

PERANCANGAN MODEL SIMULASI UNTUK MENINGKATKAN EFISIENSI PROSES PRODUKSI PADA INDUSTRI TEMPE GEMBUS

Uswatun Khasanah^{*1}, Fachriza Ulfah², Dina Eka Fitriani³, Dewi Oktafiani⁴

¹²³Program Studi S1 Informatika, STMIK AMIKOM Surakarta, ⁴Program Studi Teknologi Informasi STMIK AMIKOM Surakarta Sukoharjo, Indonesia

Email: ¹uswatun.10408@mhs.amikomsolo.ac.id, ²fachriza.10396@mhs.amikomsolo.ac.id,
³dina.10388@mhs.amikomsolo.ac.id, ⁴dewioktafiani@dosen.amikomsolo.ac.id

Abstrak

Penelitian ini bertujuan meningkatkan efisiensi produksi tempe gembus pada industri kecil menggunakan metode Discrete Event Simulation (DES). Masalah utama yang ditemukan yaitu proses produksi masih manual, adanya bottleneck pada tahap pengukusan dan pencetakan, serta pemanfaatan sumber daya yang belum optimal. Data dikumpulkan melalui observasi, wawancara, dan pencatatan waktu proses.

Hasil simulasi awal menunjukkan waktu produksi 460 menit dengan output 45 unit per hari. Tiga skenario perbaikan diuji, dan skenario kombinasi peningkatan kapasitas kukusan serta penambahan tenaga kerja menghasilkan kinerja terbaik. Skenario tersebut mampu menurunkan waktu produksi hingga 28% dan meningkatkan output sebesar 40%. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa simulasi berbasis DES dapat membantu pengambilan keputusan serta mendukung peningkatan produktivitas tanpa eksperimen langsung pada sistem nyata.

Kata kunci: DES; simulasi; produksi; efisiensi; tempe gembus.

Abstract

This study aims to improve the production efficiency of tempeh in small industries using the Discrete Event Simulation (DES) method. The main problems found are that the production process is still manual, there are bottlenecks in the steaming and molding stages, and resource utilization is not yet optimal. Data was collected through observation, interviews, and process time recording.

Initial simulation results showed a production time of 460 minutes with an output of 45 units per day. Three improvement scenarios were tested, and the scenario combining increased steaming capacity and additional labor produced the best performance. This scenario reduced production time by 28% and increased output by 40%. The results of this study indicate that DES-based simulation can aid decision-making and support productivity improvements without direct experimentation on the actual system.

Keywords: DES; simulation; production; efficiency; tempe gembus.

PENDAHULUAN

Industri kecil dan menengah (IKM) berperan secara strategis dalam pertumbuhan ekonomi Indonesia, terutama dalam industri pangan olahan berbasis bahan baku lokal seperti tahu dan tempe. Salah satu produk potensial adalah tempe gembus, yang merupakan produk olahan dari ampas tahu yang kaya protein dan serat nabati, dan memiliki nilai ekonomi tinggi bagi masyarakat menengah ke bawah. Meskipun ada banyak bahan baku yang tersedia dan permintaan pasar yang stabil, sebagian besar bisnis terus melakukan proses produksi secara manual. Sistem kerja tradisional ini menyebabkan efisiensi rendah, waktu produksi yang lama, dan kualitas produk yang tidak seragam karena ketidakmampuan untuk mengontrol suhu dan kelembapan fermentasi.

Ketidakseimbangan beban kerja antar stasiun, waktu tunggu yang lama karena kapasitas alat yang terbatas, dan bergantung pada satu tenaga kerja adalah masalah utama dalam produksi tempe gembus. Ketidakefisienan ini menurunkan produktivitas di industri kecil dan meningkatkan biaya operasional dan kelelahan karyawan. Akibatnya, metode analitis diperlukan untuk menemukan kendala produksi dan secara sistematis mengevaluasi skenario perbaikan. *Discrete Event Simulation (DES)* adalah metode pemodelan sistem yang populer dan berguna yang menggambarkan proses produksi sebagai rangkaian kejadian diskrit. Metode ini digunakan untuk mengukur dampak perubahan pada kinerja sistem [1].

