

DOI <http://dx.doi.org/10.36722/sst.v9i2.2695>

# Perancangan Sistem Produksi Ekstrak Lemon dengan *Discrete Event Simulation*

Zahrayna Shebina Syabira<sup>1</sup>, Muhammad Almaududi Pulungan<sup>1</sup>, Yudha Prambudia<sup>1</sup><sup>1</sup>Program Studi Teknik Industri, Fakultas Rekayasa Industri, Universitas Telkom,  
Jl. Telekomunikasi, Kota Bandung, 40257.Penulis untuk Korespondensi/E-mail: [almaududi@telkomuniversity.ac.id](mailto:almaududi@telkomuniversity.ac.id)

**Abstract** – XYZ Company is a Micro, Small, and Medium Enterprise (MSME) that is engaged in the production of fruit juice drinks with the type of production produced being lemon extract. Unfulfilled demand for lemon extract products is the main problem faced by XYZ Company. This study aims to optimize the production system and provide suggestions for improvements to increase production capacity to achieve production targets using discrete event simulation. Production target planning is determined using demand forecasting. The results of model simulations that have been verified and validated show that the existing production system cannot achieve production targets. This problem is caused by the production process still using manual tools. The experimental design was carried out in the washing, cutting, squeezing, and packaging processes. Of the total of 9 alternative scenarios compared, it is known that alternative scenario C has the best results for achieving production targets with an increase in company output of 15,5% compared to the initial model.

**Abstrak** – Perusahaan XYZ merupakan Usaha Mikro Kecil Menengah (UMKM) yang bergerak di bidang produksi minuman sari buah dengan jenis produksi yang dihasilkan adalah ekstrak lemon. Tidak terpenuhinya permintaan produk ekstrak lemon menjadi permasalahan utama yang dihadapi oleh Perusahaan XYZ. Penelitian ini bertujuan untuk mengoptimalkan sistem produksi dan memberikan usulan perbaikan untuk meningkatkan kapasitas produksi agar memenuhi target produksi menggunakan *discrete event simulation*. Perencanaan target produksi ditentukan menggunakan *Demand Forecasting*. Hasil dari simulasi model yang telah diverifikasi dan divalidasi menunjukkan bahwa sistem produksi eksisting tidak dapat memenuhi target produksi. Permasalahan ini disebabkan karena dalam proses produksi masih menggunakan alat bantu manual. Desain eksperimen dilakukan pada bagian proses pencucian, pemotongan, pemerasan dan pengemasan. Dari total sembilan alternatif skenario yang dibandingkan, diketahui bahwa alternatif skenario C memiliki hasil terbaik untuk mencapai target produksi dengan peningkatan hasil *output* perusahaan sebanyak 15,5% dibandingkan model awal.

**Keywords** - Demand Forecasting, Discrete Event Simulation, Lemon Extract.

## PENDAHULUAN

Indonesia mampu memproduksi buah segar sebanyak 24,9 juta ton per tahun, hal ini menjadikan Indonesia menempati posisi ke-8 sebagai produsen buah terbesar di dunia [1]. Menteri perindustrian terus mendorong industri pengolahan buah untuk terus berkembang, salah satunya minuman sari buah [2]. Hal ini dikarenakan permintaan pasar minuman sari buah yang terus meningkat menunjukkan bahwa minuman sari buah memiliki prospek yang sangat baik untuk

kedepannya [2]. Berdasarkan rata-rata pengeluaran per kapita per minggu dalam kategori makanan minuman jadi untuk sari buah kemasan, minuman kesehatan dan minuman berenergi di Provinsi Jawa Barat didapatkan bahwa masyarakat Kabupaten Bandung Barat mengalami peningkatan dari tingkat konsumsi dalam minuman sari buah kemasan, minuman kesehatan dan minuman berenergi sebesar 25,8% dari tahun 2020 hingga 2022 [3]. Berdasarkan data Dinas Tanaman Pangan dan Hortikultura menunjukkan bahwa Kabupaten Bandung Barat menghasilkan buah lemon paling banyak di seluruh

Provinsi Jawa Barat dengan hasil panen sebanyak 46.952 kuintal [4]. Permintaan pasar minuman sari buah yang tinggi, didukung oleh hasil buah lemon yang tinggi, memberikan peluang bisnis bagi perusahaan masuk ke industri pengolahan buah.

