

Optimization of Rotogravure Ink Raw Material Inventory Using Dynamic Program Methods and Always Better Control [Optimalisasi Persediaan Bahan Baku Tinta Rotogravure dengan Metode Program Dinamis dan Always Better Control]

Muhammad Firnanda Hidayat¹⁾, Tedjo Sukmono^{*,2)}

¹⁾Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

²⁾ Program Studi Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: thedjoss@umsida.ac.id

Abstract. Inventory control is a common issue faced by many companies. The same situation occurs at PT XYZ, where insufficient inventory control can lead to an inability to meet customer demand, while excess inventory or overstock may result in increased costs and a higher risk of product damage or expiration. The main focus of this study is to optimize raw material inventory management in order to reduce storage costs. The research methods employed include Always Better Control (ABC) analysis to classify raw materials based on investment value and demand percentage, as well as a probabilistic recursive backward dynamic programming approach to determine the minimum inventory cost. The results of the ABC analysis indicate material prioritization, with three raw materials categorized as A (high investment value), three as B (medium investment value), and four as C (low investment value). The application of dynamic programming produced a minimum inventory cost of IDR 63,220,048 over a 12-month period.

Keywords - Inventory control, dynamic program, always better control (ABC)

Abstrak. Pengendalian persediaan merupakan permasalahan yang sering dihadapi suatu Perusahaan. Demikian juga PT. XYZ, apabila pengendalian persediaan mengalami kekurangan maka tidak dapat memenuhi permintaan konsumen, Adapun apabila mengalami kelebihan atau overstock dapat menimbulkan peningkatan biaya dan risiko kerusakan atau kadaluarsa barang. Fokus utama pada studi ini adalah mengoptimalkan pengelolaan persediaan bahan baku guna mengurangi biaya penyimpanan. Metode penelitian yang digunakan meliputi analisis Always Better Control (ABC) untuk mengelompokkan bahan baku berdasarkan nilai investasi dan persentase kebutuhan, serta program dinamis probabilistik rekursif mundur (backward) untuk menentukan biaya minimum persediaan. Hasil analisa ABC menunjukkan prioritas material, dengan tiga jenis bahan baku masuk kategori A (nilai investasi tinggi), tiga jenis kategori B (nilai investasi sedang), dan empat jenis kategori C (nilai investasi rendah). Penerapan program dinamis menghasilkan biaya minimum persediaan sebesar Rp63.220.048 dalam jangka waktu 12 bulan,

Kata Kunci - Pengendalian persediaan, program dinamis, always better control (ABC)

I. PENDAHULUAN

PT XYZ bergerak dalam bidang pengolahan tinta yang berjenis PU ink, Offset ink, UV ink, Flexo ink, Metal 2pc ink, Gravure ink, dan lain sebagainya. Permasalahan yang sedang dihadapi perusahaan saat ini salah satu diantaranya adalah permintaan/order yang tidak terpenuhi dengan tepat. Biaya penyimpanan meningkat karena adanya kelebihan bahan baku (overstock), sementara kekurangan bahan baku (out of stock) menghambat proses produksi. Adanya keterbatasan kapasitas dalam penyimpanan di gudang, tepatnya pada bagian Raw Material Control (RMC), dimana kondisi ini yaitu overload dan out of stock yang disebabkan oleh material yang masuknya berlebihan hingga pengendalian persediaan yang belum efektif[1]. Pada informasi permintaan produksi yang diperoleh dalam kurun waktu dari Juli 2024-Agustus 2025 menunjukkan order keseluruhan 154 ton, namun dalam periode tersebut Perusahaan hanya mampu menyelesaikan sebanyak 132 ton atau sebesar 86%. Pada periode ini terdapat deviasi bahan baku antara lain 5154NB0920:BLUE 15:4 SUPERBASE kelebihan sebanyak 21 kilogram, 2013NB0906:YELLOW 13 SUPERBASE kelebihan 14 kilogram, 4571NB0925:RED 57:1SUPERBASE kelebihan 24 kilogram, 9007NB0910:BLACK 7 SB BLACK kelebihan 9 kilogram, NC IC 75 kelebihan 14 kilogram, MIL 18808 /1 LOW GLOSS VARNISH kelebihan 12 kilogram, NORMAL-PROPYL ACETATE kelebihan 3 kilogram, METHYL ETHYL KETONE kekurangan 7 kilogram, CITRIC ACID SOLUTION WIP kelebihan 5 kilogram, AWDEMK kekurangan 7 kilogram. Maka diperlukan adanya implementasi tentang model pengelolaan persediaan bahan baku yang optimal dalam menangani fenomena kebutuhan produksi[2].

Hasil penelitian Marlina menunjukkan persentase investasi untuk setiap kelompok (A/B/C) mendapat pengendalian pada fokus penghematan biaya serta memberikan rekomendasi jumlah pesanan yang optimal[3].

Sementara itu, penelitian Alim mengungkap bahwa dimana metode program dinamis merupakan metode yang efektif mengurangi pembengkakan gudang dan menjamin ketersediaan bahan baku yang dibutuhkan tanpa *overload* serta menciptakan *material handling* yang baik dan dapat mencegah timbulnya kondisi *upnormal* yang menyebabkan kecelakaan kerja[4]. Dalam penelitian Dandi metode program dinamis dan *always better control* diterapkan untuk mengidentifikasi serta menyelesaikan masalah pada *inventory overstock* dan pengendalian *material* pada bahan baku *packing material* dengan hasil yang berpengaruh optimal sehingga dapat menghemat biaya dibandingkan metode perusahaan, mengurangi biaya persediaan hingga hampir nol karena minimnya stok *on-hand* dan terpenuhinya sektor *material* tanpa membuat gudang kapasitas berlebihan[5].

