

# ANALISIS LENGAN AYUN PADA MESIN PENGAYAK TEPUNG SAGU KAPASITAS 10 KG

Daniel Manalu<sup>1</sup>, Akmal Indra<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bengkalis, Jl. Bhatin Alam Bengkalis, Riau, Indonesia, Kode Pos 28711

Email: ellyonmosca@gmail.com<sup>1</sup>, akmalindra@polbeng.ac.id<sup>2</sup>

---

## INFO ARTIKEL

Diajukan:  
14/09/2021

Diterima:  
10/10/2021

Diterbitkan:  
31/10/2021

---

## ABSTRAK

Penelitian ini dilatarbelakangi pada pengolahan tepung sago yang masih dilakukan manual atau dengan mesin seadanya khususnya pada daerah Kabupaten Bengkalis. Kegiatan ini dilakukan bertujuan untuk mendapatkan kekuatan tarik pada lengan ayun dan lengan penahan yang bekerja pada mesin pengayak otomatis dengan beban sebesar 10 kg serta menentukan dimensi ukuran yang sesuai dengan alat mesin otomatis pengayak tepung sago. Penelitian ini difokuskan pada pengayakan tepung sago di UD. Barokah Kabupaten Bengkalis yang menggunakan mesin. Metode yang digunakan dalam penelitian ini melakukan studi literatur dengan menganalisis hasil eksperimen dan perhitungan numerik. Adapun uji coba mesin dilakukan dengan perhitungan waktu 5 menit dengan mesin pengayak sago 10 kg dengan kecepatan elektromotor 1.425 rpm dan variasi panjang lengan ayun 21 cm, 19 cm dan 17 cm. Berdasarkan eksperimen dan analisis data didapat hasil penelitian, tepung sago yang terayak terbanyak dari jumlah awal sebelum tepung diayak yaitu pada kecepatan elektromotor 1425 rpm dengan hasil ayakan (PL 21 cm = 8.6 kg, PL 19 cm = 8.1 kg dan PL 17 cm = 8.5 kg). Sedangkan untuk panjang lengan ayun yang terbaik yaitu terdapat pada panjang lengan ayun 21 cm.

**Kata Kunci:** Mesh, Mesin Pengayak Sago, dan Sago.

---

## ABSTRACT

*This research is based on the processing of sago flour which is still done manually or with makeshift machines, especially in the Bengkalis Regency area. This activity was carried out with the aim of obtaining the tensile strength of the swing arm and retaining arm that worked on an automatic sieving machine with a load of 10 kg and to determine the size dimensions that were suitable for the automatic sifter of sago flour. This research is focused on sifting sago flour in UD. Barokah Bengkalis Regency that uses machines. The method used in this research is to study literature by analyzing experimental results and numerical calculations. The machine trial was carried out with a calculation time of 5 minutes with a 10 kg sago sieving machine with an electromotor speed of 1,425 rpm and variations in the length of the swing arm 21 cm, 19 cm and 17 cm. Based on experiments and data analysis, the results showed that the most sifted sago flour from the initial amount before the flour was sifted was at an electromotor speed of 1425 rpm with sieve results (PL 21 cm = 8.6 kg, PL 19 cm = 8.1 kg and PL 17 cm = 8.5 kg). As for the length of the swing arm, the best is found in the length of the swing arm of 21 cm.*

**Keywords:** Mesh, Sago, Sago Sieve Machine.

## 1. PENDAHULUAN

Pohon Sagu (*Metroxylon sp.*) merupakan tanaman asli Asia Tenggara. Tanaman sagu tumbuh secara alami terutama di daerah dataran atau rawa dengan sumber air yang melimpah [1]. Bengkulu merupakan daerah dataran rendah dengan ketinggian rata-rata sekitar 2-6,1 m dari permukaan laut. Sebagian besar merupakan tanah organosol, yaitu jenis tanah yang banyak mengandung bahan organik. Komoditas hasil pertanian di kabupaten Bengkulu salah satunya adalah sagu di lahan seluas 17.710 Ha [2].

Masyarakat Bengkulu pada umumnya menggunakan sagu sebagai bahan pokok untuk membuat mie. Sagu memiliki potensi besar sebagai sumber pangan, namun belum dimanfaatkan secara maksimal karena keterbatasan pada mesin pengolah sagu [3].

Pabrik sagu UD. Barokah merupakan salah satu pabrik sagu yang ada di Kabupaten Bengkulu yang masih beroperasi hingga kini. Pabrik ini memiliki beberapa tahapan proses produksi, yang mana ada tahapan proses produksi yang tergolong masih manual [4]. Proses produksi yang tergolong masih manual adalah pada proses pengayakan dan proses perebusan. Hal yang dilakukan pada proses pengayakan adalah sagu kering yang masih dalam bentuk gumpalan atau butir kasar dibagi ke beberapa bagian sesuai dengan kapasitas maksimal pengayakan manual ini [5].

