

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Wawancara Pekerja

Pada tahap ini, dilakukan sesi wawancara langsung dengan para operator di lapangan guna menggali informasi terkait kondisi fisik mereka baik selama maupun setelah menjalankan aktivitas pemotongan logam. Berdasarkan hasil wawancara tersebut, terungkap bahwa sebagian besar pekerja menyampaikan keluhan rasa nyeri pada beberapa bagian tubuh, antara lain:

1. Leher bagian belakang mengalami nyeri apabila pekerja melakukan pekerjaan yang mengharuskan pekerja menunduk saat proses pemotongan logam dalam jangka waktu yang lama.
2. Punggung dan pinggang pekerja terasa kaku dan pegal akibat pekerjaan pemotongan logam yang mengharuskan pekerja bekerja dengan posisi jongkok dan membungkuk ke bawah dikarenakan posisi alat yang sejajar dengan kaki.
3. Kaki terasa kebas dan pegal seta lutut terasa nyeri karena pekerja melakukan pekerjaan memotong dengan postur yang kurang nyaman dalam waktu yang lama.

4.2 Kuisioner *Nordic Body Map*

Kuisioner ini dibagikan kepada 4 pekerja operator pemotongan logam UMKM Kerajinan Logam Muji Raharjo untuk mengetahui letak keluhan *Musculosketel Disorder* (MSDs) saat pekerjaan berlangsung selama 7 jam. Berikut merupakan daftar pekerja yang menjadi responden pada penelitian ini:

Tabel 4. 1. Kuisioner *Nordic Body Map*

Jenis Pekerjaan	Keterangan Responden	Nama Responden	Usia (Tahun)	Jenis Kelamin
Pemotongan Logam	1A	Tarmidi	49	Laki- Laki
	2A	Safrudin	55	Laki- Laki
	3A	M. Abdul	52	Laki- Laki
	4A	Sugeng	63	Laki- Laki

Wawancara ini berfokus pada pengajuan pertanyaan kepada responden terkait area tubuh mana saja yang mengalami ketidaknyamanan atau rasa nyeri, dengan cara meminta mereka menunjukkan secara langsung bagian otot rangka yang terdampak, sebagaimana tercantum dalam lembar kerja kuesioner *Nordic Body Map*. Instrumen ini mencakup 27 titik otot rangka yang tersebar di sisi kanan dan kiri tubuh. Penilaian dimulai dari area tubuh bagian atas, seperti leher, hingga bagian tubuh paling bawah, yaitu otot-otot pada kaki. Berikut disajikan hasil pengisian kuesioner *Nordic Body Map* yang telah dilengkapi oleh para pekerja di bidang pemotongan logam.

PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS JENDERAL ACHMAD YANU
YOGYAKARTA

Tabel 4. 2. Kuisioner *Nordic Body Map*

Responden	Pertanyaan																												Σ	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27		
Tarmidi	1	3	3	3	2	2	2	4	4	2	1	1	2	2	2	2	1	3	1	1	4	4	2	2	2	2	2	2	2	62
Safrudin	1	1	4	4	1	1	2	3	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	2	2	1	2	1	2	4	4	4	4	70	
M. Abdul	1	1	2	2	4	4	4	3	3	3	1	1	1	1	3	3	2	3	1	2	1	1	2	2	2	2	2	2	59	
Sugeng	2	1	3	3	2	2	3	3	3	2	2	2	1	1	3	3	1	3	3	3	4	4	2	2	1	1	2	2	64	

Keterangan Skoring

Skor 1 = Tidak sakit

Skor 2 = Agak sakit

Skor 3 = Sakit

Skor 4 = Sangat sakit

Keterangan Tingkat Resiko

0-20 = Rendah (belum dilakukan perbaikan)

21-41 = Sedang (mungkin diperlukan perbaikan)

42-62 = Tinggi (diperlukan tindakan segera)

63-84 = Sangat tinggi (diperlukan tindakan sesegera mungkin)

Berdasarkan tabel yang berisi hasil akhir rekapitulasi score kuisioner NBM dengan tingkat resiko dan keterangan hasil akhir dari dapat dilihat pada tabel 4.2. Setelah didapatkan hasil rekapitulasi data kuisioner tiap pekerja, maka dapat diketahui bahwa.

Tabel 4. 3. Hasil Rekapitulasi *Nordic Body Map*

No	Nama Pekerja	Nilai (Σ)	Keterangan
1.	M. Abdul	59	Tinggi (diperlukan tindakan segera)
2.	Tarmidi	62	Tinggi (diperlukan tindakan segera)
3.	Sugeng	64	Sangat tinggi (diperlukan tindakan sesegera mungkin)
4.	Safrudin	70	Sangat tinggi (diperlukan tindakan sesegera mungkin)

Berdasarkan hasil yang telah diperoleh, dapat disimpulkan bahwa aktivitas pemotongan dalam proses produksi kerajinan logam yang melibatkan empat orang pekerja menunjukkan tingkat risiko cedera yang serius. Operator atas nama M. Abdul dan Tarmidi memperoleh skor antara 42 hingga 62, yang mengindikasikan tingginya potensi cedera. Hal ini menandakan bahwa pekerjaan tersebut membutuhkan penanganan dalam waktu dekat. Sementara itu, dua operator lainnya yaitu Sugeng dan Safrudin menunjukkan skor antara 63 hingga 84, yang mengarah pada kategori risiko sangat tinggi. Kondisi ini menuntut dilakukannya tindakan korektif sesegera mungkin. Dengan temuan bahwa proses pemotongan logam memiliki potensi bahaya pada level tinggi hingga sangat tinggi, maka diperlukan evaluasi lanjutan terhadap postur kerja para operator menggunakan pendekatan *Rapid Entire Body Assessment* (REBA) untuk analisis yang lebih mendalam.

4.3 Perhitungan REBA

Setelah mengumpulkan data dokumentasi pekerja dalam melakukan aktivitas pemotongan logam, selanjutnya dilakukan perhitungan sudut untuk menentukan nilai dari setiap postur tubuh.

1. Perhitungan Grup A dan Tabel A

Perhitungan grup A (batang tubuh, leher, dan kaki) dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut ini:

Tabel 4. 4. Skor Grup A

Postur Tubuh	Besar Sudut	Skor	Penambahan	Skor Akhir
Batang Tubuh	 a: 102,96°	4 karena sudut yang terbentuk termasuk kategori >60° fleksi	Tidak ada penambahan skor	4
Leher	 a: 60,5°	3 karena sudut yang dibentuk termasuk kategori 20° - 60° fleksi	Tidak ada penambahan skor	3

Tabel 4.4. Skor Grup A (Lanjutan)

Kaki		4 karena sudut yang terbentuk termasuk kategori $>60^\circ$ fleksi	Tidak ada penambahan skor	4
------	---	--	---------------------------	---

a: 112,84°

Skor dari grup A pada tabel 4.4 dimasukkan kedalam tabel A untuk mengetahui nilainya:

Tabel 4.5. Skor Tabel A

Tabel A	Leher												
		1				2				3			
	Kaki	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Batang Tubuh	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Berdasarkan tabel A skor yang didapatkan dari hasil perpaduan batang tubuh, leher, dan kaki adalah 9. Selanjutnya skor dari tabel A dijumlahkan dengan skor beban. Diketahui beban dari alat potong adalah 6-8 kg yang artinya masuk pada kategori beban 5-10 kg sehingga ditambahkan 1. Dengan demikian total skor akhir dari tabel A adalah $9+1 = 10$

2. Perhitungan Grup B dan Tabel B

Perhitungan grup B (lengan atas, lengan bawah, dan pergelangan tangan) dapat dilihat pada tabel 4.6.

Tabel 4.6.Skor Grup B

Postur Tubuh	Besar Sudut	Skor	Penambahan	Skor Akhir
Lengan Atas	 a: 69,13°	3 karena sudut yang terbentuk termasuk kategori 45° - 90° fleksi	Tidak ada penambahan skor	3
Lengan Bawah	 a:54,62°	2 karena sudut yang dibentuk termasuk kategori <60° fleksi atau >100° fleksi	Tidak ada penambahan skor	2
Pergelangan Tangan	 a:17,12°	2 karena sudut yang terbentuk termasuk kategori >15° fleksi	Tidak ada penambahan skor	2

Skor dari grup B pada tabel 4.6 dimasukkan kedalam tabel B untuk mengetahui nilainya:

Tabel 4.7. Skor Tabel B

Tabel B	Lengan Bawah						
		1			2		
	Pergelangan Tangan	1	2	3	1	2	3
Lengan Atas	1	1	2	2	1	2	3
	2	1	2	3	2	3	4
	3	3	4	5	4	5	5
	4	4	5	5	5	6	7
	5	5	7	8	7	8	8
	6	7	8	8	8	9	9

Berdasarkan tabel B skor yang didapatkan dari hasil perpaduan lengan atas, lengan bawah dan pergelangan tangan adalah 5. Skor dari tabel B dijumlahkan dengan skor *coupling*. Diketahui *coupling* dari alat pemotong logam tidak dapat diterima yang artinya masuk pada kategori poor sehingga skor ditambahkan 2. Dengan demikian total skor akhir dari tabel B adalah $5+2=7$

3. Perhitungan Tabel C

Perhitungan tabel C didapatkan dari gabungan skor pada tabel A dan tabel B.

