

DESAIN ERGONOMIS ALAT PEMOTONG TAHU BERBASIS PNEUMATIK MENGGUNAKAN REVERSE ENGINEERING UNTUK MENGURANGI KELELAHAN KERJA PADA INDUSTRI SEKALA KECIL

Agsre Aditiya*1, Safarudin Ramdhani2

^{1,2}Program Studi Teknik Industri, Universitas Dian Nuswantoro, Jl. Imam Bonjol No.207, Pendrikan Kidul, Kec. Semarang Tengah, Kota Semarang, Jawa Tengah 50131
E-mail: adityaduos@gmail.com

ABSTRAK

Tahu merupakan makanan yang banyak digemari oleh masyarakat Indonesia karena kandungan gizinya yang tinggi dan proses pembuatannya yang relatif mudah. Proses pemotongan tahu secara manual pada UMKM Bu Hj. Handayani di Ungaran masih dilakukan menggunakan pisau dapur dan tongkat kayu sebagai alat ukur pemotongan, sehingga kurang efisien dan menyebabkan kelelahan fisik pada operator akibat postur kerja yang tidak ergonomis dan menyebabkan kelelahan fisik operator. Penelitian ini bertujuan untuk merancang ulang alat pemotong tahu berbasis pneumatik yang tidak terpakai melalui pendekatan Reverse Engineering, guna meningkatkan efisiensi kerja dan kenyamanan operator. Data antropometri dikumpulkan dari sepuluh pekerja untuk memastikan kesesuaian desain alat dengan karakteristik tubuh pengguna. Hasil perancangan menunjukkan peningkatan presisi pemotongan, bersih, dan aman untuk produk pangan. Pengurangan waktu kerja dari 75 detik menjadi 42 detik, serta penurunan potensi kelelahan fisik dari hasil RULA menunjukkan skor yang awalnya dari 7 (risiko tinggi) turun menjadi 2 (risiko minimal). Desain yang diusulkan mempertimbangkan aspek ergonomi, material *food-grade*, dan kestabilan mekanis sistem pneumatik maupun sistem pisau yang dapat di *adjustable*, sehingga dapat diterapkan untuk meningkatkan produktivitas serta kesejahteraan kerja di industri rumah tangga tahu.

Kata kunci: Reverse Engineering, Pemotong Tahu, Ergonomi, Kelelahan Kerja, Desain Alat

ABSTRAK

Tofu is a food that is widely loved by Indonesians because of its high nutritional content and relatively easy production process. The manual tofu cutting process at UMKM Bu Hj. Handayani in Ungaran is still carried out using kitchen knives and wooden sticks as cutting measurement tools, resulting in inefficiency and causing physical fatigue among operators due to non-ergonomic work postures, which in turn lead to operator fatigue. This study aims to redesign an unused pneumatic tofu cutting tool using a Reverse Engineering approach to improve work efficiency and operator comfort. Anthropometric data were collected from ten workers to ensure the tool design aligns with user body characteristics. The redesign results show improved cutting precision, cleanliness, and safety for food products. Work time was reduced from 75 seconds to 42 seconds, and the potential for physical fatigue, as indicated by the RULA score, decreased from 7 (high risk) to 2 (minimal risk). The proposed design considers ergonomic aspects, food-grade materials, and the mechanical stability of the pneumatic system and adjustable blade system, enabling its application to enhance productivity and workplace well-being in the tofu household industry.

Kata kunci: Reverse Engineering, Tofu Cutter, Ergonomics, Work Fatigue, Tool Design

1. PENDAHULUAN

Tahu menjadi makanan pokok yang banyak digemari oleh masyarakat Indonesia, pangan yang kaya akan protein, terjangkau harganya. Pada terbentuknya UMKN pembuatan tahu membantu menjadi sumber mata pencaharian di banyak rumah tangga. Proses produksi pada UMKM menengah kebawah masih banyak menggunakan metode secara manual yang tenaga kerja pekerjanya sendiri, contohnya pada proses pemotongan tahu.

Pada proses produksi tahu di UMKM Tahu Bu Hj. Handayani Ungaran, proses pemotongan masih dilakukan menggunakan pisau dapur biasa yang dipandu oleh tongkat kayu sebagai alat ukur ketebalan. Metode ini memiliki beberapa permasalahan utama.

Dari sisi ergonomi, postur kerja yang tidak ergonomis, Operator membungkuk dalam waktu lama untuk memotong tahu di atas meja rendah. Gerakan tangan repetitif dengan tenaga besar meningkatkan risiko keluhan pada otot lengan, bahu, dan punggung (Olivya Putri et al., 2021). Kondisi operator diperparah dengan beban kerja yang tinggi, setiap operator memotong ± 1.000 potong tahu per hari, menyebabkan static load pada otot punggung bawah dan bahu.

Dari sisi kualitas, metode pemotongan variasi ukuran potongannya. Karena pengukuran manual, dimensi potongan tidak seragam, mempengaruhi kualitas visual produk (Saputra et al., 2016). Risiko cedera. Potensi luka akibat tergelincirnya pisau pada saat pemotongan. Kondisi alat Bantu lama, pisau dapur dengan panjang mata pisau ± 30 cm. Tongkat kayu berdiameter 1 cm yang ditempatkan di atas tahu untuk menentukan ketebalan potongan. Tinggi meja pemotongan: ± 65 cm (lebih rendah dari tinggi siku berdiri rata-rata pekerja 102,69 cm, sehingga memaksa pekerja membungkuk).