Selanjutnya, bahan dipaksa melewati lubang ayakan dengan bantuan sebilah kayu atau menggunakan tangan dengan cara memutar gumpalan sagu kering searah jarum jam atau sebaliknya. Pada proses pengayakan manual ini membutuhkan waktu kurang lebih 2 jam atau lebih untuk mendapatkan hasil yang diinginkan sebelum dilanjutkan pada proses berikutnya.

Atas dasar itu, Peneliti tertarik untuk meninjau lebih lanjut terhadap proses pengayakan sagu dari manual menjadi semi otomatis. Sehingga mempermudah dan mengoptimalkan waktu produksi yang diperlukan.

Sebelumnya terdapat penelitian sejenis yang membahas tentang mesin otomatis pengayak sagu. Akan tetapi, hasil

ayakan yang dihasilkan masih kurang cukup bagus sehingga membutuhkan beberapa kali pengulangan ayakan agar mendapatkan hasil ayakan yang dibutuhkan [6].

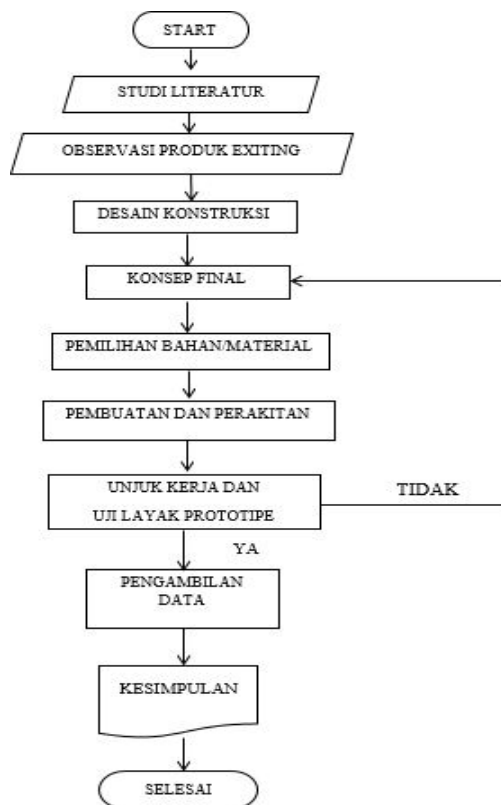
Maka peneliti bermaksud untuk menyempurnakan alat mesin otomatis pengayak sagu tersebut dengan menganalisis pada komponen gerak lengan ayun yang menjadi penggerak pengayak dan meningkatkan kapasitas mesin dengan daya tampung 10 kg sagu tiap pengayakan supaya mesin dapat bekerja efektif dan efisien.

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kekuatan tarik yang bekerja pada lengan ayun dan lengan penahan dengan beban sebesar 10 kg serta mendapatkan ukuran yang sesuai dengan alat mesin pengayak sagu. Untuk mendapatkan sagu yang terayak secara semi otomatis dengan tingkat hasil ayakan yang terbaik dengan cara menggunakan motor sebagai tenaga penggerak dan lengan ayun supaya terjadi ayakan [7]. Panjang lengan ayun serta kekuatan tarik lengan ayun sangat berpengaruh pada hasil ayakan. Berdasarkan latar belakang maka peneliti akan mengangkat judul, yaitu "Analisis Lengan Ayun Pada Mesin Pengayak Tepung Sagu Kapasitas 10 Kg".

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

### 2.1 Diagram alir

Berikut adalah alur kegiatan penelitian yang dilakukan untuk mendapatkan variabel penelitian sehingga mendapatkan sesuai tujuan penelitian.



Gambar 1. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk memperoleh data pengujian lengan ayun yang tepat pada mesin pengayak tepung sagu dengan membandingkan kecepatan putaran *electromotor* (rpm) dan variasi panjang lengan ayun. Pengambilan data pengujian ini dilaksanakan di pabrik sagu UD.Barokah. Proses pengujian dilakukan beberapa tahapan pengujian antara lain dengan tahap perbandingan kecepatan putaran *electromotor* dan tahap analisis panjang lengan ayun.

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimen dan penghitungan numerik, diantaranya adalah:

1. Pengujian ini akan dilakukan sepenuhnya pada variable-variabel yang mempengaruhi dari hasil pengayakan tepung sagu. Dalam pengujian ini akan dilakukan penelitian menggunakan *electromotor* dengan variasi panjang lengan ayun, yaitu 17, 19 dan 21(cm) dengan *electromotor* 1.425 rpm.
2. Teknik pengumpulan data yang diperoleh dari proses penelitian yang dilakukan dengan variasi panjang lengan ayun yaitu 17, 19 dan 21(cm) dengan *electromotor* 1.425 rpm dengan kapasitas tepung sagu 10 kg

yang dilaksanakan di pabrik sagu UD.Barokah.