Tabel 4.8. Skor Tabel C

Score A	Tabel C											
	Score B											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Berdasarkan tabel C skor yang didapatkan dari hasil perpaduan skor tabel A dan Tabel B adalah 11. Selanjutnya skor dari tabel C dijumlahkan dengan skor aktivitas. Dimana diketahui terdapat 2 aktivitas yang terjadi dimana satu atau lebih bagian tubuh bersifat statis (ditahan lebih dari 1 menit) dan pengulangan gerakan dalam rentang waktu singkat yang diulang lebih dari 4x per menit (tidak termasuk berjalan) sehingga ditambahkan 2. Dengan demikian total skor akhir REBA adalah $11+2=13$ menunjukkan tingkat resiko sangat tinggi.

4.4 Perhitungan *Job Safety Analysis*

Berikut adalah hasil identifikasi risiko di setiap pekerjaan berdasarkan wawancara pada UMKM Pengrajin Logam Muji Raharjo Kota Gede, Daerah Istimewa Yogyakarta.

Tabel 4.9. Matrik Risiko

		Tingkat Keparahan (S)						
		Pekerjaan hanya tertunda	Cedera ringan	Cedera dengan kehilangan waktu kerja	Cedera berat, kerusakan berat, cacat	Meninggal dunia	Meninggal beberapa orang	
Peluang (P)		1	2	4	6	8	10	Sifat pekerjaan/paparan
Pasti terjadi	10	L	H	VH	VH	VH	VH	Terus menerus
Bisa terjadi	8	L	MH+	H	VH	VH	VH	Setiap jam
Akan terjadi	6	L	M	M+	H	VH	VH	Setiap hari
Mungkin terjadi	4	VL	L	M	M+	H	VH	Setiap minggu
Kecil kemungkinan terjadi	2	VL	VL	L	M	H	H	Setiap bulan
Tidak mungkin terjadi	1	VL	VL	L	L	M	H	Setiap tahun

Risiko VL : Very low : Sangat rendah
 L : Low : Rendah
 M : Medium : Sedang
 M+ : Medium + : Sedang +
 H : High : Tinggi
 VH : Very high : Sangat tinggi

Berdasarkan hasil perhitungan skor resiko dapat diketahui bahaya yang ditimbulkan pada area pabrik antara lain adalah sebagai berikut:

- a. Resiko *very high*, yaitu pada area pemolesan dengan bensin dimana saat proses berlangsung uap bensin yang beracun dan mudah meledak menyebabkan keracunan dan kebakaran yang dapat membahayakan pekerja. Kemudian pada area kerja pengkruan potensi paparan bahan kimia yang dapat mengakibatkan kerusakan pada paru-paru akibat uap yang berulang. Selanjutnya pada beberapa area pengkleran pengawet dengan potensi kontak langsung menyebabkan iritasi kulit dan mata yang dapat menyebabkan luka bakar kimia dan iritasi pada kulit atau mata.
- b. Resiko *very low*, yaitu pada area kerja proses cetak drig, etsa, atau ukir tata dimana saat proses berlangsung terdapat debu serpihan logam yang dapat mengakibatkan gangguan pernapasan dan iritasi mata. Kemudian pada area kerja pemotongan mendapatkan benda tajam dan serpihan logam yang dapat mengakibatkan luka sayat atau terpotong, serta pada area kerja perakitan terdapat cedera alat (obeng, palu, dll) dimana dapat menyebabkan luka pada tangan atau jari. Selanjutnya pada area kerja pengamplasan bauran sampung terdapat gesekan tinggi, panas atau luka bakar ringan yang dapat mengakibatkan iritasi atau luka lecet ditangan.
- c. Resiko *medium+*, yaitu pada area kerja proses cetak etsa, drig, atau ukir tata yang mengalami paparan bahan kimia sehingga dapat mengakibatkan luka bakar dan keracunan.
- d. Rasiko *medium*, yaitu pada area kerja proses persiapan bahan logam yang berat sehingga dapat menyebabkan cedera punggung atau otot akibat mengangkat beban berat.

4.5 Ergonomic Function Deployment

Dalam pendekatan EFD, dilakukan penambahan elemen ergonomis pada produk yang sudah ada dengan cara mengaitkan kembali hubungan antara kebutuhan pengguna dan aspek-aspek ergonomi dari produk tersebut. EFD berperan sebagai metode untuk melengkapi struktur *House of Ergonomic*, yang berfungsi menerjemahkan ekspektasi konsumen ke dalam dimensi ergonomi secara sistematis.

Pada tahap ini, proses awal yang dilakukan adalah mengidentifikasi kebutuhan pengguna melalui pengumpulan data menggunakan kuesioner EFD. Instrumen tersebut disebarkan kepada 30 responden yang terdiri dari operator pemotongan logam, masyarakat umum, serta mahasiswa Teknik Industri Universitas Jenderal Achmad Yani Yogyakarta. Butir-butir pertanyaan yang berkaitan dengan tingkat kepentingan terhadap produk alat pemotong logam tercantum dalam Tabel 4.10

4.6 Pengolahan Data Ergonomic Function Deployment

Ergonomic Function Deployment adalah pengembangan dari QFD dengan mempertimbangkan aspek kebutuhan konsumen dengan aspek ergonomi dari produk yang akan dirancang dengan konsep ENASE, konsep ini akan dipertimbangkan dengan atribut produk baik dari segi fungsional, ukuran, resiko kerja, bahan.

4.6.1 Kebutuhan Konsumen

Dalam penelitian ini, kebutuhan konsumen atau pengguna diidentifikasi dengan menggunakan *Voice Of Customer*. Informasi yang diperoleh dari wawancara dengan para operator kemudian diterjemahkan menjadi kebutuhan konsumen yang akan dikelompokkan berdasarkan tingkat kepentingannya, seperti yang tertera pada tabel dibawah ini:

Tabel 4.10. Hasil Wawancara

No	Pertanyaan	Jawaban
1.	Kondisi terkait alat potong saat ini	-posisi jongkok dalam waktu lama dapat menimbulkan tekanan pada lutut dan pergelangan kaki -posisi tuas terlalu tinggi untuk operator yang duduk atau jongkok sehingga membutuhkan tenaga lebih besar dan tidak nyaman.
2.	Kelebihan terkait alat potong saat ini	Pemotongan logam presisi dan stabil karena struktur tuas panjang memungkinkan distribusi gaya potong yang lebih merata dibandingkan alat potong dengan tuas pendek atau sistem geser
3.	Kekurangan dari alat potong saat ini	-Tidak adanya keamanan saat menarik tuas sehingga menimbulkan cedera -kelelahan otot secara terus menerus karena membungkuk atau berjongkok dalam waktu yang lama
4.	Usulan perbaikan apa yang diharapkan	-proses pemotongan dapat dilakukan dalam posisi berdiri tegak atau duduk ergonomis -menambahkan penyangga atau pegangan tuas yang empuk -menambahkan pelindung pisau untuk mencegah kontak langsung antara tangan dengan area potong

Berdasarkan atribut-atribut diatas terkait pernyataan dari wawancara maka disusun kuisioener untuk disebarikan kepada konsumen berdasarkan tingkat yang dibutuhkan dalam merancang alat bantu dengan desain yang ergonomi

Tabel 4.11. Kebutuhan Pengguna

Variabel	Atribut	Keterangan
Efektif	Fungsional	Bentuk dan ukuran alat pemotong dan meja dapat memudahkan dan menjangkau logam saat berdiri tegak
		Adanya pelindung tangan berupa handle saat memotong
Nyaman	Ukuran	Dimensi alat bantu yang sesuai dengan antropometri operator
		Handle/pegangan mudah digenggam dan tidak licin
Aman	Resiko kerja	Alat bantu yang dapat mengurangi terjadinya kecelakaan kerja pada operator
		Alat bantu yang kuat menahan berat bahan baku
Sehat	Bahan material	Material yang digunakan tidak mengandung bahan racun atau menimbulkan alergi pada operator

Tabel 4.11. Kebutuhan Pengguna (lanjutan)

Efisien	Ergonomi	Bentuk alat pemotong dirancang sesimpel mungkin agar mudah dipegang
	Perawatan	Bentuk alat pemotong yang mudah dibersihkan dan disimpan.

