

PENENTUAN KEBIJAKAN PEMESANAN BAHAN BAKU GULA RAFINASI PADA PABRIK GULA BATU CAP KEMBANG DENGAN PENDEKATAN SIMULASI

DETERMINATION OF REFINED SUGAR RAW MATERIAL ORDERING POLICY AT CAP
KEMBANG ROCK SUGAR FACTORY WITH A SIMULATION APPROACH

Maria Krisnawati*¹, Mivitiara¹, Mariana Kusumaningrum²

*Email: maria.krisnawati@unsoed.ac.id

¹Jurusan Teknik Industri, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto

²Program Magister Agribisnis, Universitas Diponegoro, Semarang

Abstrak— Pada pabrik ini belum ada penetapan kebijakan pemesanan bahan bak. Saat ini pemesanan bahan baku dilakukan berdasarkan keinginan pemilik pabrik. Sehingga tujuan dari penelitian adalah mengetahui jumlah dan waktu pemesanan bahan baku berdasarkan jumlah permintaan, dengan meminimalkan total biaya persediaan yang dikeluarkan. Metode penelitian yang digunakan adalah pendekatan simulasi Discrete Event Simulation (DES), dengan menggunakan software extend V.4. berdasarkan hasil simulasi didapatkan hasil penetapan kebijakan pemesanan bahan baku di Pabrik gula cap kembang adalah ketika permintaan tinggi dengan nilai diatas 5.000 sak/bulan digunakan skenario 2 dengan rata-rata lead time 3 hari. Saat permintaan sedang dengan nilai 4.500 sak/bulan hingga 5.000 sak/bulan digunakan skenario 1 rata-rata lead time 7 hari, dan ketika permintaan rendah dengan nilai dibawah 4.500 sak/bulan digunakan skenario 3 rata-rata lead time 3 hari. Total biaya persediaan yang dikeluarkan sebesar Rp.53.709.763/tahun. Sehingga total biaya persediaan mampu menghemat 83% dari total biaya yang dikeluarkan saat ini.

Kata kunci — Discrete Event Simulation, Permintaan, Persediaan, Simulasi

Abstract— At this factory, there is no set policy for ordering raw materials. Currently, raw material orders are made based on the wishes of the factory owner. So the purpose of the study is to determine the amount and time of ordering raw materials based on the number of requests, by minimizing the total cost of inventory incurred. The research method used is the DES simulation approach, using the Extend V.4 software. Based on the simulation result, the policy for ordering raw materials when the demand is high with a value above 5,000 sacks/month, scenario 2 is used with an average lead time of 3 days. When demand is moderate with a value of 4,500 sacks/month to 5,000 sacks/month, scenario 1 is used with an average lead time of 7 days, and when demand is low with a value below 4,500 sacks/month, scenario 3 is used with an average lead time of 3 days. The total cost of inventory issued is Rp. 53,709,763/year. So the total cost of inventory is able to save 83% of the total costs incurred today.

Keywords — Discrete Event Simulation, Demand, Inventory, Simulation

I. PENDAHULUAN

Sektor pertanian Indonesia memiliki peran penting untuk meningkatkan perekonomian nasional, terutama di subsektor perkebunan pada komoditas gula. Gula merupakan bahan pangan pokok yang banyak digunakan masyarakat maupun industri pangan sebagai bahan pemanis untuk makanan, dan

minuman, sumber kalori, serta bahan pengawet. Jenis gula yang paling banyak dikonsumsi adalah gula pasir, gula batu, dan gula merah [1]. Pabrik Gula Batu Cap Kembang merupakan salah satu perusahaan manufaktur yang memproduksi gula batu, dan juga melakukan proses pengemasan gula pasir.

Pengendalian persediaan memiliki peranan yang sangat penting untuk dilakukan karena

mempengaruhi kegiatan produksi, jumlah penjualan perusahaan, dan besaran biaya persediaan yang akan dikeluarkan [2]. Persediaan merupakan stok barang yang berupa bahan mentah, barang dalam proses, barang jadi, bahan pengepakan, dan persediaan umum yang disimpan di gudang untuk memenuhi kebutuhan dimasa depan [3]. Pengendalian persediaan yang baik dapat membantu proses peramalan tingkat penjualan, waktu produksi, permintaan, dan kebutuhan penggunaan secara tepat [4]. Sistem persediaan dibagi menjadi 2 yaitu *fixed inventory system* dan *random inventory system*. Pada sistem *random inventory*, penentuan waktu dan jumlah pemesanan barang akan berbeda setiap waktunya, dikarenakan permintaan yang berfluktuatif [5]. Pada Pabrik ini pengendalian persediaan bahan baki masih belum terkontrol dengan baik, karena hanya berdasarkan keinginan pemilik pabrik. Seringkali saat *supplier* mengirim bahan baku ke pabrik, bahan baku tidak dapat disimpan di gudang karena gudang yang sudah penuh, dan harus dikembalikan.

Adapun kapasitas penyimpanan bahan baku di gudang adalah sebesar 8.000 sak. Persediaan bahan baku yang tidak dapat diketahui secara pasti (*probabilistic*) ini sering kali menyebabkan persediaan bahan baku mengalami kekurangan (*out of stok*) yang dapat mengganggu kelancaran proses produksi atau mengalami kelebihan (*overstock*) yang dapat menurunkan kualitas bahan baku [6]. Berdasarkan data yang diperoleh selama periode Juni 2020 hingga Mei 2021, persediaan bahan baku gula rafinasi yang diterapkan saat ini belum mampu memenuhi permintaan. Sedangkan saat permintaan mulai menurun terjadi *overstock* yang dapat menyebabkan menurunnya kualitas bahan baku.

Waktu penyimpanan gula rafinasi tidak boleh terlalu lama dikarenakan adanya tanggal kadaluarsa, dan memerlukan penyesuaian suhu yang tepat. Jika ruangan lembab akan menyebabkan bahan baku menjadi basah dan padat, sehingga bahan baku tidak dapat langsung digunakan. Hal ini dapat mengakibatkan menurunnya tingkat permintaan, serta akan mempengaruhi penetapan harga jual [7]. Untuk menghindari hal tersebut, maka perlu dilakukan pengendalian bahan baku yang tepat, agar proses produksi tetap berjalan lancar, dan dapat meminimalkan biaya total persediaan [8].

