

**PERENCANAAN DAN PENGENDALIAN BAHAN BAKU DENGAN
MENGUNAKAN METODE EOQ (*ECONOMIC ORDER QUANTITY*)
PROBABILISTIK DAN SIMULASI MONTE CARLO PADA PABRIK TAHU
BK NGADIREJO**

Hernanda Dwi Susanto¹, Heri Awalul Ilhamsah², Indra Cahyadi³

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Trunojoyo Madura,
Bangkalan, 69162

^{2,3}Dosen Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Trunojoyo Madura,
Bangkalan, 69162

Email: ¹Hernanda161@gmail.com, ²Hilhamsah@gmail.com,
³indra.cahyadi@gmail.com

Abstrak

Pabrik Tahu BK Ngadirejo merupakan salah satu perusahaan manufaktur yang terletak di Nganjuk, Jawa Timur yang bergerak dalam industri pembuatan tahu. Sistem produksi dari Pabrik Tahu BK Ngadirejo ini menggunakan sistem *make to order*, hal ini membuat permintaan dan kebutuhan bahan baku setiap harinya berubah. Selain itu *leadtime* pembelian bahan baku kedelai juga tidak pasti. Pabrik Tahu BK Ngadirejo juga memiliki kecenderungan melakukan penyimpanan persediaan dengan ukuran yang besar, dikarenakan pembelian bahan baku hanya didasarkan pada perkiraan tanpa adanya perhitungan yang matang. Sehingga perlu dilakukan sebuah perencanaan dan pengendalian bahan baku agar menjadi lebih baik.

Perencanaan dan pengendalian ini dilakukan dengan menggunakan metode *Economic Oder Quantity* (EOQ) Probabilistik dan simulasi Monte Carlo dengan membangkitkan bilangan random sebanyak 5 replikasi. Hasil dengan menggunakan metode EOQ Probabilistik didapatkan nilai pemesanan bahan baku sebesar 20742 kg, nilai titik pemesanan kembali sebesar 3027 kg, *safety stock* sebesar 1384 kg, dan total biaya persediaan sebesar Rp. 3.601.850.861. Selanjutnya biaya persediaan tersebut dilakukan perbandingan dengan biaya persediaan yang dilakukan oleh Pabrik Tahu BK Ngadirejo. Hasil yang didapatkan dari EOQ Probabilistik sebesar Rp. 3.601.850.861 dan biaya persediaan yang dilakukan pabrik sebesar Rp. 4.517.889.400,61 sehingga dapat menurunkan total biaya persediaan sebanyak 20%.

Kata Kunci : EOQ Probabilistik, Monte Carlo

PENDAHULUAN

Masalah persediaan merupakan hal penting dalam perusahaan yang harus segera diselesaikan secepatnya. Persediaan memiliki peran penting dalam menunjang berjalannya proses produksi. Proses produksi tidak akan berjalan dengan lancar apabila terjadi masalah dalam persediaan, selain itu perusahaan dapat kehilangan konsumen apabila tidak dapat memenuhi jumlah permintaan yang diinginkan akibat kurangnya persediaan bahan baku untuk melakukan proses produksi. Dengan adanya hal tersebut perusahaan akan memiliki kecenderungan untuk melakukan penyimpanan persediaan dengan ukuran yang besar agar perusahaan dapat secara fleksibel melakukan proses produksi tanpa takut kekurangan persediaan bahan baku. Namun hal tersebut memiliki dampak terhadap pembengkakan biaya-biaya yang harus dikeluarkan seperti biaya penyimpanan, biaya pemeliharaan, dan biaya keamanan. Oleh sebab itu perusahaan harus dapat mengatur dan menentukan jumlah yang sesuai antara keuntungan dan resiko yang didapatkan. Perusahaan harus dapat menjaga agar persediaan tetap dalam kondisi yang optimum [9].

Pabrik Tahu BK Ngadirejo merupakan salah satu perusahaan manufaktur yang terletak di desa Ngadirejo, Kec Tanjunganom, Kab Nganjuk, Jawa Timur yang bergerak dalam industri pembuatan tahu. Menurut [5] tahu adalah satu jenis makanan yang berasal dari olahan kedelai yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat di Indonesia karena harganya yang relatif murah. Pabrik Tahu BK Ngadirejo berdiri mulai dari tahun 1999 dan berjalan hingga sampai sekarang. Sistem produksi dari Pabrik Tahu BK Ngadirejo ini menggunakan sistem *make to order*, sehingga permintaan dan kebutuhan bahan baku pada Pabrik Tahu BK Ngadirejo tersebut setiap harinya berubah-ubah. Selain itu *leadtime* pembelian bahan baku kedelai juga tidak pasti. Pembelian bahan baku yang dilakukan oleh Pabrik Tahu BK Ngadirejo ini memiliki kecenderungan melakukan penyimpanan persediaan dengan ukuran yang besar, hal ini dikarenakan pembelian bahan baku yang hanya didasarkan pada perkiraan saja tanpa adanya perhitungan yang matang. Sehingga dengan adanya permasalahan tersebut perlu dilakukan sebuah perencanaan dan pengendalian bahan baku agar menjadi lebih baik. Permasalahan tersebut nantinya diatasi dengan menggunakan metode *Economic Order Quantity* (EOQ) Probabilistik. Metode *Economic Order Quantity* (EOQ) Probabilistik diharapkan dapat membantu perusahaan untuk pengendalian persediaan bahan baku agar kuantitas persediaan menjadi lebih optimal dan dengan biaya persediaan paling rendah. Sehingga diharapkan perusahaan dapat memungkinkan untuk membuat suatu peningkatan keuntungan. Selanjutnya dilakukan analisis dengan menggunakan simulasi Monte Carlo dengan membangkitkan bilangan *random demand* dan *lead time* selama satu tahun dengan cara memasukkan nilai ukuran pemesanan bahan baku yang telah dihitung. Tujuan dari simulasi ini yaitu untuk mengetahui interval kepercayaan pada biaya total persediaan dari ukuran pemesanan bahan baku yang telah dihitung dengan permintaan konsumen yang bersifat fluktuatif dikeadaan yang nyata.

