

OPTIMALISASI PENGENDALIAN PERSEDIAAN MATERIAL RUTIN MENGGUNAKAN METODE *MIN-MAX STOCK* PADA PDAM TIRTA AYU SLAWI

Mutia Athaya Salsabila¹, Dyah Ika Rinawati^{*2}

¹Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

²Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

Abstrak

PDAM Tirta Ayu Slawi adalah Badan Usaha Milik Daerah (BUMD) yang berperan sebagai penyelenggara sistem penyediaan air minum untuk memenuhi kebutuhan masyarakat wilayah Kabupaten Tegal. Persaingan pasar menuntut perusahaan untuk memuaskan konsumen dengan produk berkualitas melalui proses produksi yang lancar, yang erat kaitannya dengan pengendalian inventaris yang tepat. PDAM Tirta Ayu Slawi, sebagai BUMD, memiliki tanggung jawab untuk menyediakan air bersih dengan optimal, namun perusahaan menghadapi tantangan dalam manajemen inventaris material rutin yang menyebabkan *stockout* (kekurangan) dan *overstock* (kelebihan) persediaan bahan baku. Berdasarkan permasalahan tersebut, didapatkan metode *min-max* untuk mengendalikan jumlah persediaan bahan baku dan memastikan kelancaran proses produksi. Dengan metode *Min-Max Stock* didapatkan hasil pengelolaan material rutin lebih baik dari kondisi *existing* ditandai dengan saldo akhir material metode *Min-Max Stock* sebesar Rp 614.639.823 dengan total persediaan sebanyak 10.475 unit dibandingkan kondisi *existing* dengan saldo akhir mencapai Rp 752.277.843 dan total persediaan akhir sebanyak 12.579 unit.

Kata kunci: metode *min-max*, pengelolaan inventaris, persediaan bahan baku, pengendalian persediaan, material rutin, optimalisasi persediaan, efisiensi operasional

Abstract

[Title: Optimization of Inventory Management in Water Supply Companies : A Case Study of PDAM Tirta Ayu Slawi] PDAM Tirta Ayu Slawi, a Regional Owned Enterprise (BUMD), is responsible for providing a drinking water supply system to meet the needs of the Tegal Regency community. Market competition requires companies to satisfy consumers with quality products through smooth production processes, which are closely related to effective inventory control. PDAM Tirta Ayu Slawi faces challenges in managing routine material inventories, resulting in *stockouts* and *overstock* situations. To address these issues, the *Min-Max* method was applied to control raw material inventory levels. This method considers Inventory Turn Over (ITO), Safety Stock (SS), Re-Order Point (ROP), and Order quantity (Q) to optimize inventory management and ensure smooth production processes. The *Min-Max Stock* method resulted in improved raw material inventory, as evidenced by a final inventory balance of IDR 614.639.823 with a total inventory of 10.475 units, compared to the existing condition with a final balance of IDR 752.277.843 and a total final inventory of 12.579 units.

Keywords: *min-max* method, inventory management, raw material management, inventory optimization, routine materials, inventory optimization, operational efficiency

1. Pendahuluan

Di era modern saat ini, setiap perusahaan dihadapkan pada persaingan pasar global sehingga

perusahaan harus mampu bersaing dengan tetap kompetitif dan eksis di pasar. Perusahaan harus mampu memuaskan konsumen dengan menyediakan produk yang berkualitas dan optimal. Ketersediaan produk yang optimal tergantung pada kelancaran proses produksi, yang sangat terkait dengan pengendalian inventaris yang efektif [1]. Manajemen inventaris merupakan proses pengumpulan dan penyimpanan barang yang diperlukan

*Penulis Korespondensi.

E-mail: mutiaathayasalsabila@students.undip.ac.id

dalam rangka memenuhi *demand* dari waktu ke waktu [2].

PDAM Tirta Ayu Slawi adalah Badan Usaha Milik Daerah (BUMD) yang berlokasi di Kabupaten Tegal dan berperan sebagai penyelenggara sistem penyediaan air minum untuk memenuhi kebutuhan masyarakat wilayah Kabupaten Tegal. PDAM Tirta Ayu Slawi berperan aktif dalam mendistribusikan air bersih dengan tujuan meningkatkan kesejahteraan masyarakat secara umum dengan kapasitas debit air sebesar 387,23 lt/detik. Dalam upaya memuaskan pelanggan, perusahaan diharuskan untuk menjaga performanya dalam hal pemenuhan kebutuhan konsumen, salah satunya dengan memenuhi kebutuhan material rutin. Persediaan material rutin diperlukan PDAM Tirta Ayu Slawi agar ketika terjadi kerusakan pada mesin produksi, perbaikan dan penggantian dapat dilakukan dengan cepat, sehingga tidak menghambat proses produksi terlalu lama. Gangguan dalam proses produksi dapat menyebabkan kerugian penjualan dan berpotensi mengurangi loyalitas pelanggan terhadap perusahaan [3]. Permasalahan utama yang sering dialami PDAM Tirta Ayu yaitu terjadinya *understock* maupun *overstock* pada material rutin sehingga mengakibatkan kerugian cukup besar, baik dari segi materi maupun loyalitas pelanggan. Dalam hal ini, diperlukan manajemen persediaan yang baik agar PDAM Tirta Ayu dapat mencapai efisiensi serta efektifitas yang optimal dalam penyediaan bahan baku secara berkala untuk dapat mengatur berapa banyak item yang harus disediakan, kapan harus melakukan pemesanan ulang (*re-order point*), dan jumlah *safety stock* untuk mengatasi fluktuasi *demand*. Pengendalian persediaan bertujuan untuk meminimalkan biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan se-ekonomis mungkin

Penelitian sebelumnya tentang pengendalian persediaan menggunakan metode *Min-Max Stock* telah dilakukan di beberapa perusahaan. Misalnya, penelitian yang telah dilakukan oleh Silvia (2013) yang menunjukkan bahwa jumlah *safety stock* yang dimiliki jauh lebih besar dibandingkan perhitungan *Min-Max Stock* di PT Semen Tonasa [4]. Kemudian, penelitian oleh Kinanthi et al (2016) menunjukkan bahwa penerapan metode *min-max stock* di PT Djitoe Indonesia Tobacco berhasil menghemat biaya persediaan sebesar Rp 700.000 per periode [5]. Selanjutnya, penelitian yang dilakukan oleh Putri dan Ulkhaq (2017) menunjukkan bahwa metode *min-max stock* di PT Jaya Aflaha mampu menunjukkan penghematan biaya sebesar Rp 1.515.508 [6]. Penulis berusaha menerapkan metode *Min-Max Stock* untuk pengelolaan inventaris di PDAM Tirta Ayu Slawi. Metode ini dipilih karena terbukti efektif dalam mengoptimalkan persediaan di berbagai perusahaan sebelumnya.

