

Teknologi Otomasi dalam Industri Makanan-Studi Kasus: Optimalisasi Mesin Pencetak Bakso dengan Sistem Potong Berbentuk Sendok

Kurniawan Sindu Arifin^{*1}, Dedi Kristanto², Ari Prihartanto³, Alfreda Satria Praja⁴

¹⁻⁴Prodi TMI, Politeknik ATMI Surakarta

E-mail: sindu.arifin@atmi.ac.id^{*1}, dedi.kristanto@atmi.ac.id²,
ari.prihartanto@atmi.ac.id³, alfreda.20211004@student.atmi.ac.id⁴

Abstrak. Industri bakso UMKM di Indonesia menghadapi tantangan dalam hal efisiensi produksi, konsistensi ukuran, dan beban biaya tenaga kerja. Penelitian ini mengembangkan dan menguji mesin pencetak bakso otomatis dengan sistem pemotongan berbentuk sendok sebagai solusi inovatif untuk mengatasi masalah tersebut. Pengujian dilakukan secara eksperimental dengan membandingkan metode manual dan otomatis berdasarkan kecepatan produksi, akurasi ukuran, konsumsi energi, dan keandalan mekanis. Hasil menunjukkan bahwa mesin ini mampu mencetak rata-rata 149,5 butir per menit, dengan 90–97% produk sesuai standar ukuran (25 mm), serta konsumsi energi sebesar 0,5 kWh per jam. Dibanding metode manual, mesin ini meningkatkan produktivitas hingga tiga kali lipat dan menurunkan biaya operasional secara signifikan. Dengan daya tahan komponen utama di atas 10 tahun dan kebutuhan perawatan yang rendah, mesin ini layak digunakan UMKM sebagai investasi produksi yang efisien dan berkelanjutan.

Kata kunci: Mesin pencetak bakso; efisiensi produksi; sistem potong berbentuk sendok; UMKM; teknologi tepat guna

Abstract. *The meatball industry in Indonesia's MSME sector faces challenges related to production efficiency, size consistency, and labor costs. This study developed and tested an automatic meatball forming machine equipped with a spoon-shaped cutting mechanism to address these issues. Experimental testing compared manual and automatic methods based on production speed, size accuracy, energy consumption, and mechanical durability. Results showed that the machine can produce an average of 149.5 meatballs per minute, with 90–97% meeting the 25 mm standard size, and an energy consumption rate of 0.5 kWh per hour. Compared to manual methods, the machine tripled productivity while significantly reducing operational costs. With major components lasting over 10 years and requiring minimal maintenance, the machine proves to be an efficient and sustainable investment for MSMEs.*

Keywords: *Meatball forming machine; production efficiency; spoon-shaped cutting system; MSMEs; appropriate technology*

1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi dalam industri makanan telah membawa perubahan signifikan dalam proses produksi, termasuk dalam pembuatan makanan berbasis daging seperti bakso. Seiring dengan meningkatnya permintaan pasar dan kebutuhan akan efisiensi produksi, penggunaan teknologi otomasi menjadi solusi yang semakin banyak diterapkan oleh produsen makanan. Salah satu bentuk otomasi yang berkembang adalah penggunaan mesin pencetak bakso otomatis yang tidak hanya mempercepat proses produksi tetapi juga memastikan konsistensi ukuran dan kualitas produk yang dihasilkan. Mesin pencetak bakso yang menggunakan sistem potong berbentuk sendok merupakan salah satu inovasi yang bertujuan untuk mengoptimalkan produksi bakso secara lebih efektif dan efisien.

Dalam konteks UMKM, adopsi teknologi otomasi tidak hanya berdampak pada produktivitas, namun juga membawa implikasi sosial yang signifikan. Pranata et al. (2022) menunjukkan bahwa pelaku UMKM sektor makanan-minuman di Indonesia menghadapi hambatan dalam adopsi teknologi karena keterbatasan pendidikan formal dan minimnya pelatihan teknis. Kurangnya literasi teknologi menyebabkan kekhawatiran akan pengoperasian dan pemeliharaan mesin otomatis [1]. Selain itu, studi oleh Riswandi & Permadi (2022) menunjukkan bahwa kesiapan teknologi dalam UMKM sangat bergantung pada faktor sosial-psikologis, seperti kepercayaan terhadap teknologi dan persepsi terhadap risiko digitalisasi [2]. Oleh karena itu, upaya pelatihan dan pendampingan teknologi menjadi faktor krusial agar inovasi seperti mesin pencetak otomatis dapat diadopsi secara berkelanjutan oleh UMKM.

Industri bakso di Indonesia memiliki skala yang luas, mulai dari usaha mikro, kecil, dan menengah (UMKM) hingga industri besar. UMKM bakso, seperti Bakso Klewer Prawiroredjo Surakarta yang menjadi studi kasus dalam penelitian ini, menghadapi tantangan dalam meningkatkan kapasitas produksi tanpa mengorbankan kualitas produk. Proses pencetakan bakso secara manual masih banyak digunakan oleh UMKM karena biaya investasi mesin yang relatif tinggi, namun metode ini memiliki keterbatasan dalam hal kecepatan produksi dan konsistensi hasil cetakan. Penggunaan tenaga kerja manual dalam proses pencetakan sering kali menyebabkan ukuran bakso yang tidak seragam, yang dapat berdampak pada kepuasan pelanggan dan daya saing produk di pasaran [3]. Selain itu, metode manual juga menuntut tenaga kerja yang lebih banyak serta berisiko menimbulkan kelelahan pada pekerja, yang dapat menurunkan efisiensi dan produktivitas.