TINJAUAN PUSTAKA

Tinjauan Pustaka yang digunakan dalam penelitian ini meliputi persediaan, pengendalian persediaan, metode *Economic Order Quantity* (EOQ) probabilistik, persediaan pengaman (*safety stock*), simulasi monte carlo.

Persediaan

Menurut [9] persediaan secara umum mencakup barang atau bahan yang digunakan oleh perusahaan untuk melakukan proses produksi dan distribusi barang. Proses produksi dari suatu perusahaan tidak akan berjalan dengan lancar apabila jumlah persediaan dari bahan baku kurang. Hal tersebut nantinya akan berpengaruh terhadap penjualan dari perusahaan yang tidak memenuhi target karena kurangnya jumlah bahan baku untuk melakukan proses produksi. Mengingat dengan adanya hal tersebut, perusahaan akan lebih suka untuk melakukan pembelian dan penyimpanan bahan baku dengan ukuran yang besar, tetapi hal tersebut memiliki dampak terhadap perusahaan yaitu pada biaya penyimpanan, pemeliharaan, dan keamanan. Sehingga perlu untuk dilakukan pengendalian agar dapat mencapai keseimbangan antara laba yang diperoleh dengan resiko yang didapatkan. Menurut [13] tujuan utama dari persediaan yaitu menghilangkan adanya pengaruh ketidakpastian (*safety stock*), mengantisipasi adanya perubahan terhadap jumlah permintaan dan penawaran barang, serta memberikan waktu luang untuk melakukan pengelolaan produksi dan pembelian bahan baku. Biaya-biaya yang terkait dalam persediaan adalah sebagai berikut :

1. Biaya penyiapan merupakan suatu biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan sejak melakukan produksi bahan-bahan dasar pembuatan produk atau komponen tertentu (*setup cost*) yang mencakup biaya mesin-mesin mengganggur, biaya *scheduling*, biaya persiapan tenaga kerja langsung, dan biaya ekspedisi.
2. Biaya pemesanan merupakan suatu biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan untuk melakukan pembelian bahan baku. Biaya pemesanan tersebut meliputi biaya ekspedisi dan pemrosesan pesanan, biaya telepon atau internet, biaya pegawai, biaya pengepakan dan penimbangan, biaya pengeluaran surat-menyurat, biaya pengiriman ke gudang, biaya inspeksi penerimaan, dan biaya utang lancar.
3. Biaya penyimpanan (*holding cost* atau *carrying cost*) merupakan suatu biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan untuk melakukan penyimpanan barang persediaan. Biaya penyimpanan besarnya tergantung dari besarnya kuantitas persediaan, semakin besar persediaan semakin besar juga biaya penyimpanan per periodenya.
4. Biaya kekurangan atau kehabisan persediaan (*shortage cost*) merupakan suatu biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan karena adanya persediaan yang tidak mencukupi atau memenuhi permintaan dari konsumen. Biaya yang termasuk kedalam biaya kekurangan atau kehabisan persediaan yaitu biaya tambahan pemesanan khusus, tambahan pengeluaran kegiatan manajerial, biaya ekspedisi, dan biaya selisih harga.

Pengendalian Persediaan

Menurut [9] pengendalian persediaan perlu dilakukan oleh setiap perusahaan untuk menjamin agar keberlangsungan hidup diperusahaan berjalan dengan lancar. Perusahaan harus dapat menjaga agar jumlah persediaan bahan baku tetap dalam keadaan yang optimal. Pengendalian persediaan adalah salah satu model yang digunakan dalam penyelesaian masalah bahan baku maupun produk dalam suatu perusahaan. Pengendalian persediaan menitik fokuskan pada persedian yang paling optimal dengan biaya yang paling rendah. Jumlah persedian yang menumpuk menyebabkan kerugian untuk perusahaan, dikarenakan banyaknya biaya yang tertanam, serta beban biaya yang dikeluarkan karena persedian tersebut di gudang. Sedangkan jumlah persedian yang terbatas juga akan menghambat perusahaan dalam melakukan proses produksi dan distribusi sehingga dapat menyebabkan perusahaan kehilangan konsumen karena jumlah permintaan yang tidak terpenuhi. Tujuan pengendalian persediaan secara umum yaitu untuk mendapatkan bahan baku dengan jumlah dan kualitas yang tepat, bahan baku selalu tersedia pada saat dibutuhkan serta pada biaya yang paling minimum.

Economic Order Quantity (EOQ) model probabilistik

Economic Order Quantity (EOQ) model probabilistik merupakan suatu model dari EOQ yang memiliki parameter dari sistem pengawasan persediaan yang tidak dapat diketahui secara pasti. Suatu model dapat dikatakan sebagai probabilistik apabila salah satu dari *leadtime* atau *demand* ataupun keduanya tidak diketahui secara pasti dimana perilakunya sehingga harus dengan menggunakan distribusi probabilitas. Hal pokok yang terpenting dalam model probabilistik yaitu analisis perilaku persediaan selama lead time. Terdapat tiga kemungkinan yang terjadi bila lead time dan demand bersifat probabilistik, yaitu:

- a. Tingkat pemakaian atau demand yang tidak tetap namun periode datangnya pesanan atau *leadtime*-nya tetap, maka harus terlebih dahulu menentukan lead time sesuai yang diharapkan atau *expected leadtime* sebelum menentukan kapan untuk melakukan pemesanan barang.
- b. periode datangnya pesanan atau *leadtime*-nya tidak tetap namun tingkat pemakaian atau *demand* tetap.
- c. periode datangnya pesanan atau *leadtime*-nya dan tingkat pemakaian atau *demand* tidak tetap, untuk menentukan EOQ dan kapan pemesanan akan dilakukan, maka terlebih dahulu menentukan tingkat pemakaian barang yang diharapkan selama periode datangnya pesanan atau *leadtime* (*expected usage during leadtime*).