Metode *Min-Max Stock* dalam penggunaannya didasarkan asumsi bahwa persediaan bahan baku ada pada dua tingkat yaitu tingkat minimum dan tingkat

maksimum. Jika tingkat minimum dan maksimum bahan baku telah ditetapkan, maka saat persediaan sampai ke tingkat minimum, pemesanan bahan baku harus dilakukan kembali agar menempatkan persediaan pada tingkat maksimum. Penerapan metode *Min-Max Stock* digunakan agar gudang (*warehouse*) dapat mengetahui berapa persediaan minimum dan maksimum bahan baku yang harus tersedia agar tidak terjadi pemborosan biaya. Dengan menerapkan metode *Min-Max Stock*, diharapkan mampu mengatasi masalah *stockout* dan *overstock* perusahaan serta meningkatkan efisiensi pengelolaan persediaan material rutin sehingga dapat mendukung kelancaran proses produksi dan memenuhi kebutuhan pelanggan dengan lebih baik.

Penelitian ini bertujuan untuk menghitung jumlah perencanaan persediaan material rutin yang optimal dengan menghitung *safety stock* (SS), *re-order point* (ROP), *inventory turn over* (ITO), dan perhitungan *order quantity* (Q) menggunakan metode *Min-Max Stock*, sehingga perusahaan dapat mengetahui efisiensi pengendalian persediaan material rutin dengan membandingkan kondisi *existing* perusahaan dengan metode *Min-Max Stock* demi menghindari kekurangan dan kelebihan bahan baku yang dapat menyebabkan banyak kerugian bagi perusahaan.

2. Studi Literatur Persediaan

Persediaan dapat diartikan sebagai jumlah barang atau sumber daya yang tersedia di dalam suatu perusahaan atau organisasi sehingga persediaan memiliki peran penting dalam menghubungkan perusahaan dengan konsumen untuk memenuhi kebutuhan atau permintaan [4]. Dari pengertian tersebut, dapat disimpulkan persediaan adalah sumber daya meliputi bahan baku, barang jadi, atau produk akhir serta barang dalam proses ataupun bahan yang digunakan dalam proses produksi untuk memenuhi kebutuhan permintaan. Dalam supply chain management, persediaan diartikan sebagai material yang tersimpan di gudang untuk keperluan produksi di masa depan atau sebagai cadangan jika proses produksi membutuhkan tambahan material. Jenis dan tipe persediaan dapat dibedakan menjadi [5] : (a) Persediaan bahan mentah (*raw material*), (b) persediaan barang setengah jadi (*work in process*), (c) persediaan pasokan pemeliharaan dan operasi, (d) persediaan barang jadi (*finished good*).

Fungsi Persediaan

Menurut Heizer & Render (2014) fungsi persediaan bagi perusahaan antara lain: (a) memberikan variasi produk sehingga memenuhi permintaan konsumen, (b) memisahkan berbagai tahap dalam proses produksi ketika persediaan mengalami fluktuasi, (c) melindungi perusahaan dari dampak inflasi dan kenaikan harga dengan menjaga persediaan.

Pengendalian Persediaan

Pengendalian persediaan adalah proses yang bertujuan untuk menjaga tingkat persediaan pada tingkat optimal yang pada akhirnya akan menghasilkan penghematan yang signifikan untuk persediaan tersebut [6]. Pengendalian persediaan erat kaitannya dengan desain, operasi, dan pengendalian sistem persediaan [7]. Pengendalian persediaan barang digunakan agar perusahaan tidak mengalami kelebihan persediaan ataupun kekurangan persediaan yang akan menyebabkan pemborosan [8]. pengendalian persediaan merupakan kegiatan mengestimasi jumlah persediaan yang sesuai, penentuan tingkat persediaan yang harus dipertahankan, perencanaan waktu yang diperlukan untuk menambah persediaan, dan menentukan jumlah yang dibutuhkan untuk pembelian kembali agar dapat memenuhi kebutuhan bahan atau barang dengan akurat dan secara ekonomis, dengan biaya seminimal mungkin.

Tujuan Pengendalian Persediaan

Menurut Ristono (2009) tujuan dilakukannya pengendalian persediaan antara lain: (a) dapat memenuhi kebutuhan atau permintaan konsumen dengan cepat, (b) menjaga kontinuitas produksi dan menjaga agar perusahaan tidak mengalami kehabisan persediaan, (c) mempertahankan dan meningkatkan penjualan dan laba perusahaan.

Faktor-Faktor Pengendalian Persediaan

Faktor pengendalian persediaan merujuk pada berbagai variabel atau elemen yang memengaruhi cara suatu perusahaan mengelola dan mengontrol persediannya. Faktor-faktor pengendalian persediaan mencakup *safety stock*, *lead time*, dan *re-order point*.

a. *Safety Stock*

Safety stock atau persediaan pengaman adalah jumlah persediaan yang disimpan sebagai cadangan untuk memastikan kelancaran proses produksi perusahaan dan mencegah kekurangan barang. Dalam menetapkan jumlah *safety stock*, dilakukan analisis statistik yang memperhitungkan perbedaan antara perkiraan penggunaan bahan baku dan penggunaan aktualnya. Dengan demikian, dapat diketahui ukuran standar dari perbedaan tersebut. Jika persediaan pengaman terlalu besar, akan berdampak pada biaya penyimpanan yang tinggi pada perusahaan. Oleh karena itu, perusahaan harus menentukan jumlah *safety stock* dengan akurat. Berikut merupakan rumus perhitungan *safety stock*.

$$SS = \sigma x \sqrt{LT}$$

Dimana, perhitungan standar deviasi sebagai berikut.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{n-1}}$$

Keterangan:

σ = Standar deviasi

x = Pemakaian sesungguhnya

$\bar{x}$ = Rata-rata pemakaian

n = Jumlah periode

b. *Lead time*

Lead time adalah waktu yang dibutuhkan dari sejak pemesanan hingga barang yang dipesan diterima, yang mana *lead time* panjang dapat menyebabkan pemborosan pada perusahaan dan meningkatnya biaya pemrosesan [9].

