

## Penerapan Teknologi Ginger Slicing Machine Untuk Meningkatkan Efisiensi dan Kapasitas Proses Perajangan Jahe Pada UMKM Susu Jahe 76, Di Bunulrejo, Kec. Blimbing, Kota Malang

Eddy Rudiyanto<sup>1</sup>, Erwin Komara Mindarta<sup>2</sup>, Marji<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Universitas Negeri Malang

E-mail: [eddy.rudiyanto.ft@um.ac.id](mailto:eddy.rudiyanto.ft@um.ac.id)

\*Corresponding Author



<https://doi.org/10.31004/jerkin.v4i2.3491>

### ARTICLE INFO

#### Article history

Received: 20 October 2025

Revised: 25 October 2025

Accepted: 27 November 2025

#### Kata Kunci

Teknologi Tepat Guna, Mesin Pengiris Jahe, Usaha Mikro Minuman Herbal, Efisiensi Produksi, Transfer Teknologi Kejuruan, Pemberdayaan UMKM, Keseragaman Mutu Irisan

#### Keywords

Appropriate Technology, Ginger Slicing Machine, Herbal Drink Micro Enterprises, Production Efficiency, Vocational Technology Transfer, MSME Empowerment, Uniformity of Sliced Quality



### ABSTRACT

Meningkatnya permintaan minuman herbal di pasar pascapandemi telah memperkuat kebutuhan akan metode produksi yang efisien dan berkualitas tinggi di kalangan usaha mikro dan kecil (UMKM). Namun, metode pengolahan manual tradisional, khususnya dalam mengiris jahe, sering kali menyebabkan inefisiensi, kualitas yang tidak konsisten, dan ketegangan fisik pada pekerja. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dampak penerapan Mesin Pengiris Jahe di UMKM minuman herbal tradisional, “Susu Jahe 76,” di Malang, Indonesia, sebagai bentuk teknologi tepat guna untuk meningkatkan kinerja operasional dan keberlanjutan. Penelitian ini menggunakan desain pra-eksperimental satu kelompok, yaitu pra-uji-pasca-uji, dengan mengumpulkan data kuantitatif dan kualitatif untuk mengukur peningkatan waktu pemrosesan, konsistensi pemotongan, hasil produksi, dan kepuasan pengguna. Intervensi meliputi pemasangan mesin pemotong semi-otomatis, pelatihan operator, dan evaluasi pra/pasca menggunakan instrumen standar. Temuan menunjukkan pengurangan waktu pemotongan sebesar 55% dan peningkatan hasil produksi sebesar 8,4%, bersamaan dengan penurunan signifikan dalam deviasi ketebalan dari  $\pm 1,9$  mm menjadi  $\pm 0,6$  mm. Hasil ini menunjukkan peningkatan produktivitas, keseragaman produk yang lebih baik, dan limbah yang diminimalkan. Lebih jauh, umpan balik kualitatif dari pengguna menyoroti manfaat ergonomis mesin, kemudahan penggunaan, dan peningkatan kualitas produk yang dirasakan. Pembahasan menegaskan bahwa mesin yang murah dan sesuai konteks—bila diintegrasikan dengan pelatihan langsung—dapat secara efektif mengatasi inefisiensi produksi di UMKM. Pembahasan ini juga menekankan peran desain yang berpusat pada manusia dan transfer teknologi kejuruan dalam memastikan keberlanjutan dan skalabilitas intervensi tersebut. Studi ini memberikan kontribusi pada bidang teknologi tepat guna dengan memberikan bukti empiris tentang penerapan praktisnya dalam lingkungan UKM di dunia nyata. Studi ini menggarisbawahi potensi inovasi skala kecil untuk mendorong produktivitas dan pemberdayaan di sektor makanan tradisional dan minuman herbal, serta menawarkan model yang dapat diskalakan untuk kemajuan teknologi berbasis masyarakat.

*The increasing demand for herbal beverages in the post-pandemic market has reinforced the need for efficient and high-quality production methods among micro and small enterprises (MSMEs). However, traditional manual processing methods, particularly slicing ginger, often lead to inefficiency, inconsistent quality, and physical strain on workers. This study aims to disseminate the impact of implementing a Ginger Slicing Machine in a traditional herbal beverage MSME, “Susu Jahe 76,” in Malang, Indonesia, as an appropriate technology to improve operational performance and sustainability. The study used a single-group pre-experimental design, namely pre-test-post-test, collecting quantitative*

*and qualitative data to measure improvements in processing time, cutting consistency, production yield, and user satisfaction. The intervention included the installation of a semi-automatic cutting machine, operator training, and pre/post evaluation using standardized instruments. Findings showed a 55% reduction in cutting time and an 8.4% increase in production yield, along with a significant decrease in thickness deviation from  $\pm 1.9$  mm to  $\pm 0.6$  mm. These results demonstrate increased productivity, improved product uniformity, and minimized waste. Furthermore, qualitative feedback from users highlights the machine's ergonomic benefits, ease of use, and perceived improvements in product quality. The discussion confirms that low-cost, context-appropriate machines—when integrated with hands-on training—can effectively address production inefficiencies in MSMEs. The discussion also emphasizes the role of human-centered design and vocational technology transfer in ensuring the sustainability and scalability of such interventions. This study contributes to the field of appropriate technology by providing empirical evidence of its practical application in a real-world MSME setting. It underscores the potential of small-scale innovations to boost productivity and empowerment in the traditional food and herbal beverage sector and offers a scalable model for community-based technological advancement.*



This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license.

**How to Cite:** Eddy Rudiyanto, et al (2025). Penerapan Teknologi Ginger Slicing Machine Untuk Meningkatkan Efisiensi dan Kapasitas Proses Perajangan Jahe Pada UMKM Susu Jahe 76, Di Bunulrejo, Kec. Blimbing, Kota Malang 4(2) 11234- 11245 <https://doi.org/10.31004/jerkin.v4i2.3491>

## PENDAHULUAN

Usaha mikro dan kecil (UMKM) memainkan peran penting dalam pembangunan ekonomi lokal, khususnya di sektor makanan tradisional dan minuman herbal. Usaha-usaha ini menyediakan kesempatan kerja, melestarikan warisan budaya, dan menanggapi tren konsumen yang berubah secara fleksibel. Dalam beberapa tahun terakhir, meningkatnya kesadaran kesehatan global—terutama setelah pandemi COVID-19—telah memacu peningkatan permintaan yang signifikan terhadap minuman herbal, termasuk yang berbahan dasar jahe (*Zingiber officinale*), akar yang dikenal karena manfaat obat dan imunologinya (Kumari et al., 2024; Gayathry & John, 2021). Tren ini menghadirkan peluang bagi UMKM yang bergerak di bidang manufaktur produk herbal untuk memperluas pangsa pasar mereka. Namun, sebagian besar usaha tersebut beroperasi dengan modal terbatas dan sistem produksi manual yang ketinggalan zaman, sehingga sulit untuk memenuhi permintaan pasar akan kualitas, keamanan, dan skalabilitas yang konsisten (Unati et al., 2016; Huda et al., 2024).