Menurut [12] untuk melakukan perhitungan EOQ Probablistik dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

1. Melakukan perhitungan nilai Q pada saat $E(M > B) = 0$, dengan rumus sebagai berikut:

$$Q = \sqrt{\frac{2CR}{H}} \quad (1)$$

Dimana:

Q = kuantitas pemesanan (unit)

R = Rata-rata permintaan selama satu tahun (unit)

C = Biaya pemesanan

H = Biaya penyimpanan (unit / tahun)

2. Melakukan perhitungan nilai *probability of stockout* atau $P(M > B)$ untuk mengetahui nilai probabilitas terjadinya *stockout* pada bahan baku dan perhitungan nilai B untuk menentukan titik pemesanan kembali dengan memasukkan nilai Q, dengan rumus sebagai berikut:

$$P(M > B) = \frac{HQ}{AR} \quad (2)$$

$$B = ROP = \bar{M} + S \quad (3)$$

$$S = B - M \quad (4)$$

Dimana:

$P(M > B)$ = *Probability of stockout*

B = *Reorder point* (unit)

S = *Persediaan pengaman* (unit)

$\bar{M}$ = *Average lead time demand* (unit)

A = *Stockout cost* per unit

3. Melakukan perhitungan nilai E ($M > B$) untuk mengetahui ekspektasi terjadinya *stockout* bahan baku pada saat *leadtime* dengan memasukkan nilai B, dengan rumus sebagai berikut:

$$E(M > B) = \sum_{M=B+1}^{M_{\max}} (M - B)P(M) \quad (5)$$

Dimana:

$E(M > B)$ = *Expected stockout in units during lead time*

$P(M)$ = *Probability of a lead time demand* (unit)

4. Melakukan perhitungan kembali nilai Q sebagai Q^* dengan E ($M > B$) dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2R[C+AE(M>B)]}{H}} \quad (6)$$

Dimana:

Q^* = *Economic order quantity* (unit)

A = *Biaya stockout* per unit

5. Melakukan perhitungan untuk iterasi selanjutnya pada langkah dua, tiga, empat, hingga sampai mendapatkan nilai Q dan B atau ROP yang berturut-turut sama.

Simulasi

Menurut [6] simulasi merupakan suatu proses peniruan dari proses dan *input* nyata yang menghasilkan suatu gambaran mengenai karakteristik operasional dan keadaan dari suatu sistem. Imitasi dari suatu simulasi akan menghasilkan suatu model representasi dari proses maupun operasi dengan keadaan ril. Penyusunan model pada simulasi merupakan suatu bentuk pengaplikasian dari suatu prinsip, teori, dan pendekatan suatu sistem. Macam-macam simulasi berdasarkan karakteristik sistemnya adalah sebagai berikut:

1. Simulasi sistem dinamis merupakan suatu pemodelan dari simulasi yang mempresentasikan suatu sistem yang sepanjang waktu berubah-ubah.
2. Simulasi sistem diskrit merupakan suatu pemodelan dari simulasi yang perubahan

statenya terjadi pada saat waktu-waktu yang diskrit.

3. Simulasi sistem kontinu merupakan suatu pemodelan dari simulasi yang statenya terjadi perubahan secara kontinu.
4. Simulasi sistem probabilistik merupakan suatu pemodelan dari simulasi yang sistem dengan kejadiannya bersifat probabilistik.

Simulasi Monte Carlo

Menurut [1] simulasi monte carlo merupakan suatu teknik untuk melakukan simulasi secara kuantitatif yang digunakan untuk menilai suatu resiko dengan cara melakukan perhitungan probabilitas hasil akhir karena adanya ketidakpastian yang melibatkansuatu variabel acak atau *random variable* dengan berdasarkan karakteristik penyebaran data yang dianalisis. Simulasi monte carlo dapat dilakukan dengan menggunakan alat bantu *software/spreadsheet/aplikasi* seperti *Microsoft Excel* untuk memudahkan dalam membangun simulasi dengan mudah. Alat bantu tersebut digunakan untuk membangun simulasi dengan cara membangkitkan variabel random dan melakukan pengulangan simulasi dengan serangkaian iterasi. Tahapan dalam melakukan simulasi monte carlo adalah sebagai berikut:

1. Menentukan variabel yang akan dilakukan simulasi.
2. Menentukan jenis distribusi probabilitas pada setiap variabel yang akan dilakukan simulasi.
3. Melakukan perhitungan nilai acak pada setiap aktivitas.
4. Menentukan jumlah iterasi dalam simulasi.
5. Melakukan pengulangan terhadap perhitungan nilai acak sebanyak iterasi yang telah ditentukan.
6. Melakukan analisis terhadap hasil simulasi yang telah dilakukan.
7. Membuat kesimpulan dari hasil simulasi.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan mulai dari bulan Maret sampai Juni 2022 di Pabrik Tahu BK Ngadirejo yang terletak di desa Ngadirejo, Kec Tanjunganom, Kab Nganjuk, Jawa Timur yang bergerak dalam industri pembuatan tahu. Jenis metode penelitian yang dilakukan oleh peneliti menggunakan pendekatan kualitatif dan kuantitatif. Pendekatan kualitatif dikarenakan pengambilan data yang dilakukan oleh peneliti juga menggunakan wawancara dan observasi, pendekatan kuantitatif dikarena data yang diolah berupa data angka-angka seperti, persediaan bahan baku, data kebutuhan bahan baku, biaya pengiriman bahan baku, data biaya operasional penyimpanan, dan lain- lain.