Pada umumnya pengendalian persediaan diselesaikan dengan menggunakan pendekatan analitis, pemrograman dinamis, optimasi berbasis simulasi dan optimasi berbasis metamodel [9]. Secara umum untuk mengaplikasikan model

matematis, biasanya digunakan simulasi terlebih dahulu sebelum diterapkan di sistem asli [10]. Simulasi dikenal sebagai metode yang digunakan dalam penyelesaian masalah operasional perusahaan, karena simulasi memiliki keunggulan, yaitu mampu menangani masalah-masalah kompleks yang tidak dapat diselesaikan dengan metode analitis [11]. Pemilihan penggunaan metode simulasi dikarenakan banyaknya input variabel yang berdistribusi probabilistik, sehingga menimbulkan banyaknya kemungkinan yang terjadi, dan terdapat banyak kejadian tak terkontrol lainnya selama pabrik beroperasi. Sehingga solusi analitis tidak dapat dikembangkan karena sistem yang sangat kompleks. Banyaknya perubahan variabel yang terjadi pada titik-titik waktu tertentu, dan banyaknya variansi waktu, dan jumlah pengadaan bahan baku maka penggunaan metode simulasi adalah pilihan terbaik [12].

Penelitian ini akan berfokus pada pengendalian persediaan bahan baku gula rafinasi untuk proses pembuatan gula batu dengan menggunakan simulasi. Penelitian dilakukan menggunakan simulasi komputer dengan *software* Extend V.4 untuk menentukan jumlah dan waktu pemesanan bahan baku yang tepat agar penyimpanan di gudang optimal serta meminimalkan total biaya persediaan. *Software* Simulasi Extend V.4 digunakan untuk simulasi jenis diskrit, yang memiliki kelebihan diantaranya desain yang lebih *user friendly*, dan memiliki animasi yang mewakili pergerakan di sistem nyata, serta terbukti paling kuat dan fleksibel untuk menganalisis, merancang, dan mengoperasikan sistem yang kompleks [13].

II. TINJAUAN PUSTAKA

Pengendalian persediaan merupakan fungsi manajerial yang memiliki peranan yang sangat penting dalam kelancaran proses bisnis. Tujuan utama dari pengendalian persediaan adalah untuk menjaga tingkat persediaan suatu barang pada tingkat yang optimal sehingga dapat diperoleh penghematan biaya [16]. Persediaan dalam suatu sistem tergantung pada sumber daya tertentu yang terkadang tidak bisa didatangkan ketika sumber daya tersebut dibutuhkan. Sehingga, untuk menjamin tersedianya sumber daya yang dibutuhkan, maka perlu dilakukan perencanaan pengendalian persediaan [17].

A. Persediaan

Persediaan (*inventory*) memiliki arti sangat penting dalam operasi bisnis suatu perusahaan untuk memenuhi kebutuhan produksi. Pada perusahaan industri, persediaan biasanya diklasifikasikan sebagai bahan baku, bahan perlengkapan, barang yang sedang diproses dan barang jadi [18]. Persediaan pengaman (*safety stock*) diperlukan ketika terjadi fluktuasi pada permintaan maupun *leadtime*. Untuk menghitung jumlah persediaan (*safety stock*) digunakan data sebagai berikut [19]:

1. Rata-rata keterlambatan datangnya bahan baku
2. Jumlah hari kerja
3. Kapasitas produksi

Dari data tersebut, kita hitung jumlah kebutuhan per periode dan *safety stock* yang akan dihitung dengan rumus (1) dan (2) sebagai berikut:

$$\text{Kebutuhan per hari} = \frac{\text{Kebutuhan bahan baku}}{\text{Jumlah haru}} \quad (1)$$

$$\text{Safety Stock} = (\text{Pemakaian maksimum} - \text{Pemakaian rata-rata}) \times \text{Lead time} \quad (2)$$

Dari hasil pengendalian persediaan dengan metode Simulasi *Extend V.4*, kemudian dihitung *total cost* (TC) persediaan. Perhitungan dilakukan untuk mengetahui total biaya persediaan yang dihasilkan dari hasil simulasi yang dilakukan. Adapun perhitungannya pada persamaan (3) berikut:

$$\begin{aligned} \text{Total Cost} &= \text{Biaya pesan} + \text{Biaya kirim} \\ &\quad + \text{Biaya simpan} \\ \text{Total Cost (TC)} &= (\text{Jumlah pemesanan} \times \text{Harga pesan}) \\ &\quad + (\text{Jumlah pengiriman} \times \text{Harga pengiriman}) \\ &\quad + (\text{Jumlah barang disimpan} \times \text{Harga simpan per Unit}) \end{aligned} \quad (3)$$

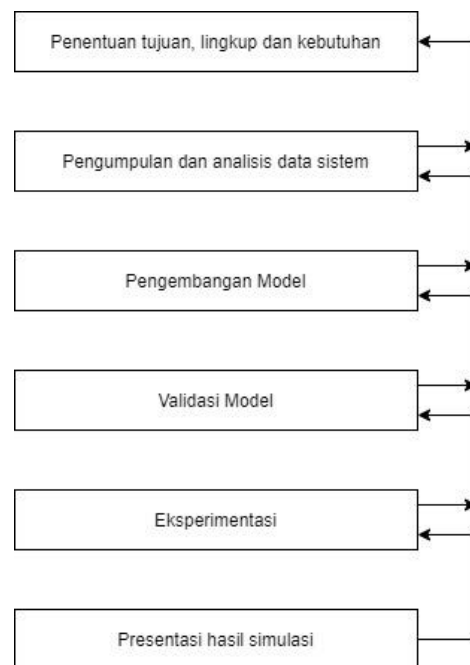
Langkah selanjutnya adalah menghitung perbandingan dan penghematan yang dihasilkan antara *total cost* persediaan pada perusahaan dengan *total cost* persediaan metode Simulasi *Extend*. Adapun perhitungan penghematan dalam % dihitung dengan persamaan (4) berikut [18]:

$$\text{Penghematan (\%)} = \frac{\text{TC Perusahaan} - \text{TC Simulasi}}{\text{TC Perusahaan}} \times 100\% \quad (4)$$

B. Simulasi

Berdasarkan maknanya, simulasi berarti imitasi dari suatu keadaan tertentu. Simulasi merupakan suatu metode yang digunakan untuk meniru perilaku dari sebuah sistem dengan memanfaatkan bantuan *software* yang sesuai [20].