Perusahaan XYZ merupakan Usaha Mikro Kecil Menengah (UMKM) yang bergerak dalam industri pengolahan buah dan sudah berdiri sejak tahun 2020. Produksi utama yang dilakukan di perusahaan ini adalah produksi ekstrak lemon. Produk ekstrak lemon ini sudah memiliki izin BPOM dan sertifikat Halal MUI. Pabrik produksi ekstrak lemon berlokasi di Jalan Kinderdorf, Kecamatan Lembang, Kabupaten Bandung Barat. Perusahaan XYZ menggunakan sistem produksi *make to stock*, meskipun begitu perusahaan tidak dapat memenuhi permintaan produk. Untuk menyelesaikan permasalahan tersebut, akan dirancang model menggunakan simulasi, karena permasalahan tersebut termasuk dalam sistem yang kompleks yang melibatkan banyak elemen, seperti kedatangan bahan baku, pengolahan bahan baku, sterilisasi ekstrak lemon, pengemasan, sampai dengan proses *quality control*. Simulasi merupakan proses perancangan suatu model yang merepresentasikan dari sistem yang sebenarnya dan melakukan uji coba untuk memahami dan mengevaluasi penerapan sistem [5].

Sistem produksi *batch* digunakan selama proses produksi pada perusahaan XYZ. Simulasi yang dapat digunakan untuk memodelkan sistem produksi *batch* merupakan kombinasi dari *continuous time* (CT) dan *discrete event* (DE) [6]. Teknik *Discrete Event* digunakan untuk memodelkan perubahan-perubahan yang terjadi namun tidak berkesinambungan dalam sistem fisik. [6]. *Discrete Event Simulation* merupakan suatu jenis simulasi yang sistemnya berkembang secara kontinu dan terjadi perubahan status variabel yang berubah seketika pada titik-titik yang terpisah dalam waktu, titik waktu tersebut merupakan suatu peristiwa yang terjadi [7]. Untuk mengoptimalkan proses *throughput* tertentu dengan ketentuan tertentu, *discrete event simulation* dapat digunakan untuk mengintegrasikan setiap bagian dari proses manufaktur.

Beberapa penelitian yang berkaitan dengan *discrete event simulation* dan lini produksi telah dilakukan, salah satunya penelitian yang berhasil meningkatkan produktivitas produksi dengan memodelkan sistem produksi pada perusahaan konveksi menggunakan *software flexsim* [5]. Selain itu, terdapat penelitian

menggunakan *discrete event simulation* dalam percobaan terhadap *study case* tentang lini produksi yang tidak seimbang untuk mendapatkan solusi agar lini produksi menjadi seimbang [8]. Adapun penelitian yang membandingkan dua metode yaitu *dynamics simulation* dan *discrete event simulation* untuk mengevaluasi lini manufaktur pembuatan *printed laminate film* [9].

Permasalahan yang terjadi pada penelitian ini diakibatkan oleh penggunaan alat bantu manual dari setiap proses produksi yang menyebabkan pemenuhan permintaan yang tidak optimal. Maka dari itu akan dilakukan penelitian untuk mengoptimalkan sistem produksi dan memberikan usulan perbaikan untuk meningkatkan kapasitas produksi agar memenuhi target produksi. Penelitian ini akan mensimulasikan sistem produksi ekstrak lemon yang terjadi di Perusahaan XYZ dengan menggunakan *discrete event simulation*.

## METODE

### Desain, tempat dan waktu

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan proses produksi dengan menggunakan Model Simulasi Eksisting sesuai dengan sistem nyata yang selanjutnya akan dilakukan eksperimen berdasarkan dari alternatif skenario. Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei 2023 hingga Desember 2023. Penelitian dilakukan di pabrik ekstrak lemon pada Perusahaan XYZ yang berlokasi di Jalan Kinderdorf, Kecamatan Lembang, Kabupaten Bandung Barat.