Jenis data yang digunakan untuk melakukan penelitian ini dibagi menjadi dua, yaitu sebagai berikut:

1. Data primer merupakan salah satu jenis data yang didapatkan atau dikumpulkan oleh peneliti dengan melakukan pengambilan data secara langsung dari sumber datanya [10]. Data primer yang akan digunakan untuk keperluan penelitian ini didapatkan dengan cara melalui wawancara, dan melakukan observasi atau pengamatan secara langsung meliputi data profil perusahaan, data biaya harga bahan baku data biaya penyimpanan dan lain-lain.
2. Data sekunder merupakan jenis data yang didapatkan atau dikumpulkan oleh peneliti dari berbagai sumber yang telah tersedia seperti dokumen grafis (catatan,

tabel, notulen rapat, dll), film, foto, rekaman, dan lain-lain [10]. Data sekunder yang akan digunakan untuk keperluan penelitian ini yaitu data kebutuhan bahan baku, persediaan bahan baku, data biaya dan *lead time* pembelian bahan baku, dan lain-lain.

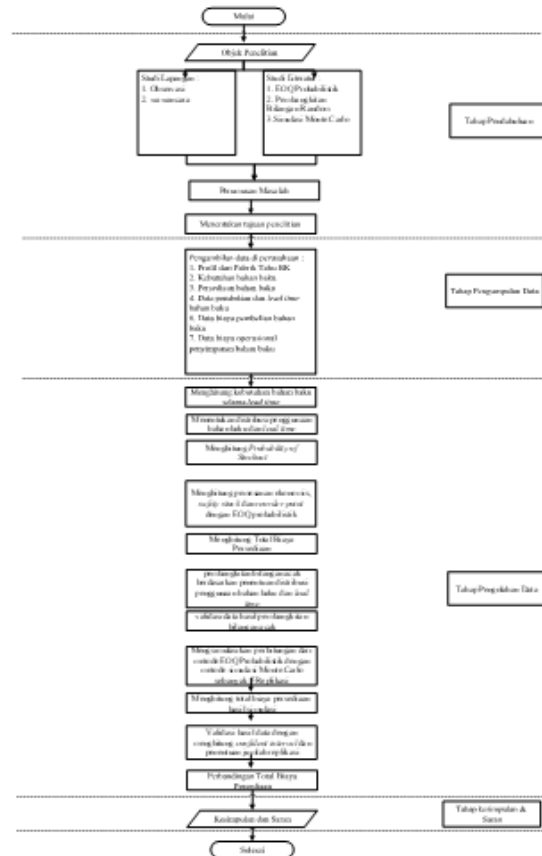
Alat yang digunakan untuk membantu dalam proses berjalannya penelitian antara lain:

1. ATK
2. *Microsoft Office*
3. *Software Arena*
4. *Software Minitab*
5. *Software SPSS*

Langkah-langkah pengolahan data yang dilakukan oleh peneliti untuk melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Melakukan perhitungan jumlah permintaan bahan baku kedelai selama *lead time*.
2. Menentukan distribusi untuk penggunaan bahan baku dan *lead time* serta permintaan selama *lead time*.
3. Melakukan perhitungan pemesanan ekonomis, persediaan bahan baku pengaman (*safety stock*), titik pemesanan kembali (*reorder point*) dan total biaya persediaan dengan menggunakan metode *Economic order quantity* (EOQ) Probabilistik.
4. Melakukan pembangkitan bilangan acak berdasarkan penentuan distribusi untuk penggunaan bahan baku dan *lead time* dengan menggunakan *software* Minitab.
5. Melakukan validasi terhadap data hasil pembangkitan bilangan acak yang telah dilakukan.
6. Mensimulasikan hasil perhitungan dari penggunaan metode EOQ Probabilistik dengan metode simulasi Monte Carlo sebanyak 5 replikasi dengan menggunakan data hasil pembangkitan bilangan acak.
7. Melakukan perhitungan total biaya persediaan atau total *inventory cost* (TIC) hasil dari simulasi Monte Carlo.
8. Memvalidasi 5 replikasi hasil simulasi Monte Carlo dengan *confident interval* dan penentuan jumlah replikasi.
9. Melakukan perbandingan total biaya persediaan bahan baku antara persediaan yang dilakukan oleh Pabrik Tahu BK Ngadirejo dengan persediaan menggunakan metode *Economic Order Quantity* (EOQ) Probabilistik.

Flowchart penelitian yang dilakukan oleh peneliti adalah sebagai berikut :



Gambar 1 Flowchart penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum melakukan pengolahan data peneliti melakukan proses pengumpulan data sebagai berikut:

1. Data permintaan tahu mulai bulan Juni 2021 sampai Mei 2022.

Tabel 1 data permintaan tahu

NO	Bulan	Permintaan tahu (papan)
1	Juni 2021	14710
2	Juli 2021	14718
3	Agustus 2021	15736
4	Sep-21	14829
5	Oktober 2021	15286
6	Nov-21	14948
7	Desember 2021	15237
8	Januari 2022	15282
9	Februari 2022	13394
10	Maret 2022	14822
11	Apr-22	11170
12	Mei 2022	14478
	Total	174610

2. Data rata-rata *stock* persediaan bahan baku.

Tabel 2 data rata-rata *stock* persediaan bahan baku

No.	Bulan	Rata-Rata Persediaan (kg)
1	Juni 2021	47818
2	Juli 2021	54445
3	Sep-21	47053
4	Agustus 2022	47685
5	Oktober 2021	55930
6	Nov-21	60593
7	Desember 2021	62303
8	Januari 2022	64225
9	Februari 2022	68870
10	Maret 2022	77446
11	Apr-22	83358
12	Mei 2022	89899
Rata-rata setahun		63302

3. Data *lead time* selama 12 bulan terakhir mulai bulan Juni 2021 sampai Mei 2022.

Tabel 3 *lead time* bahan baku kedelai

Lead Time Bahan Baku			
No.	Tanggal Pesan	Tanggal Terima	Lead time (Hari)
1	01/06/2021	03/06/2021	2
2	09/06/2021	10/06/2021	1
3	15/06/2021	16/06/2021	1
4	19/06/2021	20/06/2021	1
5	29/06/2021	30/06/2021	1
.	.	.	.
39	18/05/2022	19/05/2022	1
40	23/05/2022	24/05/2022	1
41	28/05/2022	29/05/2022	1

