

PERANCANGAN ALAT PEMECAH KEDELAI MANUAL DENGAN MANGGUNAKAN ANALISIS ERGONOMIS

Chatarina Dian Indrawati

*Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik
Universitas Widya Mandala Madiun*

ABSTRACT

In a process to obtain a product, whether the product requires a simple or complex process, the process needs some supporting facilities which make it comfortable and safe. Even, the process is still necessary when the operational cost is not high. Ergonomics is a facilitator which makes the product comfortable and safe to use. Due to the function of Ergonomics, the design of this manual soybean breaker uses Ergonomic analysis.

The data of this research are the selected samples taken by the use of random sampling. The data are called anthropometry (body dimension). The number of the samples is 30 persons, who are all female tempe makers in Prandon, Karang Tengah, Ngawi. The data processes apply statistical nonparametric analysis (chi-square), which is later used as initial criteria to design the size of the manual soybean breaker. The result of this research is a manual soybean breaker. It is a framed table of 69 cm wide and 82 cm high. The distance between the bicycle seat and the handle bar is 67 cm. The seat is 82 cm long and the funnel is 127 cm high. The height of the bicycle seat is 48 cm from the pedal axle. While, maximum load limit of this manual soybean breaker is 75 kg.

Key Words : *ergonomics, manual, anthropometry*

A. Pendahuluan

1. Latar Belakang

Tujuan perancangan alat adalah untuk memudahkan pekerjaan manusia. Awal mulanya kebanyakan alat dirancang tanpa mempertimbangkan integritas alat tersebut terhadap manusia itu sendiri. Faktor integritas penggunaan alat dengan pengguna dalam perancangan alat dibahas dalam salah satu cabang ilmu, yaitu Ergonomi. Perancangan alat kemudian tidak hanya terhenti dalam fungsi melipatgandakan kecepatan atau kekuatan mengolah suatu *input* tetapi dapat juga memberikan kenyamanan bagi penggunaannya.

Lewat observasi singkat diketahui bahwa para pengrajin tempe dengan bahan baku kurang dari 50 kg/hari yang menggunakan kaki manusia dalam proses pemecahan kedelai matang. Pada mulanya proses pemecahan kedelai ini dilakukan dengan cara menggilas dan menginjak-injak kedelai matang dengan menggunakan kaki. Berdasarkan pengamatan, proses pemecahan kedelai tersebut cukup melelahkan karena tenaga yang dibutuhkan sangat besar. Penelitian ini menawarkan alternatif rancangan alat pemecah kedelai dengan pertimbangan aspek ergonomis yang dapat meminimalkan tenaga yang dikeluarkan dan

juga tidak membutuhkan biaya operasional yang tinggi.

2. Perumusan Masalah

Dengan mencermati latar belakang masalah yang telah diuraikan sebelumnya, maka usaha untuk mengupayakan pemecahan masalah tersebut adalah dengan pendekatan prinsip-prinsip ergonomis yang akan menimbulkan persoalan: “*Bagaimana merancang alat pemecah kedelai yang bersifat memudahkan operator, nyaman dan tidak memerlukan biaya yang besar dalam pembuatan maupun operasionalnya dengan tinjauan aspek-aspek ergonomis?*”.

3. Tujuan Penelitian

Tujuan yang akan dicapai dalam penelitian ini adalah

- 1). Merancang alat pemecah kedelai dengan dasar aspek dimensi tubuh manusia sehingga alat tersebut nyaman digunakan bagi pemakainya
- 2). Alat berteknologi sederhana (manual atau bertenaga manusia) dengan pertimbangan biaya operasional rendah

4. Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian ini, diharapkan dapat memberikan manfaat adanya alternatif alat pemecah kedelai yang dapat digunakan oleh para pengrajin tempe dengan omzet skala menengah ke bawah dan terealisasinya alat pemecah kedelai yang dibuat berdasarkan aspek-aspek ergonomis.

5. Asumsi

Asumsi-asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Keadaan tubuh *sample* dalam keadaan normal (tidak cacat)
2. Tingkat kepercayaan yang dipakai adalah 95% dan tingkat ketelitian yang dipakai adalah 5% (untuk uji statistik)

6. Pembatasan Masalah

Pembatasan masalah dilakukan pada hal-hal berikut ini, yaitu :

- a. Pengambilan data *anthropometri* dari pembuat tempe wanita di desa Prandon, Karang Tengah
- b. Pembahasan tidak meliputi kondisi umur dan kekuatan kaki pemakai, kondisi lingkungan seperti iklim, suhu, kelembaban, sirkulasi udara, kebisingan dan getaran mekanis