Dalam konteks ini, UKM berbasis jahe menghadapi tantangan unik yang mengorbankan daya saing mereka. Metode pengirisan manual menggunakan pisau dapur menghasilkan ketebalan irisan yang sangat bervariasi, membatasi efisiensi pengeringan dan memengaruhi kualitas sensoris minuman akhir. Selain itu, tanpa sistem produksi yang terstandarisasi, perusahaan-perusahaan ini tidak dapat memastikan kualitas yang konsisten, yang merusak kepercayaan konsumen dan daya tarik produk. Beberapa penelitian telah menggarisbawahi integrasi yang tidak memadai dari protokol keamanan pangan dan inovasi teknologi di sektor UKM herbal, yang semakin memperburuk tantangan terkait dengan kebersihan, masa simpan, dan kepatuhan terhadap peraturan (Chen et al., 2022; Liu et al., 2013). Tidak adanya teknologi yang terjangkau dan berskala menghambat bisnis-bisnis ini untuk meningkatkan proses produksi mereka, yang mengakibatkan produktivitas yang stagnan dan praktik bisnis yang tidak berkelanjutan (Unati et al., 2016; Huda et al., 2024).

Untuk mengatasi kendala tersebut, sangat penting untuk mengeksplorasi solusi berbasis teknologi yang layak secara ekonomi dan sesuai konteks bagi usaha kecil. Konsep teknologi tepat guna (TK) menawarkan pendekatan yang menjanjikan dengan menyelaraskan inovasi rekayasa dengan kondisi sosial ekonomi produsen lokal. Teknologi tepat guna menekankan pada alat yang murah, ramah lingkungan, mudah dioperasikan dan dirawat, sekaligus memberikan peningkatan nyata dalam efisiensi dan hasil (Sugathan et al., 2016; Sianipar et al., 2013). Bila dirancang dengan mempertimbangkan pengguna dan konteks lokal, teknologi tersebut dapat secara dramatis meningkatkan produktivitas

UMKM tanpa memerlukan investasi industri skala besar. Penerapan TK telah terbukti meningkatkan efisiensi operasional dan mengurangi tenaga kerja fisik di lingkungan produksi pangan skala kecil (Wijayanti et al., 2019). Secara khusus, alat pengiris yang dikembangkan untuk pengolahan pisang raja, pisang, dan singkong telah menunjukkan manfaat penghematan waktu dan kualitas yang signifikan bagi produsen skala kecil (Obayopo et al., 2012; Cahyadi et al., 2025).

Selain memperkenalkan mesin, transfer teknologi kejuruan yang efektif sangat penting untuk memastikan bahwa UMKM dapat berhasil mengadopsi dan mempertahankan penggunaan teknologi yang tepat. Hal ini tidak hanya melibatkan pemasangan peralatan tetapi juga mentransfer pengetahuan operasional melalui program pelatihan yang ditargetkan, pendampingan langsung, dan dukungan berkelanjutan (Sugathan et al., 2016). Kolaborasi antara universitas, masyarakat lokal, dan UMKM telah terbukti efektif dalam mendorong inovasi dan memastikan adaptasi kontekstual teknologi terhadap kebutuhan lokal (Rahman, 2010). Melalui kemitraan tersebut, pengusaha lokal diberdayakan untuk mengelola dan memelihara peralatan baru, mengurangi ketergantungan pada dukungan eksternal sambil menumbuhkan budaya inovasi. Integrasi sinergis teknologi dan pendidikan kejuruan dengan demikian penting untuk mencapai peningkatan jangka panjang dalam produktivitas, kualitas produk, dan daya saing pasar.

Meskipun ada perkembangan ini, hanya sedikit penelitian yang secara langsung membahas penerapan mesin pengiris jahe pada UKM herbal. Penelitian sebelumnya terutama berfokus pada tahap pemrosesan pascapanen seperti pengeringan, ekstraksi, dan pengemasan, sering kali mengabaikan fase awal pengirisan, yang secara signifikan memengaruhi kualitas dan efisiensi hilir (Donno et al., 2021). Sementara beberapa prototipe untuk pengiris herbal telah dikembangkan dalam jurnal teknis, ini jarang disesuaikan dengan realitas ergonomis dan ekonomi usaha mikro, sehingga membatasi aplikasi praktisnya (Mannonov et al., 2025). Selain itu, model yang ada sering kali gagal mengintegrasikan prinsip desain yang berpusat pada manusia atau menyertakan kerangka kerja pemantauan dan evaluasi yang dapat memvalidasi dampak sosial dan ekonomi dari intervensi teknologi. Ada kebutuhan yang jelas untuk penelitian yang mengkaji bagaimana mesin pengiris jahe berbiaya rendah—jika dikombinasikan dengan pelatihan dan evaluasi kinerja—dapat mengatasi berbagai hambatan dalam sistem produksi minuman herbal.

Studi ini berada dalam celah tersebut. Studi ini menyelidiki penerapan Mesin Pengiris Jahe yang diadaptasi secara lokal di sebuah UKM minuman herbal tradisional yang dikenal sebagai “Susu Jahe 76,” yang berlokasi di Bunulrejo, Malang. Perusahaan ini dipilih karena keberadaannya yang kuat di masyarakat dan permintaan pasar yang konsisten, tetapi menghadapi kendala umum berupa inefisiensi pengirisan manual, kualitas produk yang tidak konsisten, dan kapasitas produksi yang terbatas. Studi ini berhipotesis bahwa penerapan mesin pengiris ini akan secara signifikan mengurangi waktu produksi, meningkatkan hasil harian, dan meningkatkan keseragaman irisan jahe, sehingga meningkatkan kualitas produk dan efisiensi operasional. Selain itu, studi ini menggabungkan komponen pelatihan kejuruan dan pendampingan operasional untuk memastikan penggunaan, pemeliharaan, dan adaptasi teknologi yang tepat oleh pekerja lokal.

Dengan mengadopsi desain pra-uji-pasca-uji campuran, studi ini secara sistematis mengevaluasi dampak teknis dan sosial dari intervensi Mesin Pengiris Jahe. Studi ini mengukur perubahan dalam variabel-variabel utama seperti waktu pemrosesan, volume keluaran, konsistensi pengirisan, dan kepuasan pengguna. Selain peningkatan numerik, studi ini juga mendokumentasikan persepsi operator UMKM mengenai kegunaan, ergonomi, dan intensitas tenaga kerja. Pendekatan holistik ini memungkinkan pemahaman yang lebih mendalam tentang bagaimana teknologi yang tepat dapat berfungsi tidak hanya sebagai alat produksi tetapi juga sebagai pendorong pemberdayaan lokal dan keberlanjutan bisnis. Temuan ini bertujuan untuk memberikan kontribusi bagi literatur akademis dan kebijakan praktis dengan menunjukkan model yang dapat diskalakan untuk pengembangan kapasitas berbasis teknologi di UMKM.