3. Data Biaya

Data biaya mencakup data biaya pembelian, biaya pemesanan, biaya penyimpanan antara lain sebagai berikut:

a. Data biaya pembelian

Tabel 4 pembelian kedelai

Biaya Pembelian Kedelai	
Jenis Kedelai	Harga per kg
Kedelai Lokal	Rp 12.000

b. Data biaya pemesanan

Tabel 5 biaya pemesanan kedelai

Biaya Pemesanan Kedelai	
Rincian	Biaya
Bongkar Muat (3 pekerja)	Rp 300.000
Komunikasi (±5 menit)	Rp 61
Total	Rp 300.061

c. Data biaya penyimpanan

Tabel 6 data biaya penyimpanan

Biaya Penyimpanan Kedelai per kg	
Harga kedelai per kg	Rp 12.000
Suku bunga	3,50%
Biaya penyimpanan	Rp 420,00

Tingkat suku bunga yang digunakan untuk melakukan perhitungan biaya penyimpanan ini yaitu pada tahun 2022 sebesar 3,50 % sesuai berdasarkan website resmi dari Bank Indonesia. biaya penyimpanan yang harus dikeluarkan oleh Pabrik Tahu BK Ngadirejo adalah sebesar Rp. 420 per kg kedelai.

d. Biaya *stockout*

Tabel 7 Biaya *stockout* kedelai

Biaya <i>Stockout</i>	
Nama bahan baku	Harga per kg
Kedelai impor	Rp 12.500

4. Data penggunaan bahan baku selama 12 bulan.

Tabel 8 Penggunaan bahan baku kedelai

Data Penggunaan bahan baku kedelai		
Hari Ke-	Tanggal	Bahan Baku Kedelai (Kg)
1	01/06/2021	924
2	02/06/2021	753
3	03/06/2021	840
4	04/06/2021	840
5	05/06/2021	756
6	06/06/2021	900
7	07/06/2021	912
8	08/06/2021	852
9	09/06/2021	852
10	10/06/2021	912
-	-	-
-	-	-
-	-	-
360	27/05/2022	684
361	28/05/2022	768
362	29/05/2022	720
363	30/05/2022	720
364	31/05/2022	720
Total		299331

Tahap pengolahan data dilakukan setelah melakukan proses pengumpulan data adalah sebagai berikut:

Perhitungan Permintaan Selama *Lead Time*

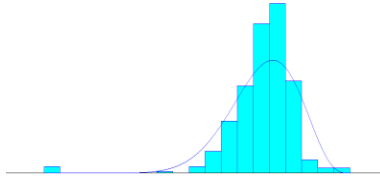
Perhitungan jumlah permintaan selama *lead time* selanjutnya akan digunakan sebagai inputan untuk melakukan perhitungan jumlah pemesanan (*quantity order*) dan titik pemesanan kembali (*reorder point*) pada bahan baku

Tabel 9 jumlah permintaan bahan baku kedelai selama *lead time*

Hari Ke-	Penggunaan Kedelai (Kg)	Lead Time 1 Hari (Kg)	Lead Time 2 Hari (Kg)	Lead Time 3 Hari (Kg)
1	924	924	1788	2592
2	864	864	1668	2508
3	804	804	1644	2436
4	840	840	1632	2352
5	792	792	1512	2316
6	720	720	1524	2400
7	804	804	1680	2434
8	876	876	1630	2470
9	754	754	1594	2381
10	840	840	1627	2419
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
-	-	-	-	-
360	684	684	1452	2172
361	768	768	1488	2208
362	720	720	1440	2160
363	720	720	1440	-
364	720	720	-	-

Penentuan Distribusi

Penentuan distribusi dilakukan untuk mengetahui pola dari data permintaan. Penentuan distribusi data tersebut nantinya akan digunakan untuk masukan dalam pembangkitan bilangan random.



Gambar 2 grafik distribusi penggunaan bahan baku

Pengujian tersebut dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* Arena. Hasil yang didapatkan yaitu data penggunaan bahan baku berdistribusi beta dengan nilai a dan b berturut-turut sebesar 11,3 dan 4,49. Nilai rata-rata sebesar 822 dan standar deviasi sebesar 127.

Perhitungan *Probability of Stockout*

Tabel 10 *probability of stockout* bahan baku kedelai

No.	Pemintaan Selama Lead Time	Frekuensi	P(M)	Probability of Stockout P(M>B)
1	0	5	0,00451	0,9955
2	480	3	0,00271	0,9928
3	564	1	0,00090	0,9919
4	574	1	0,00090	0,9910
5	576	1	0,00090	0,9901
6	600	1	0,00090	0,9892
7	612	1	0,00090	0,9883
8	624	2	0,00180	0,9865
9	636	5	0,00451	0,9820
10	648	2	0,00180	0,9802
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
426	2928	1	0,00090	0,0036
427	2940	1	0,00090	0,0027
428	3147	1	0,00090	0,0018
429	3243	1	0,00090	0,0009
430	3303	1	0,00090	0,0000
Total		1109	1	

Data ini nantinya akan digunakan untuk melakukan perhitungan ukuran pemesanan yang optimal untuk bahan baku kedelai pada Pabrik Tahu BK Ngadirejo.

Perhitungan Ukuran Pemesanan Optimal

Perusahaan dalam menentukan ukuran pemesanan yang optimal perlu dilakukan sebuah perhitungan. Untuk melakukan perhitungan ukuran pemesanan yang optimal, perlu diketahui beberapa hal yaitu seperti biaya penyimpanan (H), biaya *stockout* (A), biaya pemesanan (C), dan *annual demand* (R). Perhitungan ukuran pemesanan optimal (*order quantity*) pada bahan baku kedelai adalah sebagai berikut:

Diketahui = H = Rp. 420 per kg.

C = Rp. 300.061 per pemesanan

R = 299331 kg.

A = Rp. 12.500 kg.

Ditanya = Q (*order quantity*)?