### Pengambilan Data

Pengumpulan data atau informasi yang berkaitan dengan sistem produksi ekstrak lemon dilakukan dengan studi lapangan seperti wawancara dan observasi. Wawancara dilakukan secara langsung kepada pemilik dari Perusahaan XYZ. Adapun observasi yang dilakukan di pabrik ekstrak lemon milik Perusahaan XYZ mencakup waktu proses, *bill of material*, tahapan produksi, waktu kerja, jumlah pekerja dan jumlah alat bantu.

### Pengolahan dan Analisis Data

Data dan informasi yang didapatkan akan diolah untuk mengetahui kecukupan data, keseragaman data, alternatif jenis mesin dan alternatif jumlah mesin. Setelah itu, akan dilakukan pembuatan model konseptual. Selanjutnya akan dilakukan perancangan model simulasi yang merepresentasikan sistem produksi yang berjalan di

Perusahaan XYZ menggunakan *software flexsim*. Setelah model simulasi dirancang, selanjutnya akan dilakukan verifikasi dan validasi terhadap model. Verifikasi model akan dilakukan dengan cara membandingkan antara *processing time* pada *work in process* simulasi dengan batas atas dan batas bawah pada distribusi waktu proses. Validasi model dilakukan dengan Uji-F untuk membandingkan kedua variansi dan menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara variansi data *output* simulasi dengan hasil produksi pada sistem nyata. Uji-F dilakukan menggunakan rumus (1).

$$F = \frac{s_1^2}{s_2^2} \tag{1}$$

Adapun validasi model yang dilakukan dengan uji-T untuk membandingkan kedua rata-rata dan menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara rata-rata data *output* simulasi dengan hasil produksi pada sistem nyata. Uji-T dilakukan dengan menggunakan rumus (2).

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2} - 2r \left( \frac{s_1}{\sqrt{n_1}} \right) \cdot \left( \frac{s_2}{\sqrt{n_2}} \right)}} \tag{2}$$

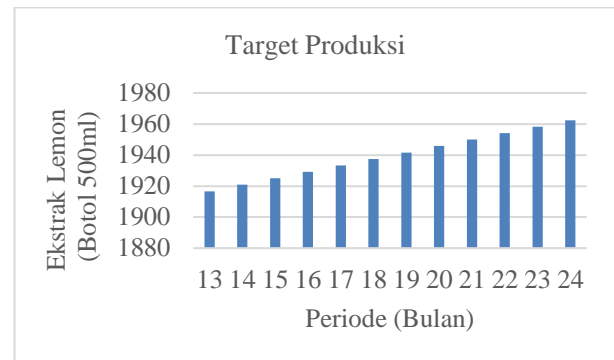
Setelah model dipastikan *valid* dan merepresentasikan sistem nyata, tahapan selanjutnya adalah melakukan eksperimen terhadap simulasi dengan membuat alternatif skenario dengan berbagai kemungkinan parameter yang ditentukan, kemudian ditinjau *output* dari setiap alternatif skenario. Tahapan terakhir yang dilakukan pada penelitian ini adalah rekomendasi alternatif skenario untuk meningkatkan kapasitas produksi agar memenuhi target produksi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Target Produksi

Target produksi didapatkan dari perhitungan peramalan dengan menggunakan Metode *Moving Average*, Metode *Weight Moving Average* dan Metode *Double Moving Average*, didapatkan nilai *Mean Squared Error* (MSE) terkecil yaitu dengan menggunakan Metode *Double Moving Average 3x4* dengan nilai 150. Dari hasil tersebut akan digunakan *double moving average* pada tahap berikutnya, yaitu

verifikasi. Pada proses verifikasi, data memenuhi 4 aturan yaitu *one point*, *three point*, *five point* dan *eight point* [10]. Maka dari itu dapat dikatakan bahwa hasil peramalan menggunakan *double moving average 3x4* terverifikasi pada Gambar 1.