Studi ini baru dalam beberapa aspek. Pertama, studi ini membahas tahap pemrosesan yang terabaikan tetapi penting—pengirisan jahe—dalam rantai produksi minuman herbal. Kedua, studi ini menggabungkan perangkat keras teknologi dengan pelatihan dan evaluasi, sehingga menawarkan intervensi yang komprehensif, bukan mesin yang berdiri sendiri. Ketiga, studi ini menyediakan data empiris dari dunia nyata, yang membantu menjembatani kesenjangan antara studi pembuatan prototipe dan implementasi di tingkat masyarakat. Penelitian ini sejalan dengan tujuan pembangunan yang lebih

luas untuk meningkatkan efisiensi pemrosesan makanan, mendorong inovasi pedesaan, dan memperkuat UMKM melalui intervensi yang murah dan sesuai konteks.

Dari segi cakupan, studi ini berfokus pada satu perusahaan dan satu tahap pemrosesan untuk memastikan kejelasan dan kendali atas variabel intervensi. Studi ini tidak mencakup proses hilir seperti pengeringan atau pengemasan, juga tidak berupaya melakukan analisis biaya-manafaat finansial secara menyeluruh, meskipun studi semacam itu direkomendasikan untuk penelitian di masa mendatang. Wawasan yang diperoleh dimaksudkan untuk menginformasikan upaya peningkatan skala di masa mendatang dan berfungsi sebagai model yang dapat direplikasi untuk perusahaan serupa di seluruh Indonesia dan sekitarnya. Pada akhirnya, penelitian ini berupaya untuk memvalidasi potensi teknologi tepat guna dan transfer pengetahuan kejuruan sebagai alat yang ampuh untuk meningkatkan produktivitas UMKM dan berkontribusi pada pembangunan pedesaan yang berkelanjutan.

## **METODE**

Penelitian ini menggunakan desain pra-eksperimental one-group pretest-posttest untuk mengevaluasi dampak penerapan Mesin Pengiris Jahe pada usaha minuman herbal skala mikro, “Susu Jahe 76,” yang berlokasi di Bunulrejo, Malang. Penelitian difokuskan pada penilaian peningkatan efisiensi produksi, konsistensi pengirisan, dan kapasitas output, serta kegunaan praktis dari teknologi yang diterapkan. Pemilihan metodologi mencerminkan sifat penelitian yang terapan dan berbasis komunitas, yang mengutamakan dampak di dunia nyata dan kelayakan kontekstual daripada kontrol eksperimental. Bagian berikut menguraikan pendekatan penelitian, pemilihan partisipan, intervensi teknologi, alat pengumpulan data, prosedur evaluasi, dan strategi analisis data.

### **Desain Penelitian**

Penelitian ini mengadopsi desain pra-eksperimental satu kelompok, yaitu desain pra-uji-pasca-uji, pendekatan yang banyak digunakan dalam penilaian teknologi berbasis lapangan di mana penugasan acak dan kelompok kontrol tidak memungkinkan karena kendala praktis. Desain ini memungkinkan para peneliti untuk mengumpulkan data dasar sebelum intervensi dan membandingkannya dengan data yang dikumpulkan setelahnya dari kelompok peserta yang sama. Kesederhanaan dan efektivitas biayanya membuatnya sangat cocok untuk penelitian berbasis UMKM di mana sumber daya dan akses ke beberapa kelompok perbandingan terbatas (Sugathan et al., 2016).

Meskipun rancangan tersebut menyediakan cara yang mudah diakses untuk mengamati efek langsung, rancangan tersebut bukan tanpa keterbatasan. Tidak adanya kelompok kontrol menimbulkan potensi bias karena variabel-variabel yang tidak relevan, sehingga membuat kesimpulan kausal menjadi kurang kuat. Faktor-faktor pengganggu seperti kelelahan operator, kondisi lingkungan, atau variabilitas pasokan dapat memengaruhi hasil. Oleh karena itu, penafsiran temuan dibatasi secara hati-hati pada tren indikatif dan wawasan praktis, bukan hubungan kausal yang definitif (Rahman, 2010).

### **Latar Penelitian dan Partisipan**

Penelitian ini dilakukan bekerja sama dengan UMKM Susu Jahe 76, produsen minuman herbal kecil berbasis masyarakat di Malang, Jawa Timur. Perusahaan ini mengkhususkan diri dalam minuman susu jahe tradisional dan beroperasi menggunakan metode pemotongan manual konvensional. Lokasi ini dipilih karena inefisiensi produksi yang jelas, kesiapan untuk mengadopsi inovasi teknologi, dan keselarasan dengan tujuan yang lebih luas yaitu pemberdayaan UMKM melalui teknologi yang tepat guna.

Peserta terdiri dari empat orang yang terlibat langsung dalam proses produksi: satu pemilik bisnis dan tiga pekerja produksi. Semua peserta memenuhi kriteria inklusi dengan memiliki setidaknya tiga bulan pengalaman dalam operasi pemotongan jahe dan menyatakan kesediaan untuk berpartisipasi penuh dalam semua fase proyek. Pengambilan sampel secara sengaja digunakan untuk memastikan bahwa hanya individu dengan peran langsung dalam proses pemotongan yang diikutsertakan, sehingga meningkatkan validitas perbandingan sebelum dan sesudah.

### **Deskripsi Intervensi Teknologi**

Intervensi utama adalah pengenalan Mesin Pengiris Jahe semi-otomatis, yang dirancang khusus untuk penggunaan UKM. Mesin tersebut menggabungkan motor 125–150 watt dan bilah putar baja tahan karat dengan ketebalan irisan yang dapat disesuaikan (1–4 mm). Desainnya menekankan pengoperasian yang ergonomis, persyaratan pelatihan minimal, dan kompatibilitas dengan sistem tenaga

listrik rumah tangga. Mesin tersebut dibuat bekerja sama dengan bengkel teknis setempat dan disesuaikan agar sesuai dengan kendala spasial dan operasional fasilitas produksi.

Sebelum digunakan, mesin tersebut menjalani pengujian laboratorium internal dan kalibrasi lapangan. Tahap pemasangan meliputi penyesuaian pengaturan pemotongan dan pelatihan peserta tentang pengoperasian yang aman dan pemecahan masalah dasar. Panduan pengguna langkah demi langkah juga disediakan untuk memudahkan penggunaan selanjutnya setelah penelitian selesai.