c. *Re-Order Point*

Re-Order Point merupakan batas dari jumlah persediaan bahan baku yang ada pada saat dimana pemesanan harus diadakan kembali [10]. Sedangkan menurut Dermawan (2012), *re-order point* adalah jumlah persediaan minimum yang harus dipertahankan saat melakukan pemesanan. Dengan menerapkan *re-order point*, perusahaan dapat mengurangi risiko kehabisan persediaan bahan baku dan menghindari terjadinya akumulasi atau kekurangan bahan baku. Adapun rumus dalam menentukan titik pemesanan kembali atau *Re-order point* menggunakan persamaan berikut.

$$ROP = SS + (T \times LT)$$

Keterangan:

T = Pemakaian material rata-rata per periode (unit)

LT = *Lead time* (tahun)

SS = *Safety stock* (unit)

Metode Min-Max

Metode *Min-Max* adalah pendekatan untuk menatur stok inventory yang bertujuan untuk menghindari kelebihan stok yang bisa mengakibatkan pemborosan [11]. Cara kerja metode *min-max* yakni apabila persediaan sudah melewati batas minimum dan mendekati batas *safety stock*, maka *re-order point* harus dilakukan. Manfaat menggunakan metode ini meliputi kemampuan untuk mengetahui tingkat stok minimum dan maksimum di gudang dengan merencanakan pemesanan persediaan sehingga dapat mencegah terjadinya *overstock* maupun *understock*.

A. Persediaan Minimum (*Minimum Stock*)

Minimum Stock adalah jumlah pemakaian selama waktu pesanan pembelian yang dihitung dari perkalian antara waktu pemesanan per periode dan pemakaian rata-rata dalam satu periode tertentu ditambah dengan *safety stock*. Adapun rumus *minimum stock* sebagai berikut [12].

$$Minimum Stock = (T \times LT) + SS$$

B. Persediaan Maksimum (*Maksimum Stock*)

Maximum stock adalah jumlah maksimum bahan baku yang diperbolehkan disimpan dalam persediaan yang dihitung dari dua dikali dengan

waktu pesanan per periode dan pemakaian rata-rata dalam satu periode tertentu kemudian ditambah dengan *safety stock*. Adapun rumus *maximum stock* sebagai berikut. [12]

$$\text{Maximum Stock} = 2 \times (T \times LT) + SS$$

Tingkat persediaan yang perlu dipesan untuk persediaan kembali adalah berapa jumlah bahan baku yang harus dipesan jika persediaan sudah berada di *re-order point* [13]. Perhitungan *order quantity* (Q) dapat dirumuskan sebagai berikut. [14].

$$Q = 2 \times T \times LT$$

Keterangan :

Q = *order quantity* atau jumlah pesan (unit)

T = rata-rata penggunaan material (unit)

LT = *lead time* (tahun)

Frekuensi didefinisikan berapa kali bahan baku harus dipesan untuk memenuhi permintaan atau persediaan [15]. Adapun perhitungan frekuensi pemesanan sebagai berikut.

$$F = \frac{D}{Q}$$

Keterangan:

F = frekuensi pemesanan (kali/tahun)

D = jumlah pemakaian material (unit/tahun)

3. Metode Penelitian

Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Data Primer
Data primer diperoleh dari studi komunikatif berupa wawancara langsung kepada pihak manajer untuk mengetahui strategi pemesanan material rutin PDAM Tirta Ayu Slawi, wawancara dengan staf gudang terkait proses manajemen inventaris dan tantangan yang dihadapi, dan survei untuk mengukur tingkat kepuasan pelanggan layanan.
2. Data sekunder
Data sekunder adalah data yang didapatkan dari arsip perusahaan pada tahun 2023 meliputi data pembelian material rutin tahun 2023, pemakaian material rutin, frekuensi pemesanan tahun 2023, perencanaan persediaan tahun 2023, harga beli material rutin, dan *lead time*.

Pengolahan Data

Data yang sudah dikumpulkan selanjutnya akan diolah sesuai dengan tujuan yang akan dicapai. Pada laporan ini, pengolahan data dilakukan dengan beberapa perhitungan antara lain *Inventory Turn Over* (ITO), *Safety Stock*, dan *Reorder Point* (ROP), jumlah pesanan dengan *Order quantity* (Q), dan frekuensi pemesanan selama 1 periode, membuat grafik perbandingan biaya

material, frekuensi pemesanan, serta ITO Material rutin, dan tahap terakhir menentukan usulan perbaikan pada pengendalian persediaan.

4. Hasil dan Pembahasan

Data Pemakaian Material Rutin

Pada PDAM Tirta Ayu Slawi terdapat banyak material yang digunakan untuk kebutuhan operasional. Dari daftar yang diperoleh, terdapat total kurang lebih 277 material yang terdaftar. Material rutin harus diatur persediannya seoptimal mungkin agar dapat memenuhi kebutuhan tanpa mengalami *stockout* maupun *overstock*. Adapun daftar 10 material rutin yang akan digunakan sebagai sampel yang dipilih berdasarkan penggunaan terbesar pada bagian *warehouse* dalam proses pengendalian persediaan dapat ditunjukkan pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Data Material Rutin yang Digunakan

No	Item Name	Stock Tahun 2022	Pembelian	Pemakaian	Harga/Unit
1	Pipa SR PVC 15	113	575	570	Rp 8,664.00
2	Pipa SR GI 15	131	780	767	Rp 152,332.00
3	Meter Air SR 1/2 Bestini	1130	5750	5587	Rp 333,000.00
4	Keni PVC SR 3/4	145	870	780	Rp 4,662.00
5	Kran SR 1/2	921	3120	2900	Rp 35,520.00
6	Stop Kran SR 1/2	791	4200	3671	Rp 86,580.00
7	Box Meter SR Double	790	3580	2841	Rp 41,070.00
8	Neple SR GI 1/2	2409	8550	7861	Rp 8,547.00
9	Pipa SR PE 15	590	6500	6210	Rp 27,232.00
10	Keni GI SR 1/2	3308	11400	11887	Rp 9,657.00

Perhitungan *Inventory Turn Over* (ITO) Kondisi Existing

Dalam rangka mempercepat pengembalian kas melalui penjualan, maka diperlukan perputaran persediaan yang baik. Menurut Michell Suharli (2006), *Inventory Turn Over* adalah strategi untuk menentukan berapa kali persediaan terjual dan digantikan dengan persediaan baru selama satu tahun dan memberikan pengukuran mengenai likuiditas dan kemampuan suatu perusahaan untuk mengkonversikan barang persediaannya menjadi uang secara tepat. Berikut merupakan rumus ITO untuk menghitung perputaran persediaan di PDAM Tirta Ayu Slawi.

$$ITO = \frac{\text{Total Biaya Pemakaian Material}}{\text{Saldo Rata - Rata}}$$

Dimana:

$$\text{Saldo Rata - rata} = \frac{\text{Saldo Periode Saat Ini} + \text{Saldo Periode Lalu}}{2}$$

Berikut adalah contoh *perhitungan Inventory*

Turn Over (ITO) pada material kran SR ½.