Langkah-langkah untuk pengembangan model simulasi dapat dilihat pada Gambar-1 dibawah ini:

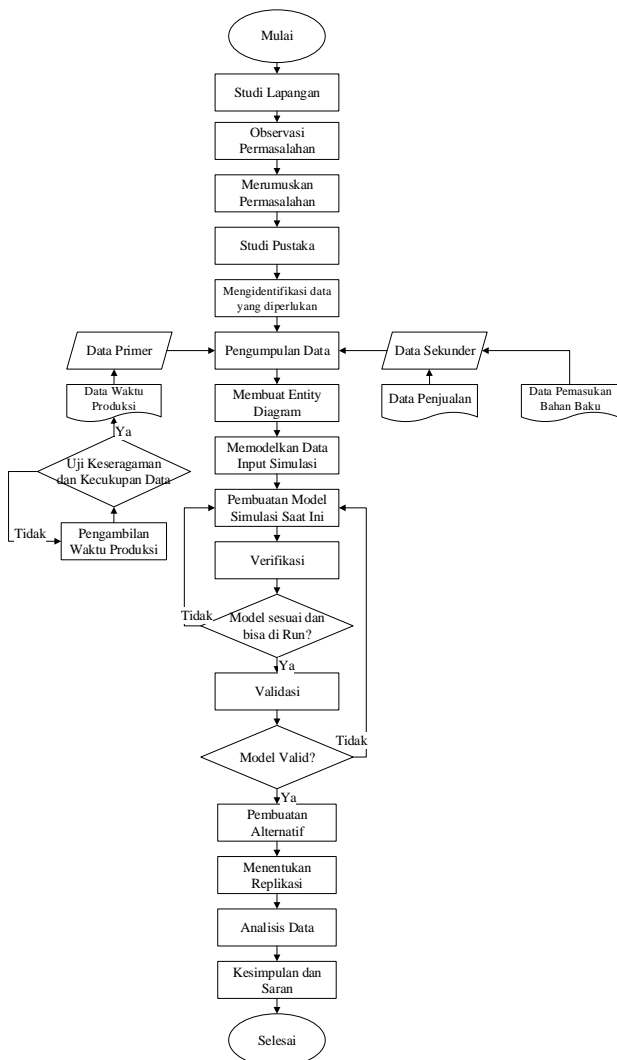


Gambar-1. Diagram alur tahapan pengembangan model simulasi [21]

III. METODE

Penelitian diawali dengan melakukan observasi masalah yang ada di pabrik, dan melakukan studi litelatur terkait permasalahan. Selanjutnya dilakukan identifikasi data, dan pengumpulan dan pengolahan data. Adapun yang dikumpulkan yaitu data primer: waktu produksi, waktu istirahat, dan waktu pembersihan. Sedangkan data sekunder: data historis perusahaan selama periode Juni 2020 hingga Mei 2021 yaitu, data penerimaan bahan baku, data permintaan konsumen, data jumlah tenaga kerja, data waktu lembur, dan data penerimaan barang BS (barang yang dikembalikan).

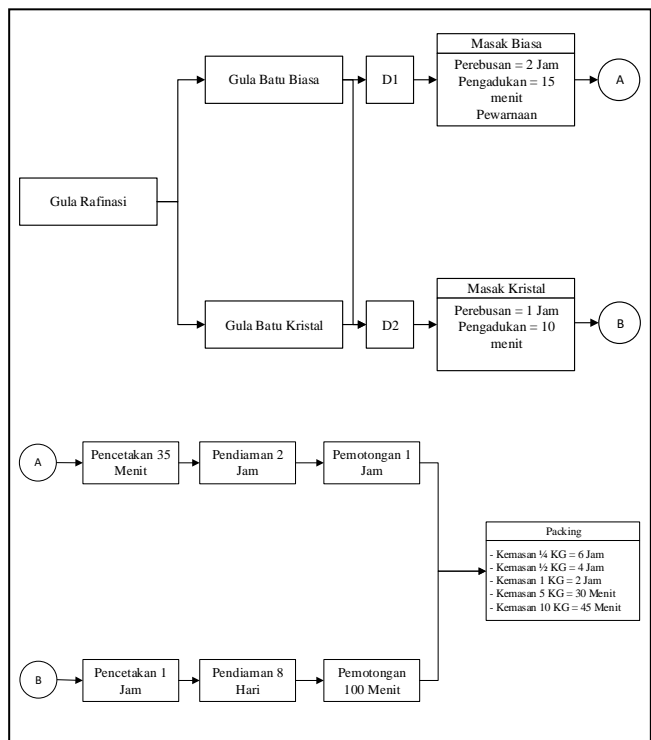
Pengolahan data yang dilakukan adalah dengan melakukan uji kecukupan, dan keseragaman data untuk data primer yang diambil. Sedangkan untuk data kedatangan bahan baku akan diuji jenis distribusinya dengan menggunakan *software* Minitab. Untuk data kedatangan barang BS akan dihitung besaran probabilitas kedatangan tiap bulannya. Data yang akan menjadi inputan pada simulasi adalah data kedatangan bahan baku, kedatangan barang BS, waktu produksi tiap stasiun kerja, jumlah *resource* (tenaga kerja, mesin, cetakan) dan waktu kerja perbulan yang sudah ditambahkan dengan waktu lembur. Flowchart metode penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar-2.



Gambar-2. Flowchart Metode Penelitian

Berdasarkan keadaan di sistem nyata maka dibuat diagram aliran entitas di pabrik (Gambar-3), untuk dikembangkan menjadi model konseptual yang dijadikan acuan pembuatan model simulasi.

Pendekatan yang digunakan adalah *Discrete Event Simulation* (DES).



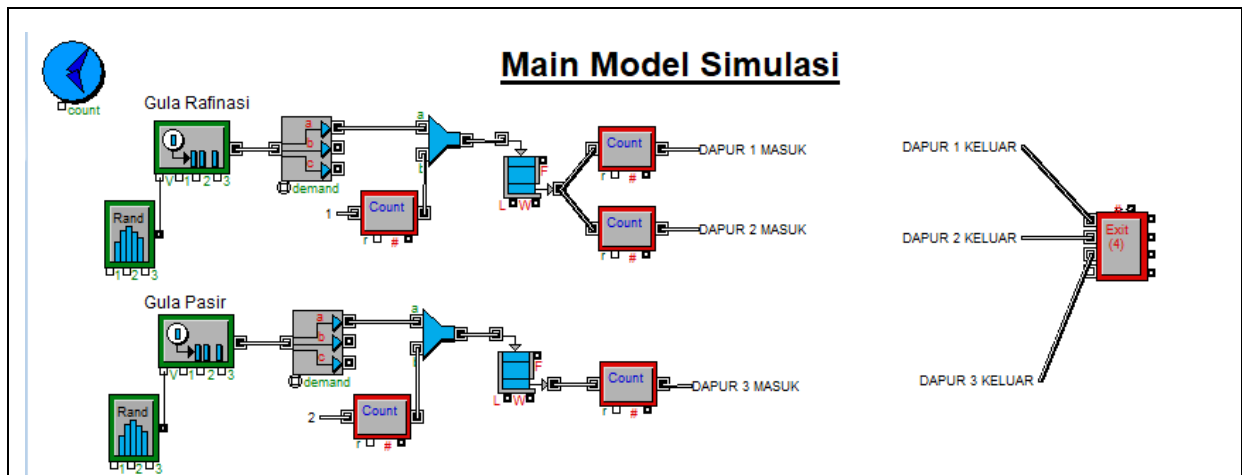
Gambar-3. Diagram Aliran Entitas

Setelah model simulasi dibuat, dilakukan replikasi sebanyak 5 kali untuk selanjutnya dilakukan proses verifikasi, dan validasi model. Validasi data simulasi dilakukan dengan menggunakan APE, dan MAPE. Sedangkan untuk model simulasi dilakukan validasi dengan uji t. setelah model dinyatakan valid, dibuat 3 skenario berdasarkan data permintaan konsumen.