Dalam upaya meningkatkan efisiensi produksi, penggunaan mesin pencetak bakso otomatis dengan sistem potong berbentuk sendok menawarkan berbagai keunggulan dibandingkan metode konvensional. Mesin ini dirancang untuk mencetak bakso dengan ukuran yang seragam, menggunakan mekanisme pemotongan berbentuk sendok yang digerakkan oleh *gearbox* yang terhubung langsung dengan motor listrik. Mekanisme ini memastikan bahwa setiap butir bakso yang dihasilkan memiliki diameter yang sesuai dengan standar yang diinginkan oleh UMKM, dalam hal ini 25 mm. Selain meningkatkan kecepatan produksi, sistem potong berbentuk sendok juga mengurangi risiko kesalahan manusia dalam menentukan ukuran bakso, sehingga kualitas produk dapat lebih terjaga [4].

Dalam studi sebelumnya, mesin pencetak bakso yang menggunakan sistem pemotongan berbasis pisau atau eksentrik sering mengalami kendala teknis, seperti pegas pemotong yang mudah patah serta pengaturan ukuran yang tidak stabil, sehingga memerlukan pengawasan dan perawatan yang lebih intensif [5]. Oleh karena itu, optimalisasi mesin pencetak bakso dengan sistem potong berbentuk sendok menjadi alternatif yang lebih baik untuk meningkatkan daya tahan mesin sekaligus meningkatkan efisiensi produksi. Keunggulan ini tidak hanya memberikan manfaat dalam hal peningkatan jumlah produksi tetapi juga mengurangi pemborosan bahan baku akibat ketidaksesuaian ukuran bakso yang dihasilkan.

Selain dari aspek teknis, penerapan teknologi otomasi dalam industri makanan juga memiliki dampak terhadap aspek ekonomi dan sosial. Dari segi ekonomi, penggunaan mesin pencetak bakso otomatis memungkinkan produsen untuk menekan biaya tenaga kerja dalam jangka panjang. Meskipun investasi awal mesin mungkin cukup tinggi, pengurangan ketergantungan terhadap tenaga kerja manual dapat menghemat biaya operasional dalam jangka panjang [6]. Dari segi sosial, penerapan teknologi ini dapat

mendorong peningkatan keterampilan tenaga kerja dalam mengoperasikan mesin otomatis, yang sejalan dengan perkembangan industri berbasis teknologi di era modern.

Beberapa studi menunjukkan bahwa teknologi otomasi telah membantu industri makanan dalam meningkatkan efisiensi produksi serta menekan biaya tenaga kerja jangka panjang [7]. Penggunaan mesin pencetak otomatis memungkinkan produsen untuk mengurangi ketergantungan pada tenaga kerja manual, yang dapat menghasilkan penghematan biaya serta meningkatkan daya saing produk di pasaran [8]. Namun, tantangan yang sering dihadapi oleh UMKM dalam mengadopsi teknologi ini adalah tingginya biaya investasi awal serta kurangnya pelatihan tenaga kerja dalam mengoperasikan mesin otomatis. Setiadi [9] mencatat bahwa kendala utama bagi UMKM dalam mengadopsi inovasi teknologi adalah akses terhadap modal serta kesiapan tenaga kerja untuk beradaptasi dengan sistem berbasis teknologi.

Tantangan dalam penerapan teknologi otomasi di sektor UMKM tidak dapat diabaikan. Beberapa kendala yang umum dihadapi adalah keterbatasan modal untuk investasi mesin, kurangnya pemahaman tentang teknologi otomasi, serta kebutuhan akan pelatihan bagi tenaga kerja dalam mengoperasikan mesin secara optimal. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan yang komprehensif dalam mengadopsi teknologi ini, termasuk adanya dukungan dari pemerintah atau lembaga terkait dalam hal pendanaan dan pelatihan tenaga kerja. Selain itu, penelitian lebih lanjut juga diperlukan untuk mengembangkan desain mesin pencetak bakso yang lebih fleksibel dan dapat menyesuaikan dengan kebutuhan berbagai skala produksi.

Dengan semakin pesatnya perkembangan teknologi dalam industri makanan, implementasi otomasi dalam proses produksi bakso menjadi suatu keharusan bagi pelaku usaha yang ingin meningkatkan daya saing di pasar. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji bagaimana optimalisasi mesin pencetak bakso dengan sistem potong berbentuk sendok dapat memberikan solusi yang lebih baik dalam hal efisiensi produksi, kualitas produk, serta keberlanjutan usaha bagi UMKM. Dengan demikian, diharapkan inovasi ini tidak hanya dapat memberikan manfaat bagi pelaku usaha di bidang kuliner, tetapi juga dapat menjadi model bagi pengembangan mesin-mesin produksi makanan lainnya di masa depan.

2. Metode

2.1. Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan pendekatan kuantitatif untuk mengevaluasi performa mesin pencetak bakso dengan sistem potong berbentuk sendok. Metode ini bertujuan untuk mengukur peningkatan efisiensi produksi, stabilitas ukuran bakso, serta efisiensi energi yang digunakan dalam proses pencetakan. Penerapan teknologi tepat guna, termasuk otomatisasi dan digitalisasi, juga terbukti mengurangi biaya operasional dan meningkatkan kualitas produk [10].

Dalam penelitian ini, dilakukan perbandingan antara metode pencetakan bakso manual dan mesin otomatis untuk mengetahui perbedaan kecepatan produksi serta konsistensi ukuran produk. Penerapan sistem mekanis berbasis otomasi dalam industri makanan telah terbukti mampu meningkatkan efisiensi produksi serta memperbaiki standar kualitas produk yang dihasilkan [11]. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada optimalisasi desain mesin pencetak bakso yang menggunakan sistem pemotongan berbentuk sendok untuk meningkatkan kestabilan ukuran bakso yang dihasilkan. *Flowchart* penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

2.2. Prosedur Penelitian

2.2.1. Identifikasi Masalah dan Studi Literatur

Studi awal dilakukan untuk mengidentifikasi kendala dalam produksi bakso, khususnya terkait efisiensi pencetakan dan ketidakseragaman ukuran bakso. Metode pencetakan manual masih banyak digunakan oleh UMKM, tetapi memiliki kelemahan dalam hal produktivitas dan konsistensi ukuran produk. Oleh karena itu, dilakukan kajian literatur untuk memahami sistem pemotongan bakso yang telah diterapkan sebelumnya serta mengkaji potensi perbaikan melalui desain mekanisme baru. Analisis terhadap teknologi pencetakan makanan berbasis mekanik menunjukkan bahwa optimalisasi desain dapat meningkatkan efisiensi produksi dan daya saing produk [12].