Biaya Pemakaian

= harga material tiap unit x pemakaian

Biaya Pemakaian = Rp 35.520 x 2900

= Rp 103.008.000

Saldo Rata - Rata

$$= \frac{\text{Saldo periode saat ini} + \text{Saldo periode lalu}}{2}$$

Saldo Rata - Rata

$$= \frac{\text{Rp 40.528.320} + \text{Rp 32.713.920}}{2}$$

Saldo Rata - Rata = Rp 36.621.120

$$\text{ITO} = \frac{\text{Total Biaya Pemakaian Material}}{\text{Saldo Rata - Rata}}$$

$$\text{ITO} = \frac{\text{Rp 103.008.000}}{\text{Rp 36.621.120}} = 2,81 \text{ kali}$$

Rekapitulasi perhitungan ITO berdasarkan pembelian dan pemakaian material rutin pada periode 2023(kondisi existing) dapat ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. *Perhitungan ITO Kondisi Existing*

No	Item Name	ITO
1	Pipa SR PVC 15	4.94
2	Pipa SR GI 15	5.58
3	Meter Air SR 1/2 Bestini	4.61
4	Keni PVC SR 3/4	4.11
5	Kran SR 1/2	2.81
6	Stop Kran SR 1/2	3.48
7	Box Meter SR	2.45
8	Double Neple SR GI 1/2	2.85
9	Pipa SR PE 15	8.45
10	Keni GI SR 1/2	3.88

Perhitungan *Safety Stock* (SS)

Safety stock digunakan perusahaan untuk mengurangi lost opportunity dan lost sales yang berdampak pada kepuasan pelanggan.

Berikut merupakan contoh perhitungan *safety stock* pada material kran SR ½.

a. Perhitungan standar deviasi

$$STD = \sqrt{\frac{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \sum_{i=1}^n (x_i)^2}{n(n-1)}}$$

$$STD = \sqrt{\frac{3184 \times 1.859.980 - 10.137.856}{3184(3184-1)}} = 24,15$$

b. Penentuan *lead time*

Berikut merupakan *lead time* material rutin PDAM Tirta Ayu Slawi.

Tabel 3. *Lead time Material Rutin*

No	Item Name	Lead time
1	Pipa SR PVC 15	8
2	Pipa SR GI 15	8
3	Meter Air SR 1/2 Bestini	14
4	Keni PVC SR 3/4	14
5	Kran SR 1/2	14
6	Stop Kran SR 1/2	14
7	Box Meter SR	14
8	Double Neple SR GI 1/2	14
9	Pipa SR PE 15	8
10	Keni GI SR 1/2	14

c. Perhitungan *safety stock*

$$SS = STD \times \sqrt{LT}$$

$$SS = 24,15 \times \sqrt{0,038}$$

$$SS = 5$$

Rekapitulasi perhitungan *safety stock* dilakukan seperti pada tabel 4 berikut.

Tabel 4. *Rekapitulasi perhitungan safety stock*

No	Item Name	Lead time (Year)	STD	SS
1	Pipa SR PVC 15	0.022	8.85	2
2	Pipa SR GI 15	0.022	12.29	2
3	Meter Air SR 1/2 Bestini	0.038	28.35	6
4	Keni PVC SR 3/4	0.038	10.56	3
5	Kran SR 1/2	0.038	24.15	5
6	Stop Kran SR 1/2	0.038	24.19	5
7	Box Meter SR	0.038	24.21	5
8	Double Neple SR GI 1/2	0.038	42.03	9
9	Pipa SR PE 15	0.022	38.94	6
10	Keni GI SR 1/2	0.038	48.35	10

Berdasarkan perhitungan di atas, dapat dilihat bahwa nilai *safety stock* tertinggi ada pada material Keni GI SR ½ yaitu sebesar 10 dan nilai *safety stock* terendah yaitu 2 terlihat pada material pipa SR PVC 15 dan pipa SR GI 15.

Perhitungan *Re-Order Point* (ROP)

Re-order point diartikan sebagai titik minimal dilakukan pemesanan kembali oleh perusahaan dimana pada titik ini perencanaan harus memesan kembali

persediaan material sehingga penerimaan material dapat tepat waktu. ROP dapat dihitung menggunakan rumus berikut.

$$\text{Reorder Point} = SS + (LT \times \text{avrg. demand})$$

Berikut ini adalah contoh perhitungan *re-order point* dari material kran SR ½:

$$\text{Reorder Point} = 5 + (0,038 \times 323) = 18$$

Dengan demikian, diperoleh rekapitulasi dari perhitungan *re-order point* yang ditunjukkan pada tabel 5 berikut.

Tabel 5. Rekapitulasi Perhitungan ROP

No	Item Name	Lead time (Year)	SS	Avrg. Demand	ROP
1	Pipa SR PVC 15	0.022	2	64	4
2	Pipa SR GI 15	0.022	2	86	4
3	Meter Air SR 1/2 Bestini	0.038	6	621	30
4	Keni PVC SR 3/4	0.038	3	87	7
5	Kran SR 1/2	0.038	5	323	18
6	Stop Kran SR 1/2	0.038	5	408	21
7	Box Meter SR	0.038	5	316	18
8	Double Neple SR GI 1/2	0.038	9	874	43
9	Pipa SR PE 15	0.022	6	690	22
10	Keni GI SR 1/2	0.038	10	1321	61

Berdasarkan perhitungan diatas, terlihat bahwa nilai ROP tertinggi terdapat pada material Keni GI SR ½ yaitu sebesar 61 dan nilai ROP terendah pada material pipa SR PVC 15 dan pipa SR GI 15 yaitu sebesar 4.

Perhitungan pesanan dengan *Order Quantity* (Q)

Order Quantity (Q) merupakan metode yang mencari tingkat persediaan seminim mungkin dengan biaya rendah dan mutu yang baik lalu memberikan kuantitas. Berikut merupakan perhitungan *Order quantity* (Q) pada PDAM Tirta Ayu Slawi.

$$Q = 2 \times T \times LT$$

Berikut ini adalah contoh perhitungan *Q* dari material kran SR ½:

$$Q = 2 \times 323 \times 0,038 = 25$$

Sehingga, didapatkan rekapitulasi hasil perhitungan nilai *Order quantity* (Q) ditunjukkan pada tabel 6 berikut.