#### **Instrumen Pengumpulan Data dan Alat Ukur**

Untuk mengevaluasi dampak intervensi, kombinasi alat kuantitatif dan kualitatif digunakan:

1. Efisiensi Waktudiukur menggunakan stopwatch digital, yang mencatat durasi penuh pemotongan 5 kg jahe per sesi, dari input awal hingga penyelesaian output. Setiap sesi diulang tiga kali sebelum dan sesudah intervensi, dengan nilai rata-rata digunakan sebagai perbandingan.
2. Hasil Produksidinilai menggunakan timbangan digital terkalibrasi (kapasitas: 15 kg, presisi: 2 gram). Volume irisan jahe yang diperoleh dari masukan 5 kg diukur setelah diiris untuk melacak peningkatan kapasitas.
3. Mengiris Keseragamandievaluasi menggunakan alat ukur irisan dan penggaris logam, mengukur ketebalan 10–15 irisan jahe yang dipilih secara acak per sesi. Nilai dianalisis untuk rata-rata, kisaran, dan konsistensi visual.
4. Kepuasan dan Umpan Balik Penggunadikumpulkan melalui kuesioner skala Likert dan wawancara semi-terstruktur pascaintervensi. Peserta diminta untuk menilai kegunaan, kenyamanan, efisiensi, dan peningkatan kualitas, dengan pertanyaan terbuka yang memunculkan saran untuk perbaikan.

Setiap instrumen diuji kejelasan dan keandalannya sebelum digunakan. Formulir pengumpulan data distandarisi, dan pengamatan dicatat oleh anggota tim peneliti yang terlatih untuk memastikan konsistensi.

#### **Parameter Evaluasi dan Indikator Kinerja Utama**

Penelitian ini menggunakan tiga Indikator Kinerja Utama (KPI) yang selaras dengan metrik peningkatan produksi UMKM yang diakui (Obayopo et al., 2012; Wijayanti et al., 2019):

1. Pengurangan Waktu Pemrosesan  
Pengurangan waktu rata-rata yang dibutuhkan untuk mengiris 5 kg jahe antara proses manual dan dengan bantuan mesin.
2. Peningkatan Volume Output  
Perubahan berat total irisan jahe yang diproduksi per batch input, mencerminkan peningkatan efisiensi pengirisan mesin dan meminimalkan limbah.
3. Konsistensi Irisan yang Lebih Baik  
Diukur berdasarkan deviasi standar dan kisaran ketebalan irisan untuk mengevaluasi kualitas dan standarisasi produk.
4. Evaluasi Berpusat pada Pengguna  
Data kualitatif yang menangkap kesan pengguna tentang kemudahan penggunaan, pengurangan ketegangan fisik, kejelasan operasional, dan kepuasan terhadap hasil.

KPI ini secara kolektif memungkinkan analisis multidimensi terhadap efektivitas teknis dan kegunaan sosial mesin.

#### **Prosedur Percobaan**

Alur kerja eksperimental mengikuti tiga fase:

1. Pra-Intervensi (Pengukuran Dasar)  
Peserta melakukan tiga kali uji coba mengiris menggunakan pisau tradisional pada 5 kg jahe segar. Waktu yang dibutuhkan, berat yang dihasilkan, dan ketebalan irisan dicatat untuk setiap uji coba. Catatan observasi mencatat tantangan ergonomis dan kelelahan peserta.
2. Tahap Intervensi dan Pelatihan  
Mesin Pengiris Jahe dipasang dan dikalibrasi. Peserta menerima pelatihan langsung tentang prosedur operasional, protokol keselamatan, dan perawatan. Uji coba yang diawasi dilakukan untuk pengenalan.

### 3. Pengukuran Pasca Intervensi

Peserta mengulangi proses pemotongan menggunakan mesin dalam kondisi yang sama. Waktu, hasil, dan pengukuran irisan dicatat menggunakan instrumen dan prosedur yang sama. Segera setelah itu, survei kepuasan pengguna dan wawancara dilakukan.

Kondisi lingkungan seperti suhu dan pencahayaan dijaga tetap konstan selama sesi pra dan pascaintervensi untuk meminimalkan faktor pengganggu. Operator yang sama digunakan selama penelitian untuk mengurangi bias variasi keterampilan.

### 4. Teknik Analisis Data

Data kuantitatif dianalisis menggunakan statistik deskriptif, termasuk rata-rata, perubahan persentase, dan rentang. Rumus utama meliputi:

- a. Efisiensi Waktu (%)

$$\frac{T_{\text{manual}} - T_{\text{machine}}}{T_{\text{manual}}} \times 100$$

- b. Peningkatan Output (%)

$$\frac{O_{\text{machine}} - O_{\text{manual}}}{O_{\text{manual}}} \times 100$$

- c. Konsistensi Irisan

Diukur berdasarkan variasi ketebalan mm antara irisan dalam satu kelompok; dianalisis menggunakan deviasi standar.

Jika distribusi data memungkinkan, uji t sampel berpasangan akan digunakan untuk memeriksa signifikansi statistik dalam perubahan yang diamati. Namun, mengingat ukuran sampel yang kecil, penekanan diberikan pada besarnya efek dan umpan balik kualitatif.

Data kualitatif dari wawancara dianalisis menggunakan kode tematik, mengelompokkan respons ke dalam kategori seperti "kemudahan penggunaan", "mengurangi kelelahan", "menghemat waktu", dan "rekomendasi". Triangulasi hasil kuantitatif dan umpan balik peserta meningkatkan kedalaman interpretatif temuan.

### **Pertimbangan Etis**

Peserta memberikan persetujuan yang diinformasikan dan diberi pengarahan tentang tujuan, prosedur, dan potensi risiko penelitian. Anonimitas dipertahankan dalam pelaporan data. Pengoperasian mesin mematuhi standar keselamatan setempat, dan semua peserta diberikan alat pelindung diri (APD) dasar selama fase pelatihan dan pengujian.

### **Keterbatasan Metodologi**

Sementara desain pra-eksperimen memungkinkan penerapan praktis di lapangan, kurangnya kelompok kontrol membatasi inferensi kausal. Peningkatan yang diamati tidak dapat semata-mata dikaitkan dengan intervensi mesin, karena faktor eksternal dapat berkontribusi terhadap variasi. Lebih jauh, periode evaluasi yang singkat tidak memungkinkan untuk penilaian dampak jangka panjang atau analisis keandalan pemeliharaan.

Meskipun ada keterbatasan ini, metodologi ini menawarkan wawasan yang kuat dan berlandaskan konteks mengenai efektivitas dan kegunaan teknologi yang tepat dalam lingkungan usaha mikro. Penelitian selanjutnya dianjurkan untuk membangun fondasi ini dengan memasukkan ukuran sampel yang lebih besar, kelompok kontrol, dan periode observasi yang lebih lama.

