



## Perancangan Alat Pembuat Engsel Ergonomis Guna Meningkatkan Kualitas Hasil Produksi

Putu Eka Dewi Karunia Wati<sup>1</sup>, Hery Murnawan<sup>2</sup>,

<sup>1,2,3</sup> Jurusan Teknik Industri, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, Jl. Semolowaru No. 45  
Surabaya, Indonesia

### INFORMASI ARTIKEL

#### Halaman:

17 – 25

#### Tanggal penyerahan:

24 Mei 2023

#### Tanggal diterima:

25 September 2023

#### Tanggal terbit:

30 September 2023

### ABSTRACT

*UD Doa Emak is a Small and Medium Enterprise (SMEs) that produces coconut grater machines, cassava cutting machines, meat grinding machines, and chicken feather removal machines. This UKM produces an average of 280 large and small hinges and 230 headgear using manual and simple tools which are operated in a crouching position. Many defects were found in the production output using this tool and caused fatigue in workers. The design of new tools by considering ergonomic aspects is carried out to reduce the level of product defects and worker fatigue. This tool is designed to be operated in a sitting position by considering the anthropometric size of the worker. Some of the measurements used are Elbow Height Sitting Position (TSPD), Hand Reach Length (PJT), Palm Width (LTT), Polipteal Length (PP), Polypeal Height (TP), and Butt Width (LP). In addition to considering worker anthropometric data, this tool also takes into account the percentile used so that all workers can operate the tool. The tools designed can reduce defects by up to 83%, resulting in an increase in production capacity by 25-30 units / day.*

**Keywords:** hinge maker, ergonomics, production capacity, defects, product quality

### EMAIL

<sup>1</sup>[putu\\_ekadkw@untag-sby.ac.id](mailto:putu_ekadkw@untag-sby.ac.id)

<sup>2</sup>[herymurnawan@untag-sby.ac.id](mailto:herymurnawan@untag-sby.ac.id)

<sup>3</sup>[tasyafebrinda@untag-sby.ac.id](mailto:tasyafebrinda@untag-sby.ac.id)

<sup>4</sup>[vinkaputri@untag-sby.ac.id](mailto:vinkaputri@untag-sby.ac.id)

### ABSTRAK

UD Doa Emak merupakan Usaha Kecil Menengah (UKM) yang memproduksi mesin pamarut kelapa, mesin pemotong singkong, mesin giling daging, dan mesin pencabut bulu ayam. UKM ini memproduksi rata-rata 280 buah engsel besar dan kecil dan 230 buah penutup kepala dengan menggunakan alat manual dan sederhana yang dioperasikan dengan posisi menjongkok. Alat ini sering mengakibatkan kecacatan pada hasil produksinya dan menimbulkan kelelahan pada pekerja. Perancangan alat baru yang lebih ergonomis dilakukan untuk mengurangi tingkat kecacatan dan kelelahan pekerja. Alat yang dirancang ini mempertimbangkan antropometri dari pekerja dan dioerasikan dalam posisi duduk. Beberapa ukuran yang dipergunakan yaitu Tinggi Siku Posisi Duduk (TSPD), Panjang Jangkauan Tangan (PJT), Lebar Telapak Tangan (LTT), Panjang Polipteal (PP), Tinggi Polipteal (TP), dan Lebar Pantat (LP). Selain mempertimbangkan data antropometri pekerja, alat ini juga memperhitungkan persentil yang digunakan agar keseluruhan pekerja dapat mengoperasikan alat tersebut. Alat yang dirancang dapat menurunkan kecacatan hingga 83% sehingga terjadi peningkatan kapasitas produksi sebanyak 25-30 unit/hari.