2.2.2. Perancangan Mesin dan Simulasi Desain

Perancangan mesin dilakukan dengan mempertimbangkan faktor material, mekanisme pemotongan, serta keandalan operasional. Pemilihan material *Stainless Steel 304* dilakukan untuk memastikan standar *food-grade* serta ketahanan korosi [13]. Tabel morfologi dapat dilihat pada Tabel 1., sedangkan hasil desain mesin bisa dilihat pada Gambar 2. Simulasi desain dilakukan menggunakan perangkat lunak teknik untuk menentukan dimensi optimal dari sistem pemotongan berbentuk sendok dan kecepatan rotasi mesin.

Pada Tabel 1, pilihan terbaik untuk memenuhi spesifikasi yang dibutuhkan oleh adalah varian 3. Varian 3 dipilih karena menggunakan sistem sendok pemotongan pada *nozzle*. Sistem penggerak pada varian 3 menggunakan roda gigi sebagai sambungan putar untuk ember cetakan. Alat pembentuk berbentuk sendok digunakan untuk memotong, dan bahannya adalah baja tahan karat 304. Dengan mencetak dengan sistem sendok ini, ditambahkan roda gigi pada mesin sehingga ukuran bakso menjadi lebih seragam dari sebelumnya.

Setelah desain selesai, dilakukan proses fabrikasi dan perakitan mesin yang meliputi pemasangan *gearbox*, motor listrik, serta sistem pemotongan berbentuk sendok. Tahapan ini bertujuan untuk memastikan bahwa mesin dapat bekerja dengan stabil dan menghasilkan bakso dengan ukuran seragam. Penelitian sebelumnya dalam bidang teknik mesin menunjukkan bahwa pengujian dalam tahap perakitan sangat penting untuk menghindari ketidaksempurnaan dalam sistem pencetakan makanan [14].

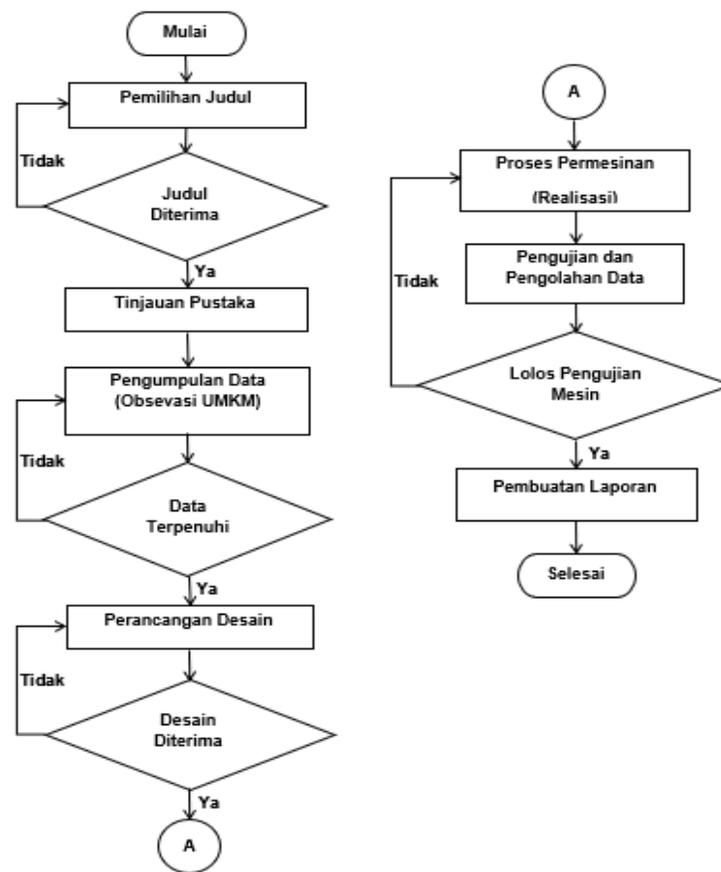
Tabel 1. Tabel Morfologi

No	Komponen	Solusi Fungsi I	Solusi Fungsi II	Solusi Fungsi III
A	Nozzle	 sistem manual	 sistem pemotong lurus	 sistem sendok pemotong
B	Sistem Penggerak	 lengan dan engsel	 <i>disc cam</i>	 <i>gear box</i>
C	Pemotong	 pisau plat silinder	 pisau plat lurus	 sendok cetak

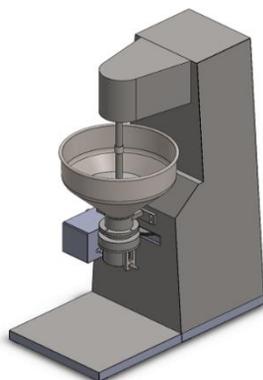
Varian1: A1 → B1 → C1

Varian2: A2 → B2 → C2

Varian3: A3 → B3 → C3



Gambar 1. Flowchart Penelitian



Gambar 2. Pandangan Isometri dari Desain Mesin

2.2.3. Pengujian Kinerja Mesin

Pengujian dilakukan untuk mengevaluasi kinerja mesin pencetak bakso berdasarkan beberapa parameter utama, yakni kecepatan produksi, akurasi ukuran bakso, efisiensi energi, dan keandalan mekanis. Kecepatan produksi diukur dengan menghitung jumlah bakso yang dapat dicetak oleh mesin dalam satu menit. Hasil yang diperoleh dibandingkan dengan metode manual untuk melihat tingkat peningkatan efisiensi produksi. Evaluasi terhadap kecepatan produksi mesin pencetak makanan telah digunakan dalam berbagai penelitian untuk menilai efektivitas sistem otomasi dalam meningkatkan kapasitas produksi [15]–[17].