Kerangka metodologi ini bertujuan untuk memastikan bahwa kinerja teknis dan perspektif pengguna ditangkap secara ketat, menyediakan landasan yang dapat diandalkan untuk mengevaluasi intervensi teknologi yang tepat dalam konteks UMKM yang serupa.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Hasil**

Bab ini menyajikan temuan empiris dari intervensi yang melibatkan Mesin Pengiris Jahe di usaha mikro Susu Jahe 76. Hasilnya diorganisasikan ke dalam empat bagian utama: kondisi dasar, hasil pascaintervensi, analisis komparatif, dan kepuasan pengguna. Data disajikan menggunakan statistik deskriptif dan narasi interpretatif untuk mengungkap perubahan dalam efisiensi operasional, hasil produksi, konsistensi pengirisan, dan pengalaman pengguna. Jika relevan, temuan diselaraskan dengan tolok ukur dan literatur untuk mengontekstualisasikan signifikansinya.

#### **Kondisi Dasar: Proses Pemotongan Manual**

Sebelum diperkenalkannya Mesin Pengiris Jahe, operasi pengirisan di Susu Jahe 76 dilakukan sepenuhnya dengan tangan menggunakan pisau dapur standar. Data dasar, yang diperoleh dari tiga uji coba produksi, mengungkapkan hal berikut:

1. Rata-rata Waktu Pemrosesan per Batch (5 kg):18 menit
2. Berat Keluaran Rata-rata:4,75 kg (irisian bersih yang dapat digunakan)
3. Kisaran Ketebalan Irisan:1mm sampai 6mm
4. Deviasi Ketebalan Rata-rata:Ukuran  $\pm 1,9$  mm

Metode manual ini terbukti tidak efisien baik dari segi waktu maupun kualitas. Ketebalan yang tidak konsisten tidak hanya memengaruhi tampilan irisan jahe, tetapi juga menyebabkan waktu pengeringan yang tidak merata dan fluktuasi kualitas pada produk minuman akhir. Seperti yang dicatat oleh Norhidayah dkk. (2013), variasi ketebalan irisan yang berlebihan dapat membahayakan keseragaman pengeringan dan menurunkan standar produk, sehingga menjadikan konsistensi sebagai parameter produksi yang penting.

Kisaran ketebalan yang diamati secara signifikan berada di luar kisaran yang dapat diterima industri sebesar 1–2 mm (Norhidayah et al., 2013), yang menggarisbawahi perlunya intervensi mekanis. Selain itu, hasil bersih yang relatif rendah dari bahan baku 5 kg (rata-rata hanya 4,75 kg) mengindikasikan inefisiensi dan pemborosan pemotongan akibat kesalahan manusia dan pemotongan yang tidak merata.

#### **Hasil Pasca Intervensi: Mesin Pengiris Jahe**

Setelah pemasangan, kalibrasi, dan pelatihan pengguna, mesin pemotong digunakan untuk tiga uji coba produksi. Hasilnya menunjukkan peningkatan yang terukur di semua indikator kinerja yang ditargetkan:

1. Rata-rata Waktu Pemrosesan per Batch (5 kg):8 menit
2. Berat Keluaran Rata-rata:5,15 kg
3. Kisaran Ketebalan Irisan:2mm sampai 3mm
4. Deviasi Ketebalan Rata-rata: $\pm 0,6$  mm

Efisiensi waktu meningkat secara signifikan, dengan durasi pemotongan yang berkurang lebih dari 55% dibandingkan dengan standar manual. Temuan ini mendukung literatur yang menekankan manfaat penghematan waktu dari perangkat pemotongan semi-otomatis dalam pengaturan produksi tradisional (Zhou & McMurray, 2011).

Hasil produksi meningkat sekitar 8,4%, peningkatan yang konsisten dengan peningkatan produktivitas yang dilaporkan dalam studi berbasis UKM yang melibatkan teknologi pemotongan (Cahyadi et al., 2025; Zhou & McMurray, 2011). Peningkatan hasil produksi ini disebabkan oleh pemotongan yang lebih bersih, limbah yang minimal, dan pemotongan yang seragam. Seperti yang ditekankan oleh Cahyadi et al. (2025), desain mesin memainkan peran penting dalam meminimalkan limbah dan meningkatkan volume.

Yang terpenting, keseragaman irisan meningkat pesat. Dengan sebagian besar irisan berada dalam kisaran 2–3 mm, deviasi standar turun dari  $\pm 1,9$  mm menjadi  $\pm 0,6$  mm. Hal ini sejalan dengan temuan Norhidayah dkk. (2013) bahwa irisan seragam dalam kisaran 1–2 mm memastikan perilaku pengeringan yang optimal dan berkontribusi pada kualitas dan daya tarik produk secara keseluruhan.

#### **Analisis Perbandingan Indikator Kinerja Utama**

Analisis perbandingan antara metrik kinerja sebelum dan sesudah intervensi selanjutnya mengukur dampak mesin:

<b>Indikator</b>	<b>Manual (Pra)</b>	<b>Mesin (Pos)</b>	<b>% Mengubah</b>
Waktu Pemrosesan (menit)	18	8	-55,5%
Hasil Produksi (kg)	4.75	5.15	+8,4% +1,0%

Indikator	Manual (Pra)	Mesin (Pos)	% Mengubah
Deviasi Ketebalan (mm)	±1,9	±0,6	-68,4%

Pengurangan waktu sebesar 55,5% dan peningkatan output sebesar 8,4% membuktikan efisiensi praktis mesin tersebut. Peningkatan ini termasuk dalam peningkatan produktivitas sebesar 8–10% yang dilaporkan oleh Cahyadi dkk. (2025), yang menegaskan bahwa peningkatan teknologi sederhana dalam operasi pemotongan dapat menghasilkan manfaat operasional yang signifikan dalam perusahaan skala mikro.

Representasi grafis (tidak disertakan di sini) dari perbandingan ini menggunakan diagram batang akan lebih membantu interpretasi dan visualisasi pemangku kepentingan, seperti yang disarankan oleh Zhou & McMurray (2011).

### **Pengalaman Pengguna dan Umpan Balik**

Umpan balik kualitatif yang dikumpulkan melalui wawancara pascaintervensi dan survei skala Likert memperkuat temuan kuantitatif. Responden mencatat beberapa manfaat:

1. Kemudahan Penggunaan: Semua peserta melaporkan bahwa mesin itu intuitif dan memerlukan waktu pembelajaran minimal.
2. Mengurangi Kelelahan Fisik: Operator menyatakan bahwa mesin ini mengurangi ketegangan pada tangan dan pergelangan tangan mereka, sebuah faktor penting dalam menjaga produktivitas selama sesi kerja yang panjang.
3. Peningkatan Produktivitas yang Dirasakan: Pekerja mengamati perputaran yang lebih cepat dari jahe mentah menjadi irisan yang dapat digunakan, sehingga mengurangi kemacetan.
4. Peningkatan Penampilan Irisan: Keseragaman dalam pemotongan dianggap dapat meningkatkan profesionalisme dan daya jual produk akhir.

Respons ini menggemakan temuan sebelumnya bahwa kepuasan pengguna di UMKM pedesaan terkait erat dengan kegunaan dan dampak teknologi yang dirasakan (Cahyadi et al., 2025). Dalam konteks di mana pelatihan teknis terbatas, desain mesin yang sederhana dan ergonomis menjadi penentu utama keberhasilan adopsi.