**Kata kunci:** alat pembuat engsel, ergonomis, kapasitas produksi, kecacatan, kualitas produk

### PENDAHULUAN

UD Doa Emak merupakan Usaha Kecil Menengah (UKM) yang memproduksi barang-barang yang digunakan untuk industri rumah tangga seperti mesin pamarut kelapa, mesin pemotong singkong, mesin giling daging, dan mesin pencabut bulu ayam. UKM ini memiliki 20

orang pekerja yang bekerja selama 8 jam kerja reguler dan terkadang bekerja lembur untuk memenuhi pesanan. Beberapa komponen penyusun mesin-mesin tersebut dipasok oleh UKM logam yang berada di sekitar UKM ini, namun ada beberapa komponen yang diproduksi sendiri oleh UKM ini antara lain engsel kecil, engsel besar, dan penutup kepala yang digunakan untuk mesin pamarut kelapa. Dalam sehari biasanya UKM ini memproduksi rata-rata 280 buah engsel dan 230 buah penutup kepala.

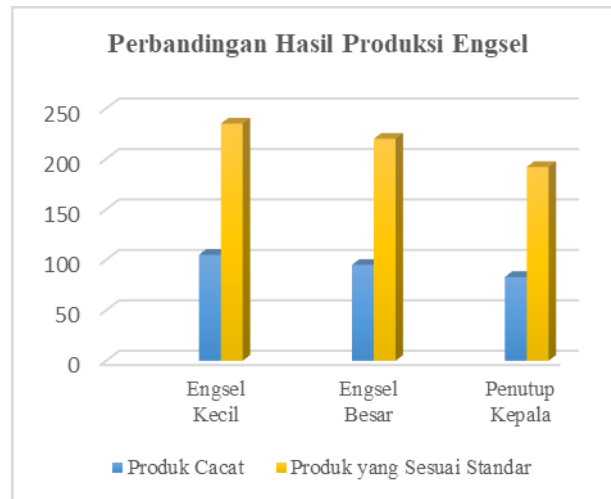
Alat yang digunakan untuk membuat kedua produk tersebut masih menggunakan alat yang sederhana dan sistem pengoperasian yang cukup panjang. Sistem kerjanya yaitu plat akan dipotong dan ditekan dengan tuas penekan. Dalam produksi engsel terdapat dua jenis pengerjaannya yaitu pemotongan (*cutting*) dan penekukan (*bending*). Proses pemotongan ini bertujuan agar material yang berupa lembaran logam atau plat dibuat sesuai dengan rancangan bentuk engsel sedangkan proses penekukan (*bending*) bertujuan untuk pemasangan pin penghubung antara kedua bagian dari engsel.

Panjang plat yang digunakan untuk membuat produk engsel ini berbeda-beda sehingga saat menggunakan alat ini, pekerja membutuhkan waktu lama untuk memperkirakan panjang engsel sebelum dilakukan proses *cutting* dikarenakan alat ini tidak ada bantalan tertentu yang membedakan ukuran engsel maupun penutup kepala. Kendala pada proses *bending* juga sangat berpengaruh terhadap produk yang dihasilkan. Bagian tuas penekan mengalami goyangan yang besar berdampak pada tekanan yang pertama dan kedua tidak sama. Goyangan tuas penekan terjadi karena porosnya tidak presisi. Tekanan yang tidak sama dari proses itu mengakibatkan tekanan pada engsel miring. Selain pada tuas penekan masalah juga terjadi pada poros untuk pembuatan lubang engsel. Pada poros tersebut digunakan material beton nesser yang bentuknya tidak bulat serta pemasangan tidak sejajar sehingga menyebabkan posisi engsel yang berada pada permukaan matras mengalami pergeseran tempat dan proses penekanan pada engsel tidak sama. Selain bagian tuas dan poros masalah juga terjadi di matras untuk dudukan material. Permukaan dari matras tidak memiliki setelan tahanan untuk menentukan dimensi panjang ujung produk. Selain itu pada matras tidak memiliki pengunci sehingga benda kerja akan mengalami pergeseran. Jenis kecacatan yang paling sering terjadi seperti yang terlihat pada Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Produk engsel yang cacat

Ketidak sesuaian ukuran dan bentuk engsel membuat engsel yang cacat tersebut akan langsung dibuang. Tingkat perbandingan kecacatan antara produk cacat untuk setiap produk dapat dilihat pada Gambar 2 berikut:



Gambar 2. Diagram perbandingan hasil produksi engsel dan penutup kepala

Berdasarkan Gambar 2 di atas, diketahui bahwa tingkat kecacatan hasil produksi engsel dan penutup kelapa masih cukup tinggi. Kecacatan produksi yang tinggi akan membuat kapasitas produksi menurun dan biaya produksi semakin meningkat. Selain tingkat kecacatan yang tinggi, tingkat kelelahan yang dialami oleh pekerja yang menggunakan alat ini juga cukup tinggi dikarenakan alat ini dioperasikan pada posisi jongkok. Berdasarkan kendala tersebut, maka penelitian ini merancang alat yang ergonomis yang dapat meningkatkan kualitas dan kapasitas produksi dari produk engsel dan penutup kepala. Alat yang dirancang nantinya hanya dioperasikan oleh satu orang pekerja dengan posisi kerja yang ergonomis sehingga dapat meningkatkan produktifitas pekerja. Beberapa penelitian juga membahas mengenai perbaikan alat pembuatan engsel seperti penelitian yang dilakukan oleh [1] untuk membuat engsel tipe butt dengan mengembangkan sebuah alat dengan menggunakan sistem press hidrolik untuk menekuk engsel. Akan tetapi, dengan pengembangan alat tersebut membutuhkan usaha yang lebih besar dan lebih efektif dilakukan dengan posisi berdiri. Selain penelitian tersebut, juga terdapat penelitian dari [2] yang mengembangkan alat pembuat engsel dengan sistem press dan dioperasikan dengan posisi berdiri. Penelitian-penelitian tersebut mengembangkan alat pembuat engsel yang dioperasikan dengan berdiri, sehingga pada penelitian ini, alat akan dirancang untuk dioperasikan dalam posisi duduk untuk mengurangi usaha yang dikeluarkan oleh pekerja dan mengurangi tingkat kelelahan dari pekerja.

## METODE

Perancangan alat pembuat engsel yang ergonomis dilakukan dengan melakukan identifikasi awal terlebih dahulu pada pekerja dan proses pembuatan engsel. Adapun tahapan penelitian ini yaitu: 1) Melakukan identifikasi awal untuk mengetahui permasalahan yang terdapat pada proses produksi. Identifikasi awal dilakukan pada proses produksi seluruh produk yang terdapat pada UKM; 2) Menentukan permasalahan, tujuan dan objek penelitian; 3) Membuat konsep perancangan alat pembuat engsel; 4) Melakukan perancangan alat sesuai dengan data antropometri yang telah dikumpulkan; 5) Melakukan uji coba alat dan evaluasi hasil produksi engsel. Proses uji coba dilakukan dengan memproduksi ketiga produk dan membandingkan tingkat kecacatan dengan alat sebelumnya. Penelitian ini merancang sebuah alat pembuat engsel yang ergonomis. Keergonomisan alat ditinjau dari kondisi pekerja saat mengoperasikan alat. Alat yang akan dibuat didesain untuk dapat dioperasikan pada posisi duduk untuk menurunkan tingkat kelelahan pekerja.

Data antropometri digunakan untuk menentukan ukuran proses perancangan matras yang baru sehingga hasil perancangan akan sesuai dengan postur tubuh pekerja. Data antropometri yang digunakan yaitu data antropometri yang berhubungan dengan posisi kerja saat duduk. Pengumpulan

data dilakukan secara langsung yaitu mengukur dengan menggunakan alat ukur seperti meteran untuk mengukur dimensi seluruh pekerja [2]. Data antropometri yang digunakan untuk merancang alat pembuat engsel ini dapat dilihat pada Tabel 1 berikut:

Tabel 1. Data Antropometri yang Diperlukan Sesuai dengan Tujuan Pengukuran

Kode	Keterangan	Tujuan Pengukuran
TSPD	Tinggi Siku Posisi Duduk	Menentukan tinggi rangka dari alas sampai dudukan matras
PJT	Panjang Jangkauan Tangan	Menentukan panjang tuas pengerollan dari matras
LTT	Lebar Telapak Tangan	Menentukan panjang pegangan pada ujung tuas pengerollan
PP	Panjang Polipteal	Menentukan panjang dudukan kursi
TP	Tinggi Polipteal	Menentukan tinggi dudukan kursi
LP	Lebar Pantat	Menentukan lebar dudukan kursi

