

PERANCANGAN ALAT POTONG SETENGAH SILINDER SEBAGAI ALAT BANTU PEMOTONG SINGKONG UNTUK BAHAN BAKU PEMBUATAN KERIPIK MANGGLENG

Budiman Ariviadi¹⁾, Kimar Turnip²⁾, Dicky Antonius³⁾

Jurusan Teknik Mesin, Universitas Kristen Indonesia

^{1,2,3)}Jl. Mayjen Sutoyo No.2, RT.9/RW.6, Cawang, Kec. Kramat jati, Kota Jakarta Timur, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 13630

Email: ariviadibudiman@gmail.com

Abstrak – Keripik singkong adalah jenis camilan yang dikenal luas dimasyarakat. Setidaknya, ada dua jenis keripik singkong. Hal ini dapat dibedakan dari bentuk potongan dan berdasarkan tahapan proses pengolahannya. Yang pertama keripik singkong yang sudah sangat umum dikenal dimasyarakat, yang dibuat dengan cara memotong singkong mentah (yang telah dikupas dan dicuci) secara melintang sumbu singkong dengan hasil akhir potongan berbentuk lingkaran. Dan yang kedua, keripik singkong manggleng yang dibuat dengan cara memotong singkong yang telah dikukus dengan arah pemotongan sejajar dengan sumbu singkong. Hasil akhir pemotongannya berbentuk empat persegi panjang. Untuk proses pembuatan keripik singkong jenis yang pertama, telah banyak dibuat alat bantu/mesin untuk mempercepat proses pemotongannya. Sementara untuk jenis keripik singkong yang kedua, yaitu keripik manggleng, belum ada alat bantu/mesin untuk mempercepat atau mempermudah proses pemotongan keripik singkong jenis tersebut. Secara bentuk, singkong berbentuk mendekati silinder. Perancangan ini bertujuan untuk membuat rancangan konsep alat potong dengan objek potong berbentuk setengah silinder, dengan arah pemotongan sejajar dengan sumbu silinder. Tahapan perancangan alat ini diawali dengan penetapan tujuan perancangan dan penentuan spesifikasi bahan baku dan hasil potongan yang diinginkan yang meliputi ukuran dan ketebalan hasil potongan. Kemudian dilanjutkan dengan pencarian alternatif konsep pemotongan, pemilihan konsep dan perancangan alat, pembuatan dokumen rancangan (gambar 2D), hingga pembuatan modeling (gambar 3D).

Kata kunci: Perancangan, keripik, singkong, manggleng, alat potong.

ABSTRACT - Cassava chips are a type of snack that is widely known in the community. There are at least two types of cassava chips. It can be distinguished from the shape of the pieces and based on the stages of the processing process. The first is cassava chips which are very commonly known in the community, which are made by cut raw cassava (that has been peeled and washed) across the axis of the cassava, with the end result being circular pieces. And the second, manggleng cassava chips which made by cut steaming cassava with the cutting direction parallel to the axis of the cassava. The final result is a rectangular cut. For the process of making the first type of cassava chips, tools/machines have been made to speed up the cutting process. Meanwhile, for the type of manggleng cassava chips, there are no tools/machines to speed up or simplify the process of cutting this types of cassava chips.

In shape, cassava is shaped close to a cylinder. This design aims is to make a design concept of cutting tool with a half-cylindrical cutting object, with the cutting direction is parallel to the cylinder axis. The tool design stage begins with determining the purpose of designing and setting up the specifications of the raw materials and the desired cutting results including the size and thickness of the cutting results. Then proceed with the search for alternative cutting concepts, concept selection and tool design, making design documents (2D drawing), and making design models (3D drawing).

Keywords: Design, chips, cassava, manggleng, cutting tools.

1. PENDAHULUAN

Ketela pohon, ubi kayu, atau singkong (*Manihot esculenta*) adalah perdu tahunan tropika dan subtropika dari suku EUPHORBIACEAE. Umbinya dikenal luas sebagai makanan pokok penghasil karbohidrat dan daunnya sebagai sayuran. Perdu, bisa mencapai 7 meter tinggi, dengan cabang agak jarang. Akar tunggang dengan sejumlah akar

cabang yang kemudian membesar menjadi umbi akar yang dapat dimakan. Ukuran umbi rata-rata bergaris tengah 2–3 cm dan panjang 50–80 cm, tergantung dari klon/kultivar[1]. Pada jenis tertentu, garis tengah umbi bisa mencapai ukuran 6-7 cm.

Dalam pengolahannya sebagai snack/makanan ringan keripik, singkong dapat

kita olah setidaknya dengan dua cara. Pertama yaitu dengan cara singkong mentah dipotong tipis-tipis melintang sumbu singkong (setelah sebelumnya kulit umbinya dikupas dan umbinya dicuci), lalu kemudian langsung digoreng. Alternatif cara pembuatan keripik singkong yang kedua yaitu dengan cara singkong kita kukus terlebih dahulu (setelah kulit umbinya dikupas dan umbi dicuci), selanjutnya dipotong tipis-tipis dengan arah pemotongan sejajar dengan sumbu singkong, dijemur, baru kemudian digoreng[2][3]. Keripik yang proses pembuatannya dengan menggunakan cara yang kedua ini, umumnya dikenal dengan nama **Manggleng**. Kedua proses pembuat keripik tersebut diatas, masing-masing menghasilkan keripik yang memiliki ciri/kekhasan rasa dan kerenyahan yang berbeda. Singkong merupakan sebagian hasil pertanian yang memiliki nilai jual sangat baik ketika diolah sebagai keripik[4].

Telah ada cukup banyak alat/mesin yang dibuat dengan tujuan sebagai alat bantu proses pemotongan singkong. Terdapat mesin perajang singkong yang menggunakan motor bensin sebagai sumber dayanya, menggunakan mekanisme transmisi sabuk dengan cara pemotongan menggunakan konsep 4 pisau yang dipasangkan pada piringan, yang kemudian piringan tersebut dipasangkan pada poros berputar dengan metode pengumpanan singkong secara manual dengan tangan[4]. Terdapat pula alat pemotong singkong dengan cara kerja yang masih sama dengan konsep tersebut diatas, namun hanya menggunakan 3 buah mata pisau dan dengan menggunakan sumber daya penggerak yang berasal dari motor listrik berkapasitas $\frac{1}{2}$ HP. Transmisi yang digunakan adalah juga menggunakan transmisi satu buah sabuk[5]. Pada jurnal lain, telah dilakukan proses rancang bangun alat pemotong singkong yang menggunakan mekanisme proses pemotongan yang juga sama dengan mesin-mesin yang telah disebutkan diatas, menggunakan 3 buah pisau yang dapat di setting, namun menggunakan motor dengan daya $\frac{1}{4}$ HP dengan mekanisme pengumpanan singkong menggunakan pendorong pegas[6].