B. Landasan Teori

1. Ergonomi

Ergonomi berasal dalam bahasa Yunani, yaitu *ERGOS* (bekerja) dan *NOMOS* (hukum alam), bermakna sebagai ilmu yang meneliti tentang perkaitan antara orang dengan lingkungan kerjanya. Mark Sanders dan Ernest J. Mc. Cormick (1997) mendefinisikan ergonomi sebagai *human factor*, menekankan pada keberadaan manusia dan interaksinya dengan produk, perlengkapan, fasilitas, prosedur dan lingkungan kerja sehari-hari. Pendekatan khusus yang ada dalam disiplin ergonomi seperti yang diungkapkan oleh Wignjosoebroto (2000) ialah aplikasi sistematis dari segala informasi yang relevan yang berkaitan dengan karakteristik dan perilaku manusia di dalam perancangan peralatan, fasilitas dan lingkungan kerja yang dipakai. Disiplin ilmu ergonomi membahas keterkaitan dimensi tubuh manusia sebagai pengguna dari alat dengan dimensi alat bantu manusia yang bertujuan dalam penggunaan alat, pengguna tidak cepat lelah sehingga mampu melipatgandakan hasil kerja. Untuk maksud ini, analisis dan penelitian ergonomi akan membahas hal-hal yang berkaitan dengan :

- a. Anatomi (struktur), fisiologi (bekerjanya) dan *anthropometri* (ukuran) tubuh manusia

- b. Psikologi yang fisiologis mengenai berfungsinya otak dan sistem saraf yang berperan dalam tingkah laku manusia
- c. Kondisi-kondisi kerja yang dapat mencederai baik dalam waktu yang pendek maupun panjang ataupun membuat celaka manusia, dan sebaliknya ialah kondisi-kondisi kerja yang dapat membuat nyaman kerja manusia.

Tujuan utama dari pendekatan disiplin ergonomi (Wignjosoebroto, 2000), ialah:

- a. Untuk mengupayakan memperbaiki perfomansi kerja manusia seperti menambah kecepatan kerja, akurasi dan keselamatan kerja
- b. Untuk mengurangi penggunaan energi yang berlebihan
- c. Untuk mengurangi datangnya kelelahan yang terlalu berlebihan
- d. Diharapkan mampu memperbaiki pendayagunaan sumber daya manusia
- e. Meminimalkan kerusakan peralatan yang disebabkan kesalahan manusia (*human error*)

Secara singkat, tujuan ergonomi adalah menimbulkan efektivitas fungsional dan kemudahan-kemudahan pemakaian dari peralatan, fasilitas maupun lingkungan kerja yang dirancang. Salah satu penerapan ilmiah untuk ergonomi adalah *anthropometri* (kalibrasi tubuh manusia).

2. Anthropometri

Anthropometri adalah hal yang pertama yang harus dipelajari untuk merancang lingkungan yang langsung berhubungan dengan pekerja. Sasaran hal diatas adalah manusia (Sedar-mayanti, 1996). *Anthropometri* mempelajari manusia dari segi keadaan dan ciri-ciri fisiknya meliputi : dimensi linier, berat, volume dan aspek lain dari

gerakan tubuh. Manusia pada dasarnya akan memiliki bentuk, ukuran (tinggi, lebar dan lain-lain) yang berbeda satu dengan yang lain. *Anthropometri* secara luas akan digunakan sebagai pertimbangan-pertimbangan ergonomis dalam proses perancangan produk maupun sistem kerja yang akan memerlukan interaksi dengan manusia. Pada dasarnya, peralatan kerja yang dibuat dengan mengambil referensi dimensi tubuh tertentu jarang sekali bisa mengakomodasikan seluruh *range* ukuran tubuh dari populasi yang akan memakainya. Perbedaan antara dimensi tubuh suatu populasi dengan populasi yang lain dikarenakan faktor keacakan atau random, jenis kelamin, suku bangsa, usia, postur tubuh (Stevenson, 1989 dalam Nurmiyanto, 1996).

3. Aplikasi Distribusi Normal dalam Penetapan Data Anthropometri

Seperti yang diungkapkan oleh Wignjosoebroto (2000), data anthropometri jelas diperlukan agar supaya rancangan suatu produk bisa sesuai dengan yang akan mengoperasikannya. Ukuran tubuh yang diperlukan pada hakikatnya tidak sulit diperoleh dari pengukuran secara individual, seperti halnya yang dijumpai untuk produk yang dibuat berdasar pesanan. Situasi menjadi berubah manakala lebih banyak lagi produk standard yang harus dibuat untuk dioperasikan oleh banyak orang. Permasalahan yang timbul disini adalah ukuran siapakah yang nantinya akan dipilih sebagai acuan untuk mewakili populasi yang ada ?. Mengingat ukuran individu akan bervariasi satu dengan yang lain di populasi yang menjadi target tersebut. Seperti yang telah diuraikan sebelumnya, problem adanya variasi ukuran sebenarnya akan