3. Berdasarkan pengumpulan data tersebut peneliti akan mendapatkan hasil data pengujian pada mesin pengayak tepung sagu, sehingga dapat diketahui pengaruh dari Rpm *electromotor* dan panjang lengan ayun yang digunakan dan mengetahui hasil ayakan yang baik.
4. Untuk kekuatan tarik lengan penahan dan lengan ayun dilakukan penghitungan secara numeric dengan asumsi beban terdistribusi merata.
5. Penyusunan laporan yang termasuk didalamnya kesimpulan dari hasil yang dicapai serta langkah-langkah dalam pengambilan data yang berhubungan terhadap hasil penelitian pada pengujian lengan ayun pada mesin pengayak tepung sagu, sehingga pada akhirnya tujuan penelitian dapat sepenuhnya tercapai dengan baik.

## 2.2 Tempat

Adapun tempat pelaksanaan penelitian ini dilakukan di Pabrik Sagu UD.Barokah. serta dalam proses perakitan dan pembuatan dibutuhkan alat dan bahan sebagai berikut:

### A. Alat

1. Kunci ring dan kunci pas
2. *Stopwatch*
3. Meteran

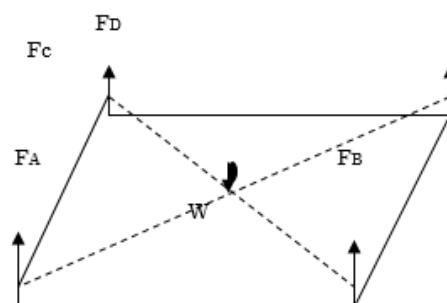
### B. Bahan

1. Motor listrik
2. Tepung sagu
3. Triplek

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Analisa Lengan Penahan

Asumsi: Beban terdistribusi merata (berada dititik tengah 10 Kg)



**Gambar 2.** Lengan penahan  
Sumber: data olahan

Untuk mencari gaya didapati rumus sebagai berikut [8]:

$$W = m \cdot g \quad (1)$$

Keterangan:

W = Gaya

m = massa

g = gravitasi

Dik:

m = 10 kg

g = 9.8 m/s<sup>2</sup>

Dit: W?

Penyelesaian:

$\sum F = 0$  ( Hukum Newton I )

$F_A + F_B + F_C + F_D - W = 0$

$$4F = W$$

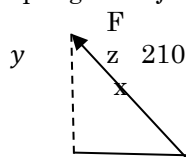
$$F = \frac{W}{4}$$

$$= \frac{m \cdot g}{4}$$

$$= \frac{10 \cdot 9,8}{4}$$

$$F = 24,5 \text{ N}$$

Saat simpangan terjauh:

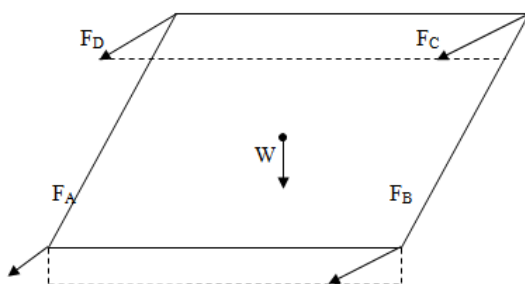


Simpangan lengan ayun

Panjang 21 = 25mm = 2,5cm

19 = 45mm = 4,5cm

17 = 65mm = 6,5cm



**Gambar 3.** Simpangan  
Sumber: data olahan

Pada posisi diam, posisi lengan penahan mesh dalam kondisi lurus ke bawah yaitu saat lengan ayun sepanjang 21 cm, pada saat terjadi ayakan simpangan terjauh lengan penahan akan bergerak sebesar 2,5 cm karena pergerakan lengan antara shaft pulley dan poros engkol. Sedangkan saat

lengan ayun 17,19 cm tentu akan bertambah simpangannya sebesar 4 cm dan 6 cm.

Untuk mencari lengan penahan menggunakan rumus yaitu:

Rumus Phytagoras

$$x^2 + y^2 = z^2 \quad (2)$$

Dik: z = 21 cm = 210 mm (lengan ayun)

x = 2,5 cm = 25 mm (simpangan terjauh lengan ayun)

Dit: y<sub>1</sub>? (panjang lengan penahan)

Penyelesaian:

$$y^2 = z^2 - x^2$$

$$y^2 = \sqrt{z^2 - x^2}$$

$$y = \sqrt{z^2 - x^2}$$

$$y = \sqrt{210^2 - 25^2}$$

$$y = \sqrt{44.100 - 625}$$

$$= \sqrt{43.475}$$

$$y_1 = 208,5 \text{ mm} = 20,85 \text{ cm}$$

Dik: z = 21 cm = 210 mm

x = 4,5 cm = 45 mm

Dit: y<sub>2</sub>?

Penyelesaian:

$$y^2 = \sqrt{z^2 - x^2}$$

$$y = \sqrt{z^2 - x^2}$$

$$y = \sqrt{210^2 - 45^2}$$

$$y = \sqrt{44.100 - 2.025}$$

$$= \sqrt{42.075}$$

$$y_2 = 205,1 \text{ mm} = 20,51 \text{ cm}$$

Dik: z = 21 cm = 210 mm

x = 6,5 cm = 65 mm

Dit: y<sub>3</sub>?

Penyelesaian:

$$y^2 = \sqrt{z^2 - x^2}$$