Akurasi dan konsistensi ukuran bakso dinilai dengan melakukan pengukuran diameter bakso menggunakan alat ukur digital. Tujuan dari pengukuran ini adalah untuk memastikan bahwa sistem pemotongan berbentuk sendok dapat menghasilkan bakso dengan ukuran seragam sesuai standar 25 mm. Studi tentang pengukuran ukuran makanan olahan menunjukkan bahwa variabilitas ukuran yang terlalu besar dapat berdampak pada kepuasan pelanggan dan efektivitas operasional industri makanan [18].

Efisiensi energi dianalisis dengan menggunakan wattmeter untuk mengukur daya listrik yang dikonsumsi selama mesin beroperasi. Evaluasi ini dilakukan untuk menentukan apakah penggunaan mesin otomatis lebih hemat energi dibandingkan dengan metode pencetakan manual yang tidak memerlukan daya listrik tetapi memiliki keterbatasan dari segi kecepatan produksi. Penggunaan sistem otomasi dalam industri makanan telah terbukti dapat mengurangi konsumsi energi dengan meningkatkan efisiensi operasional [19].

Keandalan mekanis mesin dianalisis dengan menghitung estimasi umur pakai beberapa komponen utama seperti *bearing*, sabuk, dan poros. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui ketahanan mekanis dari komponen mesin agar dapat digunakan dalam jangka waktu yang lebih lama. Evaluasi umur pakai komponen mesin dalam pengolahan makanan menjadi faktor penting dalam menentukan efektivitas dan biaya operasional jangka panjang [20].

Untuk memperoleh hasil yang akurat, mesin diuji dalam beberapa sesi operasional dengan variasi beban kerja. Data yang diperoleh kemudian dianalisis secara kuantitatif untuk mengetahui sejauh mana inovasi sistem pemotongan berbentuk sendok dapat meningkatkan efisiensi produksi bakso. Metode eksperimen semacam ini telah diterapkan dalam berbagai penelitian terkait evaluasi kinerja mesin pencetak makanan [21].

2.2.4. Akuisisi dan Analisis Data

Data yang diperoleh dari pengujian dikumpulkan dan dianalisis menggunakan metode kuantitatif. Perbandingan antara metode pencetakan manual dan mesin otomatis dilakukan untuk mengetahui efektivitas inovasi sistem potong berbentuk sendok. Selain itu, dilakukan wawancara dengan pelaku UMKM untuk memperoleh umpan balik mengenai kemudahan penggunaan dan efisiensi mesin dalam kondisi operasional nyata.

Hasil pengujian kemudian dianalisis untuk menentukan apakah ada perbedaan signifikan antara metode manual dan mesin otomatis. Pendekatan ini bertujuan untuk memastikan bahwa inovasi yang dikembangkan dapat meningkatkan efisiensi produksi tanpa mengorbankan kualitas produk akhir.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Akurasi dan Kecepatan Produksi Mesin

Setelah menjalani proses produksi dan fabrikasi, mesin yang sudah bisa dioperasikan digunakan untuk melakukan *trial* / proses pengujian. Proses pengujian mesin menggunakan adonan bakso sebanyak 5 kg, dan menghitung berapa butir bakso yang dapat tercetak selama 1 menit. Pengujian mesin pencetak bakso dilakukan di laboratorium produksi Politeknik ATMI pada suhu ruangan berkisar antara 27–29°C. Mesin diuji menggunakan adonan bakso berbahan dasar daging sapi giling dengan tambahan es batu, tepung tapioka, dan bumbu (komposisi: 70% daging, 20% es, 10% tepung dan bumbu), yang diracik hingga konsistensi standar (semi-plastik, tidak terlalu kental atau cair).

Pengujian dilakukan dalam 10 siklus, masing-masing berdurasi 1 menit, dengan jeda 5 menit antar siklus untuk mencegah kenaikan suhu berlebih pada gearbox. Selama uji coba, mesin dijalankan dalam

kondisi normal operasional (tegangan stabil 220 V, frekuensi 50 Hz), dan semua parameter seperti kecepatan putaran, konsumsi daya, serta ukuran bakso diukur secara langsung menggunakan alat digital (tachometer, wattmeter, dan kaliper digital dengan akurasi 0,01 mm). Sebagai perbandingan, dilakukan juga pengambilan data produksi menggunakan metode pencetakan manual yang masih umum digunakan oleh pelaku UMKM.

Pengujian manual dilakukan oleh operator terlatih dengan menggunakan alat cetak konvensional dan satu sendok cetakan. Dokumentasi pengujian ditampilkan pada Tabel 2. Dokumentasi dari proses produksi dan fabrikasi dapat dilihat pada



Gambar 3, sedangkan dokumentasi proses manual dapat dilihat pada Gambar 4.