lebih mudah diatasi bilamana kita mampu merancang produk yang mewakili fleksibilitas dan sifat 'mampu suai' (*adjustable*) dengan rentang ukuran tertentu. Untuk penetapan data antropometri ini, pemakaian distribusi normal akan umum diterapkan. Dalam statistik, distribusi normal dapat diformulasikan berdasarkan harga rata-rata (*mean*, \bar{X}) dan simpangan standar (*standard deviation*, δ) dari data yang ada. Dari nilai yang ada tersebut, maka 'percentiles' dapat diterapkan sesuai dengan tabel probabilitas distribusi normal. Dengan

percentils, maka yang dimaksudkan disini adalah suatu nilai yang menunjukkan prosentase tertentu dari orang yang memiliki ukuran pada atau di bawah nilai tersebut. Sebagai contoh 95-th persentil akan menunjukkan 95% populasi akan berada pada atau dibawah ukuran tersebut, sedangkan 5-th persentil akan menunjukkan 5% populasi akan berada pada atau dibawah ukuran itu. Dalam antropometri, angka 95-th akan menggambarkan ukuran manusia yang 'terbesar' dan 5-th persentil akan menunjukkan ukuran 'terkecil'.

Tabel 1. Macam Persentil dan Cara Perhitungan

Percentil	Perhitungan
1-st	$\bar{X} - 2,325 \delta$
2,5-th	$\bar{X} - 1,96 \delta$
5-th	$\bar{X} - 1,645 \delta$
10-th	$\bar{X} - 1,28 \delta$
50-th	\bar{X}

Percentil	Perhitungan
90-th	$\bar{X} + 1,28 \delta$
95-th	$\bar{X} + 1,645 \delta$
97,5-th	$\bar{X} + 1,96 \delta$
99-th	$\bar{X} + 2,325 \delta$

Sumber : Wignjosoebroto, 2000

4. Aplikasi Data Anthropometri dalam Perancangan Produk atau Fasilitas Kerja

Prinsip-prinsip yang harus diambil dalam aplikasi data antropometri tersebut ditetapkan seperti uraian berikut ini (Wignjosoebroto, 2000) :

a. Prinsip perancangan produk bagi individu dengan ukuran yang ekstrim

Disini rancangan produk dibuat agar bisa memenuhi 2 sasaran produk, yaitu

- Bila untuk ukuran tubuh manusia yang mengikuti klasifikasi ekstrim dalam arti terlalu besar atau terlalu kecil bila dibandingkan dengan rata-ratanya

- Tetap bisa digunakan untuk memenuhi ukuran tubuh yang lain

Ukuran yang diaplikasikan ditetapkan dengan cara :

- 1). Untuk dimensi minimum yang harus ditetapkan dari suatu rancangan produk umumnya didasarkan pada nilai persentil yang terbesar seperti 90-th, 95-th atau 99-th persentil
- 2). Untuk dimensi maksimum yang harus ditetapkan diambil berdasarkan nilai persentil yang paling rendah seperti 1-st, 5-th atau 10-th dari distribusi data antropometri yang ada. Secara umum aplikasi data antropometri untuk perancangan produk ataupun fasilitas kerja akan menetapkan nilai 5-th persentil

untuk dimensi maksimum dan 95-th untuk dimensi minimumnya.

- b. Prinsip perancangan produk yang bisa dioperasikan antara rentang ukuran tertentu. Dalam kaitannya untuk mendapatkan rancangan yang fleksibel, maka data anthropometri yang umum diaplikasikan adalah dalam rentang nilai 5-th sampai dengan 95-th persentil
- c. Prinsip perancangan produk dengan ukuran rata-rata

Dalam hal ini rancangan produk didasarkan terhadap rata-rata ukuran manusia. Problem pokok yang dihadapi dalam hal ini justru sedikit sekali mereka yang berbeda dalam ukuran rata-rata. Disini produk dirancang dan dibuat untuk mereka yang berukuran sekitar rata-rata, sedangkan bagi mereka yang memiliki ukuran ekstrim

a. Harga Rata-rata dan *Standar Deviasi*

$$\text{Harga Rata-rata } (\bar{X}) \rightarrow \bar{X} = \frac{\sum X_i}{N}$$

(Sumber : Sudjana)

- Standar Deviasi (δ)

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{N - 1}} \quad (\text{Sumber : Sudjana})$$

Dimana :

\bar{X}_i = harga rata-rata dari sampel

N = Banyaknya sampel

b. Uji Keseragaman Data

Data diuji dengan peta kontrol yaitu dengan batas kontrol bawah (BKB) dan batas kontrol atas (BKA), gunanya untuk mengetahui apakah data yang telah didapat itu seragam. Data pasti memiliki nilai yang berbeda tapi diharapkan

ada batasan dari perbedaan-perbedaan yang ada. Untuk menentukan apakah data tidak melampaui batas-batas maka dilakukan uji keseragaman data. Rumus untuk menentukan BKA dan BKB adalah seperti berikut ini (Wignjosoebroto, 1992)

$$BKA = \bar{X} + k. \delta$$

$$BKB = \bar{X} - k. \delta$$

Dimana : \bar{X} = harga rata-rata dari sampel

δ = standar deviasi (besarannya sesuai dengan tingkat kepercayaan yang diambil, untuk tingkat kepercayaan 95%, nilai k = 2)

Jika ada data yang diluar batas kontrol maka data tersebut dibuang.

akan dibuatkan rancangan tersendiri.