Penelitian ini memiliki perbedaan mendasar dibandingkan dengan penelitian sebelumnya, terutama dari segi objek yang dikaji. Jika penelitian sebelumnya lebih banyak membahas dengan menggunakan metode program dinamis, namun pada kajian ini mengintegrasikan metode *always better control* (ABC), diharapkan dapat memberikan pendekatan tambahan dalam pengelolaan persediaan dan memberikan rekomendasi pengelolaan persediaan yang lebih efisien dengan memperhatikan biaya persediaan serta mempertimbangkan resiko negatif yang di alami sebuah Perusahaan. Metode *Material Requirement Planning* (MRP) juga dapat digunakan pada kasus ini karena telah terstruktur dan efektif untuk menghindari kasus kehabisan material dengan cara material dijadwalkan sesuai kebutuhan produksi[6]. Namun, tidak selalu optimal dari sisi biaya yang hanya fokus pada ketersediaan material sesuai jadwal sehingga *forecast* permintaan tidak akurat dan berpotensi *overstock* tetap bisa terjadi, jika tujuan utama pada penelitian ini adalah optimasi biaya persediaan dan mencegah dua kondisi ekstrim (*stock out* dan *overstock*) maka metode program dinamis dengan mengkolaborasikan *always better control* (ABC) diharapkan dapat membantu meminimalisir resiko yang terjadi.

Berdasarkan fenomena tersebut, fokus permasalahan dalam penelitian ini diarahkan pada upaya penyusunan perencanaan persediaan bahan baku yang tepat guna, sehingga mampu memenuhi kebutuhan permintaan pemesanan secara optimal[7]. Terdapat beberapa metode dalam pengendalian yang dapat diimplementasikan, yaitu *Always Better Control* (ABC), metode *Always Better Control* (ABC) merupakan suatu pendekatan pengelompokan persediaan yang disusun berdasarkan urutan nilai investasi, mulai dari yang tertinggi hingga terendah. Pengelompokan ini dibagi ke dalam tiga kategori utama, yaitu kelompok A dengan nilai investasi tinggi, kelompok B dengan nilai investasi menengah, dan kelompok C dengan nilai investasi rendah. Metode ini juga dikenal sebagai penerapan *Pareto Principle*, meskipun dalam praktiknya masih terdapat sejumlah kritik terkait efektivitas pengendalian persediaan.[3]. *Item-item* dari kelas A adalah *item* yang memiliki nilai uang rupiah yang tinggi, dalam hal ini gagasan untuk membangun kebijakan inventori yang harus fokus pada bagian-bagian inventori yang kritikal dan tidak perlu menekankan pada hal-hal yang dianggap remeh[8]. Program dinamis adalah suatu model matematis yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan kompleks dengan cara memecahnya ke dalam beberapa tahapan keputusan. Setiap tahapan saling berkaitan, sehingga solusi akhir diperoleh melalui serangkaian keputusan kecil yang disusun secara sistematis dan berurutan[9].

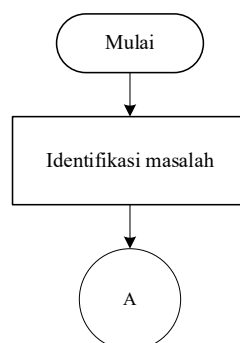
Penelitian bertujuan memberikan rekomendasi terkait pengelolaan persediaan model program dinamis yang dapat membantu perusahaan dalam mengurangi biaya penyimpanan serta meminimalkan risiko kehabisan bahan baku dan mengimplementasikan metode *Always Better Control* (ABC) untuk pengelolaan persediaan yang lebih efektif dan efisien.

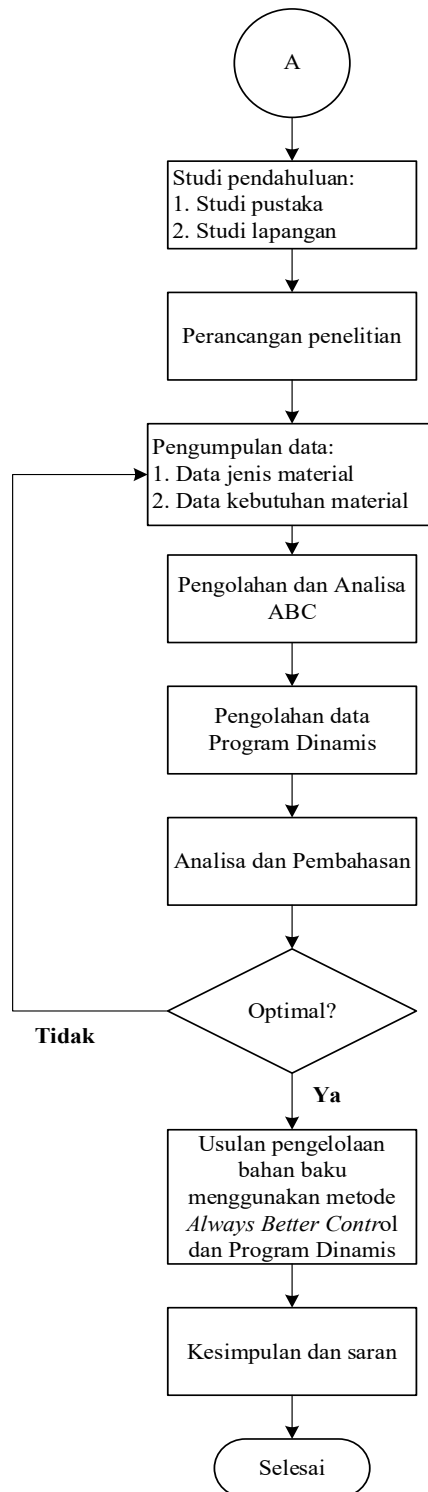
II. METODE

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan di PT XYZ Plant Mojokerto yang terletak di Ngoro Industrial Persada Blok D3C Mandek, Kutogirang, Kecamatan Ngoro, Kabupaten Mojokerto, Jawa Timur 61385. Periode waktu pelaksanaan penelitian yaitu selama 6 bulan.