Dalam proses pengisian kuesioner, responden diminta untuk menilai baik tingkat kepentingan maupun tingkat kepuasan mereka terhadap produk. Penilaian tersebut dilakukan berdasarkan pemberian bobot pada setiap jawaban. Untuk aspek tingkat kepentingan dari pengguna, sistem pembobotannya ditetapkan sebagai berikut:

Tabel 4.12. Penilaian Tingkat kepentingan Responden

No	Tingkat Kepentingan	Nilai Bobot Jawaban
1.	Sangat penting	5
2.	Penting	4
3.	Cukup penting	3
4.	Kurang penting	2
5.	Tidak penting	1

Untuk tingkat kepuasan, pembobotan dilakukan sebagai berikut:

Tabel 4.13. Penilaian Tingkat Kepuasan Responden

No	Tingkat Kepuasan	Nilai Bobot Jawaban
1.	Sangat puas	5
2.	Puas	4
3.	Cukup puas	3
4.	Kurang puas	2
5.	Tidak puas	1

4.6.2 Uji Validitas dan Reliabilitas

Uji validitas untuk mengukur instrumen yang digunakan valid atau tidak valid. Adapun hasil uji validitas pernyataan dapat dilihat pada tabel 4.14

Tabel 4.14. Validitas Pernyataan

No	Kode Pertanyaan	<i>Corrected Item – Total Correlation</i>	Keputusan
1.	P1	0,765	VALID
2.	P2	0,705	VALID
3.	P3	0,407	VALID
4.	P4	0,631	VALID
5.	P5	0,615	VALID
6.	P6	0,528	VALID
7.	P7	0,699	VALID
8.	P8	0,522	VALID

Tabel 4.14. Validitas Pernyataan (lanjutan)

9.	P9	0,596	VALID
10.	P10	0,573	VALID
11.	P11	0,650	VALID
12.	P12	0,591	VALID
13.	P13	0,634	VALID
14.	P14	0,699	VALID
15.	P15	0,642	VALID
16.	P16	0,553	VALID
17.	P17	0,557	VALID
18.	P18	0,679	VALID

Berdasarkan uji validitas pada tabel di atas, dapat dilihat bahwa setiap item pernyataan memiliki nilai *corrected item-total correlation*. Nilai ini kemudian dibandingkan dengan r tabel sebesar 0,361, yang diperoleh dari derajat kebebasan (DF) yaitu $n-2 = 30-2 = 28$ responden dengan tingkat signifikansi 5%. Mengacu pada ketentuan yang berlaku, karena seluruh nilai *corrected item-total correlation* lebih besar dari r tabel, maka seluruh item dinyatakan valid.

Setelah uji validitas dilakukan, tahap selanjutnya adalah pengujian reliabilitas. Tujuan dari uji ini adalah untuk memastikan apakah instrumen pengukuran yang digunakan dapat memberikan hasil yang konsisten ketika digunakan untuk menilai objek yang sama. Hasil uji reliabilitas ditampilkan pada Tabel 4.15.

Tabel 4.15. Reliabilitas Pernyataan

<i>Cronbach's Alpha</i>	<i>N of Items</i>
,923	18

Berdasarkan hasil uji reliabilitas yang ditampilkan pada tabel di atas, diperoleh nilai *Cronbach's Alpha* sebesar 0,923. Mengacu pada kriteria reliabilitas, sebuah variabel dinyatakan reliabel apabila nilai *Cronbach's Alpha*-nya melebihi angka 0,60. Dengan demikian, seluruh instrumen yang telah diuji dinilai memadai, valid, dan memiliki tingkat konsistensi yang tinggi, sehingga layak untuk digunakan dalam proses analisis data pada tahap selanjutnya.

4.6.3 Penyusunan *House of Ergonomic*

Pembuatan matriks merupakan bagian dari proses riset pasar dan analisis strategis yang dilakukan selama tahap perencanaan dalam pengembangan suatu produk.

1. Nilai Tingkat Kepentingan (*Importance to Customer*)

Nilai ini didapatkan berdasarkan hasil penilaian oleh pengguna terhadap apa yang diinginkan oleh mereka dari rancangan produk alat pemotongan logam, berikut ini nilai *Importance to Customer*.

Tabel 4.16. Nilai *Importance to Customer*

No	Pernyataan	STP	TP	CP	P	SP	Total	Nilai Kinerja
1.	Bentuk dan ukuran alat pemotong dan meja dapat memudahkan dan menjangkau logam saat berdiri tegak	0	0	4	13	14	134	4,78
2.	Adanya pelindung tangan berupa handle saat memotong	0	0	0	10	20	140	5,00
3.	Dimensi alat bantu yang sesuai dengan antropometri operator	0	0	4	11	15	131	4,67
4.	Handle/pegangan mudah digenggam dan tidak licin	0	0	2	11	17	135	4,82
5.	Alat bantu yang dapat mengurangi terjadinya kecelakaan kerja pada operator	0	0	2	11	17	135	4,82
6.	Alat bantu yang kuat menahan berat bahan baku	0	0	3	6	21	138	4,92
7.	Material yang digunakan tidak mengandung bahan racun atau menimbulkan alergi pada operator	0	0	3	10	17	134	4,78

Tabel 4.16. Nilai Importance to Customer (lanjutan)

8.	Bentuk alat pemotong dirancang sesimpel mungkin agar mudah dipegang	0	1	3	13	13	128	4,57
9.	Bentuk alat pemotong yang mudah dibersihkan dan disimpan.	0	0	1	10	19	138	4,92
Jumlah							1.213	43,28

Dari tabel diatas diketahui hasil rekap data kuisioner tingkat kepentingan dan nilai kinerja masing-masing pernyataan. Nilai kinerja untuk tingkat kepentingan dihitung dengan cara sebagai berikut.

$$\text{Pernyataan 1} = \frac{\sum Ni}{N} = \frac{(N1 \times 1) + (N2 \times 2) + (N3 \times 3) + (N4 \times 4) + (N5 \times 5)}{N} \quad (4.1)$$

$$\frac{\sum Ni}{N} = \frac{(0 \times 1) + (0 \times 2) + (4 \times 3) + (13 \times 4) + (14 \times 5)}{28}$$

$$\frac{\sum Ni}{N} = \frac{134}{28} = 4,78$$

Keterangan:

N1 = Jumlah responden yang memilih “STP”

N2 = Jumlah responden yang memilih “TP”

N3 = Jumlah responden yang memilih “CP”

N4 = Jumlah responden yang memilih “P”

N5 = Jumlah responden yang memilih “SP”

2. Tingkat Kepuasan Pelanggan

Nilai tingkat kepuasan pengguna (*customer satifcation performance*) merupakan tanggapan terhadap suatu produk, kemudahan nilai CSP ini juga agar mengetahui tingkat kepuasan oleh pengguna terhadap performance produk yang ada saat ini, berikut ini adalah nilai CSP:

Tabel 4.17. Nilai customer satifcation performance

No	Pernyataan	STP	TP	CP	P	SP	Total	Nilai Kinerja
1.	Bentuk dan ukuran alat pemotong dan meja dapat memudahkan dan menjangkau logam saat berdiri tegak	0	0	0	14	16	136	4,85

3. Penentuan Nilai Goal

Penentuan nilai goal dilakukan untuk mengukur tingkat pencapaian tujuan yang akan ingin dicapai oleh peneliti dengan memperhatikan ketersediaan kebutuhan konsumen yang dapat terpenuhi.

Tabel 4.18. Nilai Goal

Pernyataan	Nilai Goal
Bentuk dan ukuran alat pemotong dan meja dapat memudahkan dan menjangkau logam saat berdiri tegak	4,85
Adanya pelindung tangan berupa handle saat memotong	5,00
Dimensi alat bantu yang sesuai dengan antropometri operator	4,71
Handle/pegangan mudah digenggam dan tidak licin	4,82
Alat bantu yang dapat mengurangi terjadinya kecelakaan kerja pada operator	4,82
Alat bantu yang kuat menahan berat bahan baku	4,92
Material yang digunakan tidak mengandung bahan racun atau menimbulkan alergi pada operator	4,89
Bentuk alat pemotong dirancang sesimpel mungkin agar mudah dipegang	4,78
Bentuk alat pemotong yang mudah dibersihkan dan disimpan.	4,92

Berdasarkan tabel diatas diperoleh hasil nilai goal tertinggi yaitu sebesar 5,00 untuk variabel alat pemotong yang dilengkapi dengan *handle*/pegangan. Kemudian untuk terendah didapatkan nilai goal sebesar 4,71 yaitu dimensi alat pemotong sesuai dengan ukuran tubuh operator.

