Jurnal PASTI (Penelitian dan Aplikasi Sistem dan Teknik Industri)
Vol. 20, No. 2, Agustus 2026, 227-238
p-ISSN 2085-5869/ e-ISSN 2598-4853

Perancangan Proses Produksi *Continuous Flow* dengan Tingkat Fluktuasi Tinggi untuk Meminimalisasi Risiko *Bullwhip Effect* dengan Pendekatan *Monte Carlo*

Istantyo Yuwono[1*], Afrigh Fajar Rosyidiin[2]
[1,2)] Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas 17 Agustus 1945
Jl. Semolowaru 45, Surabaya 60118, Indonesia
email: istantyo@untag-sby.ac.id[*], afrighfajar@untag-sby.ac.id

(Diterima: 04-04-2023; Direvisi: 14-08-2026; Disetujui: 31-08-2026)

Abstrak

Proses produksi yang lancar dan tanpa hambatan merupakan dambaan semua perusahaan, terutama pada industri manufaktur. Salah satu faktor eksternal yang dapat menghambat kelancaran produksi adalah *bullwhip effect*, yang merupakan situasi yang tidak bisa diprediksi kapan terjadinya. Oleh karena itu, diperlukan perancangan dan pengawasan yang kontinu untuk mencegah terjadinya *bullwhip effect*. Proses produksi pada industri tepung terigu membutuhkan modal yang besar dan perlu dirancang dengan baik untuk meminimalkan biaya produksi. Ada banyak cara untuk merancang biaya produksi yang minimum, seperti mengoptimalkan efisiensi tenaga kerja, mesin, energi, waktu, dan mengeliminasi beberapa faktor eksternal yang dapat dikendalikan. Efisiensi faktor produksi memegang peranan penting bagi perusahaan, dan perusahaan mengharapkan keuntungan yang maksimal dengan biaya produksi minimal. Simulasi *Monte Carlo* dapat digunakan untuk menirukan perilaku ketidakpastian dari kejadian tertentu. Hasil simulasi menunjukan produksi T1 adalah sebesar 570.000 Ton sedangkan T2 sebesar 1.800.000 Ton.

Kata kunci: *Bullwhip; Monte Carlo;* Produksi; Biaya; Simulasi

Abstract

A smooth and seamless production process is every company's dream, especially in the manufacturing industry. One external factor that can hinder the smoothness of production is the bullwhip effect, which cannot be predicted when it will occur. Therefore, continuous planning and monitoring are required to prevent the bullwhip effect from happening. Production processes in flour industry require a significant amount of capital and need to be well-designed to minimize production costs. There are many ways to design minimum production costs, such as optimizing labour efficiency, machines, energy, and time and eliminating some controllable external factors. The efficiency of production factors plays a crucial role in the company, and companies expect maximum profits with minimal production costs. Monte Carlo simulation can mimic the behaviour of uncertainty from certain events. The simulation results show that production for T1 is 570,000 tons, while for T2 it is 1,800,000 tons.

***Keywords*:** *Bullwhip; Monte Carlo; Production; Cost; Simulation*

PENDAHULUAN

Di Indonesia banyak terdapat industri manufaktur yang bergerak dalam bidang pangan. Salah satu nya yang akan dibahas kali ini yaitu industri tepung terigu di Jawa Timur yang ternama di Indonesia. Perusahaan ini merupakan perusahaan yang memiliki ijin untuk impor tepung gandum karena sebagai ATPM (Agen Tunggal Pemegang Merek) yang ditunjuk oleh pemerintah Indonesia. Kerjasama yang baik antara pemerintah Indonesia

dengan Amerika Serikat menghasilkan kesepakatan pemberian bantuan pangan kepada Indonesia melalui UU 480 dalam bentuk gandum. Selama ini pembelian tepung gandum melalui negara perantara yaitu Singapura, dimana di negara tersebut gandum perlu dihancurkan menjadi tepung, dan tepung impor cepat rusak jika ditangani dengan buruk. Dari sinilah lahir ide untuk membangun pabrik gandum di Indonesia sehingga pemerintah menerapkan PP 27 tahun 1981 tentang impor dan pengolahan tepung gandum.