Tabel 6. Rekapitulasi Nilai *Order quantity* (Q)

No	Item Name	Lead time (Year)	Avrg. Demand	Q
1	Pipa SR PVC 15	0.022	64	3
2	Pipa SR GI 15	0.022	86	4
3	Meter Air SR 1/2 Bestini	0.038	621	48
4	Keni PVC SR 3/4	0.038	87	7
5	Kran SR 1/2	0.038	323	25
6	Stop Kran SR 1/2	0.038	408	32
7	Box Meter SR	0.038	316	25
8	Double Neple SR GI 1/2	0.038	874	68
9	Pipa SR PE 15	0.022	690	31
10	Keni GI SR 1/2	0.038	1321	102

Selain itu, dilakukan perhitungan untuk menentukan frekuensi pemesanan ekonomis (F) dari hasil perhitungan *Order quantity* (Q) sebagai berikut.

$$F = \frac{D}{Q}$$

Sehingga, didapatkan rekapitulasi hasil perhitungan nilai frekuensi pemesanan ditunjukkan pada tabel 7 berikut.

Tabel 7. Rekapitulasi Perhitungan Frekuensi

No	Item Name	Demand (year)	Q	F
1	Pipa SR PVC 15	570	3	190
2	Pipa SR GI 15	767	4	192
3	Meter Air SR 1/2 Bestini	5587	48	117
4	Keni PVC SR 3/4	780	7	112
5	Kran SR 1/2	2900	25	116
6	Stop Kran SR 1/2	3671	32	115
7	Box Meter SR	2841	25	114
8	Double Neple SR GI 1/2	7861	68	116
9	Pipa SR PE 15	6210	31	201
10	Keni GI SR 1/2	11887	102	117

Berdasarkan perhitungan di atas, terlihat bahwa hasil perhitungan menunjukkan bahwa frekuensi pemesanan tertinggi terdapat pada material pipa SR PE

15 sebanyak 201. Sedangkan frekuensi pemesanan terendah terdapat pada material Keni PVC SR ¾ dengan frekuensi 112. Selanjutnya, pada perhitungan *order quantity*, terlihat bahwa kuantitas pemesanan tertinggi pada Keni GI SR 1.2 sebesar 102 unit dan kuantitas pemesanan terendah ada pada pipa SR PVC 15 sebesar 3 unit.

Minimum dan Maximum Stock

Minimum stock adalah jumlah terendah dari suatu item yang harus dipertahankan dalam persediaan perusahaan pada suatu waktu tertentu. *Minimum stock* menjadi elemen penting untuk mencegah kehabisan *stock* pada gudang. Sedangkan *maximum stock* adalah jumlah suatu item yang dipertahankan dalam persediaan perusahaan pada suatu waktu yang bertujuan untuk mencegah *overstocking*. Berikut merupakan contoh perhitungan *minimum stock* dan *maximum stock* untuk material kran SR ½.

$$\text{Minimum Stock} = (T \times LT) + SS$$

$$\text{Minimum Stock} = (323 \times 0,038) + 5 = 18$$

$$\text{Maximum Stock} = 2 \times (T \times LT) + SS$$

$$\text{Maximum Stock} = 2 \times (323 \times 0,038) + 5 = 30$$

Sehingga, didapatkan rekapitulasi perhitungan *minimum* dan *maximum stock* ditunjukkan pada tabel 8 berikut.

Tabel 8. Rekapitulasi Perhitungan Min Max Stock

No	Item Name	Min Stock	Max Stock
1	Pipa SR PVC 15	4	5
2	Pipa SR GI 15	4	6
3	Meter Air SR 1/2 Bestini	30	54
4	Keni PVC SR 3/4	7	10
5	Kran SR 1/2	18	30
6	Stop Kran SR 1/2	21	37
7	Box Meter SR	18	30
8	Double Neple SR GI 1/2	43	77
9	Pipa SR PE 15	22	37
10	Keni GI SR 1/2	61	112

Berdasarkan perhitungan di atas, terlihat bahwa hasil perhitungan menunjukkan bahwa material rutin pipa SR PVC 15 memiliki *maximum stock* paling rendah yaitu sebesar 5. Sedangkan material rutin Keni GI SR ½ memiliki *maximum stock* paling tinggi yaitu sebesar 112 unit.

Perhitungan Inventory Turn Over (ITO) Metode Min-Max Stock

Berikut merupakan rekapitulasi perhitungan *Inventory Turn Order* (ITO) dengan metode Min-Max Stock.

Tabel 9. Inventory Turn Order Metode Min-Max

No	Item Name	Biaya Pemakaian	Saldo Rata-Rata	ITO
1	Pipa SR PVC 15	Rp 16.338.480,00	Rp 3.239.032,00	5,04
2	Pipa SR GI 15	Rp 116.838.644,00	Rp 20.031.658,00	5,83
3	Meter Air SR 1/2 Bestini	Rp 1.860.471.000,00	Rp 381.118.500,00	4,88
4	Keni PVC SR 3/4	Rp 3.636.360,00	Rp 685.314,00	5,31
5	Kran SR 1/2	Rp 103.008.000,00	Rp 32.713.920,00	3,15
6	Stop Kran SR 1/2	Rp 317.835.180,00	Rp 68.874.390,00	4,61
7	Box Meter SR	Rp 116.679.870,00	Rp 32.630.115,00	3,58
8	Double Neple SR GI 1/2	Rp 67.187.967,00	Rp 20.782.030,50	3,23
9	Pipa SR PE 15	Rp 169.110.720,00	Rp 16.352.816,00	10,34
10	Keni GI SR 1/2	Rp 114.792.759,00	Rp 32.095.039,50	3,58

Perbandingan Kondisi Existing Perusahaan dengan Metode Min-Max Stock

Berikut merupakan perbandingan jumlah *inventory* kondisi *existing* perusahaan dengan metode *min-max stock*.