4. Nilai *Improvement Ratio*

Dalam penelitian ini , *improvement ratio* digunakan untuk mengukur sejauh mana perusahaan harus melakukan perbaikan untuk mencapai goal yang ditetapkan. Semakin tinggi nilai *improvement ratio*, semakin besar upaya yang harus dilakukan oleh perusahaan untuk mencapai tujuan tersebut. Untuk mrnghitung *improvement ratio*, digunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Improvement Ratio} = \frac{\text{Goal}}{\text{Current Satisfaction Performance}} \quad (4.2)$$

Perhitungan *Improvement Ratio* pertanyaan 1:

$$\text{Improvement Ratio} = \frac{4,85}{4,85} = 1$$

Perhitungan nilai *improvement ratio* selengkapnya pada tabel 4.19 berikut ini:

Tabel 4.19. Nilai *Improvement Ratio*

Pernyataan	Nilai Goal
Bentuk dan ukuran alat pemotong dan meja dapat memudahkan dan menjangkau logam saat berdiri tegak	1
Adanya pelindung tangan berupa handle saat memotong	1,02
Dimensi alat bantu yang sesuai dengan antropometri operator	1
Handle/pegangan mudah digenggam dan tidak licin	1
Alat bantu yang dapat mengurangi terjadinya kecelakaan kerja pada operator	1,00
Alat bantu yang kuat menahan berat bahan baku	1.06
Material yang digunakan tidak mengandung bahan racun atau menimbulkan alergi pada operator	1
Bentuk alat pemotong dirancang sesimpel mungkin agar mudah dipegang	1
Bentuk alat pemotong yang mudah dibersihkan dan disimpan.	1,04

Berdasarkan tabel diatas maka diperoleh nilai *Improvement Ratio* tertinggi yaitu sebesar 1,06 untuk variabel alat pemotong yang tidak mencederai operator. Kemudian untuk nilai terendah yaitu sebesar 1 terdapat pada variabel alat pemotong logam yang mudah dioperasikan.

5. Penentuan Nilai *Sales Point*

Nilai *Sales Point* sangat penting untuk mengetahui kekuatan produk dalam mengambil kebutuhan konsumen. Penetapan nilai sales point didasarkan pada tingkat kepentingan atribut produk yang diinginkan oleh konsumen. *Sales point* dapat diartikan sebagai pandangan atau opini dari manajemen mengenai produk atau jasa. Bobot nilai yang sering digunakan untuk penetapan sales point dapat dilihat pada tabel 4.20 berikut ini:

Tabel 4.20. Kriteria Penilaian Sales Point

Nilai SP	Keterangan
1	Tidak ada pengaruh produk (No Sales Point)
1,2	Produk memberikan pengaruh kecil (Medium Sales Point)
1,5	Memberi pengaruh besar terhadap produk (Strong Sales Point)

Sumber: Studi Industri Teknologi & Indonesia (2020)

Untuk mengetahui titik jualan pada produk, pada penelitian ini digunakan nilai 1,5 (*strong sales point*) karena produk yang dirancang memiliki nilai tambah yang sangat tinggi. Berbagai faktor dipertimbangkan dalam penentuan nilai titik jual.

Tabel 4.21. Nilai Sales Point

No	Pernyataan	Tingkat Kepentingan	Improvement Ratio	Sales Point
1.	Bentuk dan ukuran alat pemotong dan meja dapat memudahkan dan menjangkau logam saat berdiri tegak	4,78	1	1,5
2.	Adanya pelindung tangan berupa handle saat memotong	5,00	1,02	1,5
3.	Dimensi alat bantu yang sesuai dengan antropometri operator	4,67	1	1,5
4.	Handle/pegangan mudah digenggam dan tidak licin	4,82	1	1,5
5.	Alat bantu yang dapat mengurangi terjadinya kecelakaan kerja pada operator	4,82	1,00	1,5
6.	Alat bantu yang kuat menahan berat bahan baku	4,92	1.06	1,5
7.	Material yang digunakan tidak mengandung bahan racun atau menimbulkan alergi pada operator	4,78	1	1,5
8.	Bentuk alat pemotong dirancang sesimpel mungkin agar mudah dipegang	4,57	1	1,5
9.	Bentuk alat pemotong yang mudah dibersihkan dan disimpan.	4,92	1,04	1,5

6. Menentukan *Raw Weight*

Nilai *Raw Weight* merupakan nilai gabungan yang mencerminkan tingkat urgensi suatu kebutuhan konsumen secara keseluruhan, berdasarkan tingkat kepentingan, rasio peningkatan, dan daya tarik penjualan. Semakin tinggi nilai raw weight yang diperoleh, maka semakin besar pula prioritas pemenuhan kebutuhan tersebut. Nilai ini dihitung menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Raw Weight} = (\text{importance to customer}) \times (\text{improvement ratio}) \times \text{Salespoint} \quad (4.3)$$

Perhitungan *Raw Weight* 1 = $4,78 \times 1 \times 1,5 = 7,17$

Tabel 4.22. Nilai *Raw Weight*

No	Pernyataan	Tingkat Kepentingan	Improvement Ratio	Sales Point	Raw Weight
1.	Bentuk dan ukuran alat pemotong dan meja dapat memudahkan dan menjangkau logam saat berdiri tegak	4,78	1	1,5	7,17
2.	Adanya pelindung tangan berupa handle saat memotong	5,00	1,02	1,5	7,65
3.	Dimensi alat bantu yang sesuai dengan antropometri operator	4,67	1	1,5	7,00
4.	Handle/pegangan mudah digenggam dan tidak licin	4,82	1	1,5	7,23
5.	Alat bantu yang dapat mengurangi terjadinya kecelakaan kerja pada operator	4,82	1,00	1,5	7,23
6.	Alat bantu yang kuat menahan berat bahan baku	4,92	1.06	1,5	7,82
7.	Material yang digunakan tidak mengandung bahan racun atau menimbulkan alergi pada operator	4,78	1	1,5	7,17
8.	Bentuk alat pemotong dirancang sesimpel mungkin agar mudah dipegang	4,57	1	1,5	6,85

Tabel 4.22. Nilai Raw Weight (lanjutan)

9.	Bentuk alat pemotong yang mudah dibersihkan dan disimpan.	4,92	1,04	1,5	7,67
Jumlah					65,79

7. Normalied Raw Weight

Perhitungan normalisasi *raw weight* adalah nilai *raw weight* yang dibuat dalam skala 0 sampai 1 atau dalam presentase. Besarnya normalisasi *raw weight* dihitung dengan rumus sebagai berikut.

$$\text{normalized raw weight} = \frac{\text{raw weight}}{\sum \text{raw weight}} \quad (4.4)$$

$$\text{Perhitungan normalied raw weight} = \frac{7,17}{65,79} = 0,10$$

Tabel 4.23. Nilai Normalized Raw Weight

No	Pernyataan	Tingkat Kepentingan	Improvement Ratio	Sales Point	Raw Weight	N.Raw Weight
1.	Bentuk dan ukuran alat pemotong dan meja dapat memudahkan dan menjangkau logam saat berdiri tegak	4,78	1	1,5	7,17	0,10
2.	Adanya pelindung tangan berupa handle saat memotong	5,00	1,02	1,5	7,65	0,11
3.	Dimensi alat bantu yang sesuai dengan antropometri operator	4,67	1	1,5	7,00	0,10
4.	Handle/pegangan mudah digenggam dan tidak licin	4,82	1	1,5	7,23	0,10
5.	Alat bantu yang dapat mengurangi terjadinya kecelakaan kerja pada operator	4,82	1,00	1,5	7,23	0,10

Tabel 4.23. Nilai *Normalized Raw Weight* (lanjutan)

6.	Alat bantu yang kuat menahan berat bahan baku	4,92	1.06	1,5	7,82	0,11
7.	Material yang digunakan tidak mengandung bahan racun atau menimbulkan alergi pada operator	4,78	1	1,5	7,17	0,10
8.	Bentuk alat pemotong dirancang sesimpel mungkin agar mudah dipegang	4,57	1	1,5	6,85	0,10
9.	Bentuk alat pemotong yang mudah dibersihkan dan disimpan.	4,92	1,04	1,5	7,67	0,11

Mengacu pada tabel di atas, diperoleh nilai *Normalized Raw Weight* tertinggi sebesar 0,11 yang terdapat pada variabel alat pemotong dengan fitur handle atau pegangan. Sementara itu, nilai terendah sebesar 0,10 ditemukan pada variabel alat pemotong yang memiliki kemudahan dalam pengoperasian.

8. Menentukan Respon Teknis

Langkah berikutnya adalah menetapkan respon teknis, yang berisi pemetaan kebutuhan konsumen ke dalam bentuk istilah teknis. Respon teknis ini mencerminkan rencana desain atau perancangan yang akan dilakukan untuk memenuhi kebutuhan konsumen tersebut. Rincian karakteristik teknis tersebut disajikan pada tabel 4.24.