Perusahaan sering kali menghadapi fenomena yang cukup rumit untuk dihadapi, yaitu *bullwhip effect*. Fenomena yang kerap kali membuat perusahaan kerepotan menghadapi permintaan yang tidak menentu. Akibatnya timbul inefisiensi pada *supply chain*, antara lain peramalan produksi dan pengiriman produk jadi. Mencoba melakukan pendekatan dengan *Monte Carlo* untuk menghasilkan peramalan permintaan yang stabil dan mengurangi *lead time*. *Forecasting* atau peramalan permintaan merupakan teknik perhitungan yang sangat penting untuk menentukan jumlah permintaan di masa mendatang.

Bullwhip effect adalah amplifikasi variabilitas permintaan yang membesar pada setiap tingkat rantai pasok ke arah hulu. Pada tahun 2021, *panic buying* memperkuat fenomena ini pada industri elektronik selama kelangkaan semikonduktor (Urbańczyk, 2022), dan pandemi Covid-19 memperkuat *bullwhip effect* pada industri manufaktur, ritel, dan grosir di Amerika Serikat (Sarıcıoğlu *et.al*, 2025). Simulasi *Monte Carlo* dipakai untuk menetapkan pesanan bahan baku pada produsen pipa baja, dengan indeks *bullwhip* berubah dari 1,06 dan 0,80 menjadi 1,01 dan 1,00 (Trenggonowati *et.al*, 2021), dan untuk meramalkan permintaan keripik singkong dengan akurasi 97,53% dan 98,68% (Jufriyanto, 2020). Pada produk avtur dan ADO, kebijakan produksi berbasis *periodic review* menurunkan nilai *bullwhip effect* sampai di bawah 1 (Sahbandar & Vikaliana, 2024).

Studi yang dikaji dalam penelitian ini memakai simulasi *Monte Carlo* untuk meramalkan permintaan atau menetapkan pesanan bahan baku, atau mengukur *bullwhip effect* pada produk hilir seperti bahan bakar dan baja; studi tersebut belum menerapkan simulasi *Monte Carlo* pada data produksi industri tepung terigu pada tahun terjadinya *panic buying* untuk menentukan produksi tahun berikutnya dengan bilangan acak dari *Linear Congruential Generator* (LCG). Penelitian ini bertujuan merancang jumlah produksi bulanan Tepung A (T1) dan Tepung B (T2) pada tahun 2022 dengan simulasi *Monte Carlo* berdasarkan data produksi tahun 2021, sebagai upaya meminimalkan risiko *bullwhip effect*.

METODE PENELITIAN

Data diperoleh pada tahun 2021, dimana terjadi fenomena *Panic Buying* yang disebabkan adanya wabah virus Covid-19 disertai dengan isu *Lockdown* yang akan segera diberlakukan pemerintah guna menekan penyebaran virus tersebut. Terjadi fluktuasi permintaan dengan skala besar dalam rentang waktu yang cukup singkat, karena masyarakat khawatir tidak akan kebagian stok pangan yang tersedia di pasar. Dengan menggunakan metode *Monte Carlo*, diharapkan dapat mengurangi risiko terhadap fenomena *Bullwhip Effect* di masa mendatang.

Data dan Variabel Penelitian

Data yang dipakai adalah data produksi bulanan Januari sampai Desember 2021 untuk dua produk tepung terigu, yaitu Tepung A (kode T1) dan Tepung B (kode T2), dengan nilai pada Tabel 1 dibaca dalam ribuan ton. Jumlah produksi tahun 2021 diperlakukan sebagai distribusi probabilitas empiris dengan 12 kejadian untuk setiap produk; keluaran simulasi berupa jumlah produksi bulanan tahun 2022. Perhitungan dilakukan dengan Microsoft Excel 2019.

Simulasi *Monte Carlo*

Simulasi *Monte Carlo* adalah simulasi stokastik yang memberikan solusi untuk suatu masalah (dengan menghasilkan angka acak) berdasarkan proses randomisasi (Nurdiansyah & Satoto, 2023). Simulasi *Monte Carlo* sering digunakan untuk memprediksi nilai tertentu berdasarkan kumpulan data historis, misalnya untuk memprediksi besarnya permintaan di masa depan (Herlina & Rakhmawati, 2018). Data pada simulasi *Monte Carlo* adalah distribusi probabilitas dari variabel data yang dikumpulkan berdasarkan data historis (Rosyidiin *et.al*, 2022).