Analisis Risiko Awal menggunakan metode RULA (Rapid Upper Limb Assessment) digunakan untuk mengukur risiko postur kerja sebelum perbaikan. Hasil pengukuran menunjukkan skor RULA 6 (kategori risiko sangat tinggi), tindakan perbaikan diperlukan segera. Faktor risiko utama, fleksi punggung $> 30^\circ$ secara terus-menerus, fleksi leher $> 20^\circ$ saat melihat potongan, lengan atas sering terangkat $> 45^\circ$,

pergerakan pergelangan tangan dengan deviasi berulang.



Gambar 1. Postur Tubuh Pekerja Alat Pemotong Manual

(Gambar 1) menunjukkan postur operator saat menggunakan alat lama:

Penelitian yang dilakukan untuk merancang dan memperbaiki sebuah alat bantu pemotong tahu yang inovatif, efisien, aman dan ergonomis (Rohim & Kristanto, 2016), dengan metode reverse engineering. Tujuan penelitian meliputi: (1) menganalisa secara menyeluruh gerakan dan teknik pemotongan tahu secara manual yang dilakukan oleh pekerja di lapangan dan alat bantu kerja yang sudah ada, (2) mengidentifikasi system alat bantu kerja yang berfungsi pada efisiensi dan ergonomi di proses pemotongan, (3) mengimplementasikan prinsip kerja reverse engineering untuk merancang sesuai konsep secara mekanis, dan (4) mengevaluasi hasil desain alat bantu kerja agar mengurangi kelelahan fisik pekerjanya dan meningkatkan hasil dari produksi.

Kontribusi kami dari hasil inovasi dan kreativitas yang diharapkan menghasilkan sebuah desain alat bantu kerja pemotong tahu yang mampu meningkatkan kecepatan, ketepatan dan konsisten dari proses pemotongan, dengan mengurangi beban fisik si pekerja dan risiko kelelahan pada pekerja. Hasil akhir penelitian ini semoga membarikan pengembangan prototipe alat bantu kerja dan implementasinya yang baik untuk produksi

tahu, sehingga adanya peningkatan hasil produktivitas dan kesejahteraan pekerjanya.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Metode Reverse Engineering telah banyak digunakan dalam pengembangan dan perbaikan alat kerja industri, karena mampu memanfaatkan komponen yang sudah ada, menghemat biaya, dan mempercepat proses desain ulang (Lesmana et al., n.d.). Pada penelitian ini, metode tersebut digunakan untuk memodifikasi alat pemotong tahu pneumatik agar lebih ergonomis dan efisien.

Studi oleh (Bidiawati et al., 2024) pada JISI menunjukkan bahwa perbaikan desain alat pemotong tahu mampu meningkatkan produktivitas hingga 40% dan menurunkan keluhan fisik pekerja melalui penyesuaian tinggi meja dan penggunaan material food-grade. Penelitian (Wati & Murnawan, 2022) juga menegaskan pentingnya mempertimbangkan aspek ergonomi dalam perancangan alat pemotong singkong untuk mengurangi risiko cedera dan meningkatkan kenyamanan kerja.

Penggunaan sistem pneumatik pada proses pemotongan pangan terbukti mempercepat waktu siklus dan menghasilkan potongan yang konsisten. (Turhamun et al., 2017) dalam Jurnal TEKTRONIA melaporkan bahwa elektro-pneumatik dapat memberikan respon cepat dan gaya potong yang stabil tanpa risiko kontaminasi produk. Hal ini selaras dengan penelitian (Rachmat Ramdhan et al., n.d.) yang memanfaatkan pneumatik pada fixture permesinan untuk meningkatkan efisiensi dan menjaga kebersihan lingkungan kerja.

Dari sisi ergonomic (Bawa Susana & Perdana Putra, 2024) menggarisbawahi bahwa penerapan desain ergonomis berbasis kajian ergo-mechanical dapat menurunkan beban kerja fisik pada pekerjaan manual. Metode penilaian postur seperti RULA yang digunakan oleh (Mahmuda & Rahma, 2024) juga relevan dalam mengidentifikasi risiko dan merancang intervensi yang tepat.

Dengan menggabungkan prinsip-prinsip ergonomi, data antropometri, dan teknologi pneumatik, penelitian ini bertujuan mengurangi keluhan fisik pekerja, mempercepat proses produksi, serta meningkatkan konsistensi kualitas produk pada industri kecil tahu.

Kelelahan fisik pekerja yang diakibatkan kurangnya penerapan tempat kerja yang nyaman (Mutmainah & Apriyadi Sofyan, 2015). Ilmu ergonomi membantu pekerja di bidang industri baik dari cara dan perancangan alat bantu kerja yang sesuai (Mahmuda & Rahma, 2024). Ergonomi memiliki tujuan Ergonomi memiliki tujuan mengoptimalkan antara manusia dengan pekerjaannya guna merancang peralatan, cara kerja dan lingkungan pekerja yang nyaman, aman, efisien, dan sehat. Kepentingan dalam mempertimbangkan aspek ergonomi menjadi support penting. ergonomi merupakan ilmu membantu dalam merancang tempat kerja maupun alat kerja dengan mempertimbangkan aspek manusia (Sukpto et al., 2018). Ilmu ergonomic pada penelitian membantu dalam memperbaiki performace pekerja dari sisi efisiensi, akurasi dan keselamatan pekerjanya. Ilmu ergonomi menciptakan sistem kerja yang baik agar kesejahteraan fisik pekerja dan upaya mencegah cedera yang dialami langsung atau masa yang akan datang, hal ini mengelola secara tepat agar meningkatkan mutu pekerja (Wati & Murnawan, 2022).