Studi terbaru menunjukkan bahwa penggunaan *Discrete Event Simulation (DES)* dalam industri pangan dan kuliner dapat meningkatkan efisiensi waktu proses hingga 40% dengan mengoptimalkan kapasitas alat dan jumlah tenaga kerja. Ini menunjukkan bahwa *Discrete Event Simulation (DES)* memiliki keunggulan dibandingkan metode analisis konvensional karena mampu menangkap dinamika sistem yang kompleks dan stokastik tanpa mengganggu operasi aktual [2]. Selain itu, metode ini sesuai dengan prinsip *lean manufacturing*, yang berfokus pada mengurangi aktivitas yang tidak bernilai tambah dan meningkatkan nilai output untuk pelanggan. Oleh karena itu, simulasi peristiwa diskrit sangat membantu dalam mengelola sistem produksi IKM pangan melalui keputusan berbasis data.

Secara metodologis, penelitian yang dilakukan di Indonesia tentang efisiensi industri pangan sebagian besar berfokus pada optimasi kapasitas mesin atau formulasi bahan baku. Sebaliknya, masih jarang penelitian yang melibatkan elemen pemodelan sistem produksi tradisional berbasis simulasi. Penelitian ini menunjukkan bahwa pendekatan yang dapat menjembatani teknologi pemodelan kontemporer dengan fitur bisnis mikro dan kecil yang biasanya dilakukan secara manual sangat diperlukan. Pelaku bisnis dapat menggunakan *Discrete Event Simulation (DES)* untuk melakukan eksperimen virtual dengan berbagai kemungkinan perbaikan, seperti menambah pekerja, mengubah urutan proses, atau meningkatkan kapasitas alat, sebelum menerapkannya di dunia nyata [3]. Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya mengungkapkan bahwa proses produksi pangan yang berbasis kedelai pada skala industri kecil dan menengah (IKM) umumnya masih dilakukan secara manual, yang mengakibatkan rendahnya efisiensi, kualitas produk yang tidak stabil, serta terbatasnya pengendalian dalam proses produksi [4].

Dengan mempertimbangkan latar belakang ini, penelitian ini bertujuan untuk membuat model simulasi acara diskrit *Discrete Event Simulation (DES)* untuk sistem produksi tempe gembus. Tujuan dari model ini adalah untuk meningkatkan pemanfaatan sumber daya manusia dan efisiensi alur kerja pada unit produksi skala kecil. Hasil penelitian ini diharapkan dapat membantu mengembangkan sistem produksi yang efisien, adaptif, dan berkelanjutan di sektor agroindustri lokal. Dengan menggunakan model ini, penelitian diharapkan dapat menemukan titik kritis dalam proses produksi, menilai berbagai alternatif perbaikan secara kuantitatif, dan

memberikan rekomendasi operasional yang realistis dan aplikatif bagi pelaku UMKM pangan. Penelitian ini berkontribusi dalam penggunaan metode *Discrete Event Simulation (DES)* dalam sistem produksi makanan tradisional, sekaligus menawarkan pendekatan yang didasarkan pada data untuk memperbaiki efisiensi dalam sektor industri kecil dan menengah.

METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian ini bertujuan untuk memberikan gambaran menyeluruh tentang langkah-langkah yang diperlukan untuk menciptakan, membangun, dan menguji model simulasi yang dapat meningkatkan efisiensi produksi tempe gembus dalam industri kecil. *Discrete Event Simulation (DES)* merupakan suatu proses perilaku dari sistem yang rumit dan mempunyai tata yang terstruktur dari kejadian yang telah didefinisikan secara jelas [5]. Studi ini menggunakan pendekatan Simulasi Kejadian *Discrete Event Simulation (DES)* karena teknik ini memiliki kemampuan untuk menunjukkan dinamika sistem produksi yang bergantung pada kejadian diskrit yang terjadi dalam waktu dan interaksi antar sumber daya. Tanpa melakukan eksperimen langsung pada sistem nyata, *Discrete Event Simulation (DES)* banyak digunakan untuk menganalisis proses industri yang kompleks, mengevaluasi waktu tunggu, dan menemukan bottleneck [6].