Tabel 4.24. karakteristik Teknis

No	Tingkat Kepentingan	Karakteristik Teknis
1.	Bentuk dan ukuran alat pemotong dan meja dapat memudahkan dan menjangkau logam saat berdiri tegak	Panjang, lebar dan tinggi alat bantu dengan standar antropometri operator
2.	Adanya pelindung tangan berupa handle saat memotong	Bentuk pegangan menyesuaikan bentuk telapak tangan
3.	Dimensi alat bantu yang sesuai dengan antropometri operator	Menambahkan penyangga atau pegangan tuas
4.	Handle/pegangan mudah digenggam dan tidak licin	Dibuat dari material non-slip (anti-selip) seperti karet, busa padat, atau polimer ergonomis, yang dapat mengurangi gaya cengkeram (grip force) dan meningkatkan stabilitas saat memotong.
5.	Alat bantu yang dapat mengurangi terjadinya kecelakaan kerja pada operator	Pelindung pisau mencegah kontak langsung antara tangan operator.
6.	Alat bantu yang kuat menahan berat bahan baku	Struktur alat bantu memiliki kerangka penopang
7.	Material yang digunakan tidak mengandung bahan racun atau menimbulkan alergi pada operator	Bahan yang digunakan menggunakan bahan stainless steel
8.	Bentuk alat pemotong dirancang sesimpel mungkin agar mudah dipegang	Bentuk alat dirancang tidak banyak lekukan serta bagian yang dipegang mengikuti bentuk ukuran antropometri
9.	Bentuk alat pemotong yang mudah dibersihkan dan disimpan.	Proses perawatan mudah dilakukan.

9. Hubungan Antara Respon Teknis Dengan Kebutuhan Konsumen

Keterkaitan antara respon teknis dan kebutuhan konsumen dapat direpresentasikan melalui simbol-simbol yang menggambarkan tingkat kekuatan hubungan keduanya. Semakin banyak simbol yang muncul pada elemen tertentu dalam karakteristik teknis terhadap kebutuhan konsumen, maka semakin besar pula peran elemen tersebut dalam memenuhi kebutuhan tersebut. Tingkat kekuatan hubungan ini divisualisasikan pada tabel 4.26.

Tabel 4.25. simbol Hubungan

Simbol	Deskripsi	Bobot
D	Tidak ada hubungan	0
△	Kemungkinan ada hubungan	1
○	Hubungan biasa saja	3
⊙	Hubungan kuat	9

Sumber: Cohen (1995)

Tabel 4.26. Matrik Hubungan Respon Teknis dan Kebutuhan Konsumen

Product Requirements	Product Characteristic	Importance Customer	Panjang, lebar dan tinggi alat bantu dengan standar antropometri operator	Bentuk pegangan menyesuaikan bentuk telapak tangan	Menambahkan penyangga atau pegangan tuas	Dibuat dari material non-slip (anti-slip) seperti karet, busa padat, atau polimer ergonomis, yang dapat mengurangi gaya cengkeram (grip force) dan meningkatkan stabilitas saat memotong.	Pelindung pisau mencegah kontak langsung antara tangan operator	Struktur alat bantu memiliki kerangka penopang	Bahan yang digunakan menggunakan bahan stainless steel	Bentuk alat dirancang tidak banyak lekukan serta bagian yang dipegang mengikuti bentuk ukuran antropometri	Proses perawatan mudah dilakukan.	customer satisfaction performance	improvement ratio	raw weight	alat pemotong pendahulu	alat pemotong ergonomis
Bentuk dan ukuran alat pemotong dan meja dapat memudahkan dan menjangkau logam saat berdiri tegak		4,78	⊙	⊙	△	D	D	△	D	○	D	4,85	1	7,17	4,85	4,78
Adanya pelindung tangan berupa handle saat memotong		5	D	⊙	⊙	⊙	△	D	D	○	D	4,89	1,02	7,65	4,89	5
Dimensi alat bantu yang sesuai dengan antropometri operator		4,67	⊙	○	○	D	D	△	D	○	D	4,71	1	7	4,71	4,67
Handle/pegangan mudah digenggam dan tidak licin		4,82	D	⊙	○	⊙	D	D	D	○	D	4,82	1	7,23	4,82	4,82
Alat bantu yang dapat mengurangi terjadinya kecelakaan kerja pada operator		4,82	D	D	⊙	D	⊙	D	○	D	D	4,78	1	7,23	4,78	4,82
Alat bantu yang kuat menahan berat bahan baku		4,92	D	D	D	D	D	D	⊙	D	D	4,64	01.06	7,82	4,64	4,92
Material yang digunakan tidak mengandung bahan racun atau menimbulkan alergi pada operator		4,78	D	D	D	D	D	D	⊙	D	△	4,89	1	7,17	4,89	4,78
Bentuk alat pemotong dirancang sesimpel mungkin agar mudah dipegang		4,57	⊙	⊙	D	D	D	○	D	⊙	D	4,78	1	6,85	4,78	4,57
Bentuk alat pemotong yang mudah dibersihkan dan disimpan.		4,92	D	D	D	D	D	D	○	D	⊙	4,71	1,04	7,67	4,71	4,92

Dari tabel diatas maka dapat dilihat hubungan antara karakteristik teknis dengan hubungan kebutuhan konsumen dengan menggunakan simbol. Setelah diketahui adanya hubungan antara karakteristik dengan kebutuhan konsumen, kemudian dihitung nilai kontribusi masing-masing karakteristik teknis. Nilai kontribusi dapat dilihat pada tabel 4.27.

Tabel 4.27. Nilai Kontribusi dan Urutan Prioritas

No.	Kepentingan Teknik	Nilai Hubungan	Nilai Kontribusi	Urutan Prioritas
1.	Bentuk dan ukuran alat pemotong dan meja dapat memudahkan dan menjangkau logam saat berdiri tegak	23	2,3	5
2.	Adanya pelindung tangan berupa handle saat memotong	31	3,41	3
3.	Dimensi alat bantu yang sesuai dengan antropometri operator	19	1,9	8
4.	Handle/pegangan mudah digenggam dan tidak licin	24	2,4	4
5.	Alat bantu yang dapat mengurangi terjadinya kecelakaan kerja pada operator	21	2,1	6
6.	Alat bantu yang kuat menahan berat bahan baku	9	0,99	9
7.	Material yang digunakan tidak mengandung bahan racun atau menimbulkan alergi pada operator	10	1	2
8.	Bentuk alat pemotong dirancang sesimpel mungkin agar mudah dipegang	30	3	1
9.	Bentuk alat pemotong yang mudah dibersihkan dan disimpan.	12	1,32	7

Berdasarkan tabel diatas diperoleh hasil tertinggi perhitungan kontribusi dan urutan prioritas yaitu 1 untuk variabel Bentuk alat pemotong dirancang sesimpel mungkin agar mudah dipegang. Kemudian nilai variabel terendah sebesar 0,99 yaitu variabel Alat bantu yang kuat menahan berat bahan baku.

Untuk mencari nilai kontribusi menggunakan rumus:

$$\text{Relationship Matrix} = \text{Normalized Raw Weight} \times \text{Bobot Relationship} \quad (4.5)$$

10. Hubungan Antar Matriks Kebutuhan

Untuk menentukan hubungan antar elemen dalam matriks kebutuhan, dilakukan analisis yang bertujuan mengevaluasi tingkat kualitas interaksi atau pengaruh antara satu karakteristik dengan karakteristik lainnya. Melalui analisis ini, dapat diketahui seberapa kuat hubungan tersebut, yang kemudian ditampilkan dalam tabel 4.28 berikut.

Tabel 4.28. Hubungan Antar Matriks Kebutuhan

Product Requirements		Product Characteristic	Importance Customer	Panjang, lebar dan tinggi alat bantu dengan standar antropometri operator	Bentuk pegangan menyesuaikan bentuk telapak tangan	Menambahkan penyangga atau pegangan tuas	Dibuat dari material non-slip (anti-slip) seperti karet, busa padat, atau polimer ergonomis, yang dapat mengurangi gaya cengkram (grip force) dan meningkatkan stabilitas saat memotong.	Pelindung pisau mencegah kontak langsung antara tangan operator	Struktur alat bantu memiliki kerangka penopang	Bahan yang digunakan menggunakan bahan stainless steel	Bentuk alat dirancang tidak banyak lekukan serta bagian yang dipegang mengikuti bentuk ukuran antropometri	Proses perawatan mudah dilakukan.	customer satifiation performance	improvement ratio	raw weight	alat pemotong pendahulu	alat pemotong ergonomis
Bentuk dan ukuran alat pemotong dan meja dapat memudahkan dan menjangkau logam saat berdiri tegak			4,78	⊙	⊙	△	D	D	△	D	○	D	4,85	1	7,17	4,85	4,78
Adanya pelindung tangan berupa handle saat memotong			5	D	⊙	⊙	⊙	△	D	D	○	D	4,89	1,02	7,65	4,89	5
Dimensi alat bantu yang sesuai dengan antropometri operator			4,67	⊙	○	○	D	D	△	D	○	D	4,71	1	7	4,71	4,67
Handle/pegangan mudah digenggam dan tidak licin			4,82	D	⊙	○	⊙	D	D	D	○	D	4,82	1	7,23	4,82	4,82
Alat bantu yang dapat mengurangi terjadinya kecelakaan kerja pada operator			4,82	D	D	⊙	D	⊙	D	○	D	D	4,78	1	7,23	4,78	4,82
Alat bantu yang kuat menahan berat bahan baku			4,92	D	D	D	D	D	D	⊙	D	D	4,64	01.06	7,82	4,64	4,92
Material yang digunakan tidak mengandung bahan racun atau menimbulkan alergi pada operator			4,78	D	D	D	D	D	D	⊙	D	△	4,89	1	7,17	4,89	4,78
Bentuk alat pemotong dirancang sesimpel mungkin agar mudah dipegang			4,57	⊙	⊙	D	D	D	○	D	⊙	D	4,78	1	6,85	4,78	4,57
Bentuk alat pemotong yang mudah dibersihkan dan disimpan.			4,92	D	D	D	D	D	D	○	D	⊙	4,71	1,04	7,67	4,71	4,92

11. Menentukan Target Spesifikasi

Spesifikasi target adalah hasil yang dirumuskan berdasarkan pengembangan karakteristik teknis yang diperoleh melalui identifikasi kebutuhan pelanggan. Tabel berikut menyajikan spesifikasi target yang diharapkan dapat dicapai.