Selain itu, responden menyatakan minatnya pada peningkatan mesin di masa mendatang, termasuk fitur-fitur seperti penutup pengaman terpadu dan baki umpan yang dapat disesuaikan untuk mengakomodasi berbagai ukuran jahe. Saran-saran ini dapat menjadi dasar peningkatan desain berulang.

### **Ringkasan Temuan Utama**

Singkatnya, pengenalan Mesin Pengiris Jahe menghasilkan manfaat yang substansial dan multidimensi di Susu Jahe 76:

1. Efisiensi: Pengurangan waktu pemotongan sebesar 55%.
2. Produktivitas: Peningkatan 8,4% dalam hasil irisan yang dapat digunakan per batch.
3. Kualitas: Konsistensi irisan yang ditingkatkan dalam kisaran industri yang dapat diterima.
4. Kegunaan: Kepuasan operator tinggi dan mengurangi ketegangan fisik.

Temuan-temuan ini memperkuat hipotesis bahwa intervensi teknologi yang tepat, bila dikombinasikan dengan pelatihan dasar dan adaptasi kontekstual, dapat menghasilkan hasil yang berdampak dalam lingkungan usaha mikro. Hasil-hasil ini juga mendukung kesimpulan yang lebih luas yang diambil dalam penelitian sebelumnya yang menekankan potensi transformatif dari mesin yang terjangkau dalam pengolahan makanan tradisional (Cahyadi et al., 2025; Zhou & McMurray, 2011).

Secara keseluruhan, data tersebut menggarisbawahi peran penting integrasi solusi rekayasa dengan realitas operasional lokal untuk mendorong peningkatan produktivitas berkelanjutan di UMKM.

### **Pembahasan**

Temuan penelitian ini menggarisbawahi manfaat signifikan yang dapat dicapai melalui integrasi teknologi yang tepat dalam sistem produksi usaha mikro. Penerapan Mesin Pengiris Jahe di Susu Jahe 76 menghasilkan peningkatan yang signifikan dalam efisiensi waktu, volume keluaran, konsistensi pengirisan, dan kepuasan pengguna—yang menunjukkan efektivitas mesin dalam mengatasi beberapa inefisiensi operasional yang umum terjadi pada pengolahan makanan tradisional UMKM. Hasil ini sejalan dengan literatur penelitian yang lebih luas yang menegaskan bahwa intervensi teknologi, jika dikontekstualisasikan dengan tepat dan didukung oleh upaya peningkatan kapasitas, dapat secara substansial meningkatkan keberlanjutan dan daya saing usaha skala kecil (Clot, 2013; Tharakan, 2015).

Pengurangan waktu pemotongan lebih dari 55% dan peningkatan hasil output sebesar 8,4% memperkuat bukti sebelumnya bahwa mekanisasi sederhana sekalipun dapat menghasilkan keuntungan

yang sangat besar dalam efisiensi produksi untuk UKM (Cahyadi et al., 2025; Zhou & McMurray, 2011). Dalam lingkungan di mana tenaga kerja manual mendominasi dan volume produksi harian dibatasi, keuntungan tersebut sangat penting. Mereka tidak hanya merampingkan operasi tetapi juga mengurangi kelelahan tenaga kerja dan mempromosikan kualitas produk yang lebih konsisten. Seperti yang dicatat Zhou dan McMurray (2011), metrik efisiensi waktu seperti waktu siklus produksi dan throughput adalah indikator penting dari dampak teknologi—metrik yang dikonfirmasi oleh studi ini melalui analisis komparatif. Selain itu, pengurangan yang diamati dalam variasi ketebalan pemotongan—dari  $\pm 1,9$  mm menjadi  $\pm 0,6$  mm—membawa output produk lebih dekat ke standar kualitas industri, seperti yang diuraikan oleh Norhidayah et al. (2013), sehingga meningkatkan kontrol proses dan daya jual.

Selain peningkatan kuantitatif, kepuasan pengguna muncul sebagai faktor keberhasilan yang penting. Peserta menekankan kemudahan mengoperasikan mesin pengiris, mengurangi ketegangan fisik, dan meningkatkan tampilan irisan sebagai manfaat yang berarti. Respons ini memvalidasi temuan Cahyadi et al. (2025), yang menekankan bahwa desain mesin pengolah makanan harus memperhitungkan tidak hanya kinerja tetapi juga ergonomi dan penerimaan pengguna. Ketika UMKM beroperasi di konteks pedesaan atau semi-perkotaan di mana tenaga kerja cenderung manual dan pelatihan teknis terbatas, antarmuka yang ramah pengguna dan mekanisme intuitif sangat penting untuk memastikan adopsi dan penggunaan berkelanjutan. Temuan ini semakin memperkuat sentralitas desain yang berpusat pada manusia dalam rekayasa teknologi yang tepat (Sianipar et al., 2013).

Meskipun hasil positifnya menggembirakan, studi ini juga berkontribusi pada wacana yang sedang berlangsung seputar hambatan untuk meningkatkan inovasi teknologi di UMKM. Kendala keuangan tetap menjadi kendala yang terus-menerus. Banyak perusahaan kecil tidak memiliki akses ke modal atau merasa terbebani oleh persyaratan pinjaman yang ketat, yang menghambat kapasitas mereka untuk berinvestasi bahkan pada mesin berbiaya rendah (Agboola, 2014; Pandav et al., 2021). Studi kasus saat ini mendapat manfaat dari dukungan kelembagaan, tetapi replikasi yang lebih luas akan membutuhkan instrumen keuangan—seperti kredit mikro, hibah, atau model pembiayaan koperasi—yang disesuaikan dengan konteks UMKM. Tanpa dukungan sistemik untuk akses modal, bahkan intervensi yang paling berhasil pun mungkin tetap terisolasi dalam dampaknya.

Kendala lainnya adalah keterbatasan keahlian teknis, tantangan yang juga dibahas dalam literatur (Smith et al., 2014; Sugathan et al., 2016). Penggunaan, pemeliharaan, dan pemecahan masalah yang efektif bahkan pada mesin yang sederhana dapat terhambat oleh kurangnya pengetahuan dasar dalam sistem mekanis, standar kebersihan, atau protokol keselamatan. Dalam studi ini, modul pelatihan terstruktur dan praktik langsung memastikan bahwa operator mesin kompeten dalam menggunakan perangkat. Elemen pengembangan kapasitas ini sangat penting dalam mencapai hasil yang dilaporkan dan menegaskan pernyataan oleh Seth (2020) dan Unati et al. (2016) bahwa adopsi teknologi harus disertai dengan transfer pengetahuan yang sistematis agar efektif.