Alur tahapan penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahapan yang saling terkait, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Tahapan-tahapan ini mencakup pengumpulan data, pembuatan model simulasi, analisis hasil, dan penyusunan saran untuk meningkatkan sistem produksi.



Gambar 1. Flowchart Alur Penelitian

Pada gambar 1, merupakan alur flowchart penelitian, Alur penelitian terdiri atas tujuh tahap utama yang dijelaskan sebagai berikut:

1. Studi Pendahuluan dan Identifikasi Masalah. Pada tahap awal, petani tempe gembus di Desa Banyuanyar, Kecamatan Ampel, diobservasi dan diwawancarai. Tujuan dari upaya ini adalah untuk menggambarkan proses kerja yang sebenarnya, menemukan kendala yang menyebabkan ketidakefisienan, dan menentukan ruang lingkup dan tujuan penelitian.
2. Pengumpulan dan Pengolahan Data. Waktu proses, kapasitas alat, jumlah pekerja, dan hasil produksi harian adalah data utama yang dikumpulkan melalui pengamatan langsung terhadap proses produksi. Data sekunder, di sisi lain, diperoleh dari laporan penelitian sebelumnya, jurnal, dan artikel yang berkaitan dengan model simulasi industri kecil. Selanjutnya, data waktu diproses untuk menghasilkan parameter distribusi probabilitas yang akan digunakan sebagai input simulasi [7].
3. Perancangan Tahap Simulasi. Pada tahap ini, perangkat lunak simulasi peristiwa diskret seperti *Arena Simulation* atau *FlexSim* digunakan untuk membuat model sistem

produksi aktual. Proses pencucian, pengepresan, penggilingan, pengukusan, pendinginan, penambahan ragi, dan pencetakan adalah semua bagian nyata dari proses produksi. Entitas, sumber daya, dan antrian mewakili masing-masing aktivitas. Alur proses yang tidak efisien dan waktu tunggu terpanjang sistem diidentifikasi dengan model ini [8].

4. Verifikasi dan Validasi Model. Proses verifikasi dilakukan untuk memastikan bahwa struktur dan logika model selaras dengan alur proses produksi yang sebenarnya. Untuk validasi, hasil keluaran simulasi dibandingkan dengan data lapangan, terutama waktu total produksi dan output harian. Model dianggap valid jika selisih antara hasil simulasi dan data lapangan berada dalam batas toleransi plus atau minus sepuluh persen. Proses validasi ini dapat diulang hingga model menunjukkan tingkat kesesuaian terbaik [9].
5. Perancangan Model Perbaikan. Untuk menghasilkan nilai rata-rata waktu proses dan utilisasi sumber daya yang lebih representatif, dirancang model yang akan datang dengan beberapa skenario yang mencakup (a) menambah satu tenaga kerja pada proses pencetakan, (b) meningkatkan kapasitas kukusan, dan (c) menggabungkan keduanya, setiap skenario diulang sebanyak tiga puluh kali [2].
6. Analisis Hasil Simulasi. Waktu total produksi (dalam menit atau siklus), utilisasi tenaga kerja (dalam %) dan jumlah output harian digunakan untuk membandingkan hasil simulasi dari masing-masing skenario. Untuk mengidentifikasi perbedaan signifikan antar skenario perbaikan, metode *Analysis of Variance (ANOVA)* digunakan untuk melakukan analisis statistik. Penelitian simulasi berbasis data sering menggunakan metode ini untuk mengukur dampak perubahan parameter sistem terhadap performa produksi [10].
7. Kesimpulan dan rekomendasi implementasi. Tahap terakhir adalah mengumpulkan kesimpulan dan membuat rekomendasi kebijakan teknis yang didasarkan pada skenario terbaik untuk meningkatkan efisiensi dengan menggunakan sumber daya yang paling sedikit. Rekomendasi ini berfokus pada penerapan praktik yang dapat diterapkan oleh bisnis tanpa mengubah aspek tradisional dari proses produksi tempe gembus.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Simulasi Model Aktual