5. **Populasi dan Sampel**

Dalam penelitian yang dilakukan, akan digunakan sejumlah sampel yang diambil dari populasi yang ada. Untuk itu perlu diketahui definisi dari populasi dan sampel. Yang dimaksud populasi dalam penelitian ini adalah para pengguna alat pemecah kedelai, yaitu para pengrajin tempe. Sampel yang diambil adalah wakil dari populasi pengguna.

6. **Analisis Data**

Setelah dilakukan pengambilan data terhadap ukuran tubuh manusia, langkah selanjutnya adalah pengolahan data. Validasi data yang dilakukan adalah berupa uji kenormalan data, uji keseragaman data dan uji kecukupan data dari masing-masing ukuran tubuh manusia yang dipilih.

c. Uji Kecukupan Data

Rumus uji kecukupan data untuk membuktikan bahwa data yang diambil telah mencukupi.

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

(Sumber : Wignjosoebroto,1992)

Dimana :

- N' = Jumlah pengamatan yang harus dilakukan
- N = jumlah pengamatan yang diambil
- S = derajat ketelitian
- k = tingkat kepercayaan
- X = elemen pengukuran

- Keterangan :
- k = 1, tingkat kepercayaan 68%
 - k = 2, tingkat kepercayaan 95%
 - k = 3, tingkat kepercayaan 99%

Analisis yang dilakukan terhadap uji kecukupan data adalah :

- Bila $N' < N$, maka jumlah data dinyatakan mencukupi
- Bila $N' > N$, maka data harus ditambah sejumlah $n = N' - N$

Dalam penelitian ini akan dipakai tingkat kepercayaan 95% dan tingkat ketelitian 5%. Hal ini memberikan pengertian bahwa setidaknya 95 dari 100 data anthropometri yang

diambil memiliki penyimpangan tidak akan lebih dari 5%

d. Uji Kenormalan Data

Langkah-langkah penyusunan uji kenormalan data adalah sebagai berikut :

- 1). Mengelompokkan data dalam kelas (Sudjana,1992)
 - Tentukan rentang, ialah data terbesar dikurangi data terkecil
 - Tentukan banyak kelas interval yang diperlukan

Banyak kelas = $1 + (3,322) \log n$

- Tentukan panjang kelas interval $p \rightarrow p = \frac{\text{rentang}}{\text{banyak kelas}}$

2). Mencari frekuensi observasi (f_i) dan harapan untuk tiap-tiap kelas (e_i)

$$Z_1 = \frac{BKA - \bar{X}}{\delta} \quad \text{dan} \quad Z_2 = \frac{BKB - \bar{X}}{\delta}$$

$e_i = \text{Luas} \times \text{Jumlah frekuensi total}$ (Sumber : Walpole,1993)

- Dimana :
- BKA = Batas Kelas Atas
 - BKB = Batas Kelas Bawah
 - δ = Standar deviasi
 - \bar{X} = Harga rata-rata sampel
 - Luas = $Z_2 - Z_1$

- 3). Menggunakan tingkat keyakinan 95% dan tingkat ketelitian 5%
- 4). Uji kenormalan data antara frekuensi yang teramati dengan frekuensi harapan didasarkan pengujian statistik dengan besaran :

$$X_{hit}^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(o_i - e_i)^2}{e_i} \quad (\text{Sumber : Walpole,1993})$$

Derajat Kebebasan (df) $\rightarrow df = k - 3$ (Sumber : Walpole,1993)

Daerah penerimaan hipotesa apabila $X_{hit}^2 < X_{tabel}^2 \alpha$

Dimana : o_i = frekuensi pengamatan df = derajat kebebasan
 e_i = frekuensi yang diharapkan k = jumlah kelas

Bila dipakai $\alpha = 5\%$, bila $X_{hit}^2 < X_{0.05}^2$ maka distribusi kemungkinan normal dan apabila sebaliknya, maka distribusi berarti tidak normal.

e. Perhitungan Persentil

Untuk data yang terdistribusi normal maka rumus untuk mencari harga persentil adalah Persentil 5-th = $\bar{X} - 1,645 \delta$, Persentil 50-th = \bar{X} dan Persentil 95-th = $\bar{X} + 1,645 \delta$