Bullwhip Effect

Efek *bullwhip* adalah gangguan rantai pasokan yang dapat membuat permintaan menjadi tidak akurat dan mengganggu atau mengubah permintaan (Asmara *et.al*, 2019). Efek *bullwhip* juga merupakan salah satu faktor yang mendorong tidak efisiennya aktivitas permintaan bagi kesejahteraan ekonomi perusahaan (Pasirulloh & Suryani, 2017). Secara umum, efek *bullwhip* disebabkan oleh beberapa penyebab, termasuk pembaruan ramalan, pembulatan pesanan, sentimen pasar, dan fluktuasi harga (Lokajaya, 2018). Sedangkan *lead time* adalah waktu antara pesanan pelanggan dan penerimaan barang (Widiasih 2019; Mundari, 2022).

Forecasting

Semakin besar waktu tunggu, semakin lama dapat menurunkan kepuasan pelanggan dan juga dapat memengaruhi keuntungan perusahaan (Putri & Chetchotsak, 2017). *Forecasting* adalah metode perencanaan dan pengendalian produksi untuk menghadapi situasi yang tidak pasti di masa depan (Surjandari *et.al*, 2009; Tama *et.al*, 2020). Peramalan dibagi menjadi dua, yaitu kualitatif dan kuantitatif. Kualitatif didasarkan pada analisis deskriptif, sedangkan kuantitatif didasarkan pada analisis matematika (Nuha *et.al*, 2018).

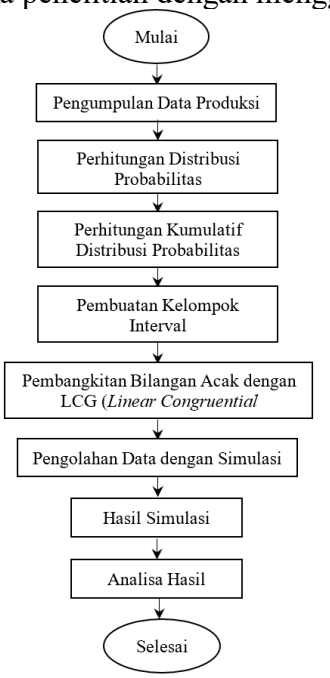
Supply Chain

Ketidakefisienan adalah ketidakefisienan dalam proses *supply chain* yang sedang berjalan, atau ada peningkatan biaya yang tidak terencana (Langgeng *et.al*, 2022). Rantai Pasok adalah suatu sistem serangkaian kegiatan yang meliputi koordinasi, penjadwalan, perencanaan, dan pengendalian berbagai faktor di dunia industri, seperti tenaga kerja, bahan mentah, mesin, dan lain-lain (Cahyadewi *et.al*, 2022). Tujuan utama dari *supply chain* adalah memenuhi kebutuhan pelanggan dengan menggunakan sumber daya seperti distribusi bahan baku dan produk jadi yang paling efisien (Prabowo *et.al*, 2020). Produk jadi adalah produk atau barang akhir dari proses produksi sebelum diserahkan atau diserahterimakan kepada kepemilikan pelanggan (Rahmah & Yuwono, 2022).

Model Simulasi dan Batasan

Model simulasi *Monte Carlo* pada penelitian ini terdiri atas lima perhitungan berurutan. Probabilitas bulan ke-i dihitung sebagai jumlah produksi bulan ke-i dibagi total produksi tahunan; probabilitas kumulatif dihitung dengan menjumlahkan probabilitas dari bulan ke-1 sampai bulan ke-i; interval bulan ke-i dibatasi oleh kumulatif bulan sebelumnya dan kumulatif bulan ke-i; bilangan acak tiga digit dibangkitkan dengan LCG $Zi+1 = (a\ Zi + c) \bmod m$; dan jumlah produksi simulasi pada satu bulan sama dengan jumlah produksi tahun 2021 pada bulan yang intervalnya memuat bilangan acak yang bersangkutan, dengan bilangan acak dibaca sebagai bilangan desimal.