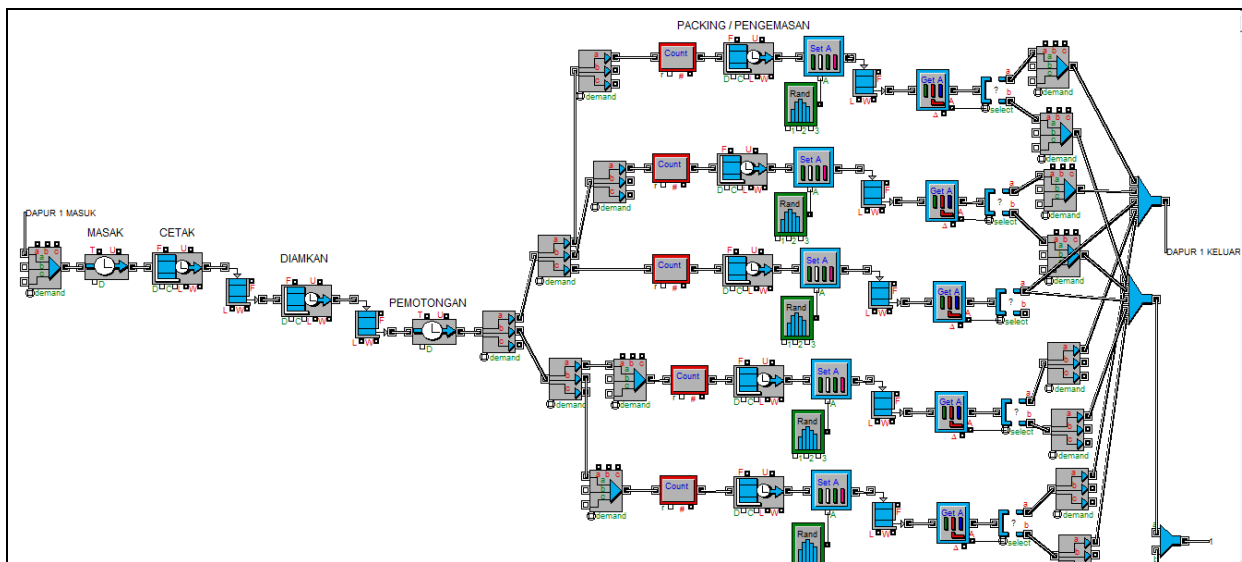
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Model Simulasi

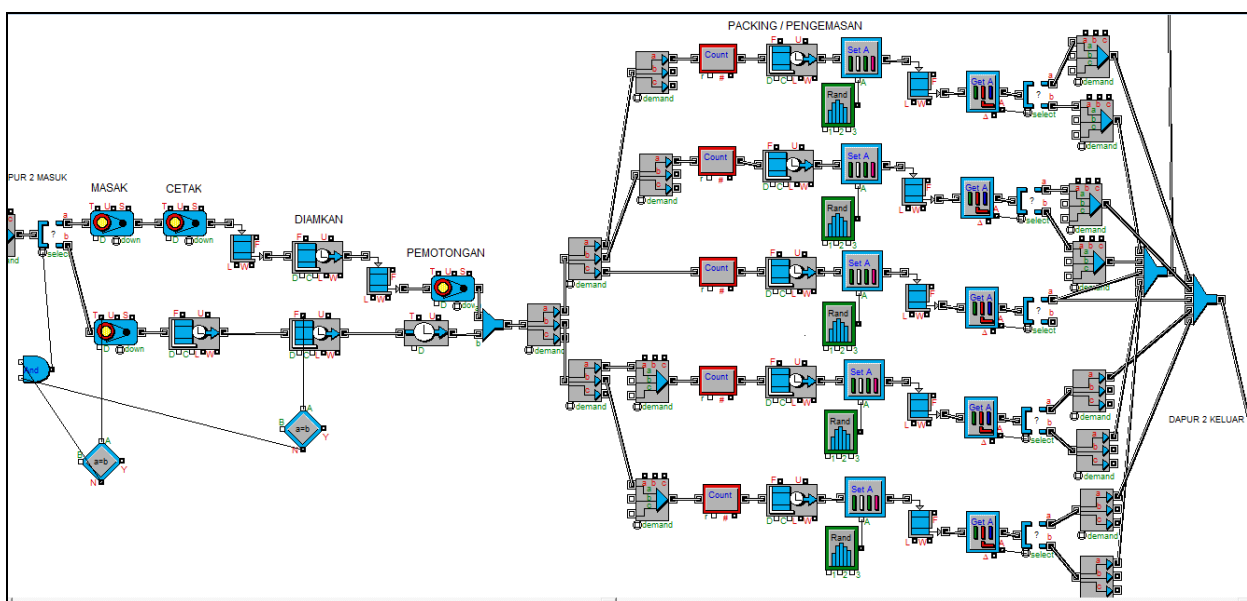
Pembuatan model simulasi dibuat berdasarkan kondisi nyata di sistem. Model dibuat dengan menggunakan *software* Extend V.4. Main model simulasi berisikan informasi waktu kedatangan bahan baku pada blok generator, jumlah kedatangan bahan baku pada *input random number*, jumlah kedatangan barang BS pada blok *count* sebelum blok FIFO, jumlah antrian di gudang bahan baku, dan jumlah *output* produksi yang keluar pada blok exit. Gudang penyimpanan bahan baku diwakili oleh blok antrian FIFO. Adapun *main model* simulasi dapat dilihat pada Gambar-4.



Gambar-4. Main Model Simulasi



Gambar-5. Model Simulasi Dapur 1



Gambar-6. Model Simulasi Dapur 2

Proses pembuatan gula batu hanya dilakukan pada Dapur 1 dan Dapur 2. Adapun model simulasi Dapur 1 dapat dilihat pada Gambar-5. Aktivitas produksi pada Dapur 1 adalah pembuatan gula batu biasa, dimana 1 kali proses pembuatan gula batu biasa memerlukan 20 sak (1.000KG) mampu menghasilkan 1.200 KG gula batu yang di proses masak selama 2 jam, cetak 35 menit, diamkan 2 jam, pemotongan 1 jam, *packing* ¼ KG 6 jam, *packing* ½ KG 4 jam, *packing* 1 KG 2 jam, *packing* 5 KG 30 menit, dan *packing* 10KG 45 menit.