Antropometri yaitu pengetahuan ukuran tubuh pekerja atau manusia, antropometri membantu mempertimbangan ergonomi untuk membantu merancang (Desain) yang berhubungan langsung dengan manusia (Santoso et al., 2014). Data antropometri merupakan data hasil pengumpulan dari pengukuran dimensi tubuh pekerja atau operator (Kristanto & Palmanto, 2016). Data antropometri membantu dalam merancang sebuah rancangan baik menentukan prostur tubuh yang akan digunakan dan percentil yang akan digunakan demi kenyamanan dan keselamatan fisik pekerja (Regent Montororing & Shiombing Samuel, 2020).

Perancangan alat bantu pemotong tahu digerakann menggunakan sistem pneumatik. Pneumatik menggunakan hukum aerodinamika untuk menentukan keadaan keseimbangan gas dan uap (Turhamun et al., 2017). Pada penggerak yang menggunakan penumatik, pneumatik sendiri bergerak memanfaatkan udara yang dihasilkan dari kompresor (Agustina & Yurika, 2024). Kami memilih penggerak pneumatik supaya menjaga keamanan kerja dan tidak akan mengotori makanan yang sedang diproses sebab

pneumatik sendiri bersih dan kering (Rachmat Ramdhan et al., n.d.).

Kendala yang sering dialami oleh pekerja tahu khususnya pada stasiun kerja pemotongan tahu memberikan kami inisiatif untuk menyelesaikan masalah yang terkait proses pemotongan tahu dan menciptakan inovasi alat kerja pemotongan tahu guna meningkatkan efisiensi waktu dan mengurangi kelelahan fisik kerja (Bidiawati et al., 2024)

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode Reverse Engineering. Metode ini dapat membantu memecahkan permasalahan berdasarkan alat kerja yang akan di perbaiki dan memodelkan alat bantu baru. Data Antropometri digunakan untuk membentuk sebuah rancangan (Desain) alat bantu pemotong tahu sebagai alat penggerakannya.

Adapun langka-langkah yang digunakan sebagai berikut:

3.1 Pengumpulan Data Antropometri

Data pengolahan antropometri yang kami gunakan merupakan acuan dari hasil pengukuran dimensi tubuh pekerjanya. Data antropometri bertujuan untuk memberikan kenyamanan dan keselamatan pengguna alat agar tersistem baik dari cara penggunaan alat dan perancangan alat (Mutmainah & Apriyadi Sofyan, 2015).

Data pengukuran dimensi antropometri pada proses pemotongan tahu di UMKM Tahu Bu HJ.Handayani dilakukan oleh semua pekerjanya sebanyak 10 Orang. Data dimensi yang diperlukan dalam membantu merancang alat bantu pemotongan tahu diantaranya Tinggi Badan (TB), Tinggi Siku Berdiri (TSB), Tinggi Mata Berdiri (TMB), dan Rentangan Tangan (RT).

Table 1. Pemilihan Data Antropometri Operator

Dimensi yang digunakan	Alasan memilih dimensi
Tinggi Badan (TB)	Tinggi badan berfungsi sebagai perancangan tinggi alat pemotong.
Tinggi Siku Berdiri (TSB)	Tinggi siku berdiri berfungsi sebagai menentukan tinggi optimal alat tahu.
Tinggi Mata Berdiri (TMB)	Tinggi mata berdiri berfungsi sebagai merancang panel control agar mudah dilihat
Rentangan Tangan (RT)	Rentang tangan berfungsi sebagai menentukan panjang alat dan jarak pisau sumbu X dan Y

3.2.1 Pengolahan Data Antropometri

Memastikan alat dirancang sesuai dimensi tubuh operator untuk mengurangi risiko cedera dan kelelahan. Responden dilakukan oleh 10 orang pekerja di UMKM Bu

Hj. Handayani Ungaran (5 pria, 5 wanita, usia 25–48 tahun). Data antropometri yang sudah didapatkan sesuai (Tabel 1) kemudian dianalisis kemudian dilakukan perhitungan dengan beberapa uji seperti berikut:

Table 2. Data Antropometri Pekerja

NO	TB	TSB	TMB	RT
1	118,73	73,87	112,8	109,38
2	153,16	96,06	153,39	142,76
3	187,6	118,25	193,99	176,14
4	159,11	97,63	155,52	148,23
5	168,83	105,37	171,13	158,32
6	178,54	113,11	186,74	168,41
7	159,79	97,02	154,35	148,64
8	168,41	105,07	170,92	158,79
9	179,02	113,12	187,49	168,94
10	155,05	107,4	155,96	168

3.2.2 Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data untuk menghitung jumlah data yang dibutuhkan dalam

pengukuran atau kurang data, menyesuaikan tingkat ketelitian yang diperlukan (Rohim & Kristanto, 2016).

$$N' = \left[\frac{k/s\sqrt{N\sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right] \quad (1)$$

3.2.3 Uji Keseragaman Data

Uji keseragaman data dilakukan untuk mengetahui apakah data-data yang diperoleh sudah ada dalam keadaan terkendali atau belum. Data yang berada dalam batas kendali yaitu tidak melewati garis BKA (Batas Kendali Atas) dan BKB (Batas Kendali Bawah). Rumus-rumus yang digunakan untuk menentukan BKA dan BKB adalah sebagai berikut:

$$\bar{x} = \frac{\sum xi}{N} \quad (2)$$

$$SD = \sqrt{\frac{\sum(xi-\bar{x})^2}{N-1}} \quad (3)$$

$$BKA = \bar{x} + k\sigma \quad (4)$$

$$BKB = \bar{x} - k\sigma \quad (5)$$

3.2.4 Perhitungan Percentil

$$P5 = \bar{x} - 1,645\sigma \quad (6)$$

$$P50 = \bar{x} \quad (7)$$

$$P95 = \bar{x} + 1,645\sigma \quad (8)$$

Penelitian ini menggunakan metode Reverse Engineering. Metode ini dapat membantu memecahkan permasalahan berdasarkan alat kerja yang akan di perbaiki dan memodelkan alat bantu baru. Data Antropometri digunakan untuk membentuk sebuah rancangan (Desain) alat bantu pemotong tahu sebagai alat penggerakannya. Adapun langkah-langkah yang digunakan sebagai berikut:

3.2 Reverse Engineering

Metode Reverse Engineering dipilih untuk memperbaiki alat pemotong tahu yang tidak terpakai, dengan tujuan mengoptimalkan efisiensi kerja dan ergonomi (Heri et al., 2023). Tahapannya sebagai berikut:

1. Melakukan observasi langsung proses pemotongan tahu di UMKM Bu Hj. Handayani.

2. Identifikasi Masalah & Kebutuhan Pengguna
3. Mencatat keluhan pekerja (nyeri punggung, leher, dan bahu).
4. Mengukur waktu siklus pemotongan dan variasi ukuran potongan.
5. Pembongkaran (Disassembly) Alat Lama
6. Membongkar seluruh komponen alat pemotong tahu pneumatik yang tidak digunakan.
7. Mencatat material, dimensi, dan kondisi setiap komponen.
8. Menentukan komponen yang masih dapat digunakan dan yang perlu diganti.
9. Desain Ulang dengan Prinsip Ergonomi
10. Menggunakan data antropometri untuk menentukan tinggi meja, posisi pisau, dan panjang tuas pneumatik.
11. Menyesuaikan desain agar mengurangi beban postur kerja.
12. Pembuatan Model Desain (CAD)
13. Membuat model 2D/3D menggunakan perangkat lunak CAD.
14. Memastikan integrasi komponen pneumatik, frame, dan pisau.
15. Evaluasi Desain
16. Melakukan simulasi pergerakan pisau menggunakan perangkat lunak dan/atau prototipe sederhana.
17. Membandingkan hasil pemotongan dan waktu siklus dengan alat lama.

Reverse Engineering membantu memodelkan sebagai langkah awal dalam mengembangkan sebuah perancangan.

1. Mengidentifikasi masalah dan kebutuhan dari pengguna alat secara spesifik.
2. Pembongkaran part alat secara menyeluruh dan dipahami komponen alat.
3. Menginovasikan alat dengan mempertimbangkan kenyamanan dan kebutuhan pengguna.
4. Mengembangkan alat dengan melakukan perancangan secara spesifik.

3.3 Sistem Pneumatik

Pada rancangan alat pemotong tahu ini digunakan aktuator pneumatik tipe silinder kerja ganda (double-acting pneumatic cylinder) yang digerakkan oleh udara bertekanan dari kompresor udara. Sistem pneumatik ini dipilih karena memiliki beberapa keunggulan:

1. Bersih dan kering sehingga aman digunakan pada proses pangan (Rachmat Ramdhan et al., n.d.).
2. Respon cepat dan mampu menghasilkan gaya potong yang stabil (Turhamun et al., 2017).
3. Meminimalkan risiko kontaminasi bahan makanan dibandingkan sistem hidrolik.

Posisi pemasangan:

1. Silinder pneumatik ditempatkan di atas frame pisau dengan sumbu gerak vertikal.
2. Ujung batang piston dihubungkan langsung ke dudukan pisau pemotong melalui frame konektor pneumatik (lihat Gambar 6).
3. Jalur udara bertekanan diatur menggunakan solenoid valve 5/2.

Cara kerja:

1. Operator menempatkan tahu di alas pemotong.

2. Saat panel ditekan, solenoid valve membuka jalur udara dari kompresor ke ruang atas silinder → batang piston bergerak turun → pisau memotong tahu.
3. Saat panel dilepas, aliran udara diarahkan ke ruang bawah silinder → batang piston bergerak naik → pisau kembali ke posisi awal.
4. Tekanan kerja diatur pada 0,5–0,6 MPa untuk menghasilkan gaya potong yang cukup tanpa merusak bentuk tahu.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Antropometri

Dari hasil pengolahan data didapatkan hasil sebagai acuan ukuran desain, dan penentuan percentil yang bertujuan membantu para pekerja di UMKM Tahu Bu HJ. Handayani Ungaran.

Table 3. Kecukupan Data

Dimensi	N	N'	Hasil
TB	10	5,00	Cukup
TSB	10	5,41	Cukup
RT	10	7,46	Cukup
TMB	10	5,56	Cukup

Pada uji hasil kecukupan antropometri, tingkat kepercayaan seberar 95% dan tingkat ketelitian sebesar 10% memiliki nilai K sebesar 20.

Table 4. Hasil Pengolahan Data Antropometri

Keterangan	TB	TSB	RT	TMB
Mean	162,82	102,69	164,23	154,76
Standar Deviasi	19,18	12,59	23,64	19,24
BKA	220,37	140,46	235,15	212,49
BKB	105,28	64,92	93,31	97,04
N	10,00	10,00	10,00	10,00
N'	7,81	8,46	11,66	8,70

Table 5. Hasil Pemilihan Percentil

Dimensi	P5	P50	P95	Alasan Memilih Percentil
TB	131,3	162,8	194,4	Tinggi badan menggunakan percentil 5, sebab menyesuaikan ukuran tubuh operator pendek di UMKM, supaya mempermudah semua operator dengan baik
TSB	81,98	102,7	123,4	Tinggi siku berdiri menggunakan percentil 50, sebab mengambil ukuran rata-rata siku operator agar mempermudah operator dalam memindahkan tahu ke tempat pemotongan.
TMB	125,3	164,2	203,1	Tinggi mata berdiri menggunakan percentil 5, sebab menyesuaikan ukuran tubuh operator pendek di UMKM, supaya mempermudah jangkauan panel ON/OFF seluruh operator.