Aspek ergonomi dan keselamatan adalah juga hal yang dinilai penting dalam perancangan suatu alat/mesin. Asep yandi merancang mesin pengiris singkong yang tidak hanya mengedepankan banyaknya dan seragamnya hasil pengirisan, namun juga mempertimbangkan aspek ergonomi dan keselamatan. Dalam rancangannya, ia menggunakan transmisi 4 buah pulley 2 buah

sabuk untuk mentransmisikan daya motor listrik sebesar $\frac{1}{2}$ HP. Untuk proses pemotongan digunakan 4 buah pisau yang dipasangkan pada piringan berputar, dan dengan mekanisme pengumpanan singkong menggunakan pendorong pegas[7]. Terdapat pula rancangan mesin pemotong, yang hasil perancangannya adalah mesin potong yang tidak hanya diperuntukan sebagai mesin pemotong singkong untuk pembuatan keripik, namun juga ditujukan sebagai mesin pemotong umbi-umbian yang lain. Pada rancangan tersebut digunakan motor listrik $\frac{3}{4}$ HP, transmisi dua buah pulley 1 buah sabuk sebagai pemindah daya, dan dengan metode pemotongan menggunakan 4 buah mata pisau yang dapat di setting yang dipasangkan pada piringan yang berputar[8].

Terkait ergonomi dan produktivitas pekerja, terdapat rancangan mesin pemotong singkong yang mengedepankan aspek ergonomi dalam melakukan proses perancangan dengan tujuan untuk meningkatkan produktivitas pekerja. Hasil akhir proses perancangan ini adalah mesin perajang singkong yang menggunakan motor listrik dengan daya 1 PK, menggunakan 1 buah reducer 1 : 30 dan menggunakan pula system transmisi 1 buah sabuk. Dalam mekanisme pemotongannya, digunakan prinsip 4 buah mata pisau yang dipasangkan pada piringan yang berputar[9].

Berdasarkan jurnal-jurnal sebagaimana tersebut diatas, dan setelah jurnal-jurnal tersebut dipelajari, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa hasil akhir dari masing-masing penelitian-penelitian/perancangan tersebut adalah sebuah mesin perajang/pemotong singkong yang hasil pemotongannya ditujukan sebagai bahan baku untuk pembuatan keripik singkong, yang pembuatannya dilakukan dengan cara yang pertama. Namun khusus untuk proses pembuatan keripik singkong dengan cara yang kedua, yaitu untuk pembuatan keripik *manggleng*, dalam proses pengirisan singkongnya sejauh ini masih dilakukan secara manual (diiris dengan tangan). Hal ini menyebabkan proses pengirisan singkong dan proses pembuatan keripik manggleng secara keseluruhan membutuhkan waktu yang relatif lama. Sejauh ini, belum ada atau belum disusun temuan alat bantu ataupun mesin yang dapat membantu proses pengirisan singkong untuk pembuatan keripik manggleng tersebut agar menjadi lebih cepat. Setelah mencoba membuat keripik manggleng tersebut penulis pun menemukan fakta bahwa hasil irisan keripik manggleng yang dibuat manual/diiris dengan tangan tidaklah

konsisten dari sisi ketebalan hasil potongan. Dengan mempertimbangkan alasan-alasan tersebut diatas, dan dengan melihat masih terbukanya peluang usaha camilan/snack keripik singkong terutama sekali untuk jenis keripik manggleng, maka dilakukanlah proses perancangan ini.

2. METODOLOGI PERANCANGAN

Ada beberapa tahapan dalam perancangan produk/alat[10]. Dalam perancangan alat ini, dilakukan tahapan metodologi sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram alir proses perancangan alat

2.1. Penentuan spesifikasi bahan baku dan hasil potongan

Kebutuhan dalam proses perancangan alat ini adalah alat pemotong setengah silinder sebagai bahan baku untuk pembuatan keripik manggleng. Selanjutnya, untuk menentukan spesifikasi, dilakukan pengukuran dan pencarian data variasi ukuran aktual singkong yang ada dipasaran dengan tujuan diperoleh ukuran aktual bahan baku yang harus diproses/dipotong oleh alat ini. Data yang diperoleh adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Variasi ukuran diameter singkong untuk bahan baku keripik manggleng

| No. | diameter singkong (d) [mm] |
|-----|----------------------------|
| 1 | 32,50 |
| 2 | 35,20 |
| 3 | 37,50 |
| 4 | 39,00 |
| 5 | 42,50 |

| | |
|----|-------|
| 6 | 42,60 |
| 7 | 42,80 |
| 8 | 44,00 |
| 9 | 61,10 |
| 10 | 63,30 |

Data pada tabel 1 tersebut adalah data variasi ukuran diameter aktual singkong yang ada.

Selanjutnya dilakukan percobaan dan pembuatan data variasi ukuran hasil potongan singkong yang mungkin dihasilkan dari variasi ukuran bahan baku yang ada. Diperoleh data kemungkinan hasil potongan sebagai berikut:

Tabel 2. Variasi kemungkinan hasil potongan

| No. | Dimensi hasil potongan [mm] | | Diameter bahan baku [mm] |
|-----|-----------------------------|-------|--------------------------|
| | Panjang | Lebar | |
| 1 | 30 | 15 | 30 |
| 2 | 40 | 15 | 30 |
| 3 | 50 | 15 | 30 |
| 4 | 60 | 15 | 30 |
| 5 | 30 | 20 | 40 |
| 6 | 40 | 20 | 40 |
| 7 | 50 | 20 | 40 |
| 8 | 60 | 20 | 40 |
| 9 | 30 | 25 | 50 |
| 10 | 40 | 25 | 50 |
| 11 | 50 | 25 | 50 |
| 12 | 60 | 25 | 50 |
| 13 | 30 | 32 | 64 |
| 14 | 40 | 32 | 64 |
| 15 | 50 | 32 | 64 |
| 16 | 60 | 32 | 64 |

Pada bagian akhir tahap ini, ditentukan spesifikasi hasil potongan yang diinginkan, dan dikorelasikan dengan ukuran bahan baku yang digunakan. Ditentukan, target ketebalan hasil potongan singkong adalah Maksimal 2 [mm]. Ketiga parameter ini selanjutnya dijadikan standar spesifikasi bahan baku dan target hasil potongan yang ingin dihasilkan dari alat potong ini.

Tabel 3. Spesifikasi bahan baku dan Target hasil potong alat

| Kriteria | Dimensi hasil potongan [mm] | | Diameter bahan baku [mm] |
|----------|-----------------------------|-------|--------------------------|
| | Panjang | Lebar | |
| Terkecil | 30 | 15 | 30 |
| Terbesar | 60 | 25 | 50 |

Pada tahap lanjutan, spesifikasi yang telah kita tetapkan menentukan dimensi, sistem kerja alat dan desain dari *feeder*/pengumpan singkong. Untuk sumber daya alat ini, digunakan kekuatan engkolan tangan manusia.