Proses produksi pada Dapur 2 adalah pembuatan gula batu biasa, dan gula batu Kristal. Pada Dapur 2 ini terdapat prioritas pemasakan gula batu kristal, ketika cetakan sudah terisi semua dan karena waktu tunggu yang lama, maka aktivitas di dapur 2 akan dilanjutkan dengan aktivitas pemasakan gula batu biasa. Dalam 1 kali proses pemasakan gula batu kristal memerlukan 20 sak (1.000KG) mampu menghasilkan 1.200 KG gula batu yang di proses masak selama 1 jam, cetak 1 jam, diamkan 8 hari, pemotongan 100 menit, *packing* ¼ KG 6 jam, *packing* ½ KG 4 jam, *packing* 1 KG 2 jam, *packing* 5 KG 30 menit, dan *packing* 10KG 45 menit. Adapun model simulasi Dapur 2 dapat dilihat pada Gambar-6.

Tabel-1. Nilai APE dan MAPE dari Output Simulasi

Validasi (%)						
APE		$\sum APE$			MAPE	
0,87	7,12	0,87	0,88	0,83	10,56	2,11
0,65	0,63	0,68	0,66	0,60	3,21	0,64
0,04	0,01	0,03	0,04	0,04	0,16	0,03
0,12	0,12	0,09	0,09	0,12	0,53	0,11
0,19	0,19	0,19	0,20	0,21	0,99	0,20
0,16	0,16	0,20	0,17	0,17	0,85	0,17
0,31	0,30	0,31	0,27	0,30	1,48	0,30
0,67	0,14	0,15	0,15	0,14	1,25	0,25
0,15	0,16	0,14	0,13	0,12	0,69	0,14
0,01	0,04	0,02	0,04	0,02	0,13	0,03
0,26	0,25	0,25	0,25	0,26	1,27	0,25
0,17	0,15	0,14	0,14	0,15	0,74	0,15

Model simulasi yang dibuat perlu dilakukan uji validasi. Validasi model simulasi sistem persediaan bahan baku digunakan untuk menentukan bahwa model simulasi telah mewakili sistem yang sebenarnya dengan akurat. Model yang valid adalah model yang memberi keluaran rata – rata yang sama dengan keluaran rata – rata system [14]. Perhitungan nilai APE, dan MAPE dapat dilihat pada Tabel-1, dimana nilai didapatkan dari hasil pengulangan simulasi sebanyak 5 kali pada Tabel-2 dan rata-rata nilai MAPE pada validasi antara data aktual, dan

data simulasi menggunakan *extend* didapatkan hasil sebesar 0,364%. Sehingga Model simulasi yang dibuat dikatakan valid (logis, dan empiris).

Selain itu digunakan uji t untuk mengetahui apakah rata – rata laju produksi dari hasil run simulasi ini adalah sama secara statistik dengan rata – rata laju produksi yang sesungguhnya maka diadakan pengujian hipotesa dengan t test [15].

H_0 : tidak ada perbedaan antara rata – rata data output sesungguhnya dan rata – rata data output hasil run simulasi.

H_1 : ada perbedaan antara rata - rata data output sesungguhnya dan rata – rata data output hasil run simulasi.

Tabel-2. Output Simulasi

Output Aktual	Output Simulasi				
	Run 1	Run 2	Run 3	Run 4	Run 5
158,40	159,77	147,12	159,77	159,79	159,71
118,80	118,03	118,06	118,00	118,02	118,09
236,60	236,51	236,58	236,53	236,52	236,50
303,60	303,96	303,96	303,88	303,87	303,96
264,00	263,50	263,49	263,49	263,47	263,46
312,00	312,48	312,49	312,63	312,52	312,53
261,60	260,80	260,82	260,80	260,90	260,82
201,60	202,94	201,31	201,29	201,30	201,32
201,60	201,30	201,28	201,32	201,34	201,36
290,40	290,37	290,30	290,34	290,29	290,33
324,00	324,83	324,81	324,82	324,82	324,83
204,00	203,65	203,70	203,72	203,71	203,70

Dari Tabel Distribusi Student t, pada level pengujian α 0.05, untuk uji dua sisi diperoleh $t(0.025,4) = \pm 2.77$. Kriteria penolakan atau penerimaanya :

H_0 ditolak jika $t_{hitung} > t_{tabel}$

H_0 diterima jika $t_{hitung} < t_{tabel}$

Hasil perhitungan menggunakan software Minitab ditunjukkan pada Gambar-7. Karena $t_{hitung} = 0.46 < t_{tabel} = 2.77$ maka dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan antara rata – rata data sesungguhnya dan rata – rata data hasil run simulasi (H_0 diterima), dengan demikian data telah valid.

Test	
Null hypothesis	$H_0: \mu_{difference} = 0$
Alternative hypothesis	$H_1: \mu_{difference} \neq 0$
T-Value	P-Value
0.46	0.668

Gambar-7. Hasil Uji T

Setelah model simulasi dinyatakan valid, selanjutnya dapat dibuat skenario eksperimentarsi sebanyak 3 kali. Dimana skenario 1 merupakan penentuan jumlah pemesanan bahan baku berdasarkan nilai rata-rata permintaan tertinggi ditambahkan dengan nilai *safety stock*. Skenario 2 merupakan penentuan jumlah pemesanan bahan baku berdasarkan nilai permintaan rata-rata ditambahkan dengan *safety stock*. Skenario 3 merupakan penentuan jumlah pemesanan bahan baku berdasarkan nilai rata-rata permintaan terendah ditambahkan nilai *safety stock*. Adapun variansi waktu pemesanan bahan baku adalah 1 hari, 3 hari, dan 7 hari.

B. Eksperimen Model Simulasi

1) Skenario 1

Berdasarkan perhitungan total biaya persediaan yang dikeluarkan dari hasil simulasi pada skenario 1 ini menunjukkan bahwa pemilihan variansi lead time pada skenario 1 di setiap bulannya menunjukkan hasil yang berbeda-beda seperti yang ditunjukkan pada Tabel-3. Pada bulan Juni, Juli, November, Januari, Februari dan Mei hasil total biaya terkecil adalah dengan menggunakan varian lead time = 7. Sedangkan pada bulan Agustus, September, Oktober, Desember, Maret, dan April hasil total biaya terkecil adalah dengan menggunakan varian lead time = 3.