B. Alur Penelitian





Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Penjelasan diagram alir penelitian dalam menyelesaikan sebuah persoalan dalam penelitian:

1. Mengidentifikasi masalah utama, Melakukan perumusan masalah dengan mengumpulkan titik-titik permasalahan yang telah ditemukan seperti ketidakseimbangan antara kebutuhan bahan baku dengan persediaan (*overstock* atau *out of stock*).
2. Studi Pustaka: Mencari literatur terkait permasalahan persediaan bahan baku, teknik optimasi, dan metode pengendalian. Studi Lapangan: Mengumpulkan informasi langsung dari perusahaan, seperti sistem persediaan yang digunakan. Berikut data bahan baku *overstock* dan *out of stock*:

Tabel 1. Daftar bahan baku *out of stock* dan *overstock*

No.	Overstock	Qty.	Out of stock	Qty.
1.	5154NB0920:BLUE 15:4 SUPERBASE	21	METHYL ETHYL KETONE	7
2.	2013NB0906:YELLOW13SUPERBASE	14	AWDEMK	2
3.	4571NB0925:RED 57:1SUPERBASE	24		
4.	9007NB0910:BLACK 7 SB BLACK	9		
5.	NC IC 75	14		
6.	MIL 18808 /1 LOW GLOSS VARNISH	12		
7.	NORMAL-PROPYL ACETATE	3		
8.	CITRIC ACID SOLUTION WIP	5		

- Menyusun desain penelitian yang mencakup metode, teknik analisis, dan langkah-langkah pengumpulan data.
- Melakukan analisa *Always Better Control* (ABC) guna menentukan skala prioritas bahan baku yang dibutuhkan berdasar persentase dan golongan atau kategori masing-masing, dengan rumus sebagai berikut:

$$\frac{\text{nilai rata-rata bahan baku / bulan}}{\text{total nilai permintaan}} \times 100\% \dots\dots\dots 1$$

Sumber: [10]

- Melakukan perhitungan program dinamis menggunakan langkah probabilitas rekursif mundur (*backward*) dimulai dari tahap 12 hingga ke 1 untuk menentukan biaya minimal yang harus dikeluarkan, dengan rumus sebagai berikut:

$$f_n^*(i) = \min[f_n(X_n, I_n + X_n - S_n) + f_{n-1}^*(I_n + X_n - S_n)] \dots\dots\dots 2$$

Sumber: [11]

- Tahap (n) merupakan jumlah bulan dalam satu tahun.
- Variabel status (I_n) merupakan jumlah keseluruhan persediaan *material* pada awal tahap n.
- Variabel keputusan ($x_n = d_n^*$) adalah jumlah pembelian barang optimal pada tahap n yang diperoleh dari beberapa alternatif atau jalur kebijakan pemesanan pada tahap tersebut.
- $F_n(I_n, d_n)$ = sebagai fungsi biaya dalam keseluruhan persediaan *material* untuk tahap n.
- x_n = jumlah *material* yang akan dipesan pada tahap n.
- I_n = jumlah persediaan barang pada tahap n.
- n = jumlah bulan (1,2,...,12)..... 3

Sumber: [12]

- Jika hasil analisis menunjukkan bahwa pengendalian bahan baku sudah optimal, proses dilanjutkan ke kesimpulan, Jika belum optimal, dilakukan perbaikan (*improvement*) pada proses pengolahan data, pengambilan data atau metode pengendalian analisa ABC maupun program dinamis.
- Menyusun kesimpulan dari penelitian dan memberikan saran untuk implementasi di masa mendatang.

C. Pengumpulan Data

Data yang diperlukan pada penelitian ini dimulai dengan kegiatan studi lapangan dan studi literatur untuk mendapatkan pemahaman awal mengenai permasalahan yang akan diteliti. Selanjutnya, dilakukan identifikasi masalah untuk menentukan fokus penelitian. Setelah itu, melakukan pengumpulan data dengan memanfaatkan dua jenis sumber data, yaitu:

- Data primer, adalah data yang didapat melalui metode wawancara dengan melalui proses observasi serta wawancara pada tenaga kerja terkait seperti PPIC Staff dan Supervisor Warehouse serta meninjau secara langsung di lokasi penelitian.
- Data sekunder, merupakan data yang diperoleh melalui sumber pustaka yang telah ada guna mendukung penelitian untuk menelusuri penelitian yang telah dilakukan terkait topik dan metode yang dibahas.

D. Analisa *Always Better Control* (ABC)

Metode ABC merupakan analisa dengan tujuan menyelaraskan total pemakaian hingga mengelompokkan dari beberapa jenis barang dengan memperhatikan persentase *order* untuk dapat mengetahui jenis *order* yang meliputi berbagai jenis serta pola kebutuhan yang tidak sama [7]. Metode ini dapat mengelompokkan sesuai mulai dari tingkatan paling hingga tingkatan paling bawah dengan mengutamakan kelompok yang paling besar, seperti:

- Kelas A, jumlah barang dalam *unit* 15-20% dari total seluruh barang, representasi 75-80% dari total nilai uang.
- Kelas B, jumlah barang dalam *unit* 20-25% dari total seluruh barang, representasi 10-15% dari total nilai uang.
- Kelas C, jumlah barang dalam *unit* 60-65% dari total seluruh barang, representasi 5-10% dari total nilai uang.

E. Program Dinamis

Program dinamis adalah sebuah konsep teknik matematis yang berguna untuk mengoptimalkan sebuah tahap pengambilan kebijakan secara bertahap ganda. Setiap keputusan yang mempunyai hubungan dengan suatu

permasalahan akan dioptimalisasi secara bertahap[13]. Penggunaan metode program dinamis dalam penelitian ini ialah bertujuan menentukan jumlah persediaan bahan baku tinta rotogravure dengan optimal dalam memenuhi kebutuhan *order* yang tidak terselesaikan. Beberapa keputusan dalam tahap program dinamis diharuskan diambil untuk masing-masing tahap guna menghasilkan langkah yang optimal dalam seluruh proses[14]. Tertera beberapa unsur dasar pembentuk program dinamis:

$$f_{12}(S_{12} X_{12}) = 0, 917 f_{13}^*(S_{12} - X_{12}) + 0,083 f_{13}^*(S_{12} - X_{12}) \dots\dots\dots 4$$

Sumber:[15]

- a. Tahap (n) merupakan jumlah bulan dalam satu tahun.
- b. Variabel status (I_n) merupakan jumlah persediaan barang pada awal tahap n.
- c. Variabel keputusan ($x_n=d_n^*$) adalah jumlah pembelian barang optimal pada tahap n yang diperoleh dari beberapa alternatif atau jalur kebijakan pemesanan pada tahap tersebut.
- d. $F_n(I_n, d_n)$ = sebagai fungsi biaya total persediaan barang untuk tahap n.
- e. x_n = jumlah barang yang akan dibeli pada tahap n.
- f. I_n = jumlah persediaan barang pada tahap n.
- g. n = jumlah bulan (1,2,...,12) 5