RT	53,63	68,92	84,21	Rentang tangan menggunakan percentil 50, sebab mengambil ukuran rata-rata rentang operator dalam memindahkan dari pemotong X ke pemotong Y.
----	-------	-------	-------	---

4.2 Reverse Engineering

4.1.1 Mengidentifikasi Masalah dan Kebutuhan

Mengidentifikasi masalah dan kebutuhan operator kami melakukan koesioner di UMKM

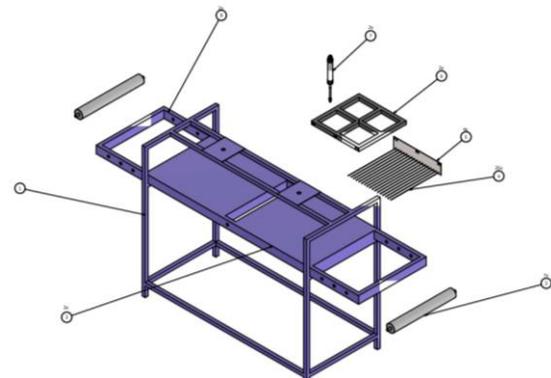
Bu.Hj Handayani ungaran selaku pekerja. Masalah dan kebutuhan yang kami dapat digunakan sebagai acuan dalam memperbaiki alat yang terbengkalai di UMKM. Berikut adalah kebutuhan yang kami dapat dapat dilihat di table 6.

Table 6. Hasil Koesioner Masalah dan Kebutuhan Operator

No	Respon Teknis	Spesifikasi
1.	Material	Material <i>food grade</i> untuk bagian yang bersentuhan dengan tahu seperti pisau dan alas tahu.
2.	Ukuran Desain	Menghilangkan part yang tidak berfungsi dan menyesuaikan ukuran dengan operator secara ergonomis di UMKM Bu.Hj Handayani Ungaran.
3.	Sitem Pisau	Sistem pisau yang dapat di <i>adjustable</i> dan tidak merusak potongan.

4.1.2 Pembongkaran Part Alat Terdahulu

Proses ini dilakukannya pemecahan part (diassembly) pada alat pemotong tahu yang tidak digunakan pada UMKM Bu Hj. Handayani Ungaran. Proses ini bertujuan untuk mengetahui spesifikasi alat dan fungsi setiap komponennya. Komponen dari alat pemotong tahu berbasis pneumatik dapat dilihat pada Gambar dan dijelaskan pada Tabel.



Gambar 2. Komponen Alat Pemotong Tahu Terdahulu

Table 7. Komponen Alat Pemotong Tahu Terdahulu

No	Gambar	Komponen	Material	Dimensi (Mm)
1		Frame	Besi Hollow 30 x 30	2600 x 7300 x 1300
2		Alas Pemotong	Triplek	500 x 500
3		Rolling	Stainless	670 x ø78 x ø20

4		Pisau	Senar	520
5		Konektor Pisau	Akrilik	100 × 700
6		Frame Konektor Pneumatik	Besi Hollow 30 × 30	700 × 700
7		Pneumatik	Pneumatik	32 X 125
8		Frame Rolling	Besi Hollow 30 × 30	670 × 485 × 30

4.1.3 Pemisahan Komponen terdahulu

Alat yang kami rancang dari hasil pembokaran part alat pemotong tahu yang terbengkalai di UMKM Bu Hj. Handayani

Ungaran merupakan hasil dari data permasalahan dan kebutuhan dari operator pekerja di UMKM.

Table 8. Komponen Alat Terdahulu yang tidak digunakan

No	Part	Alasan
1.	Frame	Ukuran desain yang tidak ergonomis untuk pekerja di UMKM Bu.Hj Handayani Ungaran.
2.	Frame Rolling dan Rolling	Fungsi yang tidak efisien dan memperlebar alat
4.	Frame Konektor Pisau	Material yang tidak kokoh dan tidak presisi
5.	Pisau	Pisau tidak <i>food grade</i> dan tidak dapat di <i>adjustable</i> .
6.	Alas tahu	Material tidak <i>food grade</i> dan ukuran yang tidak sesuai dengan loyang tahu.

Table 9. Komponen Alat Terdahulu yang digunakan

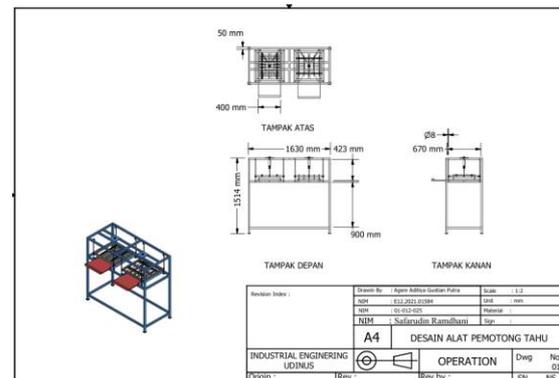
No	Part	Alasan	Gambar
1.	Frame	Perbaikam Ukuran Tinggi dan Lebar agar ergonomis	
2.	Frame Konektor Pisau	Penyesuain ukuran dan sistem pisau <i>adjustable</i>	
4.	Pneumatik	Sistem penggerak pemotongan	

4.1.4 Mengembangkan alat dan Spesifikasi Perancangan

Perancangan perbaikan yang didapatkan dari metode reverse engineering dan pengolahan data antropometri yang didapatkan dari pengukuran dimensi tubuh membentuk sebuah rancangan desain perbaikan pada alat pemotong tahu. Perancangan ini memodifikasi point penting diantaranya tinggi siku berdiri, alas pemotong tahu, pisau pemotong, dan penambahan kestabilan pemotongan. Gambar rancangan perbaikan alat pemotong tahu dapat dijabarkan pada Gambar 3.