Gambar 3. Proses Produksi dan Fabrikasi



Gambar 4. Proses *Trial* Mesin

Untuk mengetahui konsistensi pencetakan, analisis statistik dilakukan terhadap ukuran diameter bakso hasil cetak. Dari 10 percobaan, dihitung nilai rata-rata, standar deviasi, dan persentase kesesuaian terhadap standar ukuran (25 mm). Data hasil pengujian terangkum dalam Tabel 2 berikut ini:

Tabel 2. Hasil *Trial* Mesin

Percobaan ke-	Hasil Cetak Manual per Menit (butir)	Hasil Cetak Mesin per Menit (butir)	Jumlah Bakso dengan Ukuran 25 mm (butir)	Prosentase produk yang masuk kriteria
1	60	150	141	94%
2	60	150	146	97%
3	60	148	138	93%
4	60	149	145	97%
5	51	150	140	93%
6	50	150	135	90%
7	50	149	144	97%
8	60	151	141	93%
9	50	148	137	93%
10	50	150	147	98%
Rata-rata	55.1	149.5	141.4	95%

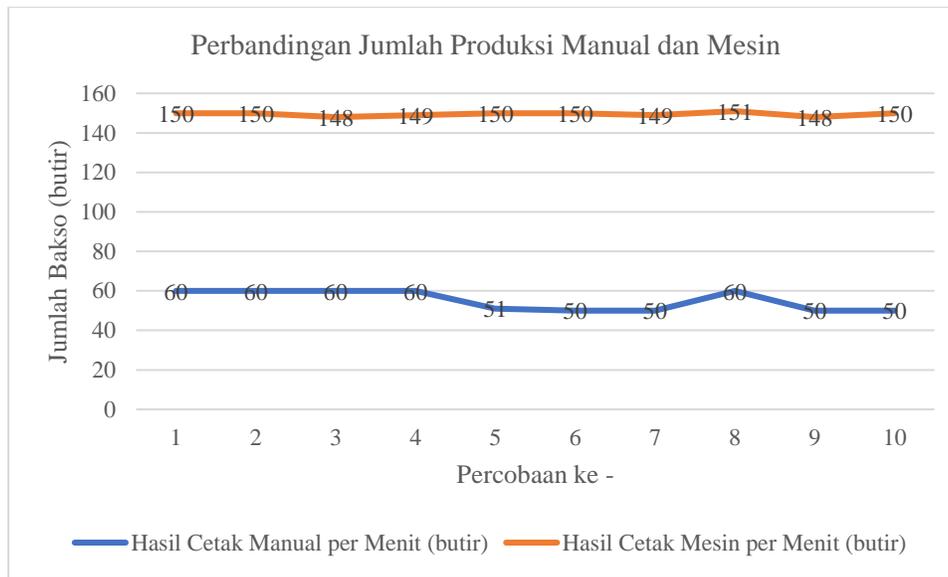
*produk yang dikategorikan tidak masuk kriteria adalah yang memiliki penyimpangan lebih dari 5mm

Selain itu, dilakukan uji-t berpasangan (*paired t-test*) untuk membandingkan hasil produksi mesin otomatis dengan metode manual dari segi jumlah produksi per menit. Mesin otomatis menghasilkan hampir tiga kali lipat lebih banyak bakso per menit dibanding metode manual. Hasil uji-t (dengan taraf signifikansi 5%) menunjukkan nilai $p < 0,001$, yang berarti terdapat perbedaan yang sangat signifikan antara kedua metode. Ini menunjukkan bahwa mesin otomatis secara statistik jauh lebih efisien dibanding metode manual. Ringkasan hasil statistik dapat dilihat pada Tabel 4, perbandingan hasil cetak manual dan mesin per menit dapat dilihat pada Gambar 5.

Tabel 3. Hasil uji *paired t-test*

Metode	N	Rata-rata Produksi (butir/menit)	Standar Deviasi	Nilai p (uji-t)
Manual	10	55,10	5,17	-
Otomatis	10	149,50	0,97	< 0.001

Berdasarkan hasil pengujian, dapat diketahui bahwa mesin dapat mencetak rata-rata 150 butir bakso per menit. Mesin juga memiliki akurasi produksi yang tinggi, yaitu 90%-97% memenuhi spesifikasi diameter 25 mm, menunjukkan adanya kesesuaian dalam sistem pencetakan. Untuk menilai akurasi pencetakan, dilakukan pengukuran diameter bakso menggunakan alat ukur digital. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa sekitar 90-97% dari total bakso yang dihasilkan memiliki diameter sesuai standar (25 mm), sementara sisanya memiliki variasi ukuran yang disebabkan oleh faktor mekanis seperti tekanan adonan, kecepatan putaran *gearbox*, dan stabilitas sistem pemotongan.



Gambar 5. Perbandingan Jumlah Produksi Manual dan Mesin

Faktor-faktor yang memengaruhi ketidaksempurnaan ukuran bakso:

1. Kekakuan adonan: Adonan yang terlalu kental atau terlalu cair dapat mempengaruhi ketepatan pemotongan.
2. Kecepatan putaran *gearbox*: Putaran yang terlalu cepat dapat menyebabkan adonan tidak terdistribusi secara merata sebelum dipotong.
3. Stabilitas mekanisme pemotongan: Pegas pemotong terkadang mengalami getaran berlebih yang menyebabkan variasi ukuran bakso.

3.2. Efisiensi Energi dan Biaya Operasional Mesin Pencetak Bakso

Salah satu aspek utama dalam penggunaan mesin pencetak bakso ini adalah efisiensi konsumsi energi. Pengukuran konsumsi daya dilakukan menggunakan wattmeter selama mesin beroperasi dalam kondisi normal. Mesin ini menggunakan motor listrik dengan daya 500 watt (0,5 kW), dan dalam satu sesi operasi selama 1 jam, konsumsi daya tercatat sekitar 0,5 kWh. Hasil perhitungan konsumsi energi dan biaya operasional mesin dapat dilihat pada Tabel 4, grafik perbandingan besar biaya bulanan dapat dilihat pada Gambar 6.