Tabel 2. Daftar harga persediaan dan kebutuhan bahan baku

No.	Material Code	Qty. Persediaan (Kg)	Qty. Kebutuhan (Kg)	Biaya/Kg	Total Biaya Persediaan	Total Biaya Kebutuhan
1.	5154NB0920:BLUE 15:4 SUPERBASE	487	466	Rp135.665	Rp66.069.021	Rp63.220.048
2.	2013NB0906:YELLOW 13 SUPERBASE	624	610	Rp223.619	Rp139.538.537	Rp136.407.865
3.	4571NB0925:RED 57:1SUPERBASE	486	462	Rp239.196	Rp116.249.261	Rp110.508.557
4.	9007NB0910:BLACK 7 SB BLACK	289	280	Rp138.978	Rp40.164.778	Rp38.913.972
5.	NC IC 75	574	560	Rp15.273	Rp8.766.541	Rp8.552.723
6.	MIL 18808 /1 LOW GLOSS VARNISH	112	100	Rp16.950	Rp1.898.347	Rp1.694.953
7.	NORMAL-PROPYL ACETATE	1430	1427	Rp9.266	Rp13.251.081	Rp13.223.281
8.	METHYL ETHYL KETONE	1197	1204	Rp22.938	Rp27.456.690	Rp27.617.256
9.	CITRIC ACID SOLUTION WIP	92	87	Rp19.271	Rp1.772.915	Rp1.676.561
10.	AWDEMK	88	90	Rp56.908	Rp5.007.904	Rp5.121.720
Total Keseluruhan					Rp420.175.075,09	Rp406.936.935,61

Sumber: Data Penyimpanan PT. XYZ 2024-2025

Tabel 3. Data Kebutuhan Bahan Baku Produksi

Material Code	Bulan												Total Kebutuhan (Kg)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
5154NB0920:BLUE 15:4 SUPERBASE	25	27	45	24	32	47	41	68	42	35	43	37	466
2013NB0906:YELLOW 13 SUPERBASE	49	50	55	45	58	45	49	61	38	46	53	61	610
4571NB0925:RED 57:1SUPERBASE	24	33	29	37	47	52	67	61	27	31	33	21	462
9007NB0910:BLACK 7 SB BLACK	24	16	12	28	35	18	19	34	24	14	33	23	280
NC IC 75	35	35	44	36	39	54	48	55	61	53	49	51	560
MIL 18808 /1 LOW GLOSS VARNISH	11	3	5	5	9	14	9	14	11	6	8	5	100

NORMAL-PROPYL ACETATE	97	104	173	90	132	98	158	93	108	99	153	122	1427
METHYL ETHYL KETONE	92	88	83	103	112	129	95	92	111	103	97	99	1204
CITRIC ACID SOLUTION WIP	8	9	5	7	9	5	10	11	4	6	6	7	87
AWDEMK	9	11	8	11	10	8	6	7	4	6	3	7	90

Sumber: Data Penyimpanan PT. XYZ 2024-2025.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisa *Always Better Control* (ABC)

Tabel 3 merupakan hasil pengelompokkan material pada kategori masing-masing, yang menampilkan *quantity* kebutuhan, total biaya hingga persentase kumulatif yang memacu pada kategori atau golongan masing-masing material.

Tabel 4. Data Hasil Analisa ABC

Material Code	Qty. Kebutuhan (Kg)	Biaya/Kg	Total Biaya Kebutuhan	% Kebutuhan	% Kumulatif	Kategori Kelas
2013NB0906:YELLOW 13 SUPERBASE	610	Rp223.619	Rp136.407.865	33,52%	33,52%	A
4571NB0925:RED 57:1SUPERBASE	462	Rp239.196	Rp110.508.557	27,16%	60,68%	A
5154NB0920:BLUE 15:4 SUPERBASE	466	Rp135.665	Rp63.220.048	15,54%	76,21%	A
9007NB0910:BLACK 7 SB BLACK	280	Rp138.978	Rp38.913.972	9,56%	85,77%	B
METHYL ETHYL KETONE	1204	Rp22.938	Rp27.617.256	6,79%	92,56%	B
NORMAL-PROPYL ACETATE	1427	Rp9.266	Rp13.223.281	3,25%	95,81%	B
NC IC 75	1427	Rp15.273	Rp8.552.723	2,10%	97,91%	C
AWDEMK	560	Rp56.908	Rp5.121.720	1,26%	99,17%	C
MIL 18808 /1 LOW GLOSS VARNISH	100	Rp16.950	Rp1.694.953	0,42%	99,59%	C
CITRIC ACID SOLUTION WIP	87	Rp19.271	Rp1.676.561	0,41%	100%	C

Langkah pertama ialah melakukan perhitungan *Always Better Control* (ABC) dengan menekan sebagian kecil jenis *material* dalam persediaan yang memiliki nilai penggunaan dan nilai investasi yang cukup besar serta mencakup lebih daripada 60% dari seluruh *material* dalam persediaan.

Dari hasil yang didapat, maka bahan baku yang tergolong kelompok A adalah sebanyak 3 jenis bahan baku dengan nilai investasi mulai dari Rp136.407.865 - Rp63.220.048. Kelompok B terdiri atas tiga jenis bahan baku dengan rentang nilai investasi antara Rp38.913.972 hingga Rp13.223.281. Sementara itu, kelompok C juga mencakup tiga jenis bahan baku dengan nilai investasi yang berkisar dari Rp8.552.723 sampai dengan Rp1.676.561.

B. Program Dinamis

Berikutnya merupakan langkah menghitung nilai rata-rata probabilitas pada biaya kebutuhan bahan baku dengan rumus sebagai berikut:

$$P = \frac{\sum P_i}{n}$$

Dengan:

P_i = Persentase kebutuhan tiap material (dalam desimal)

n = Jumlah material

Tabel 5. Persentase kebutuhan material

Material	%Kebutuhan	Dalam desimal
2013NB0906:YELLOW	33,52%	0,3352
4571NB0925:RED	27,16%	0,2716
5154NB0920:BLUE	15,54%	0,083554