2.2. Perancangan konsep

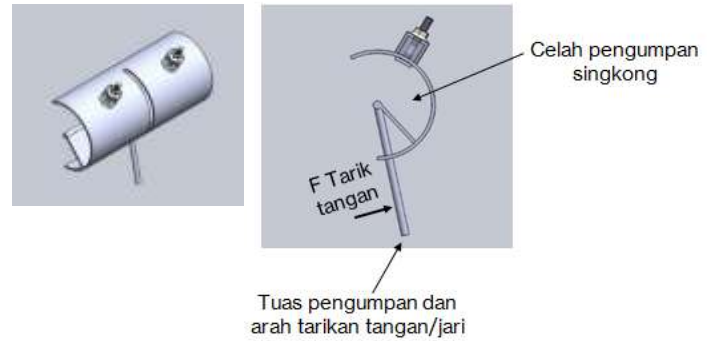
Berdasarkan berbagai literatur dan dengan mempelajari berbagai konsep proses pemotongan yang telah ada, selanjutnya dipilih proses pemotongan vertikal sebagai konsep pemotongan alat ini.



Gambar 1. Gambar skema alat potong

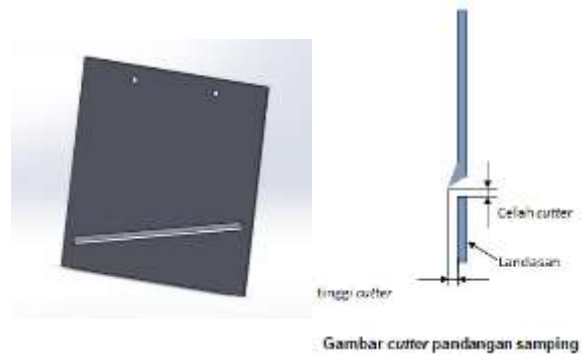
Pada **gambar 1**, Engkol diputar dengan tangan (dengan gaya sebesar *F*tangan) dan selanjutnya memutar poros (P1) yang ditumpu pada dua tumpuan/bearing. Mekanisme alat merubah gerakan putar poros (P1) yang satu poros dengan poros engkol menjadi gerakan naik turun pisau pemotong.

Pada saat yang bersamaan, singkong diumpankan ke arah pisau pemotong dengan menggunakan *feeder*/pengumpan singkong yang memiliki konsep gerakan memutar untuk mendorong singkong menuju pisau potong. Sketsa gambar *feeder* adalah sebagaimana gambar 2.



Gambar 2. konsep *feeder*/pengumpan singkong

Masih mengacu pada gambar 2. Proses pengumpanan singkong dilakukan dengan cara singkong yang telah dikukus dipotong menjadi dua bagian yang sama besar dengan arah pemotongan sejajar sumbu singkong (berbentuk setengah silinder). Kemudian singkong dimasukkan ke dalam *feeder* melalui celah pengumpan. Selanjutnya, tuas pendorong, didorong sesuai arah tanda panah yang membuat singkong bergerak maju menuju pisau yang bergerak naik dan turun. Gerakan naik turun dari pisau potong, membuat singkong terpotong. Ketebalan hasil potongan ditentukan oleh kedalaman pemakanan pisau yang bergantung kepada ketinggian pisau terhadap landasan *cutter* dan besarnya celah *cutter*. Gambar pisau pemotong adalah sebagaimana gambar 3.



Gambar 3. Pisau pemotong/*cutter*

2.3. Perancangan alat

Pada tahan ini, dilakukan proses perhitungan panjang langkah pergerakan pisau, dimensi engkol, dan perhitungan komponen alat.

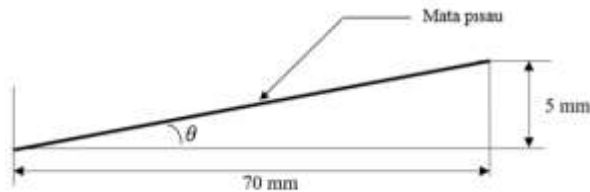
2.4. Pembuatan dokumen rancangan dan modelling

Hasil perancangan dituangkan dalam bentuk gambar 3D dan gambar teknik (gambar 2D).

3. Perhitungan dan pembahasan

3.1. Perhitungan gaya potong yang dibutuhkan

Besarnya gaya potong yang diperlukan untuk proses pemotongan tidaklah terlepas dari desain cutter.



Gambar 4. Detail Pisau potong/cutter

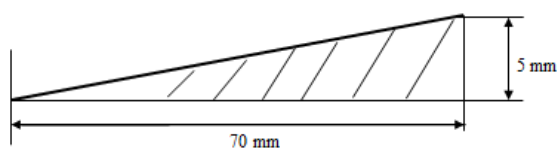
Mata pisau pemotong dirancang memiliki kemiringan (θ) dengan tujuan untuk memperkecil gaya pemotongan. Besarnya gaya potong dapat dicari dengan menggunakan persamaan:

$$p = P/A \quad (1)$$

Dimana :

- p = Intensitas tegangan (tegangan geser)
- P = Beban gaya yang bekerja pada benda
- A = Luasan geser proses pemotongan

Dikarenakan desain cutter memiliki kemiringan tersebut, maka luasan geser pemotongan sesuai desain cutter adalah berbentuk segitiga sebagaimana gambar dibawah ini:



Gambar 5. Luasan geser proses pemotongan

Luasan geser dan gaya geser

Luasan geser berbentuk segitiga, maka luasan geser pemotongan dapat dihitung sebagai berikut:

$$L = \frac{1}{2} \times a \times t \quad (2)$$

$$L = \frac{1}{2} \times 70 \times 5 = 175 [mm]^2$$

Tegangan geser singkong (p) adalah sebesar: $0.001809 [kg/mm^2]$.

Selanjutnya besarnya nilai gaya potong P adalah:

$$P = p \times A$$

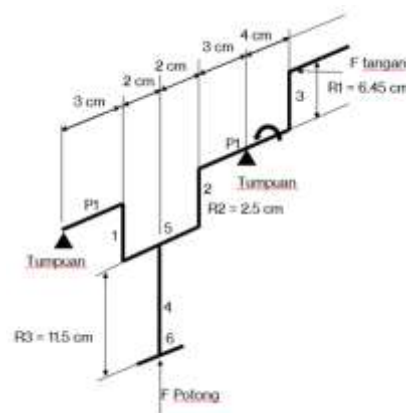
$$P = 0.001809 \times 175 = 0.3166 [kg]$$

Jadi diperoleh gaya pemotongan yang diperlukan untuk proses pemotongan singkong adalah sebesar $P = 0.3166 [kg]$

3.2. Perhitungan daya dan dimensi komponen

Diketahui bahwa daya yang mampu dihasilkan dari engkolan tangan manusia dengan memperhitungkan sisi kenyamanan dan *suistainability* pengerahan daya adalah sebesar : $54 \pm 14 [Watt]$ pada kecepatan putaran $60 [rpm]$ [11]. Guna memastikan kekuatan konstruksi alat, maka diambil daya terbesar sebagai daya yang harus ditransmisikan oleh alat ini, yaitu sebesar: $68 [Watt]$.