Tabel 10. Perbandingan Jumlah Inventory

No	Item Name	Kebijakan Perusahaan Inventory	Metode Min Max Inventory
1	Pipa SR PVC 15	118	113
2	Pipa SR GI 15	144	132
3	Meter Air SR 1/2 Bestini	1293	1159
4	Keni PVC SR 3/4	235	149

5	Kran SR 1/2	1141	921
6	Stop Kran SR 1/2	1320	800
7	Box Meter SR	1529	799
8	Double Neple SR GI 1/2	3098	2454
9	Pipa SR PE 15	880	611
10	Keni GI SR 1/2	2821	3339
	Total	12579	10477

Jumlah *inventory* akhir adalah total nilai atau jumlah barang yang masih ada di gudang pada akhir periode tertentu. Apabila jumlah *inventory* akhir tinggi, menunjukkan pengendalian inventaris yang dilakukan oleh perusahaan. Persediaan akhir yang tinggi dapat menimbulkan banyak kerugian seperti biaya penyimpanan tinggi, resiko barang usang, investasi tidak efisien, dan penurunan nilai barang (depresiasi). Oleh karena itu, perusahaan harus melakukan pengendalian inventaris yang efektif. Berdasarkan perhitungan jumlah *inventory* di atas, terlihat bahwa kondisi existing perusahaan memiliki persediaan akhir sebesar 12.579 unit, sedangkan dengan metode *min-max stock* dapat diminimasi hingga sebesar 10.475 unit.

Berikut merupakan perbandingan saldo akhir material kondisi *existing* perusahaan dengan metode *min-max stock*.

Tabel 11. Perbandingan Saldo Akhir Material

No	Item Name	Kebijakan Perusahaan Saldo	Metode Min Max Saldo
1	Pipa SR PVC 15	Rp3,382,352	Rp3,239,032
2	Pipa SR GI 15	Rp21,935,808	Rp20,107,824
3	Meter Air SR 1/2 Bestini	Rp430,569,000	Rp385,947,000
4	Keni PVC SR 3/4	Rp1,095,570	Rp694,638
5	Kran SR 1/2	Rp40,528,320	Rp32,713,920
6	Stop Kran SR 1/2	Rp114,285,600	Rp69,264,000
7	Box Meter SR	Rp62,796,030	Rp32,814,930

8	Double Neple SR GI 1/2	Rp26,478,606	Rp20,974,338
9	Pipa SR PE 15	Rp23,964,160	Rp16,638,752
10	Keni GI SR 1/2	Rp27,242,397	Rp32,244,723
	Total	Rp752,277,843	Rp614,639,157

Saldo akhir material adalah nilai rupiah dari persediaan yang tersisa pada akhir suatu periode. Ini merupakan selisih antara total pembelian material pada awal periode dan penggunaan material selama periode tersebut. Pengendalian persediaan dianggap baik jika nilai saldo akhir rendah. Sebaliknya, jika saldo akhir material masih tinggi pada akhir periode, ini menunjukkan bahwa pengelolaan persediaan belum optimal dan memerlukan perbaikan. Pada kondisi *existing*, saldo akhir perusahaan masih tergolong besar yaitu sebesar Rp 752.277.843, kemudian setelah diterapkan metode *min max stock*, saldo akhir perusahaan berkurang sebesar Rp 137.638.020 menjadi sebesar Rp614.639.823.

Berikut merupakan *Inventory Turn Order* (ITO) kondisi *existing* perusahaan dengan metode *min-max stock*.

Tabel 12. Perbandingan *Inventory Turn Order*

No	Item Name	Kebijakan Perusahaan ITO	Metode Min Max ITO	Ket.
1	Pipa SR PVC 15	4.94	5.04	Naik
2	Pipa SR GI 15	5.58	5.83	Naik
3	Meter Air SR 1/2 Bestini	4.61	4.88	Naik
4	Keni PVC SR 3/4	4.11	5.31	Naik
5	Kran SR 1/2	2.81	3.15	Naik
6	Stop Kran SR 1/2	3.48	4.61	Naik
7	Box Meter SR	2.45	3.58	Naik
8	Double Neple SR GI 1/2	2.85	3.23	Naik
9	Pipa SR PE 15	8.45	10.34	Naik
10	Keni GI SR 1/2	3.88	3.58	Turun
	Total	43.15	49.55	ITO Naik

Berdasarkan grafik pada gambar diatas, terlihat bahwa hasil perhitungan menunjukkan bahwa perbandingan ITO kondisi *existing* dan metode *min-max stock*, dimana grafik terlihat mengalami kenaikan dari ITO kondisi *existing* ke ITO metode *min max stock*. Adapun nilai ITO tertinggi pada kondisi *existing* perusahaan yaitu pada material rutin Pipa SR PE 15 sebesar 8,45. Kemudian, nilai ITO tertinggi pada kebijakan min max perusahaan yaitu pipa SR PE 15 sebesar 10,34. Tingkat perputaran persediaan yang tinggi dapat mengurangi risiko kerugian akibat penurunan harga atau perubahan selera konsumen, serta menghemat biaya penyimpanan dan pemeliharaan persediaan. Oleh karena itu, pada saat kondisi mengalami *overstock*, semakin besar nilai *Inventory Turn Over* (ITO), semakin baik pengendalian persediaan perusahaan. Berdasarkan grafik perbandingan ITO di atas, terlihat bahwa nilai ITO pada metode *min-max stock* lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi *existing*. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi nilai *Inventory Turn Over* (ITO), semakin baik pengendalian persediaan perusahaan. Dengan demikian, metode *min-max stock* menghasilkan nilai ITO yang lebih tinggi dibandingkan dengan kebijakan perusahaan, yang berarti perencanaan persediaan sudah tepat dan manajemen gudang menjadi lebih efisien.

Perhitungan Service Level

Berikut merupakan perhitungan *service level* pada beberapa material rutin PDAM Tirta Ayu Slawi.