9007NB0910:BLACK	9,56%	0,0956
METHYL ETHYL KETONE	6,79%	0,0679
NORMAL-PROPYL ACETATE	3,25%	0,0325
NC IC 75	2,10%	0,0210
AWDEMK	1,26%	0,0126
MIL 18808/1 LOW GLOSS	0,42%	0,0042
CITRIC ACID SOLUTION	0,41%	0,0041

$$P = \frac{0,3352 + 0,2716 + 0,083554 + 0,0956 + 0,0679 + 0,0325 + 0,0210 + 0,0126 + 0,0042 + 0,0041}{10}$$

$$P = \frac{0,917999}{10} = 0,09999$$

$$P = 0,1 \text{ atau } 10\%$$

Berdasarkan hasil dari perhitungan tersebut, rata-rata probabilitas kontribusi tiap material terhadap total biaya kebutuhan adalah 10%. Artinya, secara rata-rata, setiap material menyumbang sekitar 10% dari total kebutuhan biaya keseluruhan. Jadi hubungan rekursif mundur untuk tiap tahap adalah sebagai berikut :

$$f_{n+1}^*(S_{n+1}) = f_{12+1}^*(S_{12+1}) = f_{13}^*(S_{13}) = \begin{cases} \text{Angka 0 untuk } S_{13} \text{ jika nilai dibawah } (<) \text{ Rp } 136.407.865 \\ \text{Angka 1 untuk } S_{13} \text{ jika nilai diatas } (>) \text{ Rp } 136.407.865 \end{cases}$$

Dengan:

$f_{n+1}^*(S_{n+1})$ = Nilai biaya minimum

f_{12+1}^* = Tabel iterasi

(S_{12+1}) = Biaya material pada tahap

Dengan menerapkan persamaan rumus fungsi yang bertujuan menekan biaya pada keseluruhan persediaan kurang dari Rp406.936.936, sehingga didapat hubungan rekursif *backward* di setiap tahap nya dengan hasil sebagai berikut:

Tabel 6. hasil lterasi n = 12 – 1

Period		$f_{12}(S_{12}, X_{12}) = 0,917 f_{13}^*(S_{12} - X_{12}) + 0,083 f_{13}^*(S_{12} + X_{12})$										$f_n^*(S_n)$
		0	1.676.561	1.694.953	5.121.720	8.552.723	13.223.281	27.617.256	38.913.972	63.220.048	110.508.557	136.407.865
Hasil tabel iterasi per-bulan	n12							0,083	0,083	0,083	0,083	0,083
	n11							0,159	0,159	0,159		0,159
	n10							0,228	0,228	0,228		0,228
	n9									0,292		0,292
	n8								0,292	0,292		0,292
	n7						0,100					0,100
	n6				0,274	0,274	0,274					0,274
	n5									0,350		0,350
	n4							0,228	0,228	0,228		0,280
	n3								0,159	0,159		0,159
	n2						0,270					0,270
	n1							0,228	0,228			0,228

Berdasarkan hasil dari pengolahan data menggunakan metode program dinamis dengan pendekatan rekursif mundur (*backward*), pada iterasi 12 (n12) dapat disimpulkan bahwa perhitungan tersebut menghasilkan batasan fungsi baru yang diambil dari $f_{12}^*(S_{12})$ nilai yang paling tinggi adalah 0,083 dengan rentang nominal > 27.617.256 sampai > 110.508.557. Sehingga nilai batasan tersebut dapat digunakan untuk melakukan perhitungan pada iterasi berikutnya. Pada iterasi 11 (n11) dapat disimpulkan bahwa perhitungan tersebut menghasilkan batasan fungsi baru yang diambil dari $f_{11}^*(S_{11})$ nilai yang paling tinggi adalah 0,159 dengan rentang nominal > 27.617.256 sampai > 63.220.048. Sehingga nilai batasan tersebut dapat digunakan untuk melakukan perhitungan pada iterasi berikutnya. Namun pada keseluruhan tabel iterasi, didapat nilai tertinggi sebesar 0,350 yaitu pada iterasi ke 5.

Keterangan nilai batasan iterasi 12 (n12):

$$S_{12} = 110.508.557 \quad X_{12} = 27.617.256$$

$$f_{12}(S_{12}, X_{12}) = 0,917 f_{13}^*(S_{12} - X_{12}) + 0,083 f_{13}^*(S_{12} + X_{12})$$

$$f_{12}(S_{12}, X_{12}) = 0,917 f_{13}^*(110.508.557 - 27.617.256) + 0,083 f_{13}^*(110.508.557 + 27.617.256)$$

$$f_{12}(S_{12}, X_{12}) = 0,917 f_{13}^*(82.891.301) + 0,083 f_{13}^*(138.125.813)$$

$$f_{12}(S_{12}, X_{12}) = 0,917 f_{13}^*(0) + 0,083 f_{13}^*(1)$$

$$f_{12}(S_{12}, X_{12}) = 0,917(0) + 0,083(1)$$

$$f_{12}(S_{12}, X_{12}) = 0,083$$

$$S_{12} = 110.508.557 \quad X_{12} = 110.508.557$$

$$f_{12}(S_{12}, X_{12}) = 0,917 f_{13}^*(S_{12} - X_{12}) + 0,083 f_{13}^*(S_{12} + X_{12})$$

$$f_{12}(S_{12}, X_{12}) = 0,917 f_{13}^*(110.508.557 - 110.508.557) + 0,083 f_{13}^*(110.508.557 + 110.508.557)$$

$$f_{12}(S_{12}, X_{12}) = 0,917 f_{13}^*(0) + 0,083 f_{13}^*(221.017.114)$$

$$f_{12}(S_{12}, X_{12}) = 0,917 f_{13}^*(0) + 0,083 f_{13}^*(1)$$

$$f_{12}(S_{12}, X_{12}) = 0,917(0) + 0,083(1)$$

$$f_{12}(S_{12}, X_{12}) = 0,083$$

Keterangan nilai batasan iterasi 11 (n11):

$$S_{11} = 110.508.557 \quad X_{11} = 27.617.256$$

$$f_{11}(S_{11}, X_{11}) = 0,917 f_{12}^*(S_{11} - X_{11}) + 0,083 f_{12}^*(S_{11} + X_{11})$$

$$f_{11}(S_{11}, X_{11}) = 0,917 f_{12}^*(110.508.557 - 27.617.256) + 0,083 f_{12}^*(110.508.557 + 27.617.256)$$

$$f_{11}(S_{11}, X_{11}) = 0,917 f_{12}^*(82.891.301) + 0,083 f_{12}^*(138.125.813)$$