C. Metodologi Penelitian

1. Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan analisis data secara kuantitatif dengan sampel data antropometri tubuh pengrajin tempe yang kemudian akan menjadi dasar utama penentuan ukuran alat pemecah kedelai manual

2. Sampel Penelitian

Obyek yang diambil untuk sampel pada penelitian ini adalah 30 orang pengrajin tempe (wanita) yang berdomisili di desa Prandon, Karang Tengah, Ngawi

3. Teknik Pengumpulan Data

Dalam pengumpulan data pada penelitian ini, digunakan metode berikut ini :

- a. Studi Pustaka, yaitu penelitian yang dilakukan dengan membaca dan mengumpulkan literatur yang sesuai dengan topik pembahasan
- b. Studi Lapangan, yaitu pengamatan terhadap proses dan mencari data

yang berkaitan dengan penelitian yang dilakukan secara langsung terhadap objek dengan menggunakan teknik :

- 1). Interview : pengumpulan data dengan cara wawancara pada obyek yang akan diukur. Disini juga dilakukan proses pengukuran dimensi tubuh sampel. Dimensi Tubuh yang diukur adalah LBH, JPL, TBH, TPD, TPG dan PTT
- 2). Observasi : melakukan pengamatan secara langsung pada lokasi penelitian.

4. Analisis Data

Data yang diperoleh dari pengamatan dianalisis dengan menggunakan analisis nonparametrik (*chi square*) dan uji keseragaman data serta uji kecukupan data

a. Pengumpulan Data

Dimensi tubuh yang dipilih untuk perancangan alat pemecah kedelai adalah

Tabel 2. Data Kriteria Pengukuran Dimensi yang Digunakan

No.	Nama Dimensi	Simbol
1.	Lebar Bahu Jarak Horizontal dari titik bahu terluar sebelah kiri dengan titik bahu sebelah kanan	LBH
2.	Jarak Pantat ke Lutut Jarak horizontal dari ujung pantat sampai ujung lutut	JPL
3.	Tinggi Bahu Tinggi bahu dalam posisi berdiri tegak dari telapak kaki	TBH
4.	Tinggi Popliteal Duduk Jarak vertikal dari lantai sampai ke paha pada saat duduk	TPD
5.	Tinggi Pinggang Jarak vertikal dari permukaan lantai sampai pinggang dalam keadaan berdiri	TPG
6.	Panjang Telapak Tangan Panjang telapak tangan yang diukur dari pergelangan sampai dengan ujung jari	PTT

D. Hasil Penelitian dan Pembahasan

1. Pengolahan Data

Untuk contoh pengolahan data, digunakan data tinggi bahu (TBH)

(i) Harga Rata-rata $\bar{X} \rightarrow \bar{X} = \frac{3884.6}{30} = 129,48 \text{ cm}$

(ii) Standar Deviasi (δ) $\rightarrow \delta = \sqrt{\frac{(129 - 129,48)^2 + \dots + (123,2 - 129,48)^2}{30 - 1}}$
 $= \sqrt{\frac{372,806}{29}} = 3,58$

(iii) Uji Keseragaman Data

Batas Kontrol Atas (BKA) = $129,48 + 2(3,58) = 136,64 \text{ cm}$

Batas Kontrol Bawah (BKB) = $129,48 - 2(3,58) = 122,32 \text{ cm}$

Dari tabel 4.1 dapat dilihat semua data yang ada tidak melewati batas kontrol, artinya semua data seragam

(iv) Uji Kecukupan Data

$$N' = \left[\frac{2/0,05 \sqrt{30(503506,19) - (15090117,16)}}{3884,6} \right]^2 = \left[\frac{40(122,75)}{3884,6} \right]^2 = 1,5976$$

Dengan $N_{\text{data}} = 30$ dan hasil $N_{\text{hitung}} = 1,5976$ maka $N'_{\text{hitung}} < N_{\text{data}}$ ($N' < N$), maka data telah lolos dari uji kecukupan data

(v) Uji Kenormalan Data

Tabel 3. Data Dimensi Tinggi Bahu (TBH) yang telah diurutkan

Data Dimensi Tinggi Bahu Ukuran dalam centimeter (cm)					
123	126.1	128	129.8	131	134
123.2	126.3	129	130	131.5	134.4
124	127	129	130.1	132	135
125	127.1	129.4	130.2	132.3	135
125	128	129.5	131	133	135.2

$$\text{Sebaran R} = 135,2 - 123 = 12,2$$

$$\text{Banyak Kelas K} = 1 + 3,322 \log 30 = 5,9060 \approx 5$$

$$\text{Panjang Interval} = \frac{12,2}{5} = 2,44 \approx 2$$

Tabel 4. Distribusi Frekuensi

Kelas	Frekuensi Amatan	Frekuensi Harapan
122,95 – 124,94	3	2,16
124,95 – 126,94	4	4,146
127,95 – 128,94	4	6,069
128,95 – 130,94	8	6,444
131,95 – 132,94	5	5,172
132,95 – 134,94	3	3,126
134,95 – 136,94	3	1,365