Data yang terkumpul akan dilakukan uji keseragaman data. Uji keseragaman data mempunyai tujuan agar bisa mengetahui semua data yang diperoleh berada pada rentang batas kontrol bawah dan batas kontrol atas [3]. Pengujian keseragaman data dilakukan dengan menggunakan rumus di bawah ini: [4]

$$BKA = \bar{X} + k\sigma \quad (1)$$

$$BKB = \bar{X} - k\sigma \quad (2)$$

Data yang digunakan merupakan populasi dari pekerja sehingga tidak dilakukan lagi uji kecukupan data pada penelitian ini. Setelah melakukan pengujian keseragaman data, maka ditentukan persentil yang akan digunakan. Persentil adalah suatu nilai yang menyatakan bahwa persentase tertentu dari sekelompok orang yang dimensinya sama dengan atau lebih rendah dari nilai tersebut [2]. Penelitian ini menggunakan persentil 5 th, 50 th, dan 95 th. Karena data berdistribusi normal. Nilai persentil dapat dihitung dengan menggunakan rumus: [5]

$$\text{Nilai Persentil} = \bar{X} + F\sigma \quad (3)$$

Dimana nilai F yang digunakan sesuai dengan Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Nilai F Setiap Persentil

Percentile	F
1 th	-2,326
5 th	-1,645
10 th	-1,282
25 th	-0,674
50 th	0
75 th	+0,674
90 th	+1,282
95 th	+1,645
99 th	+2,326

Penentuan persentil yang digunakan disesuaikan dengan ukuran pengguna yang akan mengoperasikan alat. Selanjutnya hasil rancangan akan dilakukan evaluasi alat. Evaluasi alat dilakukan dengan menguji alat yang dirancang dan mengidentifikasi output dari alat yang

dirancang. Berdasarkan kualitas yang dihasilkan, produk terbagi menjadi dua kategori yaitu produk cacat dan produk yang tidak cacat atau yang sesuai dengan standar. Hasil rancangan yang sukses jika mampu menurunkan jumlah produk yang cacat sehingga dapat meningkatkan kapasitas produksi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan data dilakukan untuk 20 orang pekerja yang akan menggunakan alat yang dirancang. Data antropometri yang digunakan adalah data antropometri seluruh pekerja yaitu 20 orang pekerja yang seluruhnya berjenis kelamin laki-laki yang berpotensi menjadi pengguna dari alat yang dirancang. Sehingga setiap pekerja akan merasa nyaman dalam menggunakan alat tersebut. Hasil pengolahan data awal yaitu pengujian keseragaman data untuk setiap objek pengamatan seperti tertera pada Tabel 3 berikut:

Tabel 3. Hasil Perhitungan BKA Dan BKB

No	Kode	BKA	$\bar{X}$	BKB
1	TSPD	64,9	62,6	60,3
2	PJT	76,6	73,8	71
3	LTT	10,6	8,7	6,8
4	PP	46,5	44,3	42
5	TP	44,2	41,35	38,5
6	LP	37,7	35,2	32,7

Berdasarkan Tabel 3 di atas, diketahui bahwa rata-rata data yang digunakan telah berada diantara batas kontrol atas maupun bawah sehingga seluruh data yang terkumpul sudah seragam dan dapat digunakan sebagai acuan pengukuran dan perancangan selanjutnya. Setelah data terkumpul, selanjutnya adalah menentukan ukuran dimensi dari matras pembuat engsel. Untuk menentukan ukuran dimensi matras tersebut arus berdasarkan ukuran dari persentil. Dalam penentuan ukuran ini digunakan ukuran persentil 5-th untuk ukuran persentil terkecil, ukuran persentil 50-th untuk ukuran persentil rata-rata dan ukuran persentil 95-th untuk ukuran persentil yang terbesar [5]. Ukuran dan persentil yang digunakan untuk perancangan alat yaitu pada Tabel 4 berikut:

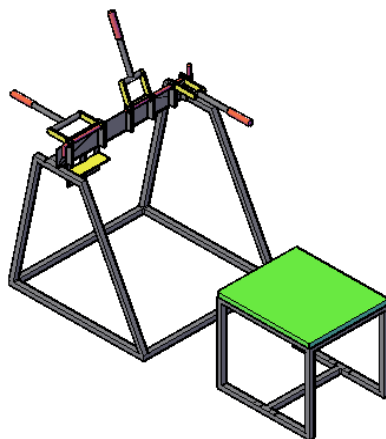
Tabel 4. Ukuran yang Digunakan dalam Perancangan Produk

Bagian Produk	Data yang Digunakan	Persentil yang Digunakan	Ukuran (cm)
Tinggi rangka matras	TSPD	5-th	61
Panjang tuas pengerolan	PJT	5-th	35
Bantalan karet	LTT	95-th	11
Panjang dudukan	PP	50-th	44
Tinggi dudukan	TP	50-th	41
Lebar dudukan	LP	95-th	38

Berdasarkan Tabel IV di atas, Tinggi rangka matras menggunakan persentil 5-th agar pekerja yang memiliki TSPD terendah masih dapat menggunakan alat ini dalam posisi duduk sehingga persentil yang digunakan yaitu data persentil 5-th. Panjang Jangkauan Tangan (PJT) digunakan untuk menentukan panjang tuas pengerolan dari matras pembuat engsel. Panjang tuas ini

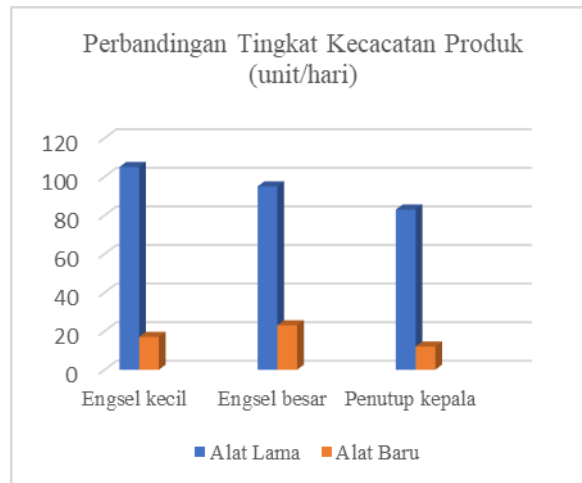
menggunakan data PJT persentil 5-th yaitu sebesar 71 cm agar usaha pekerja dalam menjangkau tuas lebih pendek. Akan tetapi, panjang tuas yang mengarah kearah pekerja akan terlalu dekat dengan pekerja, sehingga diambil ukuran setengah dari panjang jangkauan tangan, yaitu sebesar 35 -35,5 cm. Lebar telapak tangan (LTT) pekerja digunakan untuk ukuran bantalan karet yang digunakan untuk menggenggam tuas agar pada saat melakukan proses penekanan tangan tidak merah ataupun luka. Pada perancangan bantalan ini menggunakan persentil 95-th yaitu 10,13 cm agar semua pekerja baik yang memiliki lebar tangan yang cukup besar dapat menggenggam secara keseluruhan bantalan karet tersebut. Data Panjang Polipteal (PP) digunakan untuk menentukan panjang dudukan kursi dari pekerja. Alat yang akan dirancang digunakan dalam posisi duduk sehingga untuk membuat dudukan ini menggunakan data panjang polipteal. Pada pembuatan dudukan ini menggunakan data dengan persentil 50-th yaitu 43,70 atau 44 cm agar semua pekerja dapat merasa nyaman saat bekerja duduk karena dudukan tidak terlalu panjang ataupun pendek. Tinggi Polipteal (TP) digunakan untuk menentukan tinggi dudukan dari kursi pekerja. Pada dudukan ini juga menggunakan data persentil 50-th yaitu 40,85 atau 41 cm agar tinggi dudukan tidak terlalu tinggi ataupun rendah bagi seluruh pekerja. Data Lebar Pantat (LP) pekerja digunakan untuk menentukan lebar dari dudukan yang akan dibuat. Dudukan akan dirancang dengan menggunakan persentil 95-th yaitu sebesar 37,98 atau 38 cm agar para pekerja yang memiliki lebar pantat yang paling besar merasa nyaman dengan dudukan yang digunakan. Sedangkan bagi pekerja dengan lebar pantat terkecil tetap merasa nyaman dengan ukuran dudukan yang jauh lebih besar.