Berikut adalah kerangka penelitian dengan menggunakan simulasi *monte carlo*:

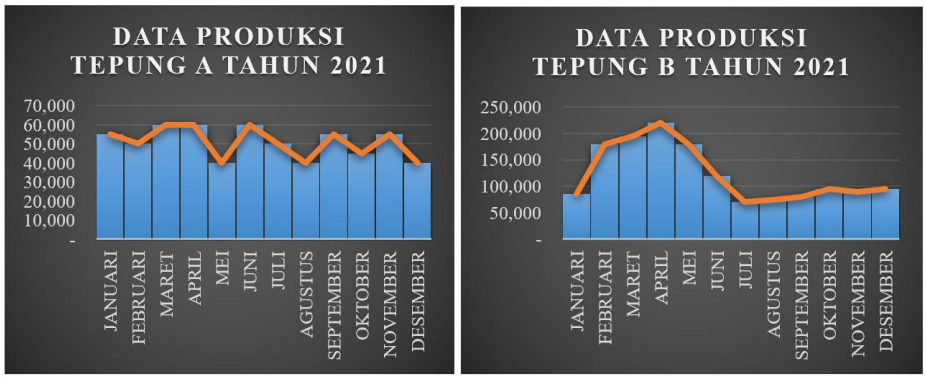


Gambar 1. *Flowchart* Penelitian

Gambar 1 memuat urutan kegiatan penelitian dari pengumpulan data produksi sampai analisis hasil dalam satu alur linear tanpa percabangan. Enam kegiatan antara pengumpulan data dan analisis hasil, yaitu perhitungan distribusi probabilitas, perhitungan distribusi kumulatif, pembuatan kelompok interval, pembangkitan bilangan acak dengan LCG, pengolahan data dengan simulasi, dan penyusunan hasil simulasi, diuraikan satu per satu pada bagian Hasil dan Pembahasan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang digunakan merupakan data produksi sepanjang tahun 2021, dimana tepat pada saat terjadinya fenomena *Bullwhip Effect*. Metode yang digunakan yaitu metode Simulasi *Monte Carlo*, yang nantinya akan digunakan untuk menentukan besaran angka produksi pada tahun berikutnya.



Gambar. 2 Data Produksi Tepung A dan B Tahun 2021

Nilai dalam tabel tersebut dibaca dalam satuan ribuan. Contoh: Pada Tabel 1, produksi Tepung A di Bulan Januari sebanyak 55.000 Ton. Setelah mengumpulkan data produksi, dilakukan perancangannya menggunakan Simulasi *Monte Carlo*.

Tabel 1. Rekapitulasi Data Produksi Tepung Terigu Pada Tahun 2021

No.	Kode	Nama Barang	Bulan												Total
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1.	T1	Tepung A	55	50	60	60	40	60	50	40	55	45	55	40	610
2.	T2	Tepung B	85	180	195	220	180	120	70	75	80	95	90	95	1.485
Total Keseluruhan															**2.095**

Nilai dalam Tabel 1 tersebut dibaca dalam satuan ribuan. Contoh: Pada Tabel 1, produksi Tepung A di Bulan Januari sebanyak 55.000 Ton. Setelah mengumpulkan data produksi, dilakukan perancangan nya menggunakan Simulasi *Monte Carlo.*
Tahapan nya sebagai berikut:

1. Menghitung Distribusi Probabilitas

$$\text{Distribusi Probabilitas ke} - \text{i} = \frac{\text{Jumlah Produksi ke}-\text{i}}{\text{Total Produksi}} \quad (1)$$

Contoh perhitungan distribusi probabilitas T1 ke -1 $= \frac{55.000}{610.000} = 0{,}090$

- Distribusi Probabilitas T1 ke - 2 $= \frac{50.000}{610.000} = 0{,}082$
- Distribusi Probabilitas T1 ke - 3 $= \frac{60.000}{610.000} = 0{,}098$
- Distribusi Probabilitas T1 ke - 4 $= \frac{60.000}{610.000} = 0{,}098$
- Dan seterusnya.

Contoh perhitungan distribusi probabilitas T2 ke -1 $= \frac{85.000}{1.485.000} = 0{,}057$

- Distribusi Probabilitas T2 ke - 2 $= \frac{180.000}{1.485.000} = 0{,}121$
- Distribusi Probabilitas T2 ke - 3 $= \frac{195.000}{1.485.000} = 0{,}131$
- Distribusi Probabilitas T2 ke - 4 $= \frac{220.000}{1.485.000} = 0{,}148$
- Dan seterusnya.