Jawab = $Q = \sqrt{\frac{2CR}{H}}$

$$Q = \sqrt{\frac{2 \times 300061 \times 299311}{420}}$$

$$= 20682 \text{ kg}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas didapatkan nilai Q atau kuantitas pemesanan bahan

baku kedelai sebesar 20682 kg. Nilai tersebut selanjutnya akan digunakan sebagai input untuk menentukan probabilitas terjadinya *stockout* pada bahan baku.

$$\begin{aligned} P(M > B) &= \frac{HQ}{AR} \\ &= \frac{420 \times 20682}{12500 \times 299331} \\ &= 0,00232156 \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan diatas didapatkan nilai *probability* terjadinya *stockout* pada bahan baku kedelai adalah sebesar 0,00232156. Nilai tersebut terletak diantara nilai permintaan selama *lead time* pada nilai 2940 dan 3147 dengan nilai $P(M > B)$ yaitu sebesar 0,002705 dan 0,0018034. untuk memastikan apakah nilai *probability* tersebut berada pada permintaan selama *lead time* berapa pada rentang nilai 2940 dan 3147, perlu dilakukan perhitungan interpolasi terjadi *probability of stockout* untuk menentukan permintaan selama *lead time* pada bahan baku kedelai. Perhitungan interpolasi adalah sebagai berikut:

$$3147 - \frac{0,00232156 - 0,001803}{0,002705 - 0,001803} \times (3147 - 2940) = 3028,24 \sim 3029 \text{ kg}$$

Hasil yang didapatkan dari perhitungan diatas yaitu nilai permintaan selama *lead time* adalah sebesar 3029 kg. Nilai tersebut nantinya akan digunakan sebagai titik pemesanan kembali (B).

Tahapan selanjutnya yaitu mencari nilai ukuran pemesanan yang optimal yang dilakukan dengan cara melakukan perhitungan *expected leadtime stockout* dengan melihat jumlah permintaan selama *lead time* (M) dan probabilitas permintaan selama *lead time* ($P(M)$). Perhitungan *expected leadtime stockout* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} E(M > B) &= \sum_{M=B+1}^{M_{\max}} (M - B)P(M) \\ &= \left(\left(\frac{3147-3029}{2} \right) - 3029 \right) \times 0,00232156 \\ &= 0,13746 \end{aligned}$$

Hasil yang didapatkan dari perhitungan diatas yaitu $E(M > B)$ sebesar 0,13746. Selanjutnya dilakukan kembali perhitungan untuk menentukan nilai pemesanan (Q) dengan rumus sebagai berikut:

$$\begin{aligned} Q^* &= \sqrt{\frac{2R[C + AE(M > B)]}{H}} \\ Q^* &= \sqrt{\frac{2 \times 299331[300061 + 12500 \times 0,13746]}{420}} \\ Q^* &= 20740,132 \sim 20741 \text{ kg} \end{aligned}$$

Hasil yang didapatkan dari perhitungan nilai Q diatas yaitu sebesar 20741 kg. selanjutnya dilakukan perhitungan untuk menentukan nilai *probability of stockout* lagi dengan nilai Q terbaru yang telah didapatkan dari perhitungan diatas untuk iterasi selanjutnya pada langkah dua, tiga, empat, hingga sampai mendapatkan nilai Q dan B yang berturut-turut sama.

Tabel 11 Hasil rekapitan perhitungan Q, P (M>B), B, dan E (M>B)

No.	Ukuran Pemesanan (Q) dalam Kg	P (M>B)	B (Kg)	E (M>B)
1	20741	0,00232156	3029	0,13747
2	20742	0,00232818	3027	0,14019
3	20742	0,00232829	3027	0,14020
4	20742	0,00232829	3027	0,14020

Setelah didapatkan nilai kuantitas pemesanan bahan baku kedelai yang optimum (Q) dan nilai titik pemesanan kembali (B), selanjutnya dilakukan perhitungan *safety stock* bahan baku kedelai. Perhitungan *safety stock* adalah sebagai berikut :

$$SS = B - \bar{M} = 3027 - 1643 \\ = 1384 \text{ kg}$$

Perhitungan Total Biaya Persediaan

Perhitungan total biaya persediaan bahan baku adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Biaya penyimpanan} &= \left(\frac{Q}{2} + (B - \bar{M}) \right) \times H \\ &= \left(\frac{20742}{2} + (3027 - 1643) \right) \times 420 \\ &= \text{Rp. 4.937.005} \\ \text{Biaya pemesanan} &= \frac{R}{Q} \times C \\ &= \frac{299331}{20742} \times 300.061 \\ &= \text{Rp. 4.330.238} \\ \text{Biaya pembelian} &= R \times P \\ &= 299331 \times 12.000 \\ &= \text{Rp. 3.591.977.143} \\ \text{Biaya stockout} &= H(B - \bar{M}) + \frac{A R E (M>B)}{Q} \\ &= 420 (3027 - 1643) + \frac{12.500 \times 299331 \times 0,140196}{20742} \\ &= \text{Rp. 606.475} \\ \text{Total biaya} &= \text{Biaya penyimpanan} + \text{Biaya pemesanan} + \text{Biaya pembelian} + \text{Biaya stockout} \\ &= \text{Rp. 4.937.005} + \text{Rp. 4.330.238} + \text{Rp. 3.591.977.143} \\ &\quad + \text{Rp. 606.475} \\ &= \text{Rp. 3.601.850.861} \end{aligned}$$

Pembangkitan Bilangan Random

pembangkitan bilangan random dilakukan sebanyak lima replikasi dengan menggunakan bantuan *software* Minitab yang didasarkan pada hasil distribusi data.