Tabel 4.29. Target Spesifikasi

Karakteristik Teknis	Target Spesifikasi
Bentuk dan ukuran alat pemotong dan meja dapat memudahkan dan menjangkau logam saat berdiri tegak	1. Meja :Tinggi meja 80 cm, Panjang 80 cm, lebar 550 cm. 2. Alat potong dengan panjang 25 cm Alat pemotong ini dirancang untuk memotong baja lembaran 0,1mm, alat pemotong logam dilengkapi dengan lengan tuas panjang untuk daya ungkit maksimum, menghemat tenaga secara efisien.
Adanya pelindung tangan berupa handle saat memotong	Alat pemotong dilengkapi dengan lengan tuas panjang untuk daya ungkit maksimum, menghemat tenaga secara efisien
Dimensi alat bantu yang sesuai dengan antropometri operator	1. Dimensi alat bantu harus memungkinkan seluruh area kerja dan kontrol dapat dijangkau oleh lengan operator tanpa membungkuk atau meregang secara berlebihan 2. Alat bantu ini juga dapat dipasang ke meja kerja, sehingga membuat proses pemotongan menjadi lancar dan mudah
Handle/pegangan mudah digenggam dan tidak licin	Handle atau pegangan pada alat bantu dirancang dengan diameter yang sesuai dengan ukuran genggam tangan operator, yaitu antara 3 hingga 5 cm, serta menggunakan material bertekstur atau dilapisi karet anti-slip agar tidak licin saat digunakan dan tetap nyaman digenggam dalam waktu lama
Alat bantu yang dapat mengurangi terjadinya kecelakaan kerja pada operator	Alat bantu dirancang dengan memperhatikan prinsip keselamatan kerja, seperti stabilitas struktur, tidak memiliki sudut tajam, serta dilengkapi pelindung pada bagian bergerak, sehingga dapat mengurangi risiko kecelakaan kerja akibat tergelincir, terjepit, atau cedera kontak langsung saat digunakan oleh operator

Tabel 4.29. Target Spesifikasi (lanjutan)

Alat bantu yang kuat menahan berat bahan baku	Alat bantu harus memiliki struktur yang mampu menahan beban minimal sebesar 75 kg, atau 1,5 kali dari berat maksimum bahan baku (50 kg), untuk memastikan kestabilan dan keamanan selama penggunaan tanpa mengalami deformasi, retak, atau kegagalan struktur.
Material yang digunakan tidak mengandung bahan racun atau menimbulkan alergi pada operator	Bahan seperti <i>stainless steel food grade</i> atau baja paduan (<i>tool steel</i>) yang bebas dari kandungan berbahaya seperti timbal dan merkuri, serta tidak menimbulkan alergi kulit. Material juga harus sesuai dengan standar RoHS atau REACH untuk memastikan keamanan terhadap kesehatan dan lingkungan
Bentuk alat pemotong dirancang sesimpel mungkin agar mudah dipegang	memiliki desain ergonomis dengan pegangan berbentuk silindris atau oval, berdiameter antara 3 hingga 5 cm dan panjang minimal 10 cm, sehingga sesuai dengan ukuran tangan mayoritas operator. Permukaan pegangan harus dilapisi bahan anti-slip agar tidak licin saat digunakan, serta bobot alat dijaga tidak lebih dari 500 gram untuk mencegah kelelahan tangan. Kontur pegangan juga harus halus tanpa sudut tajam guna meningkatkan kenyamanan saat digunakan dalam waktu lama
Bentuk alat pemotong yang mudah dibersihkan dan disimpan.	Bentuk alat pemotong dirancang dengan permukaan yang rata dan minim celah sempit, sehingga memudahkan proses pembersihan dari sisa material pemotongan. Komponen utama seperti tuas, mata pisau, dan bodi alat memiliki kontur sederhana tanpa ornamen atau sudut rumit yang dapat menumpuk kotoran. Dimensi total alat, yaitu panjang dasar sekitar 300 mm dan tinggi keseluruhan sekitar 250 mm, memungkinkan alat disimpan secara efisien di atas meja kerja atau dalam lemari alat. Selain itu, penggunaan material logam yang dilapisi antikarat juga mendukung kemudahan pembersihan dan daya tahan jangka panjang

12. Analisis Benchmarking

Benchmarking merupakan aktivitas yang dilakukan untuk membandingkan secara terstruktur proses dan performa suatu produk atau sistem. Tujuan dari proses ini adalah untuk menetapkan standar baru atau menyempurnakan proses yang sudah ada. Dalam penelitian ini, produk yang digunakan sebagai perbandingan berasal dari UMKM Kerajinan Logam Muji Raharjo. Rincian perbandingan tersebut dapat dilihat pada tabel 4.30.

Tabel 4.30. Produk Terdahulu

Produk	Material	Spesifikasi
	-Handle: Besi -Rangka: Besi -Penyangga: Kayu	-Panjang: +- 1,5 meter -Tidak ada pelindung pegangan -Membutuhkan area yang luas -Alat pemotong memiliki friksi yang rendah sehingga membutuhkan tenaga tarik yang tinggi dan posisi tubuh yang membungkuk

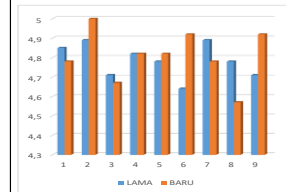
13. House of Ergonomic

Setelah seluruh aspek dalam metode EFD ditetapkan, maka seluruh data yang telah disajikan dalam berbagai tabel sebelumnya dirangkum dan disusun secara menyeluruh ke dalam *House of Ergonomic* yang lengkap, seperti yang ditampilkan pada tabel 4.31 berikut.

Setelah aspek-aspek dalam EFD berhasil diidentifikasi, seluruh data yang telah dirangkum dalam berbagai tabel sebelumnya kemudian diintegrasikan secara menyeluruh ke dalam bentuk *House of Ergonomic* yang lengkap sebagaimana disajikan pada tabel 4.31.