Perhitungan distribusi frekuensi

$$Z_1 = \frac{122,9 - 129,48}{3,58} = -1,83$$

$$Z_2 = \frac{124,99 - 129,48}{3,58} = -1,25$$

Luas daerah antara Z_1 dan Z_2 adalah sebagai berikut (dari tabel kurva normal)

$$Z_1 = -1,83 \rightarrow 0,0336 \quad Z_2 = -1,25 \rightarrow 0,1056$$

$$\text{Luas daerah} = 0,0336 - 0,1056 = 0,072$$

Jadi frekuensi harapan bagi kelas pertama adalah :

$$e_1 = (0,072)30 = 2,16$$

$$\begin{aligned} X_{hit}^2 &= \frac{(3 - 2,16)^2}{2,16} + \frac{(4 - 4,146)^2}{4,146} + \frac{(4 - 6,069)^2}{6,069} + \frac{(8 - 6,444)^2}{6,444} + \\ &\quad \frac{(5 - 5,172)^2}{5,172} + \frac{(3 - 3,126)^2}{3,126} + \frac{(3 - 1,365)^2}{1,365} = 3,46 \end{aligned}$$

Derajat bebas bagi uji ini adalah $7-3 = 4$ derajat, karena ada 3 besaran yaitu frekuensi total, rata dan simpangan baku, yang diperlukan untuk menghitung frekuensi harapan. Hasil perhitungan $X^2_{hitung} = 3,46$ dan $X^2_{0,05} = 9,488$ untuk 4 derajat, jadi $X^2_{hitung} < X^2_{0,05}$. Kesimpulannya adalah data terdistribusi normal.

2. Hasil Perhitungan Data

Tabel 5. Hasil Perhitungan Data Anthropometri (N data=30 untuk semua dimensi)

	ΣX	\bar{X}	δ	BKA	BKB	ΣX^2	$(\Sigma X)^2$	N'	X^2_{hit}	df	$X^2_{0,05}$	Ket
1	1188	39,6	3,38	64,362	32,838	47376,34	1411344	11,27	4,034	2	5,991	N,C
2	1665,4	55,6	1,87	59,248	51,772	92553,74	277355,1	1,762	2,149	1	3,841	N,C
3	3884,6	129,5	3,58	136,64	122,32	503506,19	15090117,1	1,597	1,702	1	3,841	N,C
4	1315,4	43,8	3,46	50,77	36,93	58024,06	1730277,1	9,658	4,273	2	5,991	N,C
5	2900,0	96,7	2,39	101,462	91,918	280691,38	8415220,9	1,049	1,049	1	3,841	N,C
6	561,5	18,7	1,63	21,962	15,45	10586,11	315282,2	11,677	3,291	1	3,841	N,C
7	1643	54,7	4,86	64,42	44,98	90733	2699449	13,36	0,945	1	3,481	N,C

Keterangan : 1. LBH : Lebar Bahu
 2. JPL : Jarak Pantat ke Lutut
 3. TBH : Tinggi Bahu
 4. TPD : Tinggi Popliteal Duduk
 5. TPG : Tinggi Pinggang
 6. PTT : Panjang Telapak Tangan
 7. BB : Berat Badan
 N = Normal
 C = Cukup

3. Perhitungan Persentil

Untuk contoh perhitungan persentil digunakan dimensi (JPL), dengan persentil 5-th

$$5\text{-th} = \bar{X} - 1,645 \delta = 55,51 - 1,645(1,869) = 52,43$$

Tabel 6. Hasil Perhitungan Persentil

Simbol	\bar{X}	δ	Persentil	Toleransi	Ukuran(cm)
LBH	39,6	3,381	99-th	-	47,5
JPL	55,51	1,869	5-th	-	52,43
TBH	129,48	3,58	10-th	3 cm	127,89
TPD	43,85	3,46	90-th	3 cm	48,27
TPG	98,19	3,1	2,5-th	10 cm	82,11
PTT	18,71	1,626	2,5-th	-	15,52
BB	54,7	4,86	99-th	10 kg	75,99

4. Pembahasan

a. Kerangka Alat Pemecah Kedelai

Kerangka pemecah kedelai ini mempunyai bentuk menyerupai meja. Dimensi kerangka alat pemecah kedelai ditentukan dengan analisis sebagai berikut :