Selain itu, penolakan budaya terhadap teknologi baru, meskipun tidak secara eksplisit diamati dalam kasus ini, tetap menjadi risiko laten. Dalam banyak UKM tradisional, proses manual yang mapan sudah sangat mengakar dan perubahan pada rutinitas ini dapat disambut dengan skeptisisme atau keengganan (Sugathan et al., 2016). Tidak adanya penolakan tersebut dalam studi ini dapat dikaitkan dengan pendekatan partisipatif yang diambil—di mana pengguna dilibatkan dalam umpan balik tahap awal, menerima instruksi yang jelas, dan secara langsung merasakan manfaatnya. Pengamatan ini sejalan dengan Abbas et al. (2021) dan Ofosu-Asare (2024), yang menekankan nilai desain bersama dan pembelajaran kolaboratif dalam mendorong kepemilikan komunitas dan penerimaan inovasi.

Memang, integrasi teknologi dengan pelatihan peningkatan kapasitas menonjol sebagai pendorong utama keberhasilan intervensi ini. Seperti yang dikemukakan Rahman (2010) dan Ardebili dkk. (2024), instruksi praktis dan langsung meningkatkan kepercayaan pengguna, mendorong penggunaan yang tepat, dan mengurangi risiko penyalahgunaan atau pengabaian peralatan. Dengan membekali operator dengan peralatan dan pengetahuan, proyek ini memastikan tidak hanya peningkatan langsung tetapi juga landasan bagi kinerja berkelanjutan. Dimasukkannya umpan balik yang digerakkan oleh pengguna lebih lanjut memastikan bahwa intervensi tersebut adaptif dan responsif terhadap kebutuhan dunia nyata.

Dari sudut pandang teoritis, studi ini mendukung kerangka kerja yang lebih luas mengenai teknologi tepat guna sebagai mekanisme untuk mempromosikan keberlanjutan UMKM. Mesin pemotong memenuhi kriteria penting: berbiaya rendah, hemat energi, dapat dirawat secara lokal, dan

dapat diterima secara sosial—dengan demikian mewujudkan definisi teknologi tepat guna menurut Clot (2013). Lebih jauh, dengan mengurangi waktu dan upaya sekaligus meningkatkan kualitas produk, mesin ini meningkatkan ketahanan operasional dan kesiapan pasar perusahaan. Ini adalah dimensi penting keberlanjutan dalam pengaturan sumber daya rendah, di mana margin yang kecil dan persaingan yang tinggi menciptakan ekosistem ekonomi yang rapuh.

Meskipun demikian, penelitian ini bukannya tanpa keterbatasan. Intervensi tersebut diuji pada satu UKM dan dalam jangka waktu yang relatif singkat. Dengan demikian, temuan tersebut tidak dapat digeneralisasikan tanpa kehati-hatian. Pemantauan jangka panjang diperlukan untuk menilai daya tahan mesin, masalah perawatan, dan variasi musiman pada sifat jahe yang dapat memengaruhi kinerja pemotongan. Selain itu, dampak ekonomi dalam hal laba atas investasi, titik impas, dan profitabilitas keseluruhan masih harus dinilai. Penelitian di masa mendatang harus menggabungkan pemodelan keuangan dan ukuran sampel yang lebih luas untuk memperkuat generalisasi dan justifikasi kasus bisnis.

Sebagai kesimpulan, diskusi ini menegaskan bahwa integrasi teknologi yang tepat dengan upaya pengembangan kapasitas strategis dapat meningkatkan produktivitas, kualitas, dan kepuasan operator UMKM secara signifikan. Intervensi Mesin Pengiris Jahe di Susu Jahe 76 menunjukkan jenis inovasi berskala kecil dan berdampak tinggi yang dapat mendorong transformasi industri yang inklusif jika didukung oleh desain partisipatif, adaptasi kontekstual, dan pelatihan sistematis. Meskipun hambatan seperti pembiayaan dan pengetahuan teknis masih ada, hambatan tersebut dapat dikurangi melalui mekanisme dukungan yang terkoordinasi dan strategi inovasi yang berpusat pada pengguna. Studi ini menambah bukti yang semakin banyak yang mendukung intervensi teknologi akar rumput sebagai jalur yang layak menuju pemberdayaan UMKM, ketahanan masyarakat, dan pembangunan ekonomi yang berkelanjutan.

## **KESIMPULAN**

Studi ini mengevaluasi penerapan Mesin Pengiris Jahe dalam konteks usaha mikro, dengan fokus pada dampaknya terhadap efisiensi produksi, kualitas pengirisan, dan kepuasan pengguna dalam UMKM minuman herbal “Susu Jahe 76” di Malang, Indonesia. Temuan tersebut menegaskan bahwa integrasi teknologi yang tepat—jika dipasangkan dengan pelatihan pengguna yang terarah—dapat secara signifikan meningkatkan kinerja operasional dalam lingkungan produksi tradisional. Secara khusus, intervensi tersebut menghasilkan pengurangan waktu pemrosesan sebesar 55%, peningkatan volume output sebesar 8,4%, dan peningkatan substansial dalam keseragaman pengirisan. Peningkatan teknis ini semakin diperkuat oleh umpan balik positif dari pengguna, yang menyoroti kemudahan penggunaan, keunggulan ergonomis, dan peningkatan kualitas produk yang dirasakan.

Implikasi dari temuan ini beragam. Secara teknologi, studi ini menunjukkan bahwa bahkan mesin semi-otomatis berbiaya rendah dapat menghasilkan keuntungan terukur dalam produktivitas dan pengendalian mutu UMKM. Secara ekonomi, peningkatan tersebut dapat mengarah pada peningkatan daya saing dan keberlanjutan bisnis jangka panjang bagi produsen kecil yang beroperasi dengan keterbatasan sumber daya. Secara sosial, tingkat kepuasan pengguna yang tinggi dan berkurangnya ketegangan fisik menggarisbawahi pentingnya desain yang berpusat pada manusia dalam adopsi teknologi. Intervensi tersebut tidak hanya mengoptimalkan metrik produksi tetapi juga memberdayakan pekerja, yang berkontribusi pada perusahaan yang lebih tangguh dan adaptif.

Penelitian ini berkontribusi pada pengetahuan yang ada tentang teknologi yang tepat dengan memberikan bukti empiris dari lingkungan nyata UMKM. Tidak seperti banyak penelitian yang berfokus pada pembuatan prototipe atau manfaat hipotetis, karya ini menawarkan wawasan berbasis data tentang bagaimana pilihan desain tertentu dan strategi implementasi partisipatif dapat memengaruhi hasil. Selain itu, penelitian ini menegaskan relevansi pengintegrasian intervensi teknis dengan pendidikan kejuruan dan pelatihan langsung, yang menyoroti jalur sinergis untuk penyebaran inovasi di masyarakat berteknologi rendah.