Tabel 4.31. House of Ergonomic

Product Requirements																	
Product Characteristic																	
Importance Customer																	
Panjang, lebar dan tinggi alat bantu dengan standar antropometri operator																	
Bentuk pegangan menyesuaikan bentuk telapak tangan																	
Memisahkan pemegang atau pegangan tus																	
Dibuat dari material non-slip (anti-slip) seperti karet, busa padat, atau polimer ergonomis, yang dapat mengurangi getaran, mengurangi risiko cedera, dan meningkatkan stabilitas saat memotong.																	
Pelindung paku mengagah kontak langsung antara tangan operator																	
Struktur alat bantu memiliki kerangka penopang																	
Bahan yang digunakan menggunakan bahan stainless steel																	
Bentuk alat dirancang tidak banyak lekukan serta bagian yang digenggam mengikuti bentuk ukuran antropometri																	
Proses perawatan mudah dilakukan.																	
customer satisfaction performance																	
Improvement ratio																	
raw weight																	
alat pemotong pendahulu																	
alat pemotong ergonomis																	
Bentuk dan ukuran alat pemotong dan meja dapat memudahkan dan menjangkau logam saat berdiri tegak	4,78	⊙	⊙	△	D	D	△	D	○								
Adanya pelindung tangan berupa handle saat memotong	5	D	⊙	⊙	⊙	△	D	D	○								
Dimensi alat bantu yang sesuai dengan antropometri operator	4,67	⊙	○	○	D	D	△	D	○								
Handle/pegangan mudah digenggam dan tidak licin	4,82	D	⊙	○	⊙	D	D	D	○								
Alat bantu yang dapat mengurangi terjadinya kecelakaan kerja pada operator	4,82	D	D	⊙	D	⊙	D	D	○								
Alat bantu yang kuat menahan berat bahan baku	4,92	D	D	D	D	D	D	D	⊙								
Material yang digunakan tidak mengandung bahan racun atau menimbulkan alergi pada operator	4,78	D	D	D	D	D	D	D	○								
Bentuk alat pemotong dirancang sesimpel mungkin agar mudah dipegang	4,57	⊙	⊙	D	D	D	○	D	⊙								
Bentuk alat pemotong yang mudah dibersihkan dan disimpan.	4,92	D	D	D	D	D	D	D	○								
Target Specification																	
1. Meja: Tinggi meja 80 cm, Panjang 90 cm, lebar 50 cm. 2. Alat pemotong dengan panjang 25 cm. Alat pemotong ini dirancang untuk memotong baja lembaran 0,1 mm. Alat pemotong logam digenggam dengan lengan tus panjang dengan pegangan kompensasi untuk daya angkat maksimum, menghemat tenaga secara efisien.																	
Alat pemotong digenggam dengan lengan tus panjang untuk daya angkat maksimum, menghemat tenaga secara efisien																	
1. Dimensi alat bantu harus menyesuaikan seluruh area kerja dan kontrol dapat dijangkau oleh lengan operator tanpa membungkuk atau meregang secara berlebihan 2. Alat bantu ini juga dapat dipasangi ke meja kerja, sehingga membuat proses pemotongan menjadi lancar dan mudah																	
Handle atau pegangan pada alat bantu dirancang dengan diameter yang sesuai dengan ukuran pengengaman tangan operator, yaitu antara 3 hingga 5 cm, serta menggunakan material bertekstur atau dilapisi karet anti-slip agar tidak licin saat digunakan dan tetap nyaman digenggam dalam waktu lama																	
Alat bantu dirancang dengan memperhatikan prinsip keselamatan kerja, seperti stabilitas struktur, tidak memiliki sudut tajam, serta dilindungi pelindung pada bagian bergerak, sehingga dapat mengurangi risiko kecelakaan kerja akibat tergelincir, terpele, atau cedera kontak langsung saat digunakan oleh operator																	
Alat bantu harus memiliki struktur yang mampu menahan beban minimal sebesar 75 kg atau 1,5 kali dari berat maksimum bahan baku (50 kg), untuk memastikan kestabilan dan keamanan selama penggunaan tanpa mengalami deformasi, retak, atau kegagalan struktur.																	
Bahan seperti stainless steel (food grade) atau baja paduan (tool steel) yang bebas dari kandungan berbahaya seperti timbal dan merkuri, serta tidak menimbulkan alergi kulit. Material juga harus sesuai dengan standar RoHS atau REACH untuk memastikan keamanan terhadap kesehatan dan lingkungan																	
memiliki desain ergonomis dengan pegangan berbentuk silindris atau oval, berdiameter antara 3 hingga 5 cm dan panjang minimal 10 cm, sehingga sesuai dengan ukuran tangan mayoritas operator. Pemilihan pegangan harus disesuaikan dengan anti-slip agar tidak licin saat digunakan, serta bobot alat digenggam tidak lebih dari 500 gram untuk mengurangi kelelahan tangan. Kontrol pegangan juga harus halus tanpa sudut tajam guna meningkatkan kenyamanan saat digunakan dalam waktu lama																	
Bentuk alat pemotong dirancang dengan permukaan yang rata dan minim celah sempit, sehingga memudahkan proses pemberian dari sisi materi pemotongan. Komponen utama seperti tus, mata pisau, dan bodi alat memiliki kontrol sederhana tanpa tombol atau sudut rumit yang dapat menumpuk kotoran. Dimensi total alat yang kompak, yaitu panjang secara sekitar 300 mm dan tinggi keseluruhan sekitar 250 mm, memungkinkan alat disimpan secara efisien di atas meja kerja atau dalam lemari alat. Selain itu, penggunaan material logam yang dilapisi anti-karat juga mendukung kemudahan perawatan dan daya tahan jangka panjang																	



4.6.4 Data Antropometri

Informasi antropometri dimanfaatkan untuk merancang ukuran, bentuk, dan dimensi produk agar sesuai dengan karakteristik fisik pengguna. Parameter antropometri yang digunakan mencakup tinggi siku (TS), tinggi popliteal (TP), tinggi lutut (TL), jangkauan tangan ke samping (RTs), jangkauan tangan ke depan (RTd), serta panjang lengan bagian bawah (PLb). Rincian data tersebut disajikan pada tabel 4.32.

Tabel 4.32. Data Antropometri

No	Dimensi	Persentil			SD
		5	50	95	
1.	Tinggi Siku	90,73	101,51	112,29	6,55
2.	Tinggi polipteal	31,27	39,89	50,57	4,25
3.	Tinggi lutut	39,2	49,48	59,75	6,25
4.	Rentang tangan ke samping	145,51	162,96	180,4	10,6
5.	Rentang tangan ke depan	62,58	72,37	82,16	5,95
6.	Panjang lengan bawah	25,92	39,53	53,15	8,28

Sumber: PEI, 2017

Dari tabel diatas untuk dimensi tinggi siku diperoleh nilai untuk setiap dimensi. Dalam penelitian ini yang akan digunakan adalah presentil 50, dimana presentil 50 mewakili ukuran rata-rata tubuh manusia.

4.6.5 Perancangan Produk

Proses perancangan terdiri dari beberapa langkah yang harus dilalui. Tahapan-tahapan ini menghasilkan rancangan akhir yang divisualisasikan dalam bentuk gambar. Berikut merupakan urutan tahapan dalam merancang alat pemotong untuk kerajinan logam yang mengedepankan prinsip ergonomis

Tahapan ini mencakup pembuatan gambar kerja yang berfungsi sebagai panduan dalam proses manufaktur serta sebagai acuan kebutuhan komponen yang akan digunakan. Untuk mempermudah proses produksi, alat perlu dirancang terlebih dahulu secara rinci agar saat pembuatan dapat diketahui bentuk prototipe yang sesuai dengan keinginan dan kebutuhan pengguna, sebagaimana hasil yang diperoleh dari analisis data EFD.

1. Meja :Tinggi meja 80 cm, Panjang 80 cm, lebar 550 cm. Alat potong dengan panjang 25 cm. Alat pemotong ini dirancang untuk memotong baja lembaran

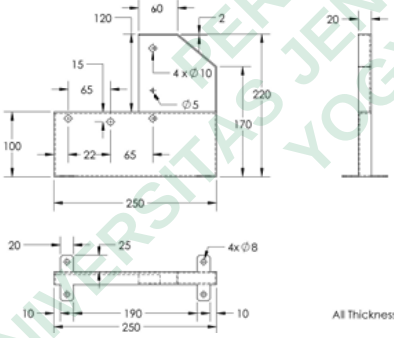
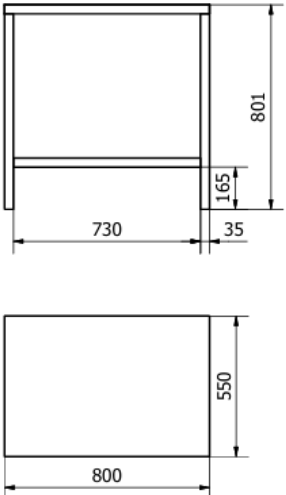
0,1mm, alat pemotong logam dilengkapi dengan lengan tuas panjang untuk daya ungkit maksimum, menghemat tenaga secara efisien.

2. Alat pemotong dilengkapi dengan lengan tuas panjang dengan pegas kompensasi untuk daya ungkit maksimum, menghemat tenaga secara efisien
3. Dimensi alat bantu harus memungkinkan seluruh area kerja dan kontrol dapat dijangkau oleh lengan operator tanpa membungkuk atau meregang secara berlebihan. Alat bantu ini juga dapat dipasang ke meja kerja, sehingga membuat proses pemotongan menjadi lancar dan mudah
4. *Handle* atau pegangan pada alat bantu dirancang dengan diameter yang sesuai dengan ukuran genggam tangan operator, yaitu antara 3 hingga 5 cm, serta menggunakan material bertekstur atau dilapisi karet anti-slip agar tidak licin saat digunakan dan tetap nyaman digenggam dalam waktu lama
5. Alat bantu dirancang dengan memperhatikan prinsip keselamatan kerja, seperti stabilitas struktur, tidak memiliki sudut tajam, serta dilengkapi pelindung pada bagian bergerak, sehingga dapat mengurangi risiko kecelakaan kerja akibat tergelincir, terjepit, atau cedera kontak langsung saat digunakan oleh operator
6. Alat bantu harus memiliki struktur yang mampu menahan beban minimal sebesar 75 kg, atau 1,5 kali dari berat maksimum bahan baku (50 kg), untuk memastikan kestabilan dan keamanan selama penggunaan tanpa mengalami deformasi, retak, atau kegagalan struktur.
7. Bahan seperti *stainless steel food grade* atau baja paduan (*tool steel*) yang bebas dari kandungan berbahaya seperti timbal dan merkuri, serta tidak menimbulkan alergi kulit. Material juga harus sesuai dengan standar RoHS atau REACH untuk memastikan keamanan terhadap kesehatan dan lingkungan
8. memiliki desain ergonomis dengan pegangan berbentuk silindris atau oval, berdiameter antara 3 hingga 5 cm dan panjang minimal 10 cm, sehingga sesuai dengan ukuran tangan mayoritas operator. Permukaan pegangan harus dilapisi bahan anti-slip agar tidak licin saat digunakan, serta bobot alat dijaga tidak lebih dari 500 gram untuk mencegah kelelahan tangan. Kontur pegangan juga harus halus tanpa sudut tajam guna meningkatkan kenyamanan saat digunakan dalam waktu lama