Berdasar data pada Tabel 4, dibandingkan dengan metode manual yang membutuhkan lebih banyak tenaga kerja dan waktu produksi yang lebih lama, penggunaan mesin ini jauh lebih hemat energi dan biaya. Jika tanpa mesin, UMKM perlu menggaji setidaknya 2 pekerja tambahan untuk mencapai kapasitas produksi yang sama, dengan asumsi upah pekerja Rp 50.000 per hari per orang, maka dalam satu bulan biaya tenaga kerja mencapai Rp 3.000.000 per bulan. Artinya, penggunaan mesin ini dapat menghemat biaya tenaga kerja hingga Rp 2,8 juta per bulan, dengan hanya menggantinya dengan biaya listrik sekitar Rp 162.240 - Rp 173.364 per bulan.

Farika et al (2021) [16] dalam penelitiannya mengenai otomasi mesin selotip semi-otomatis di industri pengemasan, mampu menaikkan kapasitas produksi hingga 118%, sedangkan Agung dan Wahyu (2019) [22] dalam penelitian mereka mengenai mesin pengering batik semi otomatis mampu menghemat penggunaan LPG hingga 30%. Mesin pada penelitian ini mampu meningkatkan kapasitas produksi hingga 3 kali lipat dan memberikan potensi penghematan biaya yang sangat signifikan, hal ini menandakan besarnya signifikansi dari mesin yang dihasilkan pada penelitian ini.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Konsumsi Energi dan Biaya Operasional

Golongan Tarif	Tarif Listrik PLN 2024 (Rp/KWh)	Daya Mesin (Kw)	Biaya Listrik Per Jam (Rp/Jam)	Asumsi Lama Penggunaan Per Hari (Jam)	Konsumsi Listrik per Bulan (KWh)	Biaya Listrik per Bulan
Rumah Tangga (R-1/TR 900 VA ke atas)	1352	0.5	676	8	120	Rp 162,240.00
Bisnis Kecil (B-1/TR 450-6600VA)	1444.7	0.5	722.35	8	120	Rp 173,364.00



Gambar 6. Perbandingan Biaya Bulanan

3.3. Diskusi Kritis dan Perbandingan Studi Terdahulu

Meskipun mesin pencetak bakso otomatis terbukti memberikan peningkatan signifikan terhadap efisiensi produksi dan konsistensi ukuran, terdapat beberapa tantangan potensial dalam penerapannya, terutama pada skala UMKM. Salah satu kendala utama adalah kebutuhan akan perawatan berkala, khususnya pada komponen mekanik seperti *gearbox*, *bearing*, dan sistem pemotongan berbentuk sendok. Jika tidak dilakukan pelumasan atau pembersihan secara rutin, dapat terjadi penurunan performa hingga kerusakan permanen. Selain itu, penggunaan sistem otomatis memerlukan pelatihan operator, karena sebagian besar tenaga kerja di sektor UMKM belum terbiasa dengan perangkat elektro-mekanik berbasis motor listrik dan pengaturan kecepatan.

Tantangan lainnya adalah kemungkinan terjadinya *downtime* produksi akibat kegagalan sistem atau gangguan listrik, yang dapat menghambat kontinuitas produksi. Oleh karena itu, meskipun mesin otomatis sangat menjanjikan, keberhasilannya dalam jangka panjang sangat bergantung pada kesiapan teknis dan manajerial dari pengguna mesin di tingkat UMKM. Penelitian ini menyarankan agar pelaku UMKM dilibatkan dalam pelatihan dasar mekanikal dan perawatan mandiri, serta menyediakan dokumentasi teknis sederhana yang dapat membantu *troubleshooting* secara cepat.

Hasil penelitian ini selaras dengan studi oleh Roziqin et al. (2023) [12] yang mengembangkan mesin pencetak bakso multi-kapasitas, dengan hasil peningkatan efisiensi produksi mencapai 180%. Namun, mesin mereka masih menggunakan sistem pemotongan berbasis eksentrik yang memiliki tingkat keausan lebih tinggi dibanding sistem potong sendok yang diusulkan dalam studi ini. Dalam studi oleh Oktaviani dan Rihan (2019) [4], disebutkan bahwa sistem eksentrik membutuhkan penyesuaian manual dalam setiap

pergantian ukuran cetakan, sedangkan sistem sendok yang kami kembangkan memungkinkan standar ukuran tetap terjaga tanpa perlu banyak intervensi operator.

Lebih lanjut, penelitian oleh Kusmulyono (2020) [11] menunjukkan bahwa mekanisasi produksi berkontribusi terhadap peningkatan standar mutu produk UMKM, namun belum menyentuh efisiensi energi secara spesifik. Dalam studi kami, selain peningkatan output, ditemukan pula efisiensi konsumsi daya yang berakibat pada besarnya penghematan biaya yang bisa terjadi, hal ini belum banyak dibahas dalam penelitian sebelumnya. Oleh karena itu, kontribusi utama studi ini terletak pada integrasi antara kecepatan produksi, konsistensi ukuran, efisiensi energi, dan keandalan mekanis yang dirancang khusus untuk konteks UMKM di Indonesia.

Secara global, studi oleh Kulkarni et al. (2024) [23] menggarisbawahi bahwa keberhasilan adopsi teknologi pada UMKM di negara berkembang sangat ditentukan oleh integrasi antara kesiapan sosial, keberlanjutan etika bisnis, dan relevansi teknologi terhadap kapasitas lokal. Dalam konteks ini, penelitian ini memiliki posisi yang kuat sebagai model otomasi berskala mikro yang ramah terhadap kebutuhan pelaku UMKM. Dengan pendekatan yang hemat energi, sederhana secara teknis, namun tetap efektif secara produksi, solusi ini dapat direplikasi pada berbagai sektor makanan kecil di negara berkembang lain.