Gambar 1. Target Produksi

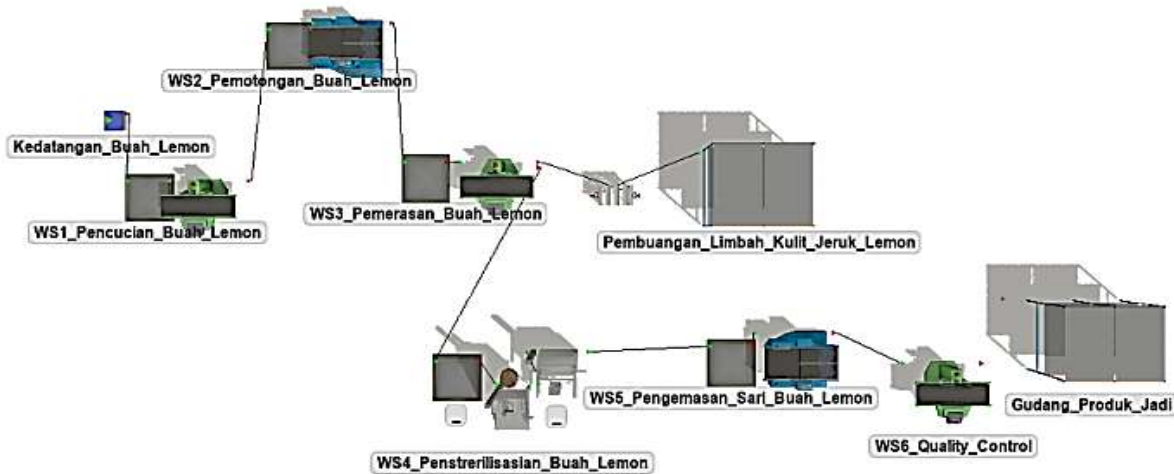
### Model Awal

Proses produksi dimulai dengan bahan baku yang merupakan buah lemon segar yang akan dicuci hingga bersih lalu dipotong menjadi dua bagian. Selanjutnya dilakukan proses pemerasan menggunakan mesin peras untuk mendapatkan sari buah lemon yang diinginkan. Setelah dilakukan proses pemerasan, sari buah lemon akan masuk ke dalam mesin sterilisasi. Setelah dilakukan proses sterilisasi dilanjutkan dengan proses pengemasan ke dalam kemasan botol 500 ml. Sebelum botol digunakan untuk pengemasan, botol sudah melalui proses sterilisasi. Setelah proses pengemasan, produk akan masuk ke proses *quality control*, apabila produk lolos *quality control* maka produk akan masuk ke area gudang produk jadi. Hasil tahap produksi tercantum pada gambar 2.

Selanjutnya, akan dilakukan uji kecukupan data untuk mengukur bahwa hasil data yang diperoleh memenuhi syarat kesesuaian data untuk model simulasi. Uji kecukupan data tercantum pada tabel 1 Setelah uji kecukupan data menunjukkan bahwa data sudah memenuhi syarat ketelitian maka akan dilakukan penentuan *distribution time* dengan menggunakan *Software StatFit*. Data kapasitas produksi dan jumlah alat bantu disesuaikan dengan data yang didapatkan. Seluruh data tersebut akan digambarkan pada model simulasi menggunakan *Software Flexsim* untuk menggambarkan tata letak fasilitas dari setiap stasiun kerja pada proses produksi ekstrak lemon di Perusahaan XYZ yang tercantum pada tabel 2 dan gambar 3.



Gambar 2. Tahap Produksi



Gambar 3. Model Simulasi

Tabel 1. Hasil Uji Kecukupan Data

Stasiun Kerja	$\Sigma x$	$(\Sigma x)^2$	$\Sigma x^2$	N'
1	233.55	54545.6025	2371.9515	1
2	116.38	13544.3044	589.89	3
3	276.44	76419.0736	3323.049	1
5	38.89	1512.4321	65.8457	3
6	22.94	526.2436	23.1394	18

Tabel 2. Distribution Time

Proses	Distribution Time (Menit)	Kapasitas	Jumlah Alat Bantu
Pencucian buah lemon segar	U(9,93, 10,4)	5,5 kg	1
Pemotongan buah lemon	N(5,06, 0,209)	5,5 kg	1
Pemerasan buah lemon	N(12, 0,145)	5,5 kg	1
Pengemasan dalam botol 500ml	U(1,58, 1,78)	250 liter	1
Quality Control produk	U(0,82, 1,18)	6 botol	1