2) Skenario 2

Berdasarkan perhitungan total biaya persediaan yang dikeluarkan dari hasil simulasi pada skenario 2 ini menunjukkan bahwa pemilihan variansi lead time

pada skenario 2 di setiap bulannya menunjukkan hasil yang berbeda-beda seperti yang ditunjukkan pada Tabel-4. Pada bulan Juni 2020, dan Juli 2021 hasil total biaya terkecil adalah dengan menggunakan varian lead time = 7. Sedangkan pada bulan Agustus 2020 hingga Mei 2021 hasil total biaya terkecil adalah dengan menggunakan varian lead time = 3.

3) Skenario 3

Berdasarkan perhitungan total biaya persediaan yang dikeluarkan dari hasil simulasi pada skenario 3 ini menunjukkan bahwa pemilihan variansi lead time pada skenario 3 di setiap bulannya menunjukkan hasil yang berbeda-beda seperti yang ditunjukkan pada Tabel-5. Pada bulan Juni 2020, dan Juli 2021 hasil total biaya terkecil adalah dengan menggunakan varian lead time = 7. Sedangkan pada bulan Agustus 2020 hingga Mei 2021 hasil total biaya terkecil adalah dengan menggunakan varian lead time = 3.

Setelah mendapatkan hasil simulasi dari ketiga skenario, maka langkah selanjutnya adalah membandingkan ketiga hasil skenario yang telah dilakukan. Skenario terbaik yang akan digunakan di setiap bulannya akan berbeda-beda dengan melihat total biaya persediaan terkecil yang akan dikeluarkan. Adapun permintaan rata-rata tertinggi terjadi pada bulan Juli 2020, bulan Oktober 2020, bulan Desember 2020, bulan Maret 2020, dan bulan Mei 2020 dengan jumlah 5.121 sak/bulan, sehingga pemilihan skenario terbaik adalah pada skenario 2 dengan rata-rata lead time yang terpilih adalah 3 hari.

Tabel-3. Total Biaya Skenario 1

Lead Time (Hari)	Total Biaya Skenario 1 (Berdasarkan nilai rata-rata permintaan tertinggi + Safety Stock)											
	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember	Januari	Februari	Maret	April	Mei
LT = 1	231.332.833	195.696.500	107.640.333	129.522.000	96.367.000	153.310.333	111.757.000	152.477.167	171.467.000	132.092.500	162.266.167	125.680.000
	211.614.667	186.657.667	110.052.833	135.665.833	105.084.167	178.303.833	113.687.000	148.649.333	160.176.500	136.145.500	144.478.000	124.779.333
	204.152.000	175.785.333	116.775.667	128.653.500	121.071.000	168.525.167	110.856.333	140.028.667	171.113.167	132.832.333	151.265.167	121.176.667
	203.187.000	206.987.000	111.596.833	131.484.167	92.571.333	153.246.000	127.872.500	147.330.500	171.531.333	133.282.667	163.295.500	125.454.833
	223.741.500	174.466.500	105.420.833	132.352.667	101.352.833	162.091.833	115.520.500	144.628.500	167.928.667	136.595.833	144.542.333	124.361.167
LT = 3	70.995.333	51.120.667	26.825.333	7.984.000	15.230.333	37.993.333	5.530.333	19.803.000	58.864.833	20.140.167	3.558.500	50.230.333
	65.334.000	60.320.333	26.439.333	1.422.000	2.106.333	20.366.000	4.848.400	19.642.167	45.242.250	24.225.333	3.459.833	27.810.167
	48.285.667	50.059.167	28.369.333	5.668.000	10.067.583	29.404.833	9.165.167	22.923.167	49.793.833	27.924.500	7.384.167	52.578.500
	57.485.333	49.641.000	27.758.167	7.340.667	16.259.667	31.560.000	10.837.833	22.505.000	48.056.833	16.264.083	4.669.333	35.079.833
	47.224.167	47.099.833	24.187.667	1.968.833	5.741.167	40.277.167	7.074.333	19.963.833	48.822.400	25.473.400	1.851.500	40.644.667
LT = 7	8.081.000	12.739.500	15.835.167	35.934.167	36.888.333	12.263.667	33.072.167	10.050.167	5.097.667	21.321.333	40.331.000	39.571.167
	8.905.167	13.479.333	20.206.833	43.136.667	43.660.833	16.026.167	31.316.333	3.549.000	1.227.667	29.921.333	49.970.167	38.281.167
	8.669.333	4.472.667	12.431.000	38.800.833	37.031.667	16.814.500	36.942.167	2.223.167	7.677.667	32.752.167	29.796.000	38.747.000
	4.777.167	4.590.167	7.056.000	39.840.000	31.477.500	12.156.167	33.108.000	5.161.500	3.660.500	20.533.000	39.936.833	41.577.833
	3.168.833	3.479.333	1.860.167	36.722.500	42.765.000	18.892.833	39.998.500	5.321.667	6.137.333	26.588.833	44.666.833	33.766.167

Tabel-4. Total Biaya Skenario 2

Lead Time (Hari)	Total Biaya Skenario 2 (Berdasarkan nilai rata-rata permintaan tertinggi + Safety Stock)											
	Jun	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember	Januari	Februari	Maret	April	Mei
LT = 1	192.861.500	144.648.000	75.023.333	109.289.167	69.797.333	139.896.833	77.177.833	90.845.833	138.946.500	99.958.000	124.277.333	104.385.667
	183.822.667	114.572.167	80.330.833	83.137.667	72.209.833	131.501.333	81.005.667	87.436.167	136.244.500	106.584.333	110.863.833	93.513.333
	172.950.333	135.480.500	97.990.333	77.958.833	65.776.500	123.298.833	79.333.000	108.344.500	116.397.667	109.833.167	114.530.833	113.424.500
	171.631.500	117.981.833	90.173.833	76.414.833	78.932.667	127.030.167	74.089.833	96.410.667	109.128.000	115.012.000	108.097.500	92.194.500
	196.850.167	123.546.667	84.158.667	105.557.833	73.753.833	116.865.500	73.221.333	107.411.667	106.329.500	110.669.500	122.733.333	89.492.500
LT = 3	46.806.000	43.400.667	7.139.333	7.313.333	3.635.000	11.005.500	3.151.333	13.562.667	13.381.167	2.593.250	17.497.667	6.387.167
	44.264.833	39.315.500	13.669.167	15.913.333	5.194.333	13.032.000	3.021.333	16.007.333	14.539.167	3.896.000	23.231.000	4.039.000
	34.293.167	41.792.333	11.996.500	8.603.333	3.393.000	15.348.000	1.284.333	12.662.000	14.121.000	2.995.333	15.885.167	1.304.833
	42.495.667	40.377.000	17.850.833	19.783.333	1.430.833	14.366.917	5.289.083	7.901.333	11.579.833	2.094.667	17.497.667	2.070.400
	45.519.333	39.219.000	1.864.000	15.770.000	3.135.667	16.924.167	4.082.833	12.469.000	18.592.167	5.182.667	25.130.167	2.511.083
LT = 7	12.094.333	11.549.333	27.051.000	42.133.333	49.716.667	30.467.000	43.141.333	43.359.833	28.389.333	46.118.000	50.973.500	45.698.667
	22.056.000	7.657.167	32.103.500	46.505.000	47.208.333	40.106.167	47.513.000	36.623.167	32.725.167	49.988.000	49.862.667	50.249.500
	3.315.167	6.048.833	23.826.000	50.375.000	50.720.000	19.932.000	40.848.000	35.369.000	34.516.833	42.749.667	63.264.333	47.490.333
	9.335.167	6.095.167	22.500.167	60.014.167	55.235.000	26.597.000	44.180.500	47.588.167	46.055.167	59.627.167	58.391.000	49.067.000
	20.300.167	4.841.000	25.438.500	44.856.667	47.996.667	23.228.667	51.633.833	35.118.167	36.272.667	39.453.000	52.550.167	50.357.000