1. Lebar Bahu (LBH) untuk menentukan lebar meja kerangka Persentil yang digunakan adalah 99-th. Dengan pertimbangan semua orang dapat menjangkau corong mesin yang berada di tengah kerangka meja. Dimensi yang diperoleh 47,46 cm

2. Tinggi pinggang (TPG) untuk menentukan tinggi meja kerangka dan tinggi rangka tempat duduk. Menggunakan persentil 2,5-th dengan pertimbangan, orang yang memiliki ukuran pinggang rendah dapat menggunakan alat pemecah kedelai dengan nyaman, untuk tinggi sadel dapat disesuaikan. Diperoleh dimensi 92,11. Dimensi tersebut dikurangi faktor toleransi tinggi sadel 10 cm dan tinggi roda 12 cm. Dimensi tinggi kerangka adalah 69,61 cm
3. Jarak pantat ke lutut (JPL) dan panjang telapak tangan (PTT) untuk menentukan jarak antara posisi sadel dan posisi stang. Untuk dimensi JPL digunakan persentil 5-th dengan pertimbangan bagi orang yang tinggi, jaraknya tidak terlalu dekat dengan lutut. Untuk dimensi PTT digunakan persentil 2,5-th agar jarak antara stang dan sadel tidak terlalu jauh. Dimensi JPL dengan persentil 2,5-th diperoleh dimensi 15,52 cm. Jadi jarak antara sadel dan stang adalah $52,43 + 15,52 = 67$ cm. Untuk menentukan panjang rangka tempat duduk, ukuran jarak antara stang dan sadel (67 cm) ditambah toleransi 15 cm sehingga menjadi 82 cm.
4. Tinggi popliteal duduk (TPD) untuk menentukan tinggi antara posisi as pedal

Pertimbangan persentil 90-th orang yang tinggi tidak terlalu rendah dan sebaliknya. Diperoleh dimensi 48,27 cm.

5. Tinggi Corong

Corong adalah tempat masuknya kedelai dalam ruang pemecah. Dimensi tinggi corong menggunakan *anthropometri* TBH dan persentil 10-th ditambah faktor toleransi alas kaki 3 cm. Dimensi tinggi corong menjadi 127,89 cm.

E. Penutup

1. Kesimpulan

- a. Supaya nyaman digunakan alat pemecah kedelai dirancang dengan operasional penggunaan seperti mengendarai sepeda lengkap dengan pegangan tangan atau stang. Dengan operasional secara manual ini akan membuat biaya operasional menjadi murah.
- b. Dari konsep operasional tersebut diatas rancangan alat pemecah kedelai dibuat berdasarkan dimensi-dimensi antropometri lebar bahu, jarak pantat ke lutut, bahu, tinggi popliteal duduk, tinggi pinggang, panjang telapak tangan.
- c. Dari dimensi antropometri diperoleh dimensi alat pemecah kedelai sebagai berikut:

Tabel 8. Dimensi alat pemecah kedelai yang diperoleh dari data anthropometri

No	Dimensi alat pemecah kedelai	Analisis	Pembuatan	Toleransi
1.	Lebar meja kerangka	47,46	48 cm	± 0,5
2.	Tinggi meja kerangka & rangka tempat duduk	69,61	69 cm	± 0,5
3.	Jarak antara posisi sadel dan posisi stang	67	67 cm	± 0,5
4.	Panjang rangka duduk	82	82 cm	± 0,5
5.	Tinggi corong	127,89	127 cm	± 0,5
6.	Tinggi antara posisi sadel & as pedal	48,27	48 cm	± 0,5
7.	Batas maksimum kekuatan kerangka	75,99	75 kg	± 0,5