$$f_{11}(S_{11}, X_{11}) = 0,917 f_{12}^*(0,083) + 0,083 f_{12}^*(1)$$

$$f_{11}(S_{11}, X_{11}) = 0,917(0,083) + 0,083(1)$$

$$f_{11}(S_{11}, X_{11}) = 0,159$$

$$S_{11} = 110.508.557 \quad X_{11} = 63.220.048$$

$$f_{11}(S_{11}, X_{11}) = 0,917 f_{12}^*(S_{11} - X_{11}) + 0,083 f_{12}^*(S_{11} + X_{11})$$

$$f_{11}(S_{11}, X_{11}) = 0,917 f_{12}^*(110.508.557 - 63.220.048) + 0,083 f_{12}^*(110.508.557 + 63.220.048)$$

$$f_{11}(S_{11}, X_{11}) = 0,917 f_{12}^*(47.288.509) + 0,083 f_{12}^*(173.728.605)$$

$$f_{11}(S_{11}, X_{11}) = 0,917 f_{12}^*(0,083) + 0,083 f_{12}^*(1)$$

$$f_{11}(S_{11}, X_{11}) = 0,917(0,083) + 0,083(1)$$

$$f_{11}(S_{11}, X_{11}) = 0,159$$

Keterangan nilai batasan iterasi 10 (n10):

$$S_{10} = 110.508.557 \quad X_{10} = 27.617.256$$

$$f_{10}(S_{10}, X_{10}) = 0,917 f_{11}^*(S_{10} - X_{10}) + 0,083 f_{11}^*(S_{10} + X_{10})$$

$$f_{10}(S_{10}, X_{10}) = 0,917 f_{11}^*(110.508.557 - 27.617.256) + 0,083 f_{11}^*(110.508.557 + 27.617.256)$$

$$f_{10}(S_{10}, X_{10}) = 0,917 f_{11}^*(82.891.301) + 0,083 f_{11}^*(138.125.813)$$

$$f_{10}(S_{10}, X_{10}) = 0,917 f_{11}^*(0,083) + 0,083 f_{11}^*(1)$$

$$f_{10}(S_{10}, X_{10}) = 0,917(0,083) + 0,083(1)$$

$$f_{10}(S_{10}, X_{10}) = 0,228$$

$$S_{10} = 110.508.557 \quad X_{10} = 63.220.048$$

$$f_{10}(S_{10}, X_{10}) = 0,917 f_{11}^*(S_{10} - X_{10}) + 0,083 f_{11}^*(S_{10} + X_{10})$$

$$f_{10}(S_{10}, X_{10}) = 0,917 f_{11}^*(110.508.557 - 63.220.048) + 0,083 f_{11}^*(110.508.557 + 63.220.048)$$

$$f_{10}(S_{10}, X_{10}) = 0,917 f_{11}^*(47.288.509) + 0,083 f_{11}^*(173.728.605)$$

$$f_{10}(S_{10}, X_{10}) = 0,917 f_{11}^*(0,083) + 0,083 f_{11}^*(1)$$

$$f_{10}(S_{10}, X_{10}) = 0,917(0,083) + 0,083(1)$$

$$f_{10}(S_{10}, X_{10}) = 0,228$$

Keterangan nilai batasan iterasi 9 (n9):

$$S_9 = 110.508.557 \quad X_9 = 63.220.048$$

$$f_{10}(S_{10}, X_{10}) = 0,917 f_{11}^*(S_{10} - X_{10}) + 0,083 f_{11}^*(S_{10} + X_{10})$$

$$f_{10}(S_{10}, X_{10}) = 0,917 f_{11}^*(110.508.557 - 63.220.048) + 0,083 f_{11}^*(110.508.557 + 63.220.048)$$

$$f_{10}(S_{10}, X_{10}) = 0,917 f_{11}^*(47.288.509) + 0,083 f_{11}^*(173.728.605)$$

$$f_{10}(S_{10}, X_{10}) = 0,917 f_{11}^*(0,228) + 0,083 f_{11}^*(1)$$

$$f_{10}(S_{10}, X_{10}) = 0,917 (0,228) + 0,083 (1)$$

$$f_{10}(S_{10}, X_{10}) = 0,292$$

Keterangan nilai batasan iterasi 8 (n8):

$$S9 = 110.508.557 \quad X9 = 38.913.972$$

$$f_{10}(S_{10}, X_{10}) = 0,917 f_{11}^*(S_{10} - X_{10}) + 0,083 f_{11}^*(S_{10} + X_{10})$$

$$f_{10}(S_{10}, X_{10}) = 0,917 f_{11}^*(110.508.557 - 38.913.972) + 0,083 f_{11}^*(110.508.557 + 38.913.972)$$

$$f_{10}(S_{10}, X_{10}) = 0,917 f_{11}^*(71.594.585) + 0,083 f_{11}^*(149.422.529)$$

$$f_{10}(S_{10}, X_{10}) = 0,917 f_{11}^*(0,228) + 0,083 f_{11}^*(1)$$

$$f_{10}(S_{10}, X_{10}) = 0,917 (0,228) + 0,083 (1)$$

$$f_{10}(S_{10}, X_{10}) = 0,292$$

$$S9 = 110.508.557 \quad X9 = 63.220.048$$

$$f_{10}(S_{10}, X_{10}) = 0,917 f_{11}^*(S_{10} - X_{10}) + 0,083 f_{11}^*(S_{10} + X_{10})$$

$$f_{10}(S_{10}, X_{10}) = 0,917 f_{11}^*(110.508.557 - 63.220.048) + 0,083 f_{11}^*(110.508.557 + 63.220.048)$$

$$f_{10}(S_{10}, X_{10}) = 0,917 f_{11}^*(47.288.509) + 0,083 f_{11}^*(173.728.605)$$

$$f_{10}(S_{10}, X_{10}) = 0,917 f_{11}^*(0,228) + 0,083 f_{11}^*(1)$$

$$f_{10}(S_{10}, X_{10}) = 0,917 (0,228) + 0,083 (1)$$

$$f_{10}(S_{10}, X_{10}) = 0,292$$

Keterangan nilai batasan iterasi 8 (n8):

$$S9 = 27.617.256 \quad X9 = 13.223.281$$

$$f_9(S_9, X_9) = 0,917 f_{10}^*(S_9 - X_9) + 0,083 f_{10}^*(S_9 + X_9)$$

$$f_9(S_9, X_9) = 0,917 f_{10}^*(27.617.256 - 13.223.281) + 0,083 f_{10}^*(27.617.256 + 13.223.281)$$