Tabel-5. Total Biaya Skenario 3

Lead Time	Total Biaya Skenario 3 (Berdasarkan nilai rata-rata permintaan tertinggi + Safety Stock)											
	Jun	Juli	Agustus	September	Oktober	November	Desember	Januari	Februari	Maret	April	Mei
LT = 1	111.737.167	72.144.333	36.809.333	54.380.667	59.471.833	87.722.500	45.911.833	58.807.833	79.052.167	74.546.333	73.807.833	69.645.667
	132.645.333	95.014.833	41.956.000	41.385.333	60.147.333	72.121.667	39.382.000	57.070.833	99.960.500	78.502.833	105.073.833	52.275.667
	115.146.833	74.460.333	36.326.833	69.981.500	52.330.833	100.878.667	37.838.000	67.878.833	82.461.833	76.958.833	86.095.500	56.650.333
	120.711.667	68.799.000	37.710.000	63.676.833	46.315.667	95.699.833	49.739.667	54.256.250	88.026.667	70.525.500	85.387.833	59.577.500
	141.813.000	85.943.833	40.926.667	64.352.333	42.487.833	94.155.833	50.994.167	56.942.167	99.027.667	83.681.667	78.954.500	54.816.833
LT = 3	40.083.167	32.174.500	1.059.833	21.933.333	10.049.250	6.084.000	15.943.833	4.170.000	7.623.333	6.701.333	10.366.833	4.186.250
	37.928.000	22.621.000	7.010.667	30.533.333	22.268.333	4.282.667	13.077.167	5.617.500	5.178.667	7.991.333	11.191.000	3.041.833
	12.001.667	16.734.500	1.864.000	15.841.667	12.665.000	1.327.000	8.311.333	8.351.667	1.801.167	1.756.333	26.742.667	12.642.833
	20.268.500	18.085.500	8.683.333	21.145.000	8.329.167	1.721.167	9.708.833	8.930.667	4.085.000	3.834.667	50.571.833	12.607.000
	32.234.500	20.369.333	1.703.167	32.289.167	17.681.667	6.019.667	9.673.000	3.140.667	2.007.667	2.384.167	64.618.500	26.116.167
LT = 7	5.452.667	12.831.833	33.608.500	70.620.833	64.874.167	53.400.333	66.361.333	51.243.167	52.791.833	44.469.667	68.854.333	79.704.500
	17.935.167	18.816.000	37.908.500	78.110.000	75.480.833	48.527.000	72.023.000	52.604.833	58.776.000	64.966.333	73.620.167	78.880.333
	26.821.833	17.060.167	44.824.333	74.992.500	66.630.000	42.686.167	71.772.167	52.927.333	44.801.000	70.233.833	72.222.667	88.913.667
	37.177.667	22.041.000	38.553.500	71.015.000	82.970.000	45.445.333	76.000.500	51.959.833	57.020.167	77.723.000	90.246.833	98.696.167
	32.662.667	29.960.167	47.117.667	65.353.333	70.213.333	41.109.500	72.847.167	49.344.000	44.550.167	74.605.500	88.992.667	97.442.000

Sedangkan untuk permintaan rata-rata terjadi pada bulan Juni 2020, bulan September 2020, bulan Januari 2021, dan bulan April 2021 adalah sebanyak 4.528 sak/bulan, sehingga pemilihan skenario terbaik adalah skenario 1 dengan rata-rata *lead time* yang terpilih adalah 7 hari. Dan untuk permintaan rata-rata terendah terjadi pada bulan Agustus 2020, bulan November 2020, dan bulan Februari 2021 dengan nilai sebesar 4.073 sak/bulan, sehingga skenario terbaik yang digunakan adalah skenario 3 dengan rata-rata *lead time* yang terpilih adalah 7 hari.

C. Total Biaya

Berdasarkan Tabel-6 dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan total biaya yang cukup besar dari total biaya persediaan data simulasi, dan total biaya persediaan dari data aktual. Dari perubahan kebijakan pemesanan bahan baku yang disimulasikan mampu menghasilkan penghematan sebanyak 83%.

Tabel-6. Perbandingan Total Biaya Persediaan Aktual dan Simulasi

Bulan	Data Simulasi	Data Aktual
	TIC (Rp/Bulan)	TIC (Rp/Bulan)
Juni	6.720.300	2.375.000
Juli	7.238.300	22.238.500
Agustus	4.064.200	2.721.833
September	4.876.700	2.145.000
Oktober	3.357.767	29.355.000
November	3.886.900	23.635.667
Desember	3.365.783	27.384.667
Januari	5.261.100	3.720.667
Februari	4.139.167	36.846.833
Maret	3.352.383	4.104.000
April	4.184.667	53.196.333
Mei	3.262.497	107.727.000
Total Biaya Persediaan	53.709.763	315.450.500
% Penghematan		83%

V. PENUTUP

A. Kesimpulan

Dari hasil simulasi ketiga skenario yang dilakukan dipilih skenario terbaik untuk bulan Juni 2020 dipilih skenario 1, dengan jumlah pemesanan 485 sak/1 kali pesan, dan *lead time* 7 hari. Pada bulan Juli 2020 dipilih skenario 2 dengan jumlah pemesanan 448 sak/1 kali pesan, dan *lead time* 7 hari. Pada bulan Agustus 2020 sebanyak 283 sak/1 kali pesan, November 2020 sebanyak 283 sak/1 kali pesan, dan Februari 2020 sebanyak 419 sak/1 kali pesan yang merupakan hasil dari pemilihan skenario 3 dengan *lead time* 3 hari. Untuk bulan Januari 2021 dipilih skenario 1 dengan jumlah pemesanan sebanyak 417 sak/1 kali pesan, dan *lead time* 7 hari. Pada bulan Mei 2021 dipilih skenario 2 dengan jumlah pemesanan sebanyak 448 sak/1 kali pesan, dan *lead time* 3 hari. Pada bulan September 2020 sebanyak 417 sak/1 kali pesan, dan April 2021 sebanyak 349 sak/1 kali pesan yang merupakan hasil dari pemilihan skenario 1 dengan *lead time* 3 hari. Untuk bulan Oktober 2020 sebanyak 380 sak/1 kali pesan, Desember 2020 sebanyak 312 sak/1 kali pesan, dan Maret 2020 sebanyak 380 sak/1 kali pesan yang merupakan hasil dari pemilihan skenario 2 dengan *lead time* 3 hari.