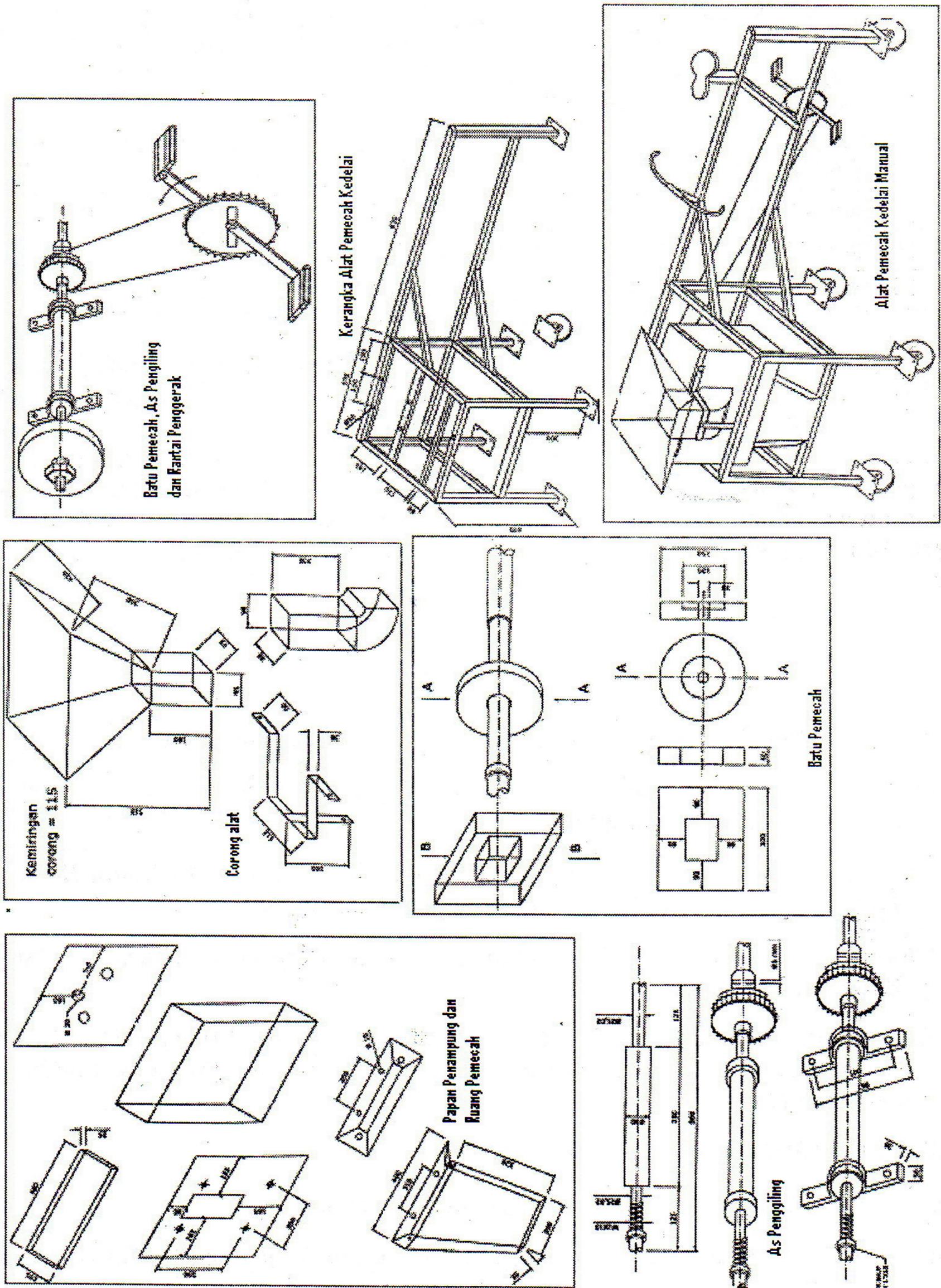
2. Saran

Perbaikan-perbaikan tentunya masih diperlukan untuk penyempurnaan alat pemecah kedelai ini. Seperti batu pemecah, perlu diusahakan untuk mencari bahan alternatif lain yang mudah didapat di daerah sekitar, mengingat batu

pemecah yang digunakan disini adalah batu granit hitam yang banyak terdapat di daerah Muntilan dan Trowulan. Apabila membutuhkan tenaga yang lebih besar, bisa dipasangkan dynamo pada as sehingga pedal sepeda digerakkan dengan tenaga listrik.

DAFTAR PUSTAKA

- Nurmianto, E.1996.*Ergonomi : Konsep dan Dasar Aplikasinya*.Jakarta : Guna Widya.
- Sander, M.S. and E.J. Cormick.1987.*Human Engineering & Design*.New York : McGraw-Hill Book Company.
- Santoso, HB.1991.*Pembuatan Tempe dan Tahu Kedelai : Bahan Makanan Bergizi Tinggi.Seri Teknologi Tepat Guna*.Yogyakarta : Kanisius.
- Sastrowinoto, S.1985.*Meningkatkan Produktifitas Dengan Ergonomi*.Jakarta : Pustaka Binaman Pressindo.
- Soedarmayanti.1996.*Tata Kerja dan Produktifitas Kerja : Suatu Tinjauan Dari Aspek Ergonomi atau kaitan Antara Manusia dengan Lingkungan Kerjanya*.Bandung : Mandar Maju.
- Sudjana.1992.*Metode Statistik*.Bandung : Tarsito.
- Walpole, RE.1993.*Pengantar Statistika*.Jakarta : Gramedia.
- Wignjosoebroto, S.1992.*Teknik Tata Cara dan Pengukuran Kerja*.Jakarta : Guna Widya.
- _____.2000.*Ergonomi, Studi Gerakan dan Waktu : Teknik Analisis untuk Peningkatan Produktifitas Kerja*.Surabaya : Guna Widya.



Gambar 9. Desain Alat Pemecah Kedelai Manual