Detail ukuran mekanisme alat potong setengah silinder ini adalah sebagaimana gambar 6 berikut:



Gambar 6. Skema penggerak pisau potong dan ukuran sistem penggerak alat

3.3. Dimensi poros utama

Poros utama kita identifikasi dengan nama (P1). Dimensi poros utama (P1) dapat kita hitung sebagai berikut:

Perhitungan torsi putar poros utama (poros P1)

Rumus daya adalah sebagaimana persamaan (3):

$$P = \frac{2 \times \pi \times N \times T}{60} \quad (3)$$

Dimana besar nilai P dari data yang telah kita miliki sebelumnya adalah:

$$P = 68 [Nm/s] = 6.9317 [kg.m/s]$$

Maka besarnya torsi yang terjadi di poros P1 dapat dihitung dengan persamaan (4) berikut:

$$T = \frac{P \times 60}{2 \times \pi \times N} \quad (4)$$

$$T = \frac{6.9317 [kg.\frac{m}{s}]}{2 \times \pi \times 60 [put/s]}$$

$$T = 1,1032 [kg.m] = 1.103,2 [kg.mm]$$

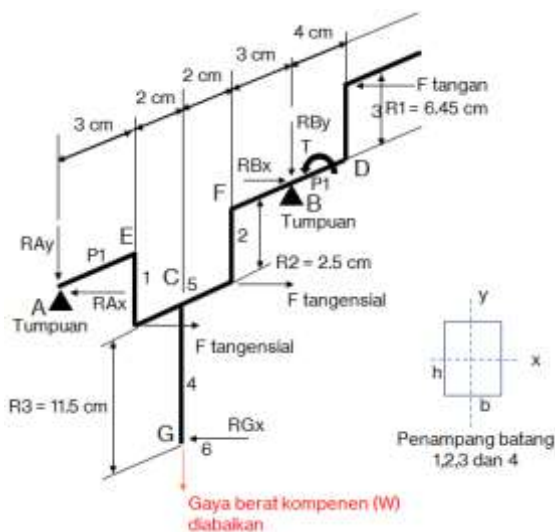
Torsi yang terjadi pada poros (P1) tidak lain adalah merupakan hasil perkalian antara gaya Ftangan dengan Panjang lengan engkol (R1). Hal ini dapat kita nyatakan sebagaimana persamaan (5).

$$T = Ftangan \times R1 \quad (5)$$

Dari data torsi di P1 dan panjang lengan R1 yang telah kita miliki, maka kita dapat memperoleh nilai Ftangan yang bekerja, yaitu:

$$Ftangan = \frac{1,1032 [kg.m]}{0,0645 [m]} = 17,1039 [kg]$$

Untuk menghitung dimensi komponen, kita perlu mengetahui gaya-gaya yang bekerja pada komponen/konstruksi alat. Gaya Aksi-reaksi suatu konstruksi dapat dituangkan dalam bentuk *Free-body diagram*. Untuk mekanisme penggerak alat ini, *Free-body diagram* adalah sebagaimana gambar 7 berikut ini:

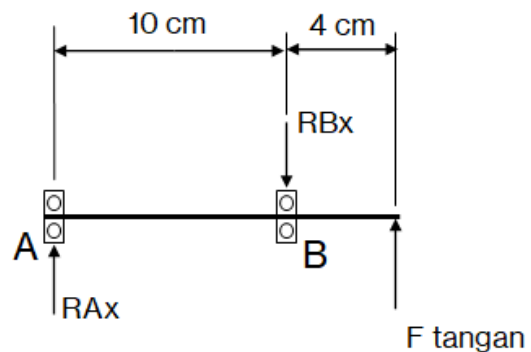


Gambar 7. Free-body diagram 3 dimensi system penggerak alat

Dimensi tiap komponen alat belum diketahui. Maka berat komponen belum dapat kita hitung. Maka pada perhitungan poros utama P1, berat komponen diabaikan/tidak dimasukkan dalam perhitungan, kita anggap = 0 (nol).

Analisa gaya Horizontal (sumbu X)

Analisa gaya yang terjadi pada arah sumbu horizontal (sumbu X) sesuai *free-body diagram* pada gambar 7 adalah sebagai berikut:



Gambar 8. Free-body diagram 2D arah gaya horizontal (Sumbu X)

Dengan menggunakan prinsip kesetimbangan momen dan penjumlahan gaya, besarnya gaya reaksi yang terjadi dititik tumpuan dapat dikita hitung. Kesetimbangan momen yang terjadi di titik A adalah:

$$\Sigma MA = 0 \quad (6)$$

$$Ftangan \times 14 - RBx \times 10 = 0$$

$$RBx = (17,1039 \times 14) / 10$$

$$RBx = 23,9455 [kg]$$

Kesetimbangan gaya pada arah sumbu X adalah:

$$\Sigma Fx = 0 \quad (7)$$

$$Ftangan - RBx + RAx = 0$$

$$RAx = RBx - Ftangan$$

$$RAx = 23,9455 - 17,1039 = 6,8416 [kg]$$

Dari perhitungan diatas, kita telah memperoleh besarnya nilai reaksi tumpuan RAx dan RBx.

Analisa gaya vertikal (sumbu Y)

Pada analisa ini, massa dari komponen diabaikan dikarenakan kita belum mengetahui ukuran dari masing-masing komponen. Proses pemotongan singkong

dapat terjadi dikarenakan gerakan naik dan turun (gerakan vertikal) dari pisau potong. Gerakan putar poros utama yang disebabkan oleh engkolan tangan dirubah menjadi gerakan linier naik dan turun dari pisau pemotong. Proses pemotongan dilakukan dengan memanfaatkan gaya tangensial yang ada pada batang 1 dan 2.