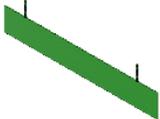
Gambar 3. Desain 3D Alat Terbaru



Gambar 4. Desain 2D Alat Terbaru

Komponen rancangan perbaikan dipaparkan pada table

Table 10. Komponen Rancangan Perbaikan Alat Terbaru

No	Gambar	Komponen	Material	Dimensi (mm)
1		Frame	Besi Hollow 30 × 30	1630 × 1250 × 730
2		Frame Knife	Besi Hollow 30 × 30	590 × 30 × 590
3		Alas Pemotong	Talenan Kayu	500 × 500
4		Pisau	Plat Stainless 304	410 × 70 × 2
5		Stabilizer	ASS Stainless 8mm	280 × ø8

6		Pneumatik	Plastik dan Logam	32 X 125
7		Slider Bearing	Baja dan Plastik	30 × 8

4.3 Sistem Pneumatik

Penggunaan aktuator pneumatik dalam penelitian ini juga memperlihatkan manfaat serupa dengan studi Turhamun et al. (2017) dan Rachmat Ramdhan et al. (n.d.), yaitu menghasilkan gaya potong yang stabil, bersih, dan aman untuk produk pangan. Selain itu, pendekatan desain ulang yang kami gunakan mengikuti prinsip-prinsip Reverse Engineering seperti yang dijelaskan oleh Lesmana et al. (n.d.), yang efektif dalam memodifikasi alat lama menjadi lebih sesuai dengan kebutuhan pengguna. Berikut Merupakan sistem pneumatik yang digunakan pada penelitian ini:

4.3.1

osisi Pemasangan

1. Silinder pneumatik ditempatkan di atas frame dengan sumbu gerak vertikal.



Gambar 5. Pemasangan Silinder Pneumatik

2. Ujung batang piston dihubungkan langsung ke kedudukan pisau pemotong melalui frame konektor pneumatik



Gambar 6. Pemasangan Ujung Piston dan Frame Pisau

3. Jalur udara bertekanan diatur menggunakan solenoid valve 5/2.



Gambar 7. Pemasangan Solenoid Valve 5/2

4.3.2

ara Kerja

1. Operator menempatkan tahu di alas pemotong.



Gambar 8. Posisi Penempatan Tahu

2. Saat panel ditekan, solenoid valve membuka jalur udara dari kompresor ke ruang atas silinder → batang piston bergerak turun → pisau memotong tahu.



Gambar 9. Proses Pemotongan Pertama

3. Saat pedal dilepas, aliran udara diarahkan ke ruang bawah silinder → batang piston bergerak naik → pisau kembali ke posisi awal.



Gambar 10. Proses Pemotongan kedua

4. Tekanan kerja diatur pada 0,5–0,6 MPa untuk menghasilkan gaya potong yang cukup tanpa merusak bentuk tahu.

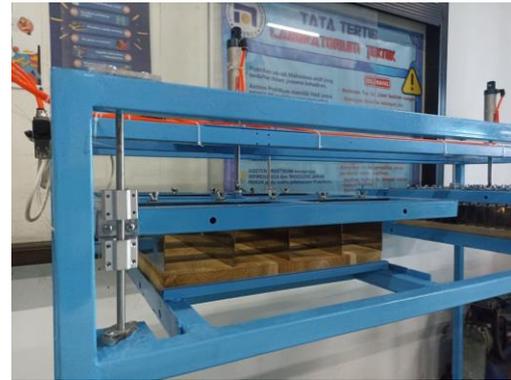
4.4 Uji Alat

Alat pemotong tahu dari hasil metode Reverse Engineering tidak hanya memperbaiki dari sisi ergonomis, tetapi mengunggulkan fungsi dan pembaruan tekniknya. Pengembangan dari desain yang ergonomis, dilengkapi dua sumbu pemotong horizontal dan vertikal, alat ini mampu bekerja 2 balok loyang sekaligus dalam sekali pengoperasian, tidak hanya itu pisau dapat di adjustable supaya suatu saat dapat mengubah ukuran potongan tahu sesuai permintaan kostumer.

Untuk mendukung hasil perkembangan alat pemotong tahu menggunakan metode Reverse Engineering kami menampilkan dokumentasi prototipe sebagai hasil implementasi nyata dari perkembangan rancangan alat pemotong tahu ergonomis berbasis pnuematik yang sudah diuji di lapangan.