Tabel 12 Hasil pembangkitan bilangan random penggunaan kedelai

Hasil Pembangkitan Bilangan Random Penggunaan Kedelai (kg)					
Hari	Replikasi 1	Replikasi 2	Replikasi 3	Replikasi 4	Replikasi 5
1	912	912	873	912	924
2	876	888	864	876	876
3	912	873	830	958	900
4	912	900	900	934	900
5	876	912	876	864	864
6	869	900	873	888	864
7	864	876	864	883	837
8	864	888	936	900	876
9	924	876	852	912	864
10	900	876	912	876	924
11	888	881	900	900	852
12	912	907	876	861	912
13	876	861	888	828	861
14	840	876	840	876	876
15	909	864	888	912	900
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
360	912	840	924	924	876
361	893	852	900	912	888
362	912	878	912	876	878
363	912	876	850	912	900
364	876	888	840	864	924

Validasi Data Hasil Pembangkitan Bilangan Random

Uji yang dilakukan yaitu berupa uji koefisien korelasi kontingensi untuk menguji apakah data hasil yang didapatkan dari pembangkitan bilangan random tersebut tidak memiliki perbedaan yang signifikan dengan data nyata (aktual) dari Pabrik Tahu BK Ngadirejo.

Hipotesis:

H0 = Hasil pembangkitan bilangan random permintaan bahan baku kedelai dengan permintaan aktual bahan baku kedelai tidak memiliki perbedaan yang signifikan.

H1 = Hasil pembangkitan bilangan random permintaan bahan baku kedelai dengan permintaan aktual bahan baku kedelai memiliki perbedaan yang signifikan.

H0 diterima jika nilai Sig. $\geq 0,05$

Tabel 13 Rekap data uji validasi permintaan bahan baku

Replikasi	Nilai Sig.	Hasil	Keterangan
Replikasi 1	1,000	$1,000 \geq 0,05$	Ho diterima
Replikasi 2	1,000	$1,000 \geq 0,05$	Ho diterima
Replikasi 3	1,000	$1,000 \geq 0,05$	Ho diterima
Replikasi 4	1,000	$1,000 \geq 0,05$	Ho diterima
Replikasi 5	0,101	$0,101 \geq 0,05$	Ho diterima

uji validasi permintaan bahan baku diatas, dapat diketahui bahwa replikasi 1 sampai replikasi ke 5 yaitu terima H0, yang berarti nilai hasil pembangkitan bilangan random permintaan bahan baku kedelai dengan nilai aktual memiliki keterkaitan yang kuat.

Tabel 13 simulasi pada replikasi 1

Replikasi 1							
Hari	Stok Awal (kg)	Permintaan (kg)	Stok Akhir (kg)	Pesan	LT (Hari)	Sampai (kg)	Shortage
1	36070	912	35158				
2	35158	876	34282				
3	34282	912	33370				
4	33370	912	32458				
5	32458	876	31582				
6	31582	869	30713				
7	30713	864	29849				
8	29849	864	28985				
9	28985	924	28061				
10	28061	900	27161				
11	27161	888	26273				
12	26273	912	25361				
13	25361	876	24485				
14	24485	840	23645				
15	23645	909	22737				
16	22737	924	21813				
17	21813	948	20865				
18	20865	924	19941				
19	19941	883	19058				
20	19058	912	18146				
21	18146	876	17270				
22	17270	924	16346				
23	16346	936	15410				
24	15410	900	14510				
25	14510	876	13634				
26	13634	876	12758				
27	12758	900	11858				
28	11858	840	11018				
29	11018	888	10130				
30	10130	864	9266				
31	9266	903	8362				
32	8362	888	7474				
33	7474	864	6610				
34	6610	912	5698				
35	5698	900	4798				
36	4798	912	3886				
37	3886	881	3005	Pesan	1		
38	3005	888	22859			20742	
39	22859	876	21983				
40	21983	864	21119				
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
339	5857	912	4945				
340	4945	912	4033				
341	4033	924	3109				
342	3109	888	2221	Pesan	1		
343	2221	840	22123			20742	
344	22123	912	21211				
345	21211	876	20335				
346	20335	852	19483				
347	19483	828	18655				
348	18655	912	17743				
349	17743	864	16879				
350	16879	869	16010				
351	16010	900	15110				
352	15110	876	14234				
353	14234	888	13346				
354	13346	852	12494				
355	12494	924	11570				
356	11570	888	10682				
357	10682	888	9794				
358	9794	864	8930				
359	8930	900	8030				
360	8030	912	7118				
361	7118	893	6225				
362	6225	912	5313				
363	5313	912	4401				
364	4401	876	3525				
Total			13049	14		290388	0

Rekapan data hasil simulasi monte carlo pada permintaan bahan baku kedelai adalah sebagai berikut:

Tabel 14 rekapan hasil simulasi

Replikasi	Biaya penyimpanan	Biaya pemesanan	Biaya pembelian	Biaya stockout	Total
Replikasi 1	Rp 5.480.759,67	Rp 4.200.859	Rp 3.484.656.000	Rp -	Rp 3.488.870.328
Replikasi 2	Rp 5.500.939,45	Rp 4.200.859	Rp 3.484.656.000	Rp -	Rp 3.494.357.798
Replikasi 3	Rp 5.545.089,89	Rp 4.200.859	Rp 3.484.656.000	Rp -	Rp 3.494.401.949
Replikasi 4	Rp 5.431.040,11	Rp 4.500.920	Rp 3.733.560.000	Rp -	Rp 3.743.491.960
Replikasi 5	Rp 5.559.962,64	Rp 4.200.859	Rp 3.484.656.000	Rp -	Rp 3.494.416.821

Validasi Data Hasil Simulasi Monte Carlo

Validasi dilakukan dengan cara melakukan perhitungan interval kepercayaan pada total biaya persediaan.

$$\bar{x} = \text{Rp.}3.543.107.771$$

$$\sigma = \text{Rp.}112.043.685$$

$$\mu = \bar{x} \pm t_{n-1,\alpha} \left(\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right)$$

$$\mu = \text{Rp.}3.543.107.771 \pm t_{5-1,0.05} \left(\frac{\text{Rp.}112.043.685}{\sqrt{5}} \right)$$

$$\mu = \text{Rp.}3.543.107.771 \pm \text{Rp.}139.120.609$$

$$\text{Rp.}3.403.987.162 < \mu < \text{Rp.}3.682.228.381$$

Dengan nilai kepercayaan sebesar 95% didapatkan rentang interval Rp3.403.987.162 sampai Rp3.682.228.381, dengan total biaya dari hasil perhitungan EOQ Probabilistik yaitu sebesar Rp 3.601.850.861 sehingga dapat disimpulkan bahwa total biaya hasil perhitungan dengan EOQ probabilistik berada pada rentang interval kepercayaan.