Dengan kembali melihat **gambar 7**, besar gaya tangensial yang terjadi pada batang 1 dan 2 dapat kita peroleh sebagai berikut:

$$T = Ftangensial \times R2 \quad (8)$$

$$Ftangensial = \frac{T}{R2} = \frac{1,1032}{0,025}$$

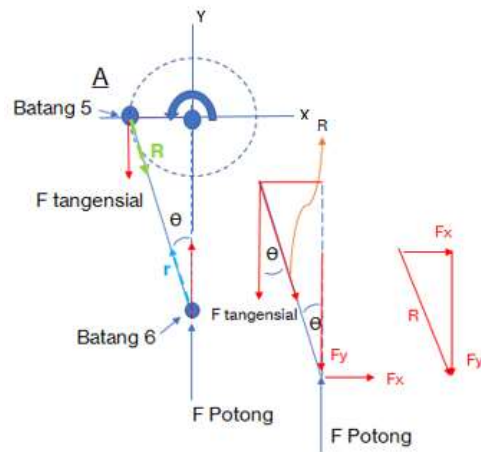
$$Ftangensial = 44.128 [kg]$$

Dari nilai diatas, dapat kita simpulkan bahwa gaya tangensial yg kita miliki untuk proses pemotongan singkong adalah jauh lebih besar dibandingkan gaya yang kita perlukan untuk proses pemotongan singkong yaitu sebesar $P = 0,3166 [kg]$, atau dapat kita tuliskan:

$$Ftangensial = 44.128 [kg] \gg \gg \text{ gaya pemotongan } P = 0,3166 [kg]$$

Karena masa komponen diabaikan, satu-satunya gaya yang bekerja terhadap poros utama pada arah vertikal (arah sumbu Y) adalah gaya pemotongan (P). Namun dikarenakan besar gaya $Ftangensial$ yang kita miliki untuk memotong singkong adalah jauh lebih besar dari kebutuhan gaya potong, maka secara total, hasil penjumlahan vektor gaya yang bekerja pada arah sumbu Y adalah kebawah yang artinya *tidak ada gaya yang bekerja pada/kearah poros utama (P1) dalam arah sumbu Y*.

Detail skema gaya yang bekerja pada sumbu Y menjelang proses pemotongan singkong dapat kita lihat pada gambar berikut:



$$\sin \theta = \frac{2,5}{11,6} = 0,2174 \rightarrow \theta = 12,5558^\circ$$

$$\frac{Ftangensial}{\cos \theta} = R$$

$$\frac{44,128 [kg]}{\cos 12,5558^\circ} = R = 44,2092 [kg]$$

$$\frac{Fpotong}{\cos \theta} = r = \frac{0,3166}{\cos \theta} = 0,3246 [kg]$$

Gambar 9. Gaya-gaya yang bekerja pada arah sumbu Y

$$R \gg \gg r$$

$$Fy \gg \gg P \text{ pemotongan}$$

Menghitung besarnya nilai momen bengkok yang terjadi pada poros

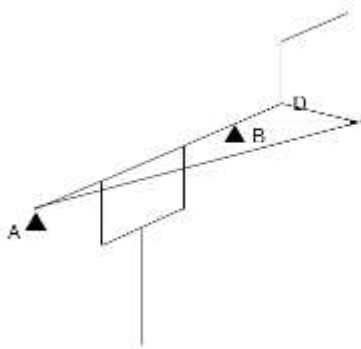
Momen bengkok sumbu Horizontal (X):

$$\begin{aligned} \text{Momen di Ax} &= 0 \\ \text{Momen di Dx} &= 0 \\ \text{Momen di Bx} &= Ftangan \times 4 \\ \text{Momen di Bx} &= 17,1039 \times 4 \\ &= 68,4156 [kg \cdot mm] \end{aligned}$$

Momen bengkok sumbu vertikal (Y):

Karena tidak terjadi gaya pada sumbu Y, maka tidak terjadi momen pada arah gaya sumbu Y.

Setelah memperoleh besarnya nilai momen bengkok yang terjadi pada poros P1, maka kita dapat membuat diagram momen bengkok yang terjadi, yaitu sebagai berikut:



Gambar 10. Diagram momen bengkok

Dari perhitungan yang telah dilakukan, diperoleh momen terbesar adalah dititik B yaitu sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Momen di Bx} &= MBx = 17,1039 \times 4 \\ &= 68,4156 \text{ [kg.mm]} \end{aligned}$$

Menghitung diameter poros utama (P1)

Dari sifat pembebanannya, poros utama (P1) kita masukkan kedalam kategori "Rotary shaft category suddently applied load with minor shock"[12].

Material yang dipakai untuk poros 1 adalah[13]:

Material= SS 304;
Tensile strength = $fb = 795 \text{ [N/mm}^2] = 81,0397 \text{ [kg/mm}^2]$ [14].

Dalam perhitungan, kita memasukkan faktor keamanan, yaitu nilai untuk menjamin kekuatan berdasarkan sifat pembebanan yang terjadi. Dalam rancangan ini, nilai faktor keamanan yang kita pakai adalah:

$$\text{Faktor keamanan (Fk)} = 3 \text{ [14]}$$

Tegangan ijin (fb ijin) kita peroleh dengan menggunakan persamaan:

$$\begin{aligned} fb \text{ ijin} &= fb / Fk \text{ (9)} \\ fb \text{ ijin} &= 81.0397/3 = 27.0132 \text{ [kg/mm}^2]; \\ fs \text{ ijin} &= fb \text{ ijin} / 2 = 27.0132/2 \\ &= 13.5066 \text{ [kg/mm}^2]; \end{aligned}$$

Dalam perhitungan poros, terdapat nilai Km dan Kt, yang besarnya:

$$Km = 2; Kt = 2 \text{ [12];}$$

Perhitungan diameter poros dapat dilakukan dengan menggunakan dua pendekatan, yaitu pendekatan puntir equivalen dan pendekatan momen equivalen[12]. Untuk perhitungan diameter poros P1, yaitu sebagai berikut:

Pendekatan puntir equivalen

$$\begin{aligned} Te &= \sqrt{(Km \times M)^2 + (Kt \times T)^2} \text{ (10)} \\ Te &= \sqrt{(2 \times 68.4156)^2 + (2 \times 1,103.2)^2} \\ Te &= 2,210,6388 \text{ [kg.mm]} \\ Te &= \frac{\pi}{16} \times fs \text{ ijin} \times d^3 \text{ (11)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rightarrow d &= \sqrt[3]{\frac{Te \times 16}{\pi \times fs}} \\ d &= \sqrt[3]{\frac{2,210.6388 \times 16}{\pi \times 13.5066}} = 9,4112 \text{ [mm]} \end{aligned}$$

Diperoleh diameter poros:
 $d = 9,4112 \text{ [mm]}$

Pendekatan Momen equivalen

$$\begin{aligned} Me &= \frac{Km \times M + \sqrt{(Km \times M)^2 + (Kt \times T)^2}}{2} \text{ (13)} \\ Me &= \frac{\pi}{32} \times fb \text{ ijin} \times d^3 \text{ (14)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} d &= \sqrt[3]{\frac{Me \times 32}{\pi \times fb \text{ ijin}}} \\ d &= \sqrt[3]{\frac{2,210.6388 \times 32}{\pi \times 27,1032}} = 7,6207 \text{ [mm]} \end{aligned}$$