**Verifikasi dan Validasi Model Simulasi**

Verifikasi adalah pemeriksaan program komputer simulasi untuk memastikan bahwa simulasi sudah berjalan dengan baik dan sesuai dengan yang diinginkan [11]. Verifikasi pada penelitian ini dilakukan dengan membandingkan antara *processing time* pada *work in process* simulasi dengan distribusi waktu proses. Proses verifikasi diawali dengan melakukan *run* pada model simulasi pabrik ekstrak lemon selama satu hari, lalu waktu *work in process* pada model simulasi dibandingkan dengan batas atas dan batas bawah pada *distribution time* model simulasi. Hasil dari proses verifikasi didapatkan bahwa model simulasi terverifikasi. Adapun hasil verifikasi tercantum pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Verifikasi

Stasiun Kerja	Batas Bawah (s)	Batas Atas (s)	Work in Process (s)	Hasil
1	595,8	624	599	Verified
2	291,06	316,14	306	Verified
3	711,3	728,7	719	Verified
5	94,8	106,8	104	Verified
6	49,2	70,8	58	Verified

Validasi adalah pemeriksaan apakah model konseptual simulasi merepresentasikan sistem nyata [12]. Validasi pada penelitian ini akan dilakukan dengan pengujian statistik menggunakan Uji-F untuk membandingkan variansi dan Uji-T untuk membandingkan rata-rata dari *output*. Jika hasil pengujian menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara kedua rata-rata dan variansi, maka dapat disimpulkan bahwa model tervalidasi. Uji-F dilakukan dengan menggunakan uji hipotesis seperti.

H0:  $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$ : Variansi *output* model simulasi = variansi hasil produksi pada sistem nyata.

H1:  $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$ : Variansi *output* model simulasi  $\neq$  variansi hasil produksi pada sistem nyata.

Uji-T dilakukan dengan menggunakan uji hipotesis seperti.

H0:  $\mu_1 = \mu_2$ : Rata-rata *output* model simulasi = rata-rata hasil produksi pada sistem nyata.

H1:  $\mu_1 \neq \mu_2$ : Rata-rata *output* model simulasi  $\neq$  rata-rata hasil produksi pada sistem nyata.

Adapun hasil pengujian validasi model yang dilakukan tercantum pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji Validasi Model

Pengujian	Hasil	Kesimpulan
Uji-F kesamaan variansi	F 0,288 < F hitung < F 3,474	Terima H0, variansi <i>output</i> model simulasi = variansi hasil produksi pada sistem nyata.
H0: $\sigma_1^2 = \sigma_2^2$ H1: $\sigma_1^2 \neq \sigma_2^2$	0,288 < 1,84 < 3,474	
Uji-T kesamaan rata-rata	T -2,2 < T hitung < T 2,2	Terima H0, rata-rata <i>output</i> model simulasi = rata-rata hasil produksi pada sistem nyata.
H0: $\mu_1 = \mu_2$ H1: $\mu_1 \neq \mu_2$	-2,2 < 0,493 < 2,2	

Berdasarkan kesimpulan hasil pengujian pada Tabel 4, maka dapat diketahui bahwa rata-rata dan variansi hasil *output* simulasi tidak berbeda dengan hasil produksi pada sistem nyata. Maka dari itu dapat dinyatakan bahwa model simulasi telah tervalidasi atau representatif terhadap sistem nyata. Oleh karena itu simulasi dapat dilakukan eksperimen sesuai dengan alternatif skenario yang ditentukan pada tahap selanjutnya.

### Desain Eksperimen dan Analisis

Model simulasi yang sudah tervalidasi digunakan untuk pengaturan pergantian alat bantu manual pada sistem produksi eksisting menjadi mesin otomatis, penambahan fasilitas alat bantu dan penambahan

jam kerja lembur. Rancangan alternatif dikembangkan dengan penyesuaian *distribution time* sesuai dengan perkiraan *distribution time* mesin otomatis, penambahan entitas pada *Software Flexsim*, dan perubahan jam operasional pada bagian *time table* di *Software Flexsim*. Alternatif usulan untuk eksperimen dari setiap alternatif tercantum pada Tabel 5.