Tabel 2. Distribusi Probabilitas Data Produksi Tepung Terigu Pada Tahun 2021

Kode	Keterangan	Bulan												Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
T1	Total	55.000	50.000	60.000	60.000	40.000	60.000	50.000	40.000	55.000	45.000	55.000	40.000	610.000
	Probabilitas	0,090	0,082	0,098	0,098	0,066	0,098	0,082	0,066	0,090	0,074	0,090	0,066	1
T2	Total	85.000	180.000	195.000	220.000	180.000	120.000	70.000	75.000	80.000	95.000	90.000	95.000	1.485.000
	Probabilitas	0,057	0,121	0,131	0,148	0,121	0,081	0,047	0,051	0,054	0,064	0,061	0,064	1

2. Menghitung Kumulatif dari Distribusi Probabilitas

Dengan cara menjumlahkan hasil distribusi probabilitas tiap bulan secaraakumulatif dengan hasil akhir = 1,000.

Contoh perhitungan kumulatif probabilitas T1 ke - 2 = 0,090 + 0,082 = 0,172

- Kumulatif dari Distribusi Probabilitas T1 ke - 3 = 0,172 + 0,098 = 0,270
- Kumulatif dari Distribusi Probabilitas T1 ke - 4 = 0,270 + 0,098 = 0,369
- Kumulatif dari Distribusi Probabilitas T1 ke - 5 = 0,369 + 0,066 = 0,434
- Kumulatif dari Distribusi Probabilitas T1 ke - 6 = 0,434 + 0,098 = 0,533
- Dan seterusnya.

Tabel 3. Distribusi Kumulatif Data Produksi Tepung Terigu Pada Tahun 2021

Kode	Keterangan	Bulan												Total
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
T1	Total	55.000	50.000	60.000	60.000	40.000	60.000	50.000	40.000	55.000	45.000	55.000	40.000	610.000
	Probabilitas	0,090	0,082	0,098	0,098	0,066	0,098	0,082	0,066	0,090	0,074	0,090	0,066	1
	Kumulatif	0,090	0,172	0,270	0,369	0,434	0,533	0,615	0,680	0,770	0,844	0,934	1	
T2	Total	85.000	180.000	195.000	220.000	180.000	120.000	70.000	75.000	80.000	95.000	90.000	95.000	1.485.000
	Probabilitas	0,057	0,121	0,131	0,148	0,121	0,081	0,047	0,051	0,054	0,064	0,061	0,064	1
	Kumulatif	0,057	0,178	0,310	0,458	0,579	0,660	0,707	0,758	0,811	0,875	0,936	1	

3. Membuat kelompok interval

Selanjutnya yaitu membentuk range interval dari kumulatif distribusi probabilitas pada tiap bulannya.

Tabel 4. Interval Data Produksi Tepung Terigu pada Tahun 2021

Kode	Keterangan	*Month*												Total
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	
T1	Total	55.000	50.000	60.000	60.000	40.000	60.000	50.000	40.000	55.000	45.000	55.000	40.000	610.000
	Probabilitas	0,090	0,082	0,098	0,098	0,066	0,098	0,082	0,066	0,090	0,074	0,090	0,066	1,000
	Kumulatif	0,090	0,172	0,270	0,369	0,434	0,533	0,615	0,680	0,770	0,844	0,934	1,000	
	Jarak Interval	0 - 0,090	0,191 - 0,172	0,173 - 0,270	0,271 - 0,369	0,370 - 0,434	0,435 - 0,533	0,534 - 0,615	0,615 - 0,680	0,681 - 0,770	0,771 - 0,844	0,845 - 0,934	0,935 - 1,000	
T2	Total	85.000	180.000	195.000	220.000	180.000	120.000	70.000	75.000	80.000	95.000	90.000	95.000	1.485.000
	Probabilitas	0,057	0,121	0,131	0,148	0,121	0,081	0,047	0,051	0,054	0,064	0,061	0,064	1,000
	Kumulatif	0,057	0,178	0,310	0,458	0,579	0,660	0,707	0,758	0,811	0,875	0,936	1,000	
	Jarak Interval	0 - 0,057	0,058 - 0,179	0,180 - 0,310	0,311 - 0,458	0,459 - 0,579	0,579 - 0,660	0,661 - 0,707	0,708 - 0,758	0,759 - 0,812	0,813 - 0,875	0,876 - 0,936	0,937 - 1,000	