Studi internasional lainnya menunjukkan bahwa adopsi otomasi di sektor UMKM memerlukan pendekatan menyeluruh, termasuk kesiapan teknologi dan pelatihan. Jamil et al. (2025) [24] menyatakan bahwa kesiapan teknologi secara organisasi menjadi kunci keberhasilan otomatisasi di negara berkembang seperti Pakistan. Sementara itu, Atieh et al. (2023) [25] menggarisbawahi bahwa risiko ketergantungan terhadap teknologi akan tinggi jika pelaku UMKM tidak dibekali keterampilan teknis yang memadai. Kedua studi ini memperkuat urgensi dukungan pelatihan dan pendampingan dalam penerapan mesin pencetak otomatis yang dikembangkan dalam penelitian ini.

4. Kesimpulan

Penelitian ini membuktikan bahwa mesin pencetak bakso otomatis dengan sistem potong berbentuk sendok mampu meningkatkan produktivitas hingga tiga kali lipat dibandingkan metode manual, dengan rata-rata produksi 149,5 butir per menit. Selain itu, efisiensi energi sebesar 0,5 kWh per jam dan penghematan biaya operasional hingga Rp 2,8 juta per bulan menjadikan mesin ini sebagai solusi investasi yang sangat potensial bagi pelaku UMKM. Dari sisi kualitas produk, mesin ini menghasilkan bakso dengan konsistensi ukuran yang tinggi ($\geq 90\%$ sesuai standar 25 mm), sementara daya tahan komponen mekanis utamanya mendukung pemakaian jangka panjang dengan kebutuhan perawatan minimal.

Temuan ini juga memperkuat argumen bahwa sistem pemotongan berbentuk sendok memiliki keunggulan signifikan dibandingkan sistem eksentrik atau pisau putar, baik dari segi kestabilan ukuran maupun keandalan mekanis. Penerapan mesin ini bukan hanya berdampak pada peningkatan efisiensi produksi dan penurunan biaya, tetapi juga berpotensi mendorong modernisasi proses produksi makanan skala kecil di Indonesia. Oleh karena itu, mesin ini tidak hanya relevan untuk UMKM bakso, tetapi juga dapat dijadikan model pengembangan teknologi tepat guna untuk berbagai produk pangan serupa yang membutuhkan pencetakan massal.

Namun, keberhasilan implementasi teknologi ini tetap sangat bergantung pada kesiapan sumber daya manusia, pelatihan operator, dan dukungan infrastruktur. Oleh karena itu, disarankan adanya sinergi antara pengembang teknologi, institusi pendidikan vokasi, dan lembaga pendamping UMKM untuk memastikan adopsi teknologi berjalan secara efektif dan berkelanjutan. Penelitian lanjutan disarankan untuk menguji kinerja mesin dalam berbagai variasi adonan dan kondisi produksi nyata di lapangan, serta mengeksplorasi kemungkinan digitalisasi kontrol untuk pengaturan parameter produksi secara fleksibel.

Kesimpulan dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa mesin pencetak bakso dengan sistem potong berbentuk sendok memiliki dampak positif yang signifikan bagi UMKM. Dengan berbagai keuntungan yang ditawarkan, mulai dari peningkatan produksi, efisiensi energi, penghematan biaya operasional, serta keandalan mekanis yang tinggi, mesin ini menjadi solusi inovatif yang dapat membantu UMKM berkembang dan bersaing di industri makanan olahan.