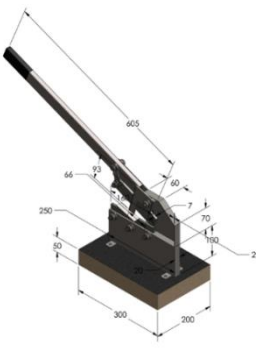
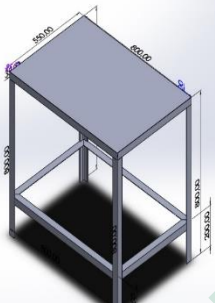
9. Bentuk alat pemotong dirancang dengan permukaan yang rata dan minim celah sempit, sehingga memudahkan proses pembersihan dari sisa material pemotongan. Komponen utama seperti tuas, mata pisau, dan bodi alat memiliki kontur sederhana tanpa ornamen atau sudut rumit yang dapat menumpuk kotoran. Dimensi total alat yang kompak, yaitu panjang dasar sekitar 300 mm dan tinggi keseluruhan sekitar 250 mm, memungkinkan alat disimpan secara efisien di atas meja kerja atau dalam lemari alat. Selain itu, penggunaan material logam yang dilapisi antikarat juga mendukung kemudahan pembersihan dan daya tahan jangka panjang

Berikut ini adalah gambar yang menunjukkan penerapan dari perhitungan ukuran dimensi antropometri, kemudian diaplikasikan kedalam perancangan alat pemotong logam beserta meja sebagai penyangga.

Tabel 4.33. Perancangan Desain

	Alat Potong	Meja
2D		

Tabel 4.33. Perancangan Desain (lanjutan)

3D		
----	---	--

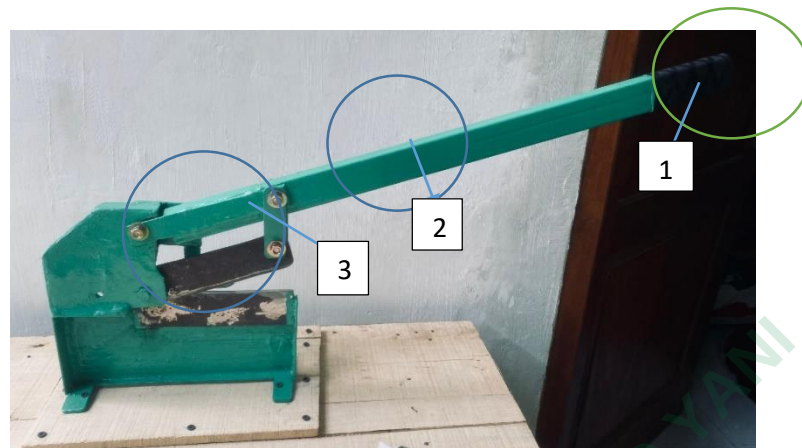
4.6.6 Percobaan Prototype Alat Pemotong Logam

Percobaan alat potong manual untuk kerajinan logam menunjukkan hasil yang berhasil dan memuaskan. Alat yang dirancang dengan mekanisme tuas sederhana ini mampu memotong lembaran logam tipis dengan baik dan presisi. Proses pemotongan berlangsung lancar, tanpa hambatan berarti pada mekanisme, dan bilah potong bekerja efektif dalam membelah material. Hasil potongan terlihat rapi tanpa menyebabkan deformasi yang berlebihan pada logam, yang menandakan bahwa sudut potong serta gaya yang diterapkan sudah sesuai. Selain itu, konstruksi alat terlihat kokoh dan stabil selama proses pemotongan, sehingga aman digunakan oleh operator. Secara keseluruhan, percobaan ini membuktikan bahwa alat potong tersebut layak digunakan dalam kegiatan produksi kerajinan logam skala kecil maupun menengah.



Gambar 4. 1. Alat pemotong tahap awal

4.6.7 Fitur Dalam Pengembangan Alat



Gambar 4 2. Alat Pemotong *finishing*



Gambar 4 3. Meja *finishing*

1. *Handle* yang dilapisi karet anti selip agar tidak licin saat digunakan dan tetap nyaman digenggam dalam waktu lama.
2. Lengan tuas yang panjang untuk daya ungkit maksimum, menghemat tenaga secara efisien.

3. Penjepit plat, untuk melindungi agar plat tidak bergeser ketika di potong.
4. Meja sebagai tempat alat potong agar pekerja tidak jongkok dan lebih ergonomi.

4.6.8 Perhitungan REBA Perbaikan Alat

Sebelum dilakukannya perhitungan REBA perbaikan, peneliti terlebih dahulu melakukan percobaan alat perbaikan. Berdasarkan hasil percobaan, alat perbaikan tersebut mampu mengurangi resiko cedera pada operator pemotongan logam di UMKM Kerajinan Logam Muji Raharjo. Dengan demikian, penelitian dapat dilanjutkan ke tahap perhitungan REBA.

1. Perhitungan Grup A dan Tabel A Perbaikan

Perhitungan grup A (batang tubuh, leher, dan kaki) dapat dilihat pada tabel 4.34.

Tabel 4.34. Skor Grup A

Postur Tubuh	Besar Sudut	Skor	Penambahan	Skor Akhir
Batang Tubuh	 a:26,90°	1 karena sudut yang dibentuk tegak atau alamiah	Tidak ada penambahan skor	1
Leher	 a:55,41°	3 karena sudut yang dibentuk termasuk kategori 20° -60°	Tidak ada penambahan skor	3

Tabel 4.34. Skor Grup A (lanjutan)

Kaki	 a:26,59°	1 karena bobot tersebar merata	Tidak ada penambahan skor karena objek berada pada posisi berdiri	1
------	---	--------------------------------	---	---

Skor grup A pada tabel 4.34 dimasukkan ke dalam tabel A untuk mengetahui nilainya.

Tabel 4.35. Skor Tabel A Perbaikan

Tabel A	Leher												
		1				2				3			
	Kaki	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Batang Tubuh	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Berdasarkan tabel A skor yang didapatkan dari hasil grup A adalah 1. Selanjutnya skor dari tabel A dijumlahkan dengan skor beban. Diketahui beban dari sistem tuas yang diayunkan oleh pekerja <5 kg sehingga skor ditambahkan 0. Dengan demikian total skor akhir dari tabel A adalah $3+0=3$.

2. Perhitungan Grup B dan Tabel B Perbaikan

Perhitungan grub B (Lengan atas, lengan bawah, dan pergelangan tangan) dapat dilihat pada tabel 4.36 berikut ini:

Tabel 4.36. Skor Grup B Perbaikan

Postur Tubuh	Besar Sudut	Skor	Penambahan	Skor Akhir
Lengan Atas	 a:52,13°	3 karena sudut yang dibentuk termasuk kategori >45°-90° fleksi	Tidak ada penambahan skor karena objek berada pada posisi berdiri	3
Lengan Bawah	 a:52,8°	1 karena sudut yang dibentuk termasuk kategori 60°-100° fleksi	Tidak ada penambahan skor karena objek berada pada posisi berdiri	1
Pergelangan Tangan	 a:13,58°	1 karena sudut yang dibentuk termasuk kategori 0°-15° fleksi	Tidak ada penambahan skor karena objek berada pada posisi berdiri	1

Skor dari grup B pada tabel 4.36 dimasukkan ke dalam tabel B untuk mengetahui nilainya

Tabel 4.37. Skor Tabel B Perbaikan

Tabel B	Lengan Bawah						
		1			2		
	Pergelangan Tangan	1	2	3	1	2	3
Lengan Atas	1	1	2	2	1	2	3
	2	1	2	3	2	3	4
	3	3	4	5	4	5	5
	4	4	5	5	5	6	7
	5	5	7	8	7	8	8
	6	7	8	8	8	9	9

Berdasarkan tabel B skor yang didapatkan hasil dari grub B adalah 1. Selanjutnya skor tabel B dijumlahkan dengan skor coupling. Diketahui coupling dari alat pemotong logam pas dan kuat artinya masuk kategori good sehingga skor ditambahkan 0. Dengan demikian total skor akhir dari tabel B adalah $3+0=3$.

3. Perhitungan Tabel C Perbaikan

Perhitungan tabel C didapatkan dari perpaduan tabel A dan B

Tabel 4.38. Skor Tabel C Perbaikan

Score A	Tabel C											
	Score B											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12

Berdasarkan tabel C skor yang didapatkan dari hasil skor tabel A dan tabel B adalah 3. Selanjutnya skor tabel C dijumlahkan dengan aktivitas. Diketahui terdapat pengulangan gerakan dalam proses pemotongan rentan waktu yang singkat diulang lebih dari 4x per menit (tidak termasuk berjalan) sehingga skor ditambahkan 1. Dengan demikian total skor akhir REBA adalah $3+1=4$ menunjukkan tingkat resiko rendah.