Dengan pendekatan momen equivalen, diperoleh diameter poros:
 $d = 7,6207 \text{ [mm]}$

Diambil diameter terbesar $\rightarrow 9,4112 \text{ [mm]} \sim 10 \text{ [mm]}$

3.4. Dimensi batang

Kita telah memiliki *Free-body* Diagram alat pada gambar 7. Selanjutnya, dimensi batang-batang yang menyusun keseluruhan mekanisme alat dihitung dengan perhitungan sebagai berikut:

Analisa momen yang terjadi dibatang 1, 2 dan 3 untuk menghitung dimensi batang 1, 2, 3

Kita ketahui bahwa Torsi yang bekerja diporos utama P1 adalah sebesar:
 $T = 1,1032 \text{ [kg.m]} = 1.103,2 \text{ [kg.mm]}$

Gaya tangensial yang terjadi pada batang 1 dan 2 adalah:

$$\begin{aligned} T &= Ftangensial \times R2 \\ Ftangensial &= \frac{T}{R2} = \frac{1,1032}{0,025} \\ Ftangensial &= 44.128 \text{ [kg]} \end{aligned}$$

Terdapat persamaan untuk menghitung tegangan bengkok yang terjadi pada batang, yaitu:

$$fb = \frac{Mb}{Wb} \text{ [15]} \text{ (15)}$$

Dengan:
 Mb adalah momen bengkok.

Untuk batang 1 dan 2:

$$M_{b \text{ batang 1 dan 2}} = Ftangensial \times R2 = T = 1,1032 \text{ [kg.m]} \text{ (16)}$$

Wb adalah momen tahanan bengkok.

Penampang batang 1,2 dan 3 berbentuk persegi (seperti yang terdapat pada gambar 7). Persamaan momen tahanan bengkok untuk batang dengan penampang persegi adalah:

$$Wb = bh^2/6 \text{ [10]} \quad (17)$$

Material yang dipakai untuk batang 1, 2 dan 3 adalah[13]:

SS 304, tebal (b) = 3 [mm]
 Tensile strength = $fb = 515 \text{ [N/mm}^2] = 52,4974 \text{ [kg/mm}^2]$ [14]

$$Fk = 3[14]$$

$$fb \text{ ijin} = fb / Fk = 52.497/3$$

$$fb \text{ ijin} = 17,4991 \text{ [kg/mm}^2]$$

Dengan menggunakan persamaan (15), (16) dan (17), kita dapat menghitung dimensi penampang batang, yaitu sebagai berikut:

$$h = \sqrt{\frac{Mb \times 6}{b \times fb \text{ ijin}}}$$

$$h = \sqrt{\frac{1.103,2 \times 6}{3 \times 17,4991}}$$

$$h = 11,2288 \sim 15 \text{ [mm]}$$

Maka ukuran penampang batang 1 dan 2 adalah:

$$b \times h = 3 \times 15 \text{ [mm]}$$

Batang 3 menerima momen bengkok (Mb) yang sama, maka ukuran penampang batang 3 adalah sama dengan batang 1 dan 2 yaitu: $b \times h = 3 \times 15 \text{ [mm]}$.

Analisa momen yang terjadi dibatang 4 untuk menghitung dimensi batang 4

Penampang batang 4 adalah juga berbentuk persegi sebagaimana batang 1, 2 dan 3. Gaya yang menyebabkan momen bengkok pada batang 4 adalah:

$$Ftangensial = 44,128 \text{ [kg]}$$

Selanjutnya, untuk menghitung dimensi penampang batang 4, dapat kita lakukan pula

dengan prinsip yang sama dengan perhitungan dimensi penampang batang 1,2 dan 3.

$$fb = \frac{Mb}{Wb}$$

$$Mb = Ftangensial \times R3 = 44.128 \times 115$$

$$Mb = 5.074,72 \text{ [kg.mm]}$$

$$Wb = bh^2/6$$

$$h = \sqrt{\frac{Mb \times 6}{fb \times b}}$$

Material yang dipakai[13]:

SS strip 304; tebal $b = 3 \text{ [mm]}$

Tensile strength = $fb = 515 \text{ [N/mm}^2] = 52.4974 \text{ [kg/mm}^2]$

fb ijin = $fb / Fk = 17.4991 \text{ [kg/mm}^2]$

Maka nilai h dari batang 4 dapat dihitung sebagai berikut :

$$h = \sqrt{\frac{Mb \times 6}{fb \times b}} = \sqrt{\frac{5.074,72 \times 6}{17,4991 \times 3}}$$

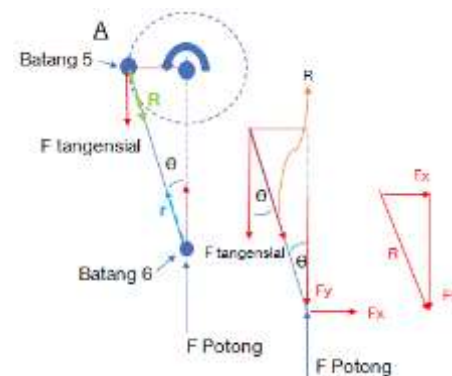
$$h = 24,0831 \text{ [mm]} \sim 25 \text{ [mm]}$$

Maka diperoleh ukuran penampang batang 4 adalah:

$$b \times h = 3 \times 25 \text{ [mm]}$$

Mencari dan menghitung dimensi batang 5 dan 6

Analisa gaya-gaya yang bekerja pada batang 5 dan 6, dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 11. Analisa gaya pada batang 5 Sesuai gambar 11, maka:

$$\sin \theta = \frac{2,5}{11,5} = 0.2174 \rightarrow \theta = 12,5558^\circ$$

$$\frac{Ftangensial}{\cos \theta} = R$$

$$\frac{44,128 \text{ [kg]}}{\cos 12,5558^\circ} = R = 44,2092 \text{ [kg]}$$

$$\frac{F_{potong}}{\cos \theta} = r = \frac{0,3166}{\cos \theta} = 0,3246 [kg]$$

Besar gaya R >> r, maka batang 5 tidak mengalami pembebanan bengkok sebagai akibat gaya yang bekerja dari batang 4.

Perhitungan batang 5 (Poros)

Dari sifat pembebanannya, batang 5 kita pertimbangkan masuk dalam katategori “Rotary shaft category suddently applied load with minor shock”[12].