Model awal (as-is) menunjukkan bagaimana proses produksi tempe gembus dilakukan di industri kecil yang masih menggunakan tangan. Hasil pengamatan dan pengujian simulasi menunjukkan bahwa satu siklus produksi membutuhkan waktu total 460 menit, dengan kapasitas rata-rata 45 unit produk per hari. Tahapan pengukusan dan pencetakan menunjukkan bottleneck utama dengan tingkat utilisasi sumber daya sebesar 92% dan 89%, masing-masing.

Tabel 1. Hasil Simulasi Model Aktual

Tahapan Proses	Waktu Rata-rata (menit)	Utilisasi (%)	Antrian (unit)
Pencucian	40	65	4
Pengepresan	50	70	5
Pengukusan	130	92	10
Pencetakan	110	89	9

Tahapan Proses Waktu Rata-rata (menit) Utilisasi (%) Antrian (unit)			
Fermentasi	130	55	2
Total Produksi	460	—	—

Karena kapasitas kukusan yang terbatas dan waktu pemanasan yang lama, proses pengukusan menjadi penghambat utama, menurut analisis simulasi. Temuan ini sejalan dengan temuan [8] yang menyatakan bahwa tahapan pemanasan sistem agroindustri merupakan bagian penting dari efisiensi energi dan waktu.

Validasi Model Simulasi

Setelah data lapangan dibandingkan dengan hasil simulasi model awal, validasi dilakukan. Ada selisih rata-rata 5,8% antara waktu simulasi dan waktu aktual, yang menunjukkan bahwa model tersebut valid (karena berada dalam batas toleransi plus atau minus sepuluh persen).

Tabel 2. Hasil validasi model simulasi

Parameter	Data Aktual	Hasil Simulasi	Selisih (%)
Total Waktu Produksi (menit)	488	460	5.8
Kapasitas Produksi (unit/hari)	45	46	2.2
Utilisasi Tenaga Kerja (%)	78	81	3.7

Hasil validasi menunjukkan bahwa model simulasi sudah cukup representatif untuk menggambarkan kondisi nyata sistem produksi. Ini sesuai dengan prinsip validasi model Simulasi Peristiwa Terpenting yang diuraikan oleh [9].

Hasil Simulasi Model Perbaikan (To-Be Model)

Berdasarkan hasil analisis *bottleneck*, dilakukan tiga skenario perbaikan sebagai berikut:

Tabel 3. Skenario Perbaikan

Skenario	Deskripsi Perbaikan
1	Penambahan satu tenaga kerja pada proses pencetakan
2	Peningkatan kapasitas alat kukus 1,5 kali lipat
3	Kombinasi penambahan tenaga kerja dan peningkatan kapasitas kukusan

Hasil simulasi menunjukkan perubahan signifikan terhadap waktu total produksi dan utilisasi tenaga kerja.

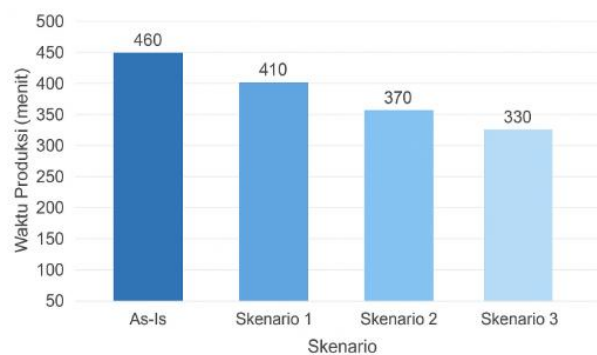
Tabel 4. Hasil Simulasi Skenario Perbaikan

Indikator	As-Is	Skenario 1	Skenario 2	Skenario 3
Total Waktu Produksi (menit)	460	410	370	330
Kapasitas Produksi (unit/hari)	45	52	58	63
Utilisasi Tenaga Kerja (%)	81	85	80	83

Skenario 3 menunjukkan hasil simulasi yang paling efisien, menurunkan waktu produksi sebesar 28% dibandingkan dengan kondisi awal dan meningkatkan output harian sebesar 40%. Peningkatan ini sejalan dengan temuan penelitian yang menunjukkan bahwa kombinasi intervensi sumber daya manusia dan kemampuan alat dapat meningkatkan produktivitas secara signifikan dalam sistem produksi kecil [7].