Gambar 11. Hasil Prototipe Alat Pemotong Tahu



Gambar 12. Sistem Adjustable Pisau



Gambar 13. Tinggi Alat Pemotongan



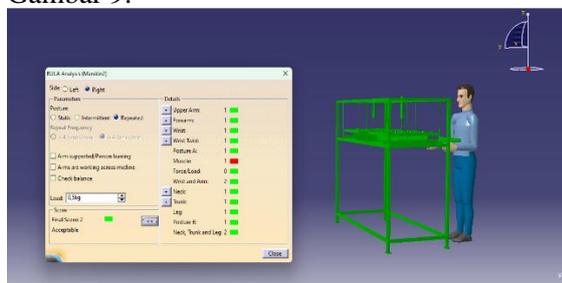
Gambar 14. Tinggi Panel ON/OFF

Hasil Pembedngan antara alat pemotong tahu manual yang sudah digunakan di UMKM Bu. Hj Handayani ungaran dengan alat perbaikan alat pemotong tahu ergonomis berbasis pneumatik memiliki keunggulan teknis dan ergonomis, berikut hasil tabel pembedng.

Table 11. Hasil Pembandingan Kinerja pemotongan manual dan alat terbaru

Fitur Alat	Alat Pemotong Manual	Alat Pemotong Perbaikan
Ergonomis	Tidak ada	Disesuaikan dimensi antropometri pekerja
Sistem penggerak	Manual	Sistem Pneumatik Panel ON/OFF
Jumlah potongan sekali operasi kerja	1 balok loyang tahu	2 balok loyang tahu
Waktu yang dibutuhkan dalam sekali pemotongan	75 detik	41 detik
Penyesuaian ukuran potongan tahu	Tidak bisa	Bisa (dapat di <i>adjustable</i>)
Higienitas	Kurang	Tinggi (<i>Stainless Food Grade</i>)

Hasil perbaikan alat pemotong tahu ergonomis berbasis pneumatik menjawab masalah dan kebutuhan operator di UMKM Bu. Hj Handayani ungaran. Perbaikan alat pemotong tahu memperbaiki postur tubuh operator, dari gerakan tangan, gerakan leher, dan punggung, sehingga menurunkan resiko kelelahan pekerja, tidak hanya itu memberikan kenyamanan operator dalam bekerja dan efisien kerjanya. Berikut merupakan hasil visualisasi postur tubuh dan hasil menggunakan RULA dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 15. Hasil Nilai RULA sesudah diperbaiki menggunakan software CATIA V5

Hasil analisis RULA menunjukkan bahwa meningkatnya ergonomis alat sesudah dilakukannya penerapan di alat pemotong tahu, menunjukkan skor yang awalnya dari 7 (risiko tinggi) turun menjadi 2 (risiko minimal). Pengevaluasian dilakukan secara berulang sebanyak tiga kali dengan satu operator, di mana hasil aktivitas kerja didokumentasikan dalam bentuk video dan foto. Hasil data kemudian dianalisis menggunakan software CATIA V5, simulasi figura digital yang sudah disesuaikan dengan postur tubuh operator sesuai data antropometri yang diambil. Hasil penelitian perbaikan alat pemotong tahu

ergonomis berbasis pneumatik menunjukkan penurunan risiko yang sangat baik dan menghasilkan dampak positif kepada kenyamanan dan produktivitas kinerja.

5. KESIMPULAN

Penelitian ini berhasil merancang ulang alat pemotong tahu berbasis pneumatik menggunakan metode Reverse Engineering dan data antropometri operator. Hasilnya, alat baru mampu meningkatkan presisi potong, mempercepat waktu produksi, dan menurunkan skor risiko kerja dari 7 menjadi 2 menurut metode RULA. Dari sisi risiko ergonomi, penurunan skor RULA dari 7 menjadi 2 menunjukkan perbaikan postur kerja yang signifikan. Hal ini selaras dengan rekomendasi Wati & Murnawan (2022) bahwa penyesuaian tinggi meja kerja sesuai tinggi siku berdiri dapat menurunkan beban punggung dan leher operator.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa integrasi sistem pneumatik dan penyesuaian dimensi alat berdasarkan data antropometri mampu menurunkan waktu siklus pemotongan sebesar $\pm 30\%$ dan meningkatkan presisi potongan. Temuan ini konsisten dengan Bidiawati et al. (2024) yang melaporkan peningkatan produktivitas sebesar 35–45% pada proses pemotongan tahu setelah penerapan desain ergonomis.

Sistem pneumatik terbukti efektif mengurangi beban fisik pekerja karena gaya potong dihasilkan oleh udara bertekanan, sementara desain ergonomis yang berbasis antropometri memungkinkan operator bekerja dengan postur yang lebih aman dan nyaman. Penerapan alat ini diharapkan dapat

meningkatkan produktivitas dan kesejahteraan pekerja UMKM tahu, sejalan dengan temuan penelitian sebelumnya pada perbaikan desain alat pemotong tahu (Bidiawati et al., 2024) dan penerapan prinsip ergonomi di industri pangan (Bawa Susana & Perdana Putra, 2024; Wati & Murnawan, 2022).

