat meminimalisir biaya simpan.

Berdasarkan perhitungan metode *continuous review*, diperoleh kebijakan mengenai *safety stock* dan titik pemesanan kembali yang harus dilakukan oleh perusahaan. Perusahaan harus menyediakan *safety stock* sebesar 7572 unit untuk Kwh Meter, 97373 unit untuk *Cable*, 2717 unit untuk *Tap Connector*, dan 2428 unit untuk MCB. Selain itu, perusahaan harus melakukan pemesanan kembali ketika material Kwh Meter tersisa 16677 unit, material *Cable* tersisa 242267 unit, material *Tap Connector* tersisa 6006 unit, dan material MCB tersisa 2443 unit.

5. Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah membantu penelitian ini baik secara langsung maupun tidak langsung, sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

6. Daftar Pustaka

- Agus, R. (2009). *Manajemen Persediaan*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Assauri, S. (2004). *Manajemen Produksi dan Operasi*. Jakarta: BPFE Universitas Indonesia.
- Assauri, S. (2008). *Manajemen Produksi dan Operasi*. Jakarta: LPFEUI.
- Assauri, S. (2009). *Manajemen Pemasaran Konsep Dasar dan Strategi*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Chopra, S., Meindl, P., & Kalra, D. V. (2013). *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation (Vol) 232*. Boston, MA: Pearson.
- Davies, R. (2014). The Application of Times Series Modelling and Monte Carlo Simulation : Forecasting Volatile Inventory Requirements. *Applied Mathematics*, 1152-1168.
- De Lurgio, S. A. (1998). *Forecasting Principles and Applications*. USA: Mc Graw-Hill International.
- Diana, H., & Raharjo, C. D. (2015). Sistem Pendukung Keputusan Untuk Forecasting Penjualan di Toko Sumber Saudara. *Prosiding SNATIF*, 275.
- Elsayed, E., & Boucher, T. O. (1985). *Analysis and Control of Production Systems Systems (Nomor 658.503/E49)*. Pretince-Hall.
- Gaspersz. (2004). *Production Planning And Inventory Control*. Jakarta: Gramedia.

- Gasperz. (1998). *Product Planning and Inventory Control (PPIC)*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Handoko, H. (2008). *Dasar-Dasar Manajemen Produksi dan Operasi*. Yogyakarta: BPFE.
- Hartini, S. (2011). *Teknik Mencapai Produksi Optimal*. Bandung: Lubuk Agung.
- Heizer, & Render. (2004). *Operation Management International Edition*. New Jersey: Prentice hall Inc.
- Herjanto, E. (2007). *Manajemen Operasi*. Jakarta: PT Gramedia Widiasrana.
- Hidayatika, S. R., & Pramono, S. N. (2008). Usulan Penggunaan Metode Forecasting untuk Permintaan Kopi Robusta pada PT XYZ. *Industrial Engineering Journal*, 4.
- Ishak, A. (2010). *Manajemen Operasi*. Yogyakarta: PT Graha Ilmu.
- Itsna, N. (2023). Analisis Metode Economic Order Quantity, Safety Stock, Reorder Point, dan Cost Inventory dalam Mengoptimalkan Manajemen Persediaan UMKM Bakso Pedas. *MODERN (Indonesia Journal for Contemporary Multidicipline Research)*, 29-44.
- Joko, S. (2004). *Manajemen Produksi dan Operasi Suatu Pengantar*. Malang: Penerbit Universitas Muhammadiyah Malang.
- Kadim, A. (2017). *Penerapan Manajemen Produksi dan Operasi di Industri Manufaktur*. Bogor: Mitra Wacana Media.
- Krajewski, L. J., Ritzman, L. P., & Malhotra, M. K. (2010). *Operations Management: Processes and Supply Chains*. Pearson New Jersey.
- Lusiana, A., & Yuliaty, P. (2020). Penerapan Metode Peramalan (Forecasting) pada Permintaan Atap PT X. *Jurnal Teknik Industri ITN Malang*.
- Madura, J. (2001). *Pengantar Bisnis*. Thomson Learning.
- Maricar, M. A. (2019). Analisa Perbandingan Nilai Akurasi Moving Average dan Exponential Smoothing untuk Sistem Peramalan Pendapatan pada Perusahaan XYZ. *Jurnal Sistem dan Informatika Vol. 13, No. 2*, 36-45.
- Nasution, A. (2019). Metode Weighted Moving Average Dalam M-Forecasting. *JURTEKSI (Jurnal Teknologi dan Sistem Informasi)*, 120.
- Nurwulan, N. R. (2021). Pengurangan Lead Time dengan Lean Manufacturing: Kajian Literatur. *JIME (Journal of Industrial and Manufacture Engineering)*, 5, 30-40.
- Rangkuty, F. (2004). *Manajemen Persediaan (Inventori Manajemen)*. Jakarta: Rajawali.
- Reiter, B. S., Heger, J., Meinecke, C., & Bergmann, J. (2012). Integration of Demand Forecasts in ABC-XYZ Analysis: Practical Investigation at an Industrial Company. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 6(4), 445-451.
- Setyaningsih, S., & Basri, M. H. (2013). Comparison Continuous and Periodic Review Policy Inventory Management System Formula and Eteral Food Supply in Public Hospital Bandung. *International Journal of Innovation, Management, and Technology*, 253.
- Sugiono, Noerdjanah, & Wahyu, A. (2020). Uji Validitas dan Reliabilitas Alat Ukur SG Posture Evaluation. *Jurnal Surakarta*, 59.
- Syata, I., Nurman, T. A., & Adnan, A. N. (2022). Simulasi Monte Carlo dalam Meramalkan Pola Permintaan Tanaman Hias Melalui Usaha Rumahan di Tengah Pandemi Covid-19. *Jurnal Matematika dan Statistika serta Aplikasinya*, 10.
- Taylor, B. (2004). *Management Science Edisi Delapan*. Jakarta: Salemba Empat.
- Telsang, M. T. (2018). *Industrial Engineering and Production Management*. New Delhi: S Chand and Company Limited.
- Tersine, R. (1994). *Principles of Inventory and Materials Management*. New Jersey: Prentice Hall.
- Wahyuni, T. (2015). Penggunaan Analisis ABC untuk Pengendalian Persediaan Barang Habis Pakai: Studi Kasus di Program Vokasi UI. *Jurnal Vokasi Indonesia Volume 3 Nomor 2*, 1-20.
- Wijaya. (2015). Klasifikasi Inventori dengan ABC/XYZ Analisis. *Jurnal Tirta Vol.3 No.2 Universitas Kristen Petra*.