- Interval pada T1 di bulan ke-1 adalah 0 – 0,090
- Interval pada T1 di bulan ke-2 adalah 0,090 – 0,191
- Interval pada T1 di bulan ke-12 adalah 0,935 – 1,000
- Interval pada T2 di bulan ke-1 adalah 0 – 0,057
- Interval pada T2 di bulan ke-2 adalah 0,058 – 0,179
- Interval pada T2 di bulan ke-3 adalah 0,180 – 0,310
- Interval pada T2 di bulan ke-4 adalah 0,311 – 0,458
- Interval pada T2 di bulan ke-5 adalah 0,459 – 0,579
- Interval pada T2 di bulan ke-6 adalah 0,579 – 0,660
- Interval pada T2 di bulan ke-7 adalah 0,661 – 0,707
- Interval pada T2 di bulan ke-8 adalah 0,708 – 0,758
- Interval pada T2 di bulan ke-9 adalah 0,759 – 0,812
- Interval pada T2 di bulan ke-10 adalah 0,813 – 0,875
- Interval pada T2 di bulan ke-11 adalah 0,876 – 0,936
- Interval pada T2 di bulan ke-12 adalah 0,937 – 1,000.

4. Membentuk Bilangan Acak dengan Metode LCG (*Linear Congruential Generators*) menggunakan LCG.

Urutan dari integer Z1 , Z2 , Z3 ,... dapat didefinisikan dengan rumus:

$$Z_i = (aZ_{i-1} + c)\mathrm{mod}(m) \quad (2)$$

Dimana: a adalah pengali, c adalah penambah, dan m merupakan modulu, dengan Z_0 sebagai nilai awal. Baik a, c, maupun m merupakan integer dengan nilai lebih besar dari 0 dan ditentukan menurut aturan tertentu agar dapat memenuhi satu siklus sepanjang m-1. Diketahui : a = 2 ; c = 15 ; m = 99 Z_0 = 4.

Tabel 5. *Random Number Generator*

i	(a.Zi+c)	Zi+1=(a.Zi+c)modm	Interval 3 Digit
1	23	23	230
2	61	61	610
3	137	38	380
4	91	91	910
5	197	98	980
6	211	13	130
7	41	41	410
8	97	97	970
9	209	11	110
10	37	37	370
11	89	89	890

Jadi, angka acak yang akan digunakan dalam perhitungan simulasi rangkaian percobaan yaitu diangka 230, 610, 380, 910, 980, 130, 410, 970, 110, 370, 890, dan 940.

5. Membuat Simulasi dari Rangkaian Percobaan

Tahap terakhir adalah melakukan simulasi dengan menggunakan bilangan acak yang sudah ditentukan sebelumnya dengan Metode LCG.

Tabel 6. Tahapan Simulasi Permintaan T1 pada Tahun 2022

Bulan ke-	Bilangan *Random*	T1
1	230	60.000
2	610	60.000
3	380	40.000
4	910	55.000
5	980	40.000
6	130	50.000
7	410	40.000
8	970	40.000
9	110	50.000
10	370	40.000
11	890	55.000
12	940	40.000
Total	**570.000**	

6. Simulasi *Monte Carlo* pada T1 dengan memasukkan Bilangan Random, kemudian disesuaikan dengan Interval Kumulatif Distribusi Probabilitas T1 pada Tabel 3.

Dengan hasil pada Bulan ke-1 = 60.000 Ton, Bulan ke-2 = 60.000 Ton, Bulan ke-3 = 40.000 Ton, Bulan ke-4 = 55.000 Ton, Bulan ke-5 = 40.000 Ton, Bulan ke-6 = 50.000 Ton, Bulan ke-7 = 40.000, Bulan ke-8 = 40.000 Ton, Bulan ke-9 = 50.000 Ton, Bulan ke-10 = 40.000 Ton, Bulan ke-11 = 55.000 Ton, Bulan ke-12 = 40.000 Ton. Dan Total produksi T1 pada Tahun 2022 adalah 570.000 Ton.

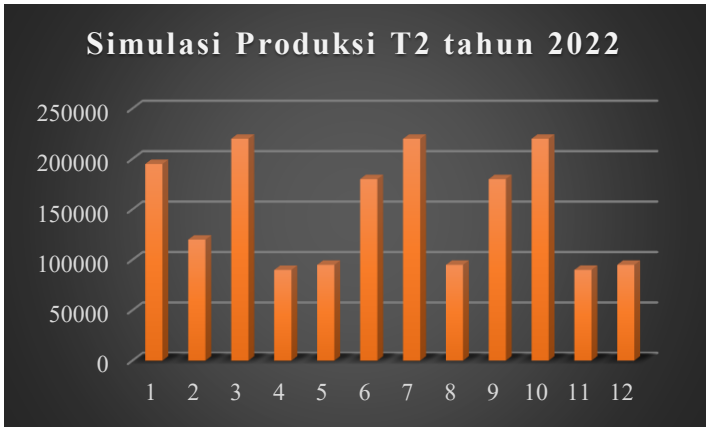
Tabel 7. Tahapan Simulasi Permintaan T2 pada Tahun 2022