Tabel 5. Solusi Alternatif

No	Solusi Alternatif	Jumlah Mesin/ Alat Bantu	Distribution Time Mesin atau Alat Bantu
1	Pergantian alat bantu manual pada proses pencucian dengan mesin otomatis berkapasitas 250kg/jam	1	U(0,406 , 2,51)
2	Penambahan fasilitas alat bantu pemotongan berkapasitas 5.5kg/ <i>batch</i> /orang dan satu operator dan operator pemotongan	1	N(5,06 , 0,209)
3	Pergantian alat bantu manual pada proses pemerasan dengan mesin otomatis berkapasitas 100kg/jam	1	N(3,36 , 0,375)
4	Penambahan fasilitas alat bantu pengemasan berkapasitas 6 botol/ <i>batch</i> /alat bantu	1	U(1,58 , 1,78)

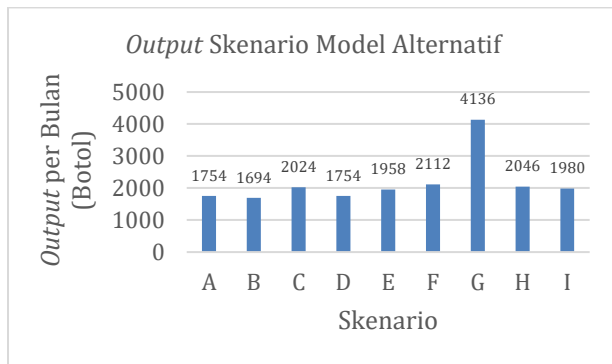
Berdasarkan solusi alternatif tercantum pada tabel 5, akan dirancang skenario model alternatif dari setiap solusi alternatif. Selain itu akan dilakukan skenario model alternatif dengan mengkombinasikan dua sampai tiga solusi alternatif. Skenario model alternatif tercantum pada Tabel 6.

Tabel 6. Skenario Model Alternatif

Skenario Model Alternatif	Solusi Alternatif
Skenario A	1
Skenario B	2
Skenario C	3
Skenario D	1 dan 2
Skenario E	1 dan 3
Skenario F	2 dan 3
Skenario G	1, 3, dan 4
Skenario H	1, 2, dan 3
Skenario I	5

Setelah skenario model alternatif ditentukan, maka selanjutnya adalah menentukan variabel indikator performansi sistem untuk mengukur tingkat keberhasilan desain eksperimen yang dilakukan.

Indikator yang menjadi acuan pada penelitian ini adalah dapat terpenuhinya target produksi dengan harga investasi yang rendah namun dapat meningkatkan laba bersih bagi perusahaan. Apabila skenario model alternatif dan variabel indikator performansi sistem telah ditentukan, maka langkah selanjutnya adalah menjalankan skenario model alternatif. Hasil skenario model alternatif yang telah dijalankan tercantum pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil Eksperimen terhadap *output* Model Skenario

Hasil *throughput* simulasi model skenario alternatif menunjukkan bahwa skenario A, B, dan D tidak dapat memenuhi target produksi, sehingga skenario tersebut tidak dapat diimplementasikan. Adapun biaya investasi dan kenaikan laba bersih bagi perusahaan dari setiap skenario model alternatif yang dapat memenuhi target produksi tercantum pada Tabel 7.

Tabel 7. Biaya Investasi & Kenaikan Laba Bersih

Skenario Model Alternatif	Biaya Investasi	Kenaikan Laba Bersih/tahun
Skenario C	Rp 16.640.000	Rp 178.247.500
Skenario E	Rp 52.880.000	Rp 159.541.500
Skenario F	Rp 101.908.000	Rp 203.110.500
Skenario G	Rp 59.680.000	Rp 773.690.500
Skenario H	Rp 54.148.000	Rp 184.404.500
Skenario I	Rp 32.046.000	Rp 165.816.000

Berdasarkan hasil *throughput*, biaya investasi dan kenaikan laba bersih dari setiap skenario model alternatif diketahui bahwa skenario C yaitu mengganti alat bantu pemerahan dengan mesin otomatis berkapasitas 100 kg/jam memiliki hasil *output* sebesar 2024 botol per bulan atau meningkat sekitar 15,5% dibandingkan dengan model awal, yang artinya skenario C dapat memenuhi target produksi. Selain itu skenario C memiliki biaya investasi terendah dibandingkan skenario lainnya sebesar Rp 16.640.000 dengan kenaikan laba bersih per tahun sebesar Rp 178.247.500. Selain itu, skenario I memiliki nilai investasi terendah kedua,

namun memiliki kenaikan laba bersih lebih rendah dibandingkan dengan skenario C. Sedangkan untuk skenario E, F, G, dan H memiliki investasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan skenario C dan I.

## KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil memodelkan sistem produksi eksisting pada *Software Flexsim* dan telah melalui proses uji statistik yang menguji kesamaan variansi dan rata-rata data *output* simulasi dengan data *history* perusahaan. Model simulasi sistem produksi eksisting dilakukan eksperimen dengan merancang 9 skenario model alternatif yang mencakup pergantian alat bantu manual menjadi mesin otomatis, penambahan fasilitas alat bantu, penambahan waktu kerja lembur. Hasil dari eksperimen skenario model alternatif yang dilakukan menunjukkan bahwa skenario C menjadi alternatif usulan terbaik yaitu mengganti alat bantu pemerahan dengan mesin otomatis berkapasitas 100 kg/jam. Skenario C memiliki hasil *output* sebesar 2024 botol per bulan atau meningkat sekitar 15,5% dibandingkan dengan model awal dan memiliki biaya investasi sebesar Rp 16.640.000 dengan kenaikan laba bersih per tahun sebesar Rp 178.247.500.

## REFERENSI

- [1] World Fruit Map, 2018. [Online]. Available: <https://research.rabobank.com/>.
- [2] Kementerian Perindustrian RI, "Prospek Industri Minuman Sari Buah Masih Terbuka Luas", 23 Mei 2023. [Online]. Available: <https://kemenperin.go.id/artikel/23042/Prospek-Industri-Minuman-Sari-Buah-Masih-Terbuka-Luas>.
- [3] BPS, "Rata-rata Pengeluaran Perkapita Perminggu dalam Kategori Makanan Minuman Jadi per Kabupaten Kota di Jawa Barat," 08 Juni 2023. [Online]. Available: <https://www.bps.go.id/>.
- [4] Open Data Jabar, "Produksi Jeruk Lemon Berdasarkan Kabupaten/Kota di Jawa Barat," 09 Juni 2023. [Online]. Available: <https://opendata.jabarprov.go.id>.
- [5] W. N. Tanjung, S. Hidayat, and S. Azmiyati, "Simulasi Sistem Untuk Meningkatkan Kinerja Rantai Pasok," *Jurnal Al-Azhar Indonesia Seri Sains dan Teknologi*, vol. 3, no. 4, pp. 171–177, 2017.

- [6] D. A. van Beek, A. van den Ham, and J. E. Rooda, "Modelling and Controlling of Process Industry Batch Production Systems," IFAC Proceedings Volumes, vol. 35, no. 1, pp. 403-408, 2002.
- [7] F. Kurniawan, A. Fikri, Vandrick, E. Luhur, and E. Dewi, "Simulasi Lini Produksi Ragum menggunakan Software *Flexsim*," Talenta Conference Series: Energy and Engineering (EE), vol. 4, no. 1, 2021.
- [8] D. Antonelli, P. Litwin, and D. Stadnicka, "Multiple System Dynamics and Discrete Event Simulation for manufacturing system performance evaluation," Procedia CIRP, vol. 78, pp. 178–183, 2018.
- [9] H. Zupan and N. Herakovic, "Production line balancing with discrete event simulation: A case study," IFAC-PapersOnLine, vol. 48, no. 3, pp. 2305–2311, 2015.
- [10] R. Ginting, Sistem Produksi, Graha Ilmu, 2007. Available: <https://opac.perpusnas.go.id/>. (Diakses pada 23 Oktober 2023).
- [11] S.V. Hoover, & R. F. Perry, Simulation A Problem-Solving Approach, Digital Equipment Corporation & Northeastern University, 1989.
- [12] A.M. Law, & W. D. Kelton, Simulation Modeling & Analysis, 2nd ed., McGraw-Hill. New York. 1991.