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, D., & Yurika. (2024). 7378-7387. *Penggunaan Elektro Pneumatik Dalam Efisiensi Waktu Pemotongan Kentang Berbasis Programmable Logic Controller*, 4, 7378–7387. <https://j-innovative.org/index.php/Innovative>
- Bawa Susana, I. G., & Perdana Putra, I. K. (2024). APLIKASI ALAT BANTU ERGONOMIS PADA KERJA MANUAL BERDASARKAN KAJIAN ERGO-MECHANICAL UNTUK PETANI KECIL. *Energy, Materials and Product Design*, 3(1), 176–183. <https://doi.org/10.29303/empd.v3i1.4505>
- Bidiawati, A., Muchtiar, Y., Setiawati, L., Suherman, H., & Desmiarti, R. (2024). DESAIN ALAT BANTU PROSES PEMOTONGAN TAHU GUNA MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS PRODUKSI. *JISI: Jurnal Integrasi Sistem Industri*, 11(2), 261–270. <https://doi.org/10.24853/jisi.11.2.261-270>
- Heri, Adianto, & Jusuf Frans. (2023). PERANCANGAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE REVERSE ENGINEERING DAN VDI 2221 PADA PRODUK MEJA BELAJAR MULTIFUNGSI. 2(3), 309–324.
- Kristanto, A., & Palmanto, E. (2016). PERANCANGAN ALAT PEMBUAT TEPUNG CASSAVA. *JISI: JURNAL INTEGRASI SISTEM INDUSTRI*, 3(1). <https://doi.org/10.24853/jisi.4.1.pp-pp>
- Lesmana, A., Kusnayat, A., & Rahayu, M. (n.d.). PERANCANGAN ALAT PENGANGKUT BAHAN BAKAR KAYU CUSTOM MENGGUNAKAN PENDEKATAN REVERSE ENGINEERING CUSTOM WOOD FUEL CARRIER DESIGN USING REVERSE ENGINEERING APROACH.
- Mahmuda, M. H., & Rahma, R. A. (2024). Analisis Postur Kerja Pada Operator Quality Control Menggunakan Metode RULA (Studi Kasus Pada PT. XYZ Cikarang Barat. *Tekinfo: Jurnal Ilmiah Teknik Industri Dan Informasi*, 13(1), 1–13. <https://doi.org/10.31001/tekinfo.v13i1.2147>
- Mutmainah, & Apriyadi Sofyan. (2015). *Re-Desain Ukuran Kursi Kerja Pada Stasiun Kerja Pengelasan Lini Produksi Lemari Es secara Ergonomi di PT. Sharp Electronics Indonesia*.
- Olivya Putri, R., Jayanti, S., Kurniawan, B., Keselamatan, P., Kerja, K., Masyarakat, K., Diponegoro, U., Prof, J. H., Soedarto, S. H., & Keselamatan, B. (2021). HUBUNGAN POSTUR KERJA DAN DURASI KERJA DENGAN KELUHAN NYERI OTOT PADA PEKERJA PABRIK TAHU X DI KOTA SEMARANG. 9(6). <http://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jkm>
- Rachmat Ramdhan, F., Azri, F., Heryana, G., Mustofa Kamal, D., Zainuri, F., Sofyan, H., Studi Magister Terapan Rekayasa Teknologi Manufaktur, P., Negeri Jakarta Kampus baru, P. U., GA Siwabessy, J. D., & Beji, K. (n.d.). *Optimalisasi Perancangan Fixture Permesinan Komponen Utama Bantalan Sling menggunakan Pneumatic System Optimization of Machinery Fixture Design The Main Components of Sling Bearings use a Pneumatic System*.
- Regent Montororing, Y. D., & Shiombing Samuel. (2020). 175-343-1-PB.

- PERANCANGAN ALAT BANTU KERJA DENGAN PRINSIP ERGONOMI PADA BAGIAN PENIMBANGAN DI PT. BPI, 1.* <http://www.politeknikmeta.ac.id/meta/ojs/PERANCANGAN>
- Rohim, J. A., & Kristanto, A. (2016). PERANCANGAN SISTEM KERJA PADA PROSES PENGEMASAN EMPING MELINJO DENGAN PENDEKATAN ERGONOMI. *JISI : JURNAL INTEGRASI SISTEM INDUSTRI VOLUME, 3(2)*. <https://doi.org/10.24853/jisi.4.1.pp-pp>
- Santoso, A., Anna, B., Purbasari, A., Kepulauan Batam, R., Pengajar Program Studi Teknik Industri, S., Riau Kepulauan Batam Jl Batu Aji Baru, U., & Riau, K. (2014). PERANCANGAN ULANG KURSI ANTROPOMETRI UNTUK MEMENUHI STANDAR PENGUKURAN. *PROFESIENSI, 2(2)*, 81–91.
- Saputra, T., Kristanto, A., Kunci:, K., & Gergaji, M. (2016). PERBAIKAN FASILITAS KERJA PADA PROSES PEMOTONGAN MAINAN TAMAN KANAK-KANAK MENGGUNAKAN PENDEKATAN ERGONOMI UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS (Studi Kasus di Cv. Mataram Indah, Yogyakarta). *JISI : JURNAL INTEGRASI SISTEM INDUSTRI VOLUME, 3(2)*. <https://doi.org/10.24853/jisi.4.1.pp-pp>
- Sukpto, P., Djojsubroto, H., & Permana, H. (2018). Penerapan Metode Job Safety Analysis and Risk Score untuk Meningkatkan Keselamatan dan Kesehatan Kerja pada Departemen Printing, Sewing dan Assembly PT. PAI, Bandung (Suatu Pendekatan Participatory Ergonomic). In *Jurnal Kesehatan* (Vol. 9, Issue 3). Online. <http://ejurnal.poltekkes-tjk.ac.id/index.php/JK>
- Turhamun, azhar, & finawan aidi. (2017). RANCANG BANGUN PEMISAH BENDA LOGAM DAN NON LOGAM MENGGUNAKAN ELEKTRO PNEUMATIC. *JURNAL TEKTRONIKA, 1(1)*.
- Wati, P. E. D. K., & Murnawan, H. (2022). PERANCANGAN ALAT PEMBUAT MATA PISAU MESIN PEMOTONG SINGKONG DENGAN MEMPERTIMBANGKAN ASPEK ERGONOMI. *JISI: Jurnal Integrasi Sistem Industri, 9(1)*, 59. <https://doi.org/10.24853/jisi.9.1.59-69>