Bulan ke-	Bilangan *Random*	T2
1	230	195.000
2	610	120.000
3	380	220.000
4	910	90.000
5	980	95.000
6	130	180.000
7	410	220.000
8	970	95.000
9	110	180.000
10	370	220.000
11	890	90.000
12	940	95.000
Total		**1.800.000**

Simulasi *Monte Carlo* pada T2 dengan memasukkan Bilangan Random, kemudian disesuaikan dengan Interval Kumulatif Distribusi Probabilitas T2 pada Tabel 3. Dengan hasil pada Bulan ke-1 = 195.000 Ton, Bulan ke-2 = 120.000 Ton, Bulan ke-3 = 220.000 Ton, Bulan ke-4 = 90.000 Ton, Bulan ke-5 = 95.000 Ton, Bulan ke-6 = 180.000 Ton, Bulan ke-7 = 220.000, Bulan ke-8 = 95.000 Ton, Bulan ke-9 = 180.000 Ton, Bulan ke-10 = 220.000 Ton, Bulan ke-11 = 90.000 Ton, Bulan ke-12 = 95.000 Ton. Dan Total produksi T1 pada Tahun 2022 adalah 1.800.000 Ton.



Gambar 3. Grafik Simulasi Produksi Tepung A (T1) Tahun 2022



Gambar 4. Grafik Simulasi Produksi Tepung B (T2) Tahun 2022

PENUTUP

Simpulan

Dengan angka acak yang akan digunakan dalam perhitungan simulasi rangkaian percobaan yaitu diangka 230, 610, 380, 910, 980, 130, 410, 970, 110, 370, 890, dan 940, maka hasil uji cobanya yang menggunakan Simulasi *Monte Carlo* dengan *software* Ms. Excel 2019 untuk produksi T1 di Tahun 2022 adalah sebesar 570.000 Ton sedangkan T2 sebesar 1.800.000 Ton. Simulasi yang akan digunakan pada tahun mendatang untuk meminimalisasi risiko terhadap *Bullwhip Effect* supaya mendapatkan profit yang maksimum di masa yang akan datang.

Saran

Dengan adanya ketidakpastian pada permintaan konsumen atau adanya *bullwhip effect* maka sebaiknya perusahaan dapat mempertimbangkan menambah *safety stock* antara 25% sampai dengan 30%. Hal ini tentunya dapat digunakan sebagai antisipasi jika terjadi permintaan dalam jangka pendek dan dalam waktu yang relatif singkat sehingga tidak mengganggu proses produksi yang digunakan untuk melayani permintaan normal. Perusahaan perlu mempertimbangkan permintaan yang bersifat *bullwhip effect* karena berpotensi meningkatkan *opportunity* profit karena adanya perbedaan dengan pemesanan normal dimana *bullwhip effect* merupakan jenis permintaan khusus dengan harga relatif lebih tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

Asmara S, Rahmawati W, Suharyatun S, Wibowo SA. (2019). Optimalization of Upja Revenue (Business Provider Services) Rice Cultivation using Linear Programing Analysis in Seputih Raman District, Central Lampung. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *355*(1), 012087.

Cahyadewi FA, Murnawan H. Analisis (2022). Perencanaan Kebutuhan Bahan Baku Rotan untuk Mendapatkan Biaya Persediaan Optimal. *Jurnal Intent: Jurnal Industri dan Teknologi Terpadu*, *5*(1):77-90.

Herlina H, Rakhmawati DY. (2018). Perbandingan Aplikasi Metode Cross Entropy dan Particle Swarm Optimization pada Support Vector Machine. *Jurnal Heuristic, 15*(1): 17-24.

Jufriyanto M. (2020). Peramalan Permintaan Keripik Singkong dengan Simulasi Monte Carlo. *Jurnal Teknik Industri: Jurnal Hasil Penelitian dan Karya Ilmiah dalam Bidang Teknik Industri*, *6*(2):107-113.