Material yang dipakai[13]:

SS 304;

Tensile strength = fb = 795 [N/mm2] =

81,0397 [kg/mm2]

Fk = 3 [14]

fb ijin = fb /Fk = 81.0397/3 = 27.0132

[kg/mm2];

fs ijin=27.0132/2=13.5066 [kg/mm2];

Km = 2; Kt = 2;

Dengan menggunakan prinsip yang sama dengan prinsip yang kita gunakan untuk perhitungan diameter poros P1, maka perhitungan diameter poros/batang 5 adalah:

Pendekatan puntir ekuivalen

$$Te = \sqrt{(Km \times M)^2 + (Kt \times T)^2}$$

$$Te = \sqrt{(2 \times 0)^2 + (2 \times 1,103.2)^2}$$

$$Te = 2,206.4 [kg. mm]$$

$$Te = \frac{\pi}{16} \times fs_{ijin} \times d^3 \rightarrow d = \sqrt[3]{\frac{Te \times 16}{\pi \times fs}}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{2,206.4 \times 16}{\pi \times 13.5066}} = 9.405 [mm]$$

didapat : d = 9,405 [mm]

Pendekatan Momen ekuivalen

$$Me = \frac{1}{2} \times [Km \times M + \sqrt{(Km \times M)^2 + (Kt \times T)^2}]$$

$$Me = \frac{1}{2} \times [2 \times 0 + \sqrt{(2 \times 0)^2 + (2 \times 1,103.2)^2}]$$

$$= 1.103,2 [kg. mm]$$

$$Me = \frac{\pi}{32} \times fb_{ijin} \times d^3$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{Me \times 32}{\pi \times fb}} = \sqrt[3]{\frac{1.103,2 \times 32}{\pi \times 27.0132}} = 7.464 [mm]$$

didapat d = 7,464 [mm]

Untuk keamanan, diambil diameter terbesar yaitu → 9,405[mm] ~ 10 [mm]

Perhitungan batang 6 (Poros)

Torsi dibatang 6 adalah:

$$T = Ftangensial \times R3$$

$$T = 44,128 \times 115 = 5.074,72 [kg. m]$$

Mencari gaya resultan yang bekerja pada batang 6

Dari gambar 11, diketahui bahwa nilai gaya R = 44,2092 [kg]. Pada batang 6 bekerja 2 gaya, yaitu gaya R dan gaya Fpotong yang disebabkan oleh tahanan singkong yang dipotong terhadap deformasi akibat gaya luar. Besarnya FResultan dari kedua gaya yang bekerja tersebut dapat dihitung sebagai berikut:

$$FResultan =$$

$$\sqrt{R^2 + Fpot^2} + 2 \times R \times Fpot \times \cos(180 - \theta) \quad (16)$$

$$FResultan = 43,9002 [kg]$$

Besarnya momen bengkok yang terjadi dibatang 6 adalah:

$$FResultan \times 10 = 43,9002 [kg] \times 10 [mm]$$

$$= 439,9002 [kg. mm]$$

Menghitung diameter batang 6

Dari sifat pembebanannya, batang 6 kita pertimbangkan masuk kategori “Rotary shaft category suddently applied load with minor shock” [12].

Material yang dipakai[13]:

SS 630;

Tensile strength = fb = 1310 [N/mm2] =

133,5372 [kg/mm2]

Fk (Faktor keamanan) = 3[14]

fb ijin = fb /Fk = 133,5372/3 = 44,5124

[kg/mm2]

fs ijin = 44,5124/2 = 22,2562 [kg/mm2];

Km = 2; Kt = 2;

Diameter batang 6 dihitung sebagai berikut:

Pendekatan puntir ekuivalen

$$Te = \sqrt{(Km \times M)^2 + (Kt \times T)^2}$$

$$Te = \sqrt{(2 \times 439,9002)^2 + (2 \times 5.074,72)^2}$$

$$Te = 10.187,5012 [kg. mm]$$

$$Te = \frac{\pi}{16} \times fs \times d^3$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{Te \times 16}{\pi \times fs}} = \sqrt[3]{\frac{10.187,5012 \times 16}{\pi \times 22,2562}} = 13,2596 [mm]$$

Pendekatan Momen ekuivalen

$$Me = \frac{1}{2} \times [Km \times M + \sqrt{(Km \times M)^2 + (Kt \times T)^2}]$$

$$Me = \frac{1}{2} \times [2 \times 439,9002 + \sqrt{(2 \times 439,9002)^2 + (2 \times 5.074,72)^2}]$$

$$Me = 5.533,6508 [kg. mm]$$

$$Me = \frac{\pi}{32} \times fb \times d^3$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{Me \times 32}{\pi \times fb}} = \sqrt[3]{\frac{5533,6508 \times 32}{\pi \times 44,5124}} = 10,8187 [mm]$$

Untuk ukuran batang 6, diambil diameter terbesar yaitu:

$$d = 13,2586 [mm] \sim 14 [mm]$$

3.5. Perhitungan bearing

Dari perhitungan-perhitungan yang telah dilakukan, dimiliki data-data sebagai berikut:

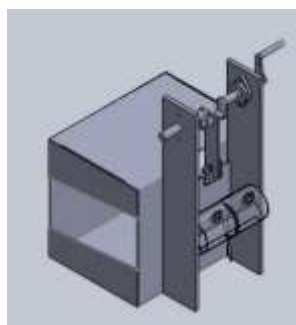
Gaya bantalan di tumpuan A (poros utama):
 $RAx = 6,8416 [kg]$
 Gaya bantalan di tumpuan B (poros utama):
 $RBx = 23,9455 [kg]$
 Atas dasar pertimbangan desain dan kemudahan pencarian *sparepart (bearing)*, diameter poros utama diputuskan = 15 [mm]. Bantalan yang digunakan adalah type KFL002 dengan nilai *dynamic load rating C* = 5,6 [kN] = 570,5480 [kg] [16], masuk kategori roller bearing dengan nilai $k = 10/3$ [12]. Dalam rancangan alat ini, tidak terjadi gaya aksial di tumpuan A dan B.

Menghitung Beban ekuivalen dinamis di tumpuan A

Beban ekuivalen dinamis yang terjadi pada bantalan di tumpuan A, dihitung sebagai berikut:
 $We = [X_R \cdot V \cdot W_R + Y_T \cdot W_T] \times K_s$ (18)
 Untuk *roller bearing*, nilai $X_R = 1$ dan nilai $Y_T = 0$.
 Nilai $V = 1$, yaitu nilai faktor rotasi untuk *inner race* yang berputar.
 Nilai K_s dipilih nilai untuk *light shock* yaitu $K_s = 1,5$.
 Gaya di Tumpuan A, $RAx = 6,8416 [kg] = W_R$ di A

4. Kesimpulan

Setelah dilakukan proses perhitungan sebagaimana telah dilakukan dalam bagian 3, diperoleh hasil rancangan sebagaimana gambar dibawah ini:



Gambar 12. Gambar 3D rancangan alat pemotong singkong

Selanjutnya, nilai beban ekuivalen dinamis di tumpuan A dapat dihitung sebagai berikut:
 $We = [X_R \cdot V \cdot W_R + Y_T \cdot W_T] \times K_s$
 $We = [1 \times 6,8416 + 0 \times 0] \times 1,5$
 $We = 10,2624 [kg] \rightarrow$ Beban ekuivalen dinamis ditumpuan A.