Berdasarkan hasil tersebut penetapan kebijakan pemesanan bahan baku di Pabrik gula cap kembang adalah ketika permintaan tinggi dengan nilai diatas 5.000 sak/bulan digunakan skenario 2 dengan rata-rata *lead time* 3 hari. Saat permintaan sedang dengan nilai 4.500 sak/bulan hingga 5.000 sak/bulan digunakan skenario 1 rata-rata *lead time* 7 hari, dan ketika permintaan rendah dengan nilai dibawah 4.500 sak/bulan digunakan skenario 3 rata-rata *lead time* 3 hari. Adapun total biaya persediaan aktual sebesar Rp 315.450.500, dan total biaya persediaan dari hasil eksperimen adalah sebesar Rp 53.709.763. Sehingga total biaya pengadaan bahan baku dapat menghemat biaya sebesar 83%.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, hendaknya penelitian selanjutnya dapat menambahkan hal – hal berikut dalam model simulasi persediaan :

1. Melakukan analisis penentuan jumlah dan waktu pemesanan pada bahan baku gula pasir. Karena pada penelitian ini hanya menfokuskan pada pengadaan bahan baku gula rafinasi saja.
2. Melakukan perhitungan pengoptimalan jam kerja dan waktu produksi yang ada di Pabrik, untuk

menilai apakah jam kerja setiap bulan yang dilakukan di perusahaan sudah optimal

3. Melakukan analisis tentang perluasan kapasitas gudang sehingga mampu menyimpan lebih banyak bahan baku atau melakukan analisis terhadap penentuan jumlah dan waktu pemesanan dengan menggunakan metode lain untuk mendapatkan hasil yang lebih baik lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sugiyanto C. Permintaan Gula Di Indonesia. J Ekonomi Pembangunan Kajian Masalah Ekonomi dan Pembangunan. 2007;8(2):113. Available from: 10.23917/jep.v8i2.1036
- [2] Marcikic A, Radovanov B. Simulation in inventory management. J Perspectives of Innovations, Economics and Business (PIEB). 2009;2(2):98–100. Available from: 10.15208/pieb.2009.68
- [3] Karteek PR, Jyoti K. Deterministic and Probabilistic models in Inventory Control. Int J Engineering Research and Development (IJERD). 2014;2(3):3100–3105.
- [4] Narayanaswami S. Inventory Management: A Teaching Note Inventory. Indian Institute Of Management. 2014. p. 1–18.
- [5] Wang S. The Analysis of Modeling and Simulation Development Direction. 2010;16(9):232–234.
- [6] MulyaY, Nia VM, Maryana S. Inventory simulation-optimization model for small business. International J Business, Economic, and Social Development. 2020;1(2):55–60. Available from: 10.46336/ijbesd.v1i2.36
- [7] Sarkar B. A production-inventory model with probabilistic deterioration in two-echelon supply chain management. J Applied Mathematical Modeling. 2013;37(5):3138–3151. Available from: 10.1016/j.apm.2012.07.026
- [8] Hsieh TP, Dye CY. A production-inventory model incorporating the effect of preservation technology investment when demand is fluctuating with time. J Computation and Applied Mathematics. 2013; 239(1):25–36. Available from: 10.1016/j.cam.2012.09.016
- [9] Jackson I, Tolujevs J, Kegenbekov Z. Review of Inventory Control Models: A Classification Based on Methods of Obtaining Optimal Control Parameters. J Transport and Telecommunication. 2020;21(3):191–202. Available from: 10.2478/tjt-2020-0015
- [10] Ramadan H, Gio PU, and Rosmaini E. Monte Carlo Simulation Approach to Determine the Optimal Solution of Probabilistic Supply Cost. J Research in Mathematics Trends and Technology. 2020;2(1):1–6. Available from: 10.32734/jormtt.v2i1.3752
- [11] Gashaw T, Jilcha K, Birhan E. Modeling and Simulation of Inventory Management System of

- Artistic Printing Enterprise. 2014. p. 1–11.
Available from: 10.13140/2.1.5008.9762
- [12] Jati GA, Bawono B. Simulasi Sistem Persediaan Bahan Baku Di Perusahaan Pembuat Pakan Ternak. Proceedings of Industrial Engineering Conference (IDEC). 2014: p. 1–7.
- [13] Kopytov E, Muravjovs A. Simulation of Inventory Control System for Supply Chain ‘Producer-Wholesaler-Client’ in Extendsim Environment. Proceedings of 25th European Conference on Modelling and Simulation (ECMS). 2011: 580–586.
- [14] Muhammadiyah EA, Soesilo B. Analisis Sistem Dinamis Lingkungan Hidup, Sosial, Ekonomi. First Edition. Jakarta: UMJ Press. 2001.
- [15] Trisnani R. Usulan Perbaikan Lintasan Produksi Minyak Herba Sinergi Menggunakan Value Stream Mapping dan Pendekatan Simulasi (Studi Kasus PT. Herba Emas Wahidatama). Purwokerto: Universitas Jenderal Soedirman; 2021.
- [16] Herjanto, E. Manajemen Operasi (3rd ed.). Grasindo. 2008.
- [17] Sofyan, D. Perencanaan dan Pengendalian Produksi. Graha Ilmu. 2013.
- [18] Sumiati, & Iriani.. Pengendalian Persediaan Bahan Baku Dengan Menggunakan Simulasi Monte Carlo Di Ud. Selebriti. Tekmapro: Journal of Industrial Engineering and Management, 12(02), 43–55. 2017.
- [19] Robyanto, C. B., Antara, M., & Dewi, R. K. (2013). Analisis Persediaan Bahan Baku Tebu pada Pabrik Gula Pandji PT. Perkebunan Nusantara XI (Persero) Situbondo, Jawa Timur. E-Journal Agribisnis Dan Agrowisata (Journal of Agribusiness and Agritourism), 2(1), 23–31.2013.
- [20] Kelton, W., R, S., & N, S. Simulation With Arena (5th Editio). McGraw-Hill Education. 2009.