Langgeng HB, Nuha H, Murnawan H. (2022). Analisis Sistem Antrian Pelayanan Bongkar Muat Kapal Tongkang Batu Bara pada Mother Vessel untuk Meminimalisir Waktu Bongkar Muat pada PT. Handil Bhakti Persada. *Jurnal Teknik Industri*, *12*(2):133-143.

Lokajaya IN. (2018). Analisis Pengendalian Waktu dan Biaya Pada Proyek Peningkatan Jalan Dengan Metode Pert. *Sinteks: Jurnal Teknik*. *8*(2):57-65.

Mundari S. (2022). Perencanaan Kapasitas Produksi untuk Memenuhi Permintaan Konsumen di PT. BIP. *JISO*: *Journal of Industrial and Systems Optimization*. *5*(2):99-105.

Nuha H, Wati PE, Widiasih W. (2018). A Comparison of Exact Method-Metaheuristic Method in Determination for Vehicle Routing Problem. *MATEC Web of Conferences*, *204*, 02017.

Nurdiansyah YA, Satoto HF. (2023). Optimasi Waktu Standar Kerja Menggunakan Metode Stopwatch Time Study. *JURMATIS* (*Jurnal Manajemen Teknologi dan Teknik Industri*), *5*(1):59-68.

Pasirulloh MA, Suryani E. (2017). Pemodelan dan Simulasi Sistem Industri Manufaktur Menggunakan Metode Simulasi Hybrid (Studi Kasus: PT. Kelola Mina Laut). *Jurnal Teknik ITS*, *6*(2):A234-8.

Prabowo R, Singgih ML, Karningsih PD, Widodo E. (2020). New Product Development from Inactive Problem Perspective in Indonesian SMEs to Open Innovation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*. *6*(1):20.

Putri EP, Chetchotsak D. (2017). Performance Evaluation Using A DEA-Multipliers Model: A Case Study of Small and Medium Sized Enterprises in Thailand. *Proceedings of the 2017 International Conference on Physics*, *Mechanics of New Materials and Their*.

Rahmah NM, Yuwono I. (2022). Analisis Pengendalian Bahan Baku Utama untuk Meminimalkan Biaya Persediaan pada Rebana. *Journal of Industrial View*, *4*(2):23-34.

Rosyidiin AF, Suwignjo P, Singgih ML. (2022). Cost Integrated Safety Management for Accident Risk Control in Cement Manufacturing Process. *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* Istanbul, Turkey, March 7-10.

Sahbandar AIW, Vikaliana R. (2024). Analisis Dampak Bullwhip Effect pada Produk Avtur dan ADO dengan Metode Periodic Review untuk Stabilitas Permintaan dalam Rantai Pasok. *Jurnal Penelitian dan Aplikasi Sistem dan Teknik Industri (PASTI)*, *18*(2):153-166.

Sarıcıoğlu A, Genevois ME, Cedolin M. (2025). Impact of COVID-19 on The Bullwhip Effect Across U.S. Industries. *International Journal of Industrial Engineering: Theory, Applications and Practice*, *32*(3). https://doi.org/10.23055/ijietap.2025.32.3.10423

Surjandari I, Hidayatno A, Supriatna A. (2009). Model Dinamis Pengelolaan Sampah untuk Mengurangi Beban Penumpukan. *Jurnal Teknik Industri*, *11*(2):134-47.

Tama MI, Siswanto N, Aqsha BD. (2020). Discrete Event Simulation Modelling for Classifying the Container Yard Availability Considering Dock Unloading Activity. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 847, No. 1, p. 012082). IOP Publishing.

Trenggonowati DL, Ulfah M, Ridwan A, Arthafia R. (2021). Proposed Improvement on Supply Chain System to Minimize The Bullwhip Effect Phenomenon with Monte Carlo Simulation Approach. *Journal of Innovation and Technology*, *2*(2):40-45.

Urbańczyk T. (2022). The Amplification of the Bullwhip Effect in the Electronics Industry under the Influence of Panic Buying. *Journal of Positive Management*, *13*(1). https://doi.org/10.12775/JPM.2022.005

Widiasih W. (2019). Perhitungan Biaya Penggantian Komponen dengan Mempertimbangkan Penjadwalan Perawatan pada Mesin Bucket Raw Material. *Tekmapro: Journal of Industrial Engineering and Management*, *14*(2):68-76.