Analisis Statistik Hasil Simulasi

Analisis ANOVA (Analysis of Variance) dilakukan terhadap waktu total produksi untuk menguji signifikansi perbedaan antar skenario. Hasil uji menunjukkan nilai $F_{hitung} = 18,73$ dan $p\text{-value} = 0,000 < 0,05$, yang menunjukkan bahwa skenario 3 memiliki perbedaan signifikan dari model aslinya dan dua skenario lainnya. Analisis lebih lanjut menggunakan test post-hoc (Duncan) menunjukkan bahwa skenario 3 memiliki perbedaan signifikan dari yang pertama.



Gambar 2. Perbandingan Hasil Simulasi Waktu Produksi per Skenario
(grafik batang; sumbu X = skenario 1–3, sumbu Y = waktu produksi (menit))

Pada gambar 2, merupakan perbandingan hasil simulasi waktu produksi per skenario. Hasil ini menunjukkan bahwa, seperti yang dijelaskan oleh [10] dalam studi peningkatan efisiensi manufaktur berbasis DES, penggabungan intervensi manusia dan peralatan berkontribusi pada peningkatan efisiensi sistem produksi.

Berdasarkan hasil simulasi dan analisis statistik, dapat disimpulkan bahwa pengurangan waktu tunggu selama proses pengukusan dan pencetakan memainkan peran yang signifikan dalam meningkatkan efisiensi sistem produksi tempe gembus. Hasil ini mendukung penelitian sebelumnya [6], yang menyatakan bahwa sistem dengan tingkat utilisasi yang tidak seimbang dapat dioptimalkan dengan mengalokasikan beban kerja dan menambah sumber daya pada titik penting dalam proses.

Simulasi berbasis kejadian diskrit juga terbukti berguna untuk menawarkan dukungan keputusan berbasis data (dukungan keputusan berbasis data), terutama untuk bisnis kecil yang tidak memiliki banyak biaya eksperimen langsung. Metode ini memungkinkan pengusaha menemukan perbaikan yang mungkin sambil menghindari kerugian karena *trial-error* di lapangan [2].

Oleh karena itu, menggunakan simulasi peristiwa diskret dalam pembuatan tempe gembus akan meningkatkan produktivitas dan efisiensi waktu. Ini juga dapat berfungsi sebagai model implementatif untuk industri pangan tradisional lain yang memiliki karakteristik yang sama. Hasil ini menegaskan bahwa penggabungan antara tindakan manusia dan pengembangan kemampuan alat memberikan dampak saling mendukung yang positif terhadap efektivitas sistem produksi.

KESIMPULAN

Studi ini menghasilkan model simulasi sistem produksi tempe gembus yang berhasil. Model ini berbasis *Discrete Event Simulation (DES)* dan memiliki kemampuan untuk secara sistematis menunjukkan kondisi aktual dan menilai alternatif perbaikan. Dengan kapasitas produksi 45 unit per hari, model as-is memiliki waktu produksi rata-rata 460 menit per siklus, menurut hasil simulasi dan analisis statistik. Proses pengukusan dan pencetakan adalah titik *bottleneck* utama dengan tingkat utilisasi lebih dari 85%.

Penambahan tenaga kerja dan peningkatan kapasitas kukusan dalam skenario ketiga menunjukkan peningkatan kinerja terbaik. Dibandingkan dengan kondisi awal, waktu produksi total menurun sebesar 28%, sementara kapasitas produksi meningkat sebesar 40%. Hasil uji statistik ANOVA menunjukkan bahwa skenario dengan *p-value* < 0,05 memiliki perbedaan signifikan. Hasil ini menunjukkan bahwa perubahan yang disarankan memiliki dampak nyata pada efisiensi sistem.