Meskipun memberikan kontribusi, penelitian ini juga mengidentifikasi area penting untuk penyelidikan lebih lanjut. Penelitian di masa mendatang harus mengeksplorasi dampak ekonomi jangka panjang dari adopsi teknologi, termasuk laba atas investasi dan analisis biaya-manfaat. Skala intervensi di berbagai perusahaan dan wilayah akan meningkatkan generalisasi temuan dan memungkinkan evaluasi komparatif di berbagai sistem produksi. Selain itu, penyertaan teknologi pemrosesan hilir,

seperti pengeringan dan pengemasan, dapat menawarkan pemahaman yang lebih komprehensif tentang bagaimana otomatisasi terintegrasi memengaruhi seluruh rantai nilai.

Singkatnya, studi ini memberikan dasar yang kuat untuk memajukan teknologi yang tepat sebagai solusi yang layak untuk tantangan operasional yang dihadapi oleh UKM di sektor minuman herbal. Temuannya mendukung pengembangan inovasi berkelanjutan yang berorientasi pada masyarakat yang efektif secara teknis dan dapat diterima secara sosial, menawarkan cetak biru untuk intervensi di masa mendatang yang bertujuan untuk memberdayakan produsen kecil dan memperkuat ekonomi lokal.

## REFERENSI

- Abbas, R., Hamdoun, S., Abu-Ghazaleh, J., Chhetri, N., Chhetri, N., & Michael, K. (2021). Co-designing the future with public interest technology. *IEEE Technology and Society Magazine*, 40(3), 10–15. <https://doi.org/10.1109/mts.2021.3101825>
- Agboola, J. (2014). Technological innovation and developmental strategies for sustainable management of aquatic resources in developing countries. *Environmental Management*, 54(6), 1237–1248. <https://doi.org/10.1007/s00267-014-0358-z>
- Ardebili, A., Zappatore, M., Ramadan, A., Longo, A., & Ficarella, A. (2024). Digital twins of smart energy systems: A systematic literature review on enablers, design, management and computational challenges. *Energy Informatics*, 7(1). <https://doi.org/10.1186/s42162-024-00385-5>
- Cahyadi, D., Wulaningrum, R., Suparno, S., & Setiawan, F. (2025). Design of a banana chip slicing machine to improve the quality and quantity of MSME products. *E3S Web of Conferences*, 622, 01002. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202562201002>
- Chen, H., Chen, Y., Yang, H., Hsu, K., Zhou, M., Chen, C., ... & Chuang, P. (2022). Implementation of food safety management systems that comply with ISO 22000:2018 and HACCP: A case study of a postpartum diet enterprise in Taiwan. *Journal of Food Safety*, 42(2). <https://doi.org/10.1111/jfs.12965>
- Clot, N. (2013). Appropriate technology to reduce risks and protect assets: An example from development cooperation in Bangladesh. In G. Heggelund, et al. (Eds.), *Climate Change and Development Policy* (pp. 245–261). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-00639-0\\_21](https://doi.org/10.1007/978-3-319-00639-0_21)
- Gayathry, K., & John, J. (2021). Functional beverages: Special focus on anti-diabetic potential. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45(11). <https://doi.org/10.1111/jfpp.15974>
- Huda, H., Majid, N., Chen, Y., Adnan, M., Ashraf, S., Roszko, M., ... & Sasidharan, S. (2024). Exploring the ancient roots and modern global brews of tea and herbal beverages: A comprehensive review of origins, types, health benefits, market dynamics, and future trends. *Food Science & Nutrition*, 12(10), 6938–6955. <https://doi.org/10.1002/fsn3.4346>
- Kumari, S., Singh, P., Hazra, S., Sindhvani, R., & Singh, S. (2024). *Ocimum sanctum*: The journey from sacred herb to functional food. *Recent Advances in Food Nutrition & Agriculture*, 15(2), 83–102. <https://doi.org/10.2174/012772574x290140240130101117>
- Liu, Y., Ahmed, S., & Long, C. (2013). Ethnobotanical survey of cooling herbal drinks from southern China. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 9(1). <https://doi.org/10.1186/1746-4269-9-82>
- Makombe, G. (2022). Can funded development projects be sustainable? The case of Limpopo IDC Nguni Cattle Development Project, Limpopo Province, South Africa. *The Qualitative Report*. <https://doi.org/10.46743/2160-3715/2022.4803>
- Norhidayah, A., Noriham, A., & Rusop, M. (2013). Physical and thermal properties of *Zingiber officinale* Rosc. (ginger) rhizome fine particle as a function of grinding system. *Advanced Materials Research*, 832, 527–532. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.832.527>
- Ofosu-Asare, Y. (2024). Developing classroom ICT teaching techniques, principles and practice for teachers in rural Ghana without access to computers or internet: A framework based on literature review. *International Journal of Information and Learning Technology*, 41(3), 262–279. <https://doi.org/10.1108/ijilt-04-2023-0045>

- Pandav, C., Taillie, L., Miles, D., Hollingsworth, B., & Popkin, B. (2021). The WHO South-East Asia Region Nutrient Profile Model is quite appropriate for India: An exploration of 31,516 food products. *Nutrients*, 13(8), 2799. <https://doi.org/10.3390/nu13082799>
- Rahman, H. (2010). Collaborative learning. In H. Rahman (Ed.), *Cases on Collaboration in Virtual Learning Environments: Processes and Interactions* (pp. 81–88). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-60566-828-4.ch008>
- Seth, A. (2020). The elusive model of technology, media, social development, and financial sustainability. In *Technology and Sustainable Development* (pp. 73–102). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-39554-4\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-030-39554-4_5)
- Sianipar, C., Yudoko, G., Dowaki, K., & Adhiutama, A. (2013). Design methodology for appropriate technology: Engineering as if people mattered. *Sustainability*, 5(8), 3382–3425. <https://doi.org/10.3390/su5083382>
- Smith, A., Fressoli, M., & Thomas, H. (2014). Grassroots innovation movements: Challenges and contributions. *Journal of Cleaner Production*, 63, 114–124. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.12.025>
- Sugathan, M., Cassidy, T., & Carnie, B. (2016). The development and evaluation of a speciality handknitting yarn using appropriate technology for the empowerment of women in rural India. *Research Journal of Textile and Apparel*, 20(3), 136–154. <https://doi.org/10.1108/rjta-03-2016-0005>
- Tharakan, J. (2015). Integrating indigenous knowledge into appropriate technology development and implementation. *African Journal of Science Technology Innovation and Development*, 7(5), 364–370. <https://doi.org/10.1080/20421338.2015.1085176>
- Unati, S., Mpumelelo, N., Wonder, N., Antwi, M., & Mudau, F. (2016). Challenges militating against sustainable economic development potential of African aromatic, beverage and medicinal herbs: A South African perspective. *Indian Journal of Pharmaceutical Education and Research*, 50(1), 80–89. <https://doi.org/10.5530/ijper.50.1.11>
- Zhou, D., & McMurray, G. (2011). Slicing cuts on food materials using robotic-controlled razor blade. *Modelling and Simulation in Engineering*, 2011(1). <https://doi.org/10.1155/2011/469262>