Perbandingan total biaya persediaan adalah sebagai berikut :

Tabel 15 Perbandingan total biaya persediaan

Perbandingan Total Biaya Persediaan		
Keterangan	EOQ Probabilistik	Pabrik Tahu BK
Frekuensi Pembelian	15	41
Jumlah Pemesanan	20742 kg	9074 kg
Biaya penyimpanan	Rp 4.937.005	Rp 26.586.886
Biaya pemesanan	Rp 4.330.238	Rp 12.302.515
Biaya pembelian	Rp 3.591.977.143	Rp 4.104.000.000,00
Biaya stockout	Rp 606.475	Rp 375.000.000
Biaya Total Persediaan	Rp 3.601.850.861	Rp 4.517.889.400,61

Dengan diterapkannya metode EOQ Probabilistik ini, Pabrik Tahu BK Ngadirejo dapat menurunkan total biaya persediaan sebanyak 20%.

KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapatkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

Hasil yang didapatkan berdasarkan perhitungan yaitu jumlah pemesanan bahan baku kedelai yang optimal sebesar 20742 kg, pemesanan kembali saat persediaan perusahaan mencapai titik 3027 kg, dan persediaan pengaman sebesar 1384 kg, serta dengan total biaya persediaan sebesar Rp 3.601.850.861.

Berdasarkan hasil simulasi monte carlo yang dilakukan dengan nilai rentang interval kepercayaan sebesar 95%, dapat diketahui total biaya dengan menggunakan 5 replikasi yaitu diantara rentang interval Rp3.403.987.162 sampai Rp3.682.228.381, dengan total biaya dari hasil perhitungan EOQ Probabilistik yaitu sebesar Rp 3.601.850.861 sehingga dapat disimpulkan bahwa total biaya hasil perhitungan dengan EOQ probabilistik berada pada rentang interval kepercayaan.

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan dengan menggunakan metode EOQ Probabilistik, total biaya persediaan bahan baku kedelai didapatkan biaya yaitu sebesar Rp 3.601.850.861, sedangkan untuk total biaya persediaan bahan baku kedelai yang dilakukan oleh Pabrik Tahu BK Ngadirejo seperti biasanya adalah sebesar Rp 4.517.889.400,61. Sehingga dengan diterapkannya metode EOQ Probabilistik ini, Pabrik Tahu BK Ngadirejo dapat menurunkan total biaya persediaan sebanyak 20%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Alijoyo, A., Wijaya, B., Jacob, I., dan Carlo. (2019) *Monte Carlo Simulation*. Bandung, Indonesia: CRMS.
- [2]. Andries, A. L. (2019) 'Analisis Persediaan Bahan Baku Kedelai Pada Pabrik Tahu Nur Cahaya Di Batu Kota Dengan Metode *Economic Order Quantity* (EOQ)', *Ekonomi dan Bisnis*, 7(1).
- [3]. Djokopranoto (2011) *Perencanaan Sumberdaya Perusahaan Pokok Bahasan*. Edited by S. M. S. Herispon. Pekanbaru: Sekolah Tinggi Ilmu Ekonomi Riau Pekanbaru.
- [4]. Fernaldy, E. N. (2018) *Perencanaan persediaan bahan baku produksi kursi bus menggunakan metode EOQ probabilistik dan simulasi monte carlo*. Universitas Brawijaya.

- [5]. Iswadi, D. (2021) ‘Modifikasi Pembuatan Tahu Dengan Penggunaan Lama Perendaman , Lama Penggilingan dan Penggunaan Suhu dalam Upaya Meningkatkan Kualitas Produk Tahu’, Jurnal Ilmiah Teknik Kimia, 5(1).
- [6]. Khotimah, B. K. (2015) *Teori Simulasi Dan Pemodelan: Konsep, Aplikasi, dan Terapan*. 1st edn. Edited by Abu Muntaha. Ponorogo: WADE GROUP.
- [7]. Saputri, dan Azlina N. (2019) ‘Pengendalian Persediaan Bahan Baku Menggunakan Metode EOQ Probabilistik Dan Simulasi’, Teknik Industri.
- [8]. Sari, A. N., Ilhamsah, H. A., dan Mu’alim. (2020) ‘Perencanaan Persediaan Bahan Baku Dengan Metode *Economic Order Quantity* (EOQ) Menggunakan Algoritma Genetika (AG)’, Jurnal Teknologi Penerbangan, 4(1).
- [9]. Simbolon, L. D. (2021) *Pengendalian Persediaan*. Cetakan Pertama. Edited by M. S. Debora Exaudi Sirait, S.Si. and Desain. NTB: Forum PemudaAswaja.
- [10]. Siyoto, S., dan Sodik, M. A. (2015) *Dasar Metodologi Penelitian*. 1st edn. Edited by Ayup. Yogyakarta: Literasi Media Publishing.
- [11]. Sugiyono (2013) *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. 19th edn. Bandung: ALFABETA.
- [12]. Tersine, Richard J. (1994) *Principles of Inventory And Materials Management*. New Jersey: Prentice Hall. Inc.
- [13]. Utama, R. E., Gani, N. A., Jaharuddin, dan Priharta, A. (2020) *Buku Manajemen Operasi Full*. ISBN 978-6. Edited by U. J. P. Publishing. Tangerang Selatan: UM Jakarta Press.
- [14]. Utami, dan Indah, M. (2017) *Analisis Pengendalian Persediaan Bahan Baku Dengan Menggunakan Metode Economic Order Quantity Probabilistic dan Monte Carlo Di PT. Malindo Intitama Raya*. Universitas Brawijaya.