Tabel 13. Data Material Understock

No	Item Name	Inventory Awal (2022)	Pembelian	Demand
1	Pipa GI 100 Medium A	5	60	93
2	Pipa PVC 25 AW	100	400	703
3	Pipa PVC 40 AW	184	6.400	8.360
4	Pipa PVC 100 SNI	0	2.500	3.666
5	Pipa PVC 75 SNI	527	150	1.072
6	DOP GI 15	12	75	111
7	DOP PVC 20	24	315	432
8	FLANGED LAS GI 100	0	60	110
9	Keni PVC 25 Reducer PVC	35	125	223
10	20 X 15	65	100	269

Perhitungan persentase *service level* dinyatakan sebagai berikut.

$$SL = \frac{x}{\sum x} \times 100\%$$

Keterangan:

SL = Persentase *Service level*

x = Nilai persediaan material

$\sum x$ = Jumlah *Demand*

Nilai $\geq 80\%$: tingkat kesesuaian

Nilai $\leq 79\%$: tingkat belum sesuai

Tabel 14. Hasil Perhitungan Service Level

No	Item Name	Service Level
1	Pipa GI 100 Medium A	70%
2	Pipa PVC 25 AW	71%
3	Pipa PVC 40 AW	79%
4	Pipa PVC 100 SNI	68%
5	Pipa PVC 75 SNI	63%
6	DOP GI 15	78%
7	DOP PVC 20	78%
8	FLANGED LAS GI 100	55%
9	KENI PVC 25	72%
10	REDUCER PVC 20 X 15	61%

Service level adalah ukuran yang menggambarkan seberapa baik ketersediaan stok suatu material dalam memenuhi permintaan pelanggan. *Service level* akan membantu pihak PDAM untuk menyelaraskan antara layanan yang diberikan dengan kebutuhan pelanggan. *Service level* digunakan untuk mengukur bagaimana PDAM dapat memenuhi permintaan pelanggan dengan stok yang tersedia.

Berdasarkan hasil perhitungan *service level* pada beberapa material antara lain, pipa GI 100 medium A, Pipa PVC 25 AW, Pipa PVC 40 AW, Pipa PVC 100 SNI, Pipa PVC 75 SNI, DOP GI 15, DOP PVC 20, Flanged Las GI 100, Keni PVC 25, dan Reducer PVC 20 x 15, didapatkan *service level* berturut-turut 70%, 71%, 79%, 68%, 63%, 78%, 78%, 55%, 72%, dan 61%. 10 material tersebut memiliki nilai *service level* kurang dari 80%, artinya tingkat ketersediaan stok untuk material-material tersebut tidak optimal dan seringkali tidak mampu memenuhi permintaan pelanggan secara konsisten.

- Pipa GI 100 medium A (70%): Hanya 70% dari permintaan pelanggan yang terpenuhi, menunjukkan sering terjadi kekurangan stok.
- Pipa PVC 25 AW (71%): Hanya 71% dari permintaan yang dapat dipenuhi,

menandakan adanya kekurangan stok yang sering terjadi.

- Pipa PVC 40 AW (79%): Walaupun *service level* masih di bawah 80%, menunjukkan bahwa permintaan belum sepenuhnya terpenuhi.
- Pipa PVC 100 SNI (68%): Hanya 68% dari permintaan yang dapat dipenuhi, menandakan masalah signifikan dalam ketersediaan stok.
- Pipa PVC 75 SNI (63%): Hanya 63% dari permintaan yang dapat dipenuhi, menandakan masalah signifikan dalam ketersediaan stok.
- DOP GI 15 (78%): Hanya 78% dari permintaan yang dapat dipenuhi, menandakan masalah signifikan dalam ketersediaan stok.
- DOP PVC 20 (78%): Hanya 78% dari permintaan yang dapat dipenuhi, menandakan masalah signifikan dalam ketersediaan stok.
- Flanged Las GI 100 (55%): Hanya 55% dari permintaan yang dapat dipenuhi, menandakan masalah signifikan dalam ketersediaan stok.
- Keni PVC 25 (72%): Hanya 72% dari permintaan yang dapat dipenuhi, menandakan masalah signifikan dalam ketersediaan stok.
- Reducer PVC 20 x 15 (61%): Hanya 61% dari permintaan yang dapat dipenuhi, menandakan masalah signifikan dalam ketersediaan stok.

Dengan *service level* rendah, kemungkinan kehabisan stok untuk material-material di atas lebih tinggi. Hal ini akan menyebabkan pelanggan mungkin akan merasa kecewa jika permintaan mereka tidak dipenuhi tepat waktu, yang dapat mempengaruhi reputasi perusahaan. Sistem manajemen persediaan perlu ditinjau kembali untuk meningkatkan efisiensi operasional perusahaan.

Sedangkan pada beberapa material lain, seperti Pipa SR PVC 15, Pipa SR GI 15, meter air SR $\frac{1}{2}$ bestini, Keni PVC SR $\frac{3}{4}$, kran SR $\frac{1}{2}$, Stop kran SR $\frac{1}{2}$, box meter SR, double neple SR GI $\frac{1}{2}$, Pipa SR PE 15, Keni GI SR $\frac{1}{2}$ terjadi *overstock*. *Overstock* adalah situasi di mana perusahaan memiliki persediaan material atau barang yang melebihi kebutuhan untuk memenuhi permintaan pelanggan dalam jangka waktu tertentu. *Overstock* dapat meningkatkan biaya penyimpanan, risiko kerusakan atau kadaluwarsa material, pemborosan sumber daya, menurunnya aliran kas, serta kesulitan dalam pengelolaan persediaan.

Optimisasi pengelolaan stok diperlukan untuk meninjau dan menyesuaikan tingkat stok pengaman

(*safety stock*) secara berkala. Penerapan metode *min-max stock* dapat membantu menyelesaikan permasalahan *understock* dan *overstock* pada PDAM Tirta Ayu Slawi. Seperti ditunjukkan pada Tabel 4.10, metode *min max stock* mampu mengurangi jumlah *inventory* pada material rutin yang mengalami *overstock* dengan kebijakan pemesanan yang dilakukan.

5. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian yang telah dilakukan sebagai berikut.

- a. *Inventory Turn Over* (ITO) didefinisikan sebagai rasio yang mengukur seberapa sering perusahaan menjual dan mengganti persediaan selama periode tertentu. ITO menunjukkan efisiensi perusahaan dalam mengelola dan menjual persediannya. *Safety Stock* (SS) adalah persediaan tambahan yang disimpan untuk mengantisipasi ketidakpastian dalam permintaan atau waktu pengiriman. *Re-Order Point* (ROP) adalah level persediaan minimum dimana perusahaan harus memesan barang tambahan untuk menghindari kehabisan *stock*. Berdasarkan pengolahan dan perhitungan yang telah dilakukan, total nilai *Inventory Turn Over* (ITO) dari 10 material rutin adalah 43,15 untuk kondisi *existing* perusahaan dan 49,55 untuk metode *Min-Max Stock*. Selanjutnya total nilai *safety stock* dari 10 material rutin adalah 53 unit untuk metode *Min-Max Stock*, sedangkan perusahaan di kondisi *existing* tidak menerapkan *safety stock*. Kemudian untuk nilai *Re-Order Point* (ROP) dari 10 material rutin adalah 228 unit untuk metode *Min-Max Stock*.
- b. *Order quantity* (Q) dalam konteks metode *Min-Max Stock* mengacu pada jumlah barang yang dipesan setiap kali mencapai titik *Re-Order Point* (ROP). Tujuan dari penentuan *order quantity* adalah untuk mengisi kembali persediaan hingga mencapai level maksimum yang telah ditetapkan. Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan menggunakan metode *Min-Max Stock*, didapatkan nilai *order quantity* untuk pipa SR PVC 15 sebesar 3 unit, Pipa SR GI 15 sebesar 4 unit, meter air SR $\frac{1}{2}$ bestini sebesar 48 unit, Keni PVC SR $\frac{3}{4}$ sebesar 7 unit, kran SR $\frac{1}{2}$ sebesar 25 unit, stop kran SR $\frac{1}{2}$ sebanyak 32 unit, box meter SR sebanyak 25 unit, double neple SR GI $\frac{1}{2}$ sebanyak 68 unit, pipa SR PE 15 sebanyak 31 unit, dan Keni GI SR $\frac{1}{2}$ sebanyak 102 unit. Sehingga didapatkan total *order quantity* dari 10 material rutin sebesar 345 unit dengan rata-rata frekuensi pemesananannya 139 kali dalam 1 tahun. Frekuensi tertinggi ada pada material pipa SR PE 15 sebanyak 201 kali dan terendah pada