5. Referensi

- [1] N. Pranata *et al.*, “Technology Adoption Issues and Challenges for Micro, Small and Medium Enterprises: A Case Study of the Food and Beverage Sub-Sector in Indonesia*,” *J. Asian Financ.*, vol. 9, no. 3, pp. 265–0274, 2022, doi: 10.13106/jafeb.2022.vol9.no3.0265.
- [2] R. Riswandi and I. Permadi, “Business Sustainability Through Technology Adoption: Readiness and Acceptance of E-commerce Technology in MSMEs,” *KnE Soc. Sci.*, vol. 2022, no. August 2020, pp. 243–256, 2022, doi: 10.18502/kss.v7i14.11973.
- [3] B. Sugiyanto and B. I. Muhtadi, “Pengaruh Putaran Screw terhadap Keluarnya Adonan dari Nosel Mesin Pencetak Bakso,” in *Jurnal Politeknosains Vol.17*, LPPM Politeknik Pratama Mulia Surakarta, 2018, pp. 29–35.
[Online]. Available: <http://jurnal.politama.ac.id/index.php/politeknosains/article/view/43>
- [4] A. S. R. Oktaviani and A. P. Riyan, “Rancang Bangun Alat Pencetak Pentol Bakso Cetakan Setengah Bola Dengan Putaran 360° Menggunakan Sistem Eksentrik,” 2019, [Online]. Available: [http://repository.polman-babel.ac.id/id/eprint/221/1/RICA O 3 PCM B.pdf](http://repository.polman-babel.ac.id/id/eprint/221/1/RICA%203%20PCM%20B.pdf)
- [5] T. Aulawi and D. A. N. Retry, “Sifat Fisik Bakso Daging Sapi dengan Bahan Pengenyal dan Lama Penyimpanan yang Berbeda,” vol. 6, no. 2, 2009.
- [6] Y. D. Novitasari, “Perhitungan Ulang Transmisi Sabuk Dan Puli Serta Pemilihan Alternator Pada Kinetic Flywheel Conversion I (Kfc I) Untuk Memaksimalkan Kerja Alat Di Terminal Bbm Surabaya Group – Pertamina Perak,” no. Kfc I, pp. 57–71, 2018.
- [7] G. J. Serrano-Torres, A. L. López-Naranjo, P. L. Larrea-Cuadrado, and G. Mazón-Fierro, “Transformation of the Dairy Supply Chain Through Artificial Intelligence: A Systematic Review,” *Sustain.*, vol. 17, no. 3, 2025, doi: 10.3390/su17030982.
- [8] M. T. Cuomo, C. Genovino, F. De Andreis, G. Fauceglia, and A. Papa, “Digital strategic collaborations in agriculture: a novel asset for local identity enhancement toward Agrifood 5.0,” *Br. Food J.*, vol. 126, no. 11, pp. 3922–3952, Jan. 2024, doi: 10.1108/BFJ-05-2024-0431.
- [9] M. T. Setiadi, “IJMSIT The Impact of Technological Innovation on Sustainability and Competitiveness in the Food and Beverage Industry Sector,” vol. 4, no. December, pp. 438–449, 2024.
- [10] B. Rinaldi and I. Ikhwan, “INOVASI TEKNOLOGI TEPAT GUNA DALAM OPTIMALISASI SISTEM MANUFAKTUR DAN PROSES PRODUKSI,” *J. Tek. dan Teknol. Tepat Guna*, vol. 1, no. 3, pp. 106–113, 2022.
- [11] M. S. Kusmulyono, “Mekanisasi Produksi untuk Peningkatan Kualitas dan Standardisasi Produk UMKM LeBon Tangerang,” *J. Pengabd.*, vol. 3, no. 2, p. 65, 2020, doi: 10.26418/jplp2km.v3i2.40650.
- [12] A. Roziqin, R. A. K. Mursit, A. B. Anggoro, and T. A. Achmadi, “Peningkatan Produktivitas Pengolahan Makanan Bomah Resto Melalui Pengembangan Mesin Pencetak Bakso Multi Kapasitas,” *Surya Abdimas*, vol. 7, no. 3, pp. 506–514, 2023, doi: 10.37729/abdimas.v7i3.2578.
- [13] M. A. Fitrah, M. Taufiq, and H. H. Utami, “Pengenalan Teknologi Tepat Guna : Pemilihan Bahan Stainless Steel dalam Pembuatan Alat Pangan untuk Meningkatkan Keamanan dan Kualitas Produk,” vol. 2, no. 2, pp. 130–135, 2024.
- [14] D. Adil and F. Abadi, “Pengujian performa alat pencetak mi aci tepung singkong sistem hidrolik,” vol. 21, no. 01, pp. 119–131, 2022.
- [15] F. L. Sanjaya, T. Subekti, and F. Fatkhurrozak, “MESIN ADONAN DAN PENCETAK MIE DENGAN PENGGERAK MOTOR LISTRIK 0,25 HP,” *J. Mech. Eng.*, vol. 8, no. 2, pp. 40–44, 2019.
- [16] F. T. Putri, G. Luthfiansyah, R. T. Indrawati, B. Prasetyo, and S. Priyoatmojo, “Analisa Efek Otomatisasi Proses terhadap Kapasitas Produksi dengan Studi Kasus Mesin Selotip Semi Otomatis di Industri Pengemasan,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 16, no. 2, p. 286, 2021, doi: 10.32497/jrm.v16i2.2865.
- [17] R. T. Indrawati, F. T. Putri, R. A. Rochmatika, and H. Prawibowo, “Peningkatan Kapasitas Produksi melalui Rancang Bangun Mesin Semi Otomatis Pemetong Adonan Kerupuk,” *J. Rekayasa Mesin*, vol. 16, no. 3, p. 437, 2021, doi: 10.32497/jrm.v16i3.3072.

- [18] L. F. Rahmasari, M. Faturokhman, and F. A. Kurniawan, "Analisis Kepuasan Konsumen Pada Penerapan Pemasaran Digital Untuk Komoditas Peternakan," *J. Sains Terap.*, vol. 12, no. 1, pp. 54–65, 2022, doi: 10.29244/jstsv.12.1.54-65.
- [19] R. Pramudita, M. A. P. Ramadhan, M. R. Ashari, R. A. Nafisa, and D. N. Rahmawati, "Analisis Dampak Otomasi Industri terhadap Efisiensi Operasional dan Optimasi Konsumsi Energi," *J. Ilm. Teknol. Infomasi Terap.*, 2024, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:274832511>
- [20] K. Sultan, S. Suliawati, and W. Novarika, "Perhitungan Umur Ekonomis Mesin Conveyor di PT Wings Group," *Fact. J. Ind. Manaj. dan Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 2, no. 2, pp. 89–96, 2024, doi: 10.56211/factory.v2i2.500.
- [21] Fahrizal, S. Mau, Priyono, K. Basri, E. Suprpto, and W. E. Bianome, "Disain dan Evaluasi Kinerja Mesin Pengiris Ubi Kayu pada Berbagai Kecepatan dan Tebal Pengirisan," *J. Pendidik. Tek. Mesin Undiksha*, 2024, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:271713222>
- [22] A. P. Budijono and W. D. Kurniawan, "Efisiensi Proses Produksi Batik Melalui Penerapan Mesin Pengereng Batik Dan Kompor Pemanas Lilin Batik Semi Otomatis," *Otopro*, vol. 13, no. 1, p. 30, 2019, doi: 10.26740/otopro.v13n1.p30-34.
- [23] A. V. Kulkarni, S. Joseph, and K. P. Patil, "Artificial intelligence technology readiness for social sustainability and business ethics: Evidence from MSMEs in developing nations," *Int. J. Inf. Manag. Data Insights*, vol. 4, no. 2, p. 100250, 2024, doi: 10.1016/j.jjime.2024.100250.
- [24] K. Jamil, W. Zhang, A. Anwar, and S. Mustafa, "Exploring the Influence of AI Adoption and Technological Readiness on Sustainable Performance in Pakistani Export Sector Manufacturing Small and Medium-Sized Enterprises," *Sustain.*, vol. 17, no. 8, 2025, doi: 10.3390/su17083599.
- [25] A. M. Atieh, K. O. Cooke, and O. Osiyevskyy, "The role of intelligent manufacturing systems in the implementation of Industry 4.0 by small and medium enterprises in developing countries," *Eng. Reports*, vol. 5, no. 3, pp. 1–21, 2023, doi: 10.1002/eng2.12578.