Alat yang akan dirancang terdiri dari kerangka utama yang merupakan penopang dari alat, matras penekan, tuas yang digunakan sebagai pegangan untuk melakukan penekanan, dan kursi pekerja. Dengan menggunakan ukuran yang tertera pada Tabel 2 di atas, maka rancangan dari alat pembuat engsel dapat dilihat pada Gambar 3 berikut:



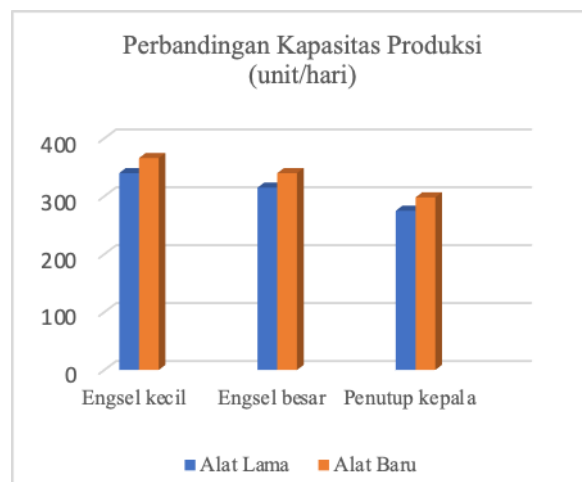
Gambar 3. Rancangan Alat Pembuat Engsel

Rancangan alat yang disesuaikan dengan ukuran antropometri pekerja dan dengan tingkat persentil tertentu, maka para pekerja dapat lebih produktif karena tingkat kelelahan menurun. Sistem kerja alat yang dirancang yaitu dimana plat dipotong sesuai ukuran engsel, kemudian diletakkan pada bantalan sesuai dengan ukurannya dan dijepit, kemudian tuas ditekan kearah pekerja, maka plat akan berbentuk engsel. Sistem kerja tersebut telah menurunkan jumlah produk yang cacat seperti yang terlihat pada Gambar 4 di bawah ini:



Gambar 4. Diagram Perbandingan Tingkat Kecacatan Alat Lama dan Alat Baru

Pada Gambar 4 di atas terlihat penurunan tingkat kecacatan yang sangat besar terdapat pada engsel kecil dan penutup kepala. Penurunan tingkat kecacatan ini dikarenakan alat baru memiliki pengunci dan tuas pengerolan yang sejajar sehingga benda kerja tidak bergerak dan penekanan terjadi sama rata pada seluruh bagian. Penurunan tingkat kecacatan ini menunjukkan peningkatan kualitas yang signifikan terhadap hasil produksi engsel dengan menggunakan alat yang baru. Berkurangnya jumlah produk yang cacat dan sistem kerja alat yang cepat dapat meningkatkan kapasitas produksi seperti yang terlihat pada Gambar 5 di bawah ini:



Gambar 5. Diagram perbandingan kapasitas produksi alat lama dan alat baru

Pada Gambar 5 di atas diketahui peningkatan kapasitas pada setiap produk. Peningkatan kapasitas produksi untuk ketiga produk tersebut bertambah kurang lebih 25-30 unit/hari. Peningkatan kapasitas produksi dengan adanya alat yang baru dapat meningkatkan kemampuan UKM dalam memenuhi kebutuhan pelanggan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih ditujukan kepada Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya yang telah memberikan dana hibah penelitian sehingga penelitian ini dapat dilakukan dengan baik dan hasilnya dapat digunakan oleh mitra penelitian. Ucapan terima kasih juga ditujukan kepada UD. Doa Emak sebagai mitra atas kesempatan yang diberikan kepada peneliti.



**KESIMPULAN**

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada penelitian ini, maka dapat disimpulkan bahwa alat yang telah dirancang sudah bersifat ergonomis karena telah mengikuti standar antropometri dari seluruh pekerja yang ada di UD. Doa Emak. Keergonomisan alat juga diikuti dengan peningkatan persentase kapasitas produksi sebesar 7% untuk engsel kecil dan engsel besar, dan 7,2 % untuk penutup kepala. Produk yang diproduksi juga memperlihatkan peningkatan kualitas yang cukup signifikan yaitu rata-rata sebesar 83,2 %. Peningkatan kualitas pada UKM ini juga dapat mengurangi biaya bahan baku dikarenakan yang semula jika produk uyang dihasilkan adalah produk cacat maka produk akan langsung dibuang.