$$f_9(S_9, X_9) = 0,917 f_{10}^*(14.393.975) + 0,083 f_{10}^*(40.840.537)$$

$$f_9(S_9, X_9) = 0,917 f_{10}^*(0,083) + 0,083 f_{10}^*(0,292)$$

$$f_9(S_9, X_9) = 0,917 (0,083) + 0,083 (0,292)$$

$$f_9(S_9, X_9) = 0,100$$

Keterangan nilai batasan iterasi 6 (n6):

$$S6 = 63.220.048 \quad X6 = 5.121.720$$

$$f_6(S_6, X_6) = 0,917 f_7^*(S_6 - X_6) + 0,083 f_7^*(S_6 + X_6)$$

$$f_6(S_6, X_6) = 0,917 f_7^*(63.220.048 - 5.121.720) + 0,083 f_7^*(63.220.048 + 5.121.720)$$

$$f_6(S_6, X_6) = 0,917 f_7^*(58.098.328) + 0,083 f_7^*(68.341.768)$$

$$f_6(S_6, X_6) = 0,917 f_7^*(0,292) + 0,083 f_7^*(0,083)$$

$$f_6(S_6, X_6) = 0,917 (0,292) + 0,083 (0,083)$$

$$f_6(S_6, X_6) = 0,274$$

$$S6 = 63.220.048 \quad X6 = 13.223.281$$

$$f_6(S_6, X_6) = 0,917 f_7^*(S_6 - X_6) + 0,083 f_7^*(S_6 + X_6)$$

$$f_6(S_6, X_6) = 0,917 f_7^*(63.220.048 - 13.223.281) + 0,083 f_7^*(63.220.048 + 13.223.281)$$

$$f_6(S_6, X_6) = 0,917 f_7^*(49.996.767) + 0,083 f_7^*(76.443.329)$$

$$f_6(S_6, X_6) = 0,917 f_7^*(0,292) + 0,083 f_7^*(0,083)$$

$$f_6(S_6, X_6) = 0,917 (0,292) + 0,083 (0,083)$$

$$f_6(S_6, X_6) = 0,274$$

$$S5 = 110.508.557 \quad X5 = 63.220.048$$

$$f_5(S_5, X_5) = 0,917 f_6^*(S_5 - X_5) + 0,083 f_6^*(S_5 + X_5)$$

$$f_5(S_5, X_5) = 0,917 f_6^*(110.508.557 - 63.220.048) + 0,083 f_6^*(110.508.557 + 63.220.048)$$

$$f_5(S_5, X_5) = 0,917 f_6^*(47.288.509) + 0,083 f_6^*(173.728.605)$$

$$f_5(S_5, X_5) = 0,917 f_6^*(0,292) + 0,083 f_6^*(1)$$

$$f_5(S_5, X_5) = 0,917 (0,292) + 0,083 (1)$$

$$f_5(S_5, X_5) = 0,350$$

Pada iterasi 5 (n5) dapat disimpulkan bahwa perhitungan tersebut menghasilkan batasan fungsi baru yang diambil dari $f_{10}(S_{10})$ nilai yang paling tinggi adalah 0,350 dengan rentang nominal 63.220.048. Sehingga nilai batasan tersebut menjadi nilai yang tertinggi dikarenakan tabel iterasi telah terpenuhi pada n5 atau optimal. Tahap awal pengolahan data dilakukan dengan menggunakan analisis *Always Better Control* (ABC), yang bertujuan untuk mengelompokkan material berdasarkan persentase kebutuhan dari yang paling tinggi hingga paling rendah. Hasil persentase tersebut digunakan sebagai dasar penentuan prioritas dalam perencanaan pengadaan material pada periode berikutnya. Setelah diperoleh hasil pengelompokan melalui analisis ABC, tahap selanjutnya adalah pengolahan data menggunakan metode program dinamis. Dalam penelitian ini, program dinamis diterapkan dengan pendekatan probabilitas rekursif mundur (*backward*), di mana proses perhitungan diawali dengan penentuan nilai rata-rata probabilitas. Tujuan dari perhitungan ini adalah untuk memperoleh nilai probabilitas yang mendekati bilangan bulat atau satu, sebagai indikator kondisi optimal. Penelitian menggunakan data selama 12 bulan, sehingga proses iterasi dimulai dari tahap ke-n-12 hingga tahap ke-n-1, dengan nilai rata-rata probabilitas sebesar 0,0833 atau 8,33% dan batas nilai fungsi selama periode 12 bulan sebesar Rp136.407.865.

Hasil penelitian Alim, menunjukkan penggunaan program dinamis *Algoritma Wagner Within* dalam sistem MRP mampu menghasilkan kebijakan pemesanan yang optimal dengan biaya persediaan yang lebih rendah dibandingkan metode yang digunakan perusahaan sebelumnya, terutama dalam kondisi permintaan yang bersifat dinamis dan adanya keterbatasan kapasitas gudang. Temuan tersebut sejalan dengan hasil penelitian ini yang menegaskan bahwa pendekatan program dinamis lebih efektif dibandingkan kebijakan konvensional dalam mengendalikan persediaan. Namun demikian, perbedaan utama terletak pada pendekatan analisis dan struktur pengambilan keputusan. Penelitian Alim, menitikberatkan optimasi pada penentuan *lot size* optimal berbasis MRP dengan batasan kapasitas gudang, sedangkan penelitian ini mengintegrasikan metode program dinamis *rekursif backward* dengan *always better control* (ABC) untuk mengidentifikasi bahan baku prioritas yang paling berpengaruh terhadap biaya persediaan. Integrasi tersebut memungkinkan perusahaan untuk tidak hanya memperoleh solusi optimal secara matematis, tetapi juga meningkatkan fokus pengendalian pada material strategis yang memiliki kontribusi biaya terbesar.