material keni PVC SR $\frac{3}{4}$ sebesar 112 kali pemesanan dalam satu tahun.

- c. Berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan, diperoleh perbandingan pengendalian inventory antara kondisi existing dengan metode *Min-Max Stock*. Metode *Min-Max Stock* menunjukkan tingkat pengendalian yang lebih baik dibuktikan dengan total nilai ITO dari 10 material rutin lebih tinggi yaitu 49,55, sedangkan total nilai ITO kondisi existing berada di bawahnya sebesar 43,15. Hal ini diperkuat dengan perbandingan total saldo akhir metode *Min-Max Stock* yang lebih optimal. Pada metode *Min-Max Stock*, perusahaan memiliki saldo akhir sebesar Rp 614.639.823 dengan total persediaan sebanyak 10.475 unit, sedangkan pada kondisi existing perusahaan memiliki saldo akhir mencapai Rp 752.277.843 dengan total persediaan akhir sebanyak 12.579 unit. Terlihat bahwa terdapat selisih yang cukup signifikan sebesar Rp 137.638.020 untuk saldo akhir material dan persediaan akhir sebanyak 2.104 unit.
- d. Berdasarkan pengolahan data dan analisis yang telah dilakukan, kebijakan yang tepat dalam pengendalian persediaan pada PDAM Tirta Ayu Slawi adalah menggunakan metode *Min-Max Stock* karena dapat mengatasi *understock* ataupun menghindari kemungkinan terjadinya *overstock* dan memastikan ketersediaan material yang diperlukan.

Ucapan Terima Kasih:

Terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan terlibat dalam penelitian ini. Dengan demikian, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Manik Mahachandra, S.T., M.Sc., dan Ibu Dyah Ika Rinawati, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing pada mata kuliah Kerja Praktik yang telah memberikan bimbingan saat pengerjaan Laporan Kerja Praktik.
2. Bapak Brahmono Weko Pujiono selaku Direktur Utama PDAM Tirta Ayu Slawi yang telah memberikan izin untuk melakukan observasi dan penelitian di perusahaan.
3. Ibu Tuti dan Ibu Dwi Mauliyani selaku mentor daya pada saat pelaksanaan Kerja Praktik sampai dengan penyusunan Laporan Kerja Praktik.
4. Seluruh staff PDAM Tirta Ayu Slawi atas kerjasama dan supportnya selama

melaksanakan penelitian dan pembuatan Laporan Kerja Praktik.

5. Teman-teman Teknik Industri Universitas Diponegoro angkatan 2021 yang telah berjuang bersama dan memberikan kontribusi dalam penyusunan Laporan Kerja Praktik. .

Daftar Pustaka

- [1] M. Kholif and J. Haekal, Implementation of Continous Review System Method, Periodic Review System Method and Min-Max Method For Cheese Powder Inventory (Case Study : PT Mayora Indah Tbk), International Journal of Industrial Engineering, 2020.
- [2] Indriastiningsih and Darmawan, Analisa Pengendalian Persediaan Spare Part Motor Honda Beat Fi dengan Metode EOQ Menggunakan Peramalan Penjualan di Graha Karya, 2019.
- [3] Martina, Masalah Pengendalian Persediaan yang Buruk (Poor Inventory Management) yang Biasa Dihadapi Perusahaan Manufaktur Ukirama, 2018.
- [4] C. Richard and Jacobs, Operations and Supply Chain Management, 2014.
- [5] J. Heizer and B. Render, Operations Management, Jakarta: Salemba, 2014.
- [6] Ristono, Manajemen Persediaan, Yogyakarta: Graha Ilmu, 2013.
- [7] A. Bhunia, L. Sahoo and A. A. Shaikh, Inventory Control Theory In Advanced Optimatization and Operations Research Gap, Singapore: Springer, 2020.
- [8] M. Aziz and M. Azila, Evaluating The Effect of Cost-Related Factors On The Quality Relationship, International Journal of Retail and Distribution, 2013.
- [9] Zahrotun and Taufiq, Lean Manufacturing : Waste Reduction Using Value Stream Mapping, 2018.
- [10] C. F. Angelina, F. T. Atmaji and B. Santosa, Spare Part Requirement and Inventory Policy For Rovema's 1 Machine Using Reliability Centered Spare (RCS) and Min-Max Stock Methods, 2020.
- [11] R. E. Indrajit and R. Djokopranoto, Manajemen Persediaan, Jakarta: Grasindo, 2005.
- [12] N. Agin, A Min-Max Inventory Model, Manage Science, 1966.
- [13] M. Effendy, Y. Supriya and N. Nyuantasari, "Analysis of Accounts Receivable Turnover Inventory Trunover and Corporate Performance Against Profitability," *Unity Management Science Journal*, vol. 3, no. 3, 2016.

- [14] N. Rachmawati and M. Lentari, "Penerapan Metode Min Max untuk Minimasi Stockout dan Overstock Persediaan Bahan Baku," *Jurnal INTECH*, 2022.
- [15] R. E. Nugroho, D. Albar and S. Hasibuan, "Improved Inventory Management Performance in Indonesia Spare-Parts Company Using ABC Classification and Min-Max Method," *Saudi Journal of Business and Management Studies*, vol. 3, no. 3, pp. 248-251, 2018.