Perlu dilakukan analisa biaya lebih lanjut untuk penelitian ini, sehingga dapat digunakan sebagai acuan dalam penentuan harga produksi dan harga jual dari produk pamarut kelapa. Selain itu diperlukan juga penjadwalan produksi yang tepat agar permintaan yang tinggi dapat terpenuhi dengan memaksimalkan sumber daya yang sehingga UKM ini mampu memperoleh keuntungan yang maksimal.

**DAFTAR PUSTAKA**

- [1] N. Bocken and J. Konietzko, "Circular business model innovation in consumer-facing corporations," *Technol. Forecast. Soc. Change*, vol. 185, no. October, p. 122076, 2022, doi: 10.1016/j.techfore.2022.122076.
- [2] M. Safik, D. Putu, E. Dewi, and K. Wati, "Perancangan Ulang Alat Angkut Guna Menurunkan Ongkos Material Handling," 2022.
- [3] H. Murnawan, N. Hartatik, and P. E. D. K. Wati, "Peningkatan Kualitas dan Produktivitas Produk Pengecoran Logam dengan Penataan Ulang Fasilitas Produksi," *JPP IPTEK (Jurnal Pengabdian dan Penerapan IPTEK)*, vol. 4, no. 1, pp. 35–42, May 2020, doi: 10.31284/j.jpp-iptek.2020.v4i1.558.
- [4] H. Murnawan and P. E. D. K. Wati, "Perancangan Ulang Fasilitas Dan Ruang Produksi Untuk Meningkatkan Output Produksi," *J. Tek. Ind.*, vol. 19, no. 2, pp. 157–165, Aug. 2018, doi: 10.22219/jtiumm.vol19.no2.157-165.
- [5] P. Eka, D. Karunia Wati, and H. Murnawan, "PERANCANGAN ALAT PEMBUAT MATA PISAU MESIN PEMOTONG SINGKONG DENGAN MEMPERTIMBANGKAN ASPEK ERGONOMI," *JISI J. Integr. Sist. Ind.*, vol. 9, 2022, doi: 10.24853/jisi.9.1.59-69.
- [6] Y. Burhanudin, Suryadiwansa och D. Iskandar, "Perancangan Dan Pembuatan Curling Dies Untuk Penekukan Pelat Engsel Tipe Butt Dengan Sistem Press," *Jurnal Mechanical*, vol. 4, nr 2, pp. 44-49, 2013.
- [7] K. M. Rasyid, "Desain dan Pengembangan Engsel Pintu Menggunakan Aplikasi Metode Elemen," *Jurnal Teknik Mesin ITI*, vol. 1, nr 1, p. 1, 2017.
- [8] Yanto och B. Ngaliman, *ERGONOMI (Dasar-Dasar Studi Waktu & Gerakan untuk Analisis & Perbaikan Sistem Kerja)*, Yogyakarta: C.V. ANDI OFFSET (Penerbit ANDI), 2017.
- [9] Nurmianto, *Ergonomi Konsep Dasar dan Aplikasinya*, Guna Widya, 2004.
- [10] D. Inwood och J. Hammond, *Pengembangan Produk*, Jakarta: Pustaka Binaman Pressindo, 1995.
- [11] S. Wignjosoebroto, *Ergonomi Studi Gerak dan Waktu*, Guna Widya, 2006.
- [12] I. P. Agustinus, *Perancangan dan Pengembangan Produk Manufaktur*, Pert red., ANDI, 2017.
- [13] P. D. A. P. Irawan, *IPM, Perancangan dan Pengembangan Produk Manufaktur*, Yogyakarta: C.V. ANDI OFFSET (Penerbit ANDI), 2017.
- [14] H. Murnawan, *Perancangan Bisnis Aplikasi dan Implementasi di Dunia Industri*, Surabaya: Zifatama Publisher, 2016.