Umur bantalan di tumpuan A

$$L = \left(\frac{C}{We}\right)^k \times \frac{10^6}{60 \times N} \quad (19)$$

$$L = \left(\frac{570,5480}{10,2624}\right)^{10/3} \times \frac{10^6}{60 \times 60}$$

$$L = 182.183.201,4409 [jam]$$

Menghitung Beban ekuivalen dinamis di tumpuan B

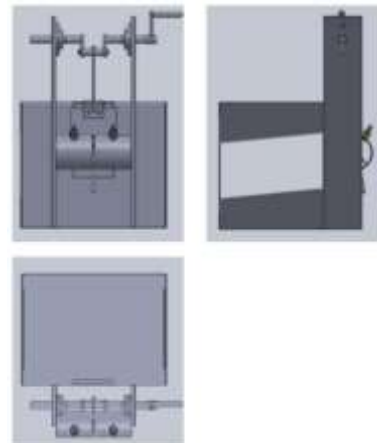
Resultan gaya ditumpuan B adalah:
 Gaya di Tumpuan B, $RBx = 23,9455 [kg] = W_R$ di B
 Selanjutnya, nilai beban ekuivalen dinamis di tumpuan B dapat dihitung sebagai berikut:
 $We = [X_R \cdot V \cdot W_R + Y_T \cdot W_T] \times K_s$
 $We = [1 \times 23,9455 + 0 \times 0] \times 1,5$
 $We = 35,91825 [kg] \rightarrow$ Beban ekuivalen dinamis ditumpuan B.

Umur bantalan ditumpuan B

$$L = \left(\frac{C}{We}\right)^k \times \frac{10^6}{60 \times N}$$

$$L = \left(\frac{570,5480}{35,91825}\right)^{10/3} \times \frac{10^6}{60 \times 60}$$

$$L = 2.798.686,3348 [jam]$$



Gambar 13. Gambar alat pemotong singkong proyeksi Eropa

Dengan spesifikasi alat sebagai berikut: Dimensi alat : P x L x T = 290 x 265 x 440 [mm].

1. Sumber daya penggerak : Engkolan tangan manusia, $P_{maximal} = 68 [Watt]$.
2. Spesifikasi bahan baku : Singkong kukus Panjang minimal 3 [cm], panjang maksimal 7 [cm], diameter minimal 3 [cm], diameter maksimal 5 [cm], dipotong sejajar sumbu singkong membentuk setengah silinder.

3. Spesifikasi hasil potongan:

Tabel 4. Spesifikasi hasil potongan

| Kriteria | Dimensi hasil potongan [mm] | | Diameter bahan baku [mm] |
|----------|-----------------------------|-------|--------------------------|
| | Panjang | Lebar | |
| Terkecil | 30 | 15 | 30 |
| Terbesar | 60 | 25 | 50 |

Ketebalan hasil potongan : ± 2 [mm]

4. Material alat :

- *Shaft* : SS 304 dan SS 630.
- *Linkage/batang* : SS 304, $t = 3$ [mm].
- *Cutter* : SS 304 s2b, $t = 1,5$ [mm].
- *Feeder: Pipe* SS 316 $\varnothing 2,5$ [Inch], $t = 2$ [mm], *cut as drawing*.
- *Body* : SS 304, $t = 2$ [mm] dan 3 [mm]

5. Saran

Pada masa mendatang, otomatisasi adalah suatu hal yang sangat mungkin untuk dapat diaplikasikan pada rancangan alat ini. Pengantian daya penggerak alat ini dengan menggunakan sumber daya motor listrik, tentu saja akan dapat meningkatkan kapasitas alat dalam memotong singkong sebagai bahan baku pembuatan keripik manggleng.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wikipedia, "Ketela pohon." .
- [2] "HARAPANRAKYAT.COM." <https://www.harapanrakyat.com/2020/03/pelaku-ukm-produksi-manggleng-di-langensari-kota-banjar-terkendala-modal/>.
- [3] P. Eradikasi and I. Helicobacter, "Proposal Program Kreativitas Mahasiswa," 2014.
- [4] Budiyanto, "Perancangan Mesin Perajang Singkong," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013.
- [5] A. Kinematika, M. Mechanical, and T. Menggunakan, "JURNAL Teknik Mesin," vol. 12, no. 2, pp. 38–45, 2019.
- [6] T. I. M. Pengusul, "Universitas bandar lampung november 2016," no. November, 2016.
- [7] A. Yandi, F. Azharul, V. Hadi, and P. Singkong, "Perancangan mesin pengiris singkong design of the single sliver machine," vol. 1, pp. 41–53, 2020.
- [8] D. Natalia and U. B. L. (UBL) Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Mesin, "Perancangan Mesin Pemotong Singkong Untuk Meningkatkan Produktivitas Pembuatan Keripik," *J. Chem. Inf. Model.*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013.
- [9] P. Rachmawati, "Rancang Bangun Mesin Perajang Singkong yang Memenuhi Aspek Ergonomis untuk Meningkatkan Produktivitas Pekerja," *J. Engine Energi, Manufaktur, dan Mater.*, vol. 3, no. 2, pp. 66–72, 2019.
- [10] P. R. Yoder, D. M. Stubbs, K. A. Sawyer, and D. Aikens, *Optomechanical design process*, vol. 1. 2017.
- [11] A. Jansen and P. Slob, "Human power; comfortable one-hand cranking," pp. 1–10, 2003.
- [12] R. S. KHURMI, *A TEXT BOOK OF MACHINE DESIGN*, Third Edit. RAM NAGAR, NEW DELHI-110055: EURASIA PUBLISHING HOUSE (Pvt.) LTD., 1991.
- [13] W. Stichel, *Handbook of comparative world steel standards; USA-United Kingdom-Germany-France-Russia-Japan-Canada-Australia-International. Hrsg.: Albert & Melilli, 552 Seiten. ASTM Data Series DS 67, American Society for Testing and Materials, PA, USA 1996, £ 195.00*, vol. 48, no. 6. 1997.
- [14] J. P. Vidosic, *MACHINE DESIGN PROJECTS*. NEW YORK: Ronald Press Co., 1957.
- [15] R. S. KHURMI, *STRENGTH OF MATERIALS*, FIRST EDIT. RAM NAGAR, NEW DELHI-110 055: S. CHAND & COMPANY LTD., 2001.
- [16] L. ASAHI SEIKO CO, "Cata01_silber.pdf," 2009. https://www.asahiseiko.co.jp/english/img/cata01_silber.pdf.