VII. SIMPULAN

Usulan pengelolaan bahan baku pada tinta jenis *rotogravure* menggunakan metode *Always Better Control* (ABC) didapatkan hasil dengan diketahui 3 *material* berada pada kategori A yang mana memiliki kontribusi terbesar dan disarankan agar pengelompokan dan pengendalian *material* lebih diprioritaskan untuk mendapat hasil lebih optimal. Kategori A mencakup 2013NB0906:YELLOW 13 SUPERBASE dengan hasil persentase kumulatif 33,52% 4571NB0925:RED 57:1SUPERBASE hasil persentase kumulatif 27,16%, 5154NB0920:BLUE 15:4 SUPERBASE persentase 15,54%, 9007NB0910:BLACK 7 SB BLACK persentase kumulatif 9,56% kategori B, METHYL ETHYL KETONE persentase kumulatif 6,79% kategori B, NORMAL-PROPYL ACETATE hasil persentase 3,25% kategori B, NC IC 75 hasil persentase 2,10% kategori C, AWDEMK hasil persentase 1,26% kategori C, MIL 18808 /1 LOW GLOSS VARNISH hasil persentase 0,42% kategori C, CITRIC ACID SOLUTION WIP dengan hasil persentase kumulatif 0,41% dan masuk dalam kategori C. Pada usulan pengelolaan bahan baku menggunakan program dinamis probabilistik rekursif mundur (*backward*) didapatkan total penurunan biaya sebesar Rp63.220.048 dengan efisiensi 46,35% dalam jangka waktu 12 bulan dengan nilai probabilistik sebesar 0,1 atau 10. Pada iterasi 5 (n5) dapat disimpulkan bahwa perhitungan tersebut menghasilkan batasan fungsi baru yang diambil dari $f_5(S_5)$ nilai yang paling tinggi adalah 0,350 dengan nominal 63.220.048. Sehingga nilai batasan tersebut menjadi nilai yang tertinggi dikarenakan tabel iterasi telah terpenuhi pada n5 atau optimal.

TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada Universitas Muhammadiyah Sidoarjo dan PT XYZ yang telah memberikan fasilitas, sarana, dan kesempatan sehingga proses penelitian dapat terlaksana dengan baik.

REFERENSI

- [1] L. Z. Saputri and S. Sugiyono, "Penerapan data mining pembuatan produk baru tinta menggunakan metode

- algoritma Apriori,” *J. Manajemen Inform. Jakarta*, vol. 1, no. 4, p. 320, 2021, doi: 10.52362/jmijayakarta.v1i4.567.
- [2] A. Persediaan *et al.*, “DIGITAL PRINTING,” vol. 05, no. 02, pp. 55–73, 2023.
- [3] P. Candra, Marlina, “Analisis Metode ABC (Always , Better , Control) Dan EOQ (Economic Order Quantity) Dalam Pengendalian Persediaan Obat Di Depo Farmasi Igd Rumah Sakit Umum Daerah Abdoel Wahab Sjahanie Samarinda Analysis Of Drug Inventory Control Using The Abc Method,” no. December 2023, pp. 57–64, 2024.
- [4] A. S. Slamet and E. K. Dianti, “Optimalisasi Persediaan Bahan Baku Kemasan dengan Metode Program Dinamis Algoritma Wagner Within,” *J. Manaj. dan Organ.*, vol. 13, no. 3, pp. 213–232, 2022, doi: 10.29244/jmo.v13i3.37717.
- [5] D. S. Kurnia, T. Sukmono, I. Apriliana, and S. Wulandari, “Analysis Material Inventory Control With Always Better Control Analysis and Dynamic Programming [Analisa Pengendalian Persediaan Material Menggunakan Always Better Control Analysis dan Program Dinamis],” pp. 1–12, 2023.
- [6] H. Nasution, Arman, *Perencanaan & Pengendalian Produksi*. Surabaya: Prima Printing, Surabaya, 2003.
- [7] A. Mohammad, K. Fitriadi, A. Syakhroni, and E. Mas’idah, “Analisis Persediaan Bahan Baku Dengan Metode Analisis Always Better Control (ABC) Dan Metode Economic Order Quantity (EOQ),” *J. Tek. Ind.*, vol. 2, no. 1, pp. 20–28, 2023.
- [8] P. Assauri, *Manajemen OPERASI PRODUKSI Pencapaian Sasaran Organisasi Berkesinambungan*. Jakarta: PT. RajaGrafindo Persada, Jakarta, 2016.
- [9] A. Elsa, A. M. Panjaitan, and T. N. Sipayung, “Penerapan Program Dinamik dalam Menentukan Jalur Perjalanan Optimum dengan Prosedur Backward Recursive Equation,” *J. Educ.*, vol. 5, no. 2, pp. 4217–4225, 2023, doi: 10.31004/joe.v5i2.1133.
- [10] Ermayana Megawati, Jihan Pradesi, Dewi Zainul Khabibah, and Firman Ardiansyah Ekoanindiyo, “Pendekatan Metode ABC Pada Toko X untuk Pengendalian Persediaan Barang,” *J. Tek. Media Pengemb. Ilmu dan Apl. Tek.*, vol. 20, no. 2, pp. 156–165, 2021, doi: 10.26874/jt.vol20no2.400.
- [11] Rachma E, “Jurnal Optimasi Teknik Industri (2020) Vol. 02No. 01, 36-42,” *J. Optimasi Tek. Ind.*, vol. 02, no. 01, pp. 36–42, 2020.
- [12] A. Harefa, D. E. Sirait, C. Voni, and R. Sinaga, “Barang Dagang Menggunakan Program Dinamik Cabang Pematangsiantar Analysis of Control and Optimization of Merchandise Inventory Costs Using Deterministic Dynamic Programs At Pt . Rajawali Nusindo,” vol. 8, no. 2, pp. 372–383, 2022.
- [13] M. N. Zein *et al.*, “Penerapan Program Dinamis Untuk Menentukan Jalur Yang Optimum Dalam Pengiriman Benih Ikan Ceps Aquarium,” *Bull. Appl. Ind. Eng. Theory*, vol. 3, no. 1, pp. 34–39, 2022, [Online]. Available: <http://www.jim.unindra.ac.id/index.php/baiet/article/view/6526%0Ahttp://www.jim.unindra.ac.id/index.php/baiet/article/viewFile/6526/880>
- [14] I. H. Ramlawati, Suriyanti, Suriyanti, *OPERATIONAL RESEARCH Teknik Pengambilan Keputusan Optimal*. Jakarta: PT Bumi Aksara, 2019.
- [15] Subekti and Yevita Nursyanti, “Optimasi Persediaan Dengan Pendekatan Deterministik Dinamis Pada Industri Manufaktur,” *J. Teknol. dan Manaj. Ind. Terap.*, vol. 2, no. 1, pp. 8–18, 2023, doi: 10.55826/tmit.v2i1.83.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.