Dalam perencanaan perbaikan sistem produksi industri kecil, pendekatan *Discrete Event Simulation (DES)* terbukti efektif sebagai alat bantu pengambilan keputusan (*decision support tool*). Metode ini memungkinkan analisis berbasis data tanpa mengganggu aktivitas produksi nyata. Pendekatan ini juga dapat diterapkan pada berbagai jenis produk makanan tradisional dengan karakteristik proses yang sebanding.

Secara praktis, temuan penelitian ini dapat digunakan oleh pelaku usaha kecil dan menengah (IKM) untuk membuat sistem produksi yang lebih efisien, mengoptimalkan sumber daya manusia, dan meningkatkan produktivitas tanpa investasi yang signifikan pada peralatan. Selain itu, model ini dapat digunakan sebagai dasar untuk penelitian lebih lanjut yang menggabungkan analisis biaya produksi, kontrol kualitas, dan efisiensi energi untuk menghasilkan pendekatan yang lebih luas. Oleh karena itu, studi ini tidak hanya membantu dalam meningkatkan efisiensi produksi, namun juga menciptakan kesempatan untuk menerapkan simulasi peristiwa diskrit di berbagai sektor makanan tradisional lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]L. A. Okatria and R. D. Kusumastuti, “Analisis kinerja sistem produksi pada industri produsen tahu bandung dengan pendekatan simulasi event diskrit : Studi kasus pada

- Tahu Bandung ALN,” vol. 1, no. 1, pp. 8–20, 2024.
- [2]I. O. Duka, S. U. Kupang, and S. U. Kupang, “DISCRETE EVENT SIMULATION UNTUK ANALISIS PELAYANAN BISNIS KULINER DI MIE BROSKI KOTA KUPANG (DES) merupakan pemodelan berbasis simulasi untuk memodelkan suatu sistem yang nilai meneliti tentang Discrete Event Simulation untuk Analisis Pelayanan Bisnis K,” vol. 4, pp. 202–215, 2025.
- [3]R. N. & T. Pratama, “Implementasi Lean Manufacturing dalam peningkatan efisiensi proses produksi pada industri makanan ringan,” *J. Tek. Ind. Terap.*, vol. 5, no. 2, pp. 112–121, 2021.
- [4]D. R. Safitri and A. ,& Wijayanto, “Analisis Eko-Efisiensi Manajemen Operasi Produksi Tahu pada Usaha Kecil Tahu Murni Putra Nata Jaya Kabupaten Tegal,” *J. Ilmu Adm. Bisnis*, 2022, doi: 10.14710/JIAB.2022.36167.
- [5]M. Yoga and M. Mahar, “PENINGKATAN HASIL PRODUKSI KERTAS MENGGUNAKAN PENDEKATAN DESCRETE EVENT SIMULATION (STUDY KASUS PT XYZ),” vol. 3, no. 2014, pp. 58–62, 2020.
- [6]D. Rahmawati & A. Prasetyo, “Application of Discrete Event Simulation in production system design for small manufacturing industry,” *J. Rekayasa Teknol. Ind.*, vol. 4, no. 1, pp. 45–56, 2020.
- [7]H. S. & R. Hartono, “Simulation-based improvement on manufacturing productivity using Discrete Event Simulation approach,” *J. Tek. Ind.*, vol. 23, no. 2, pp. 112–120, 2021.
- [8]E. W. & D. Ramdhan, “Modeling of production flow efficiency using Discrete Event Simulation in agroindustry,” *J. Bisnis dan Teknol.*, vol. 10, no. 1, pp. 42–52, 2022.
- [9]& P. W. S. Yuliani, H. Maulana, “Validation of Discrete Event Simulation model in small-scale manufacturing system,” *J. Sains dan Teknol.*, vol. 5, no. 3, pp. 201–209, 2023.
- [10] J. R. M.-T. et Al, “Improving manufacturing efficiency through data-driven Discrete Event Simulation,” *Comput. Ind. Eng.*, vol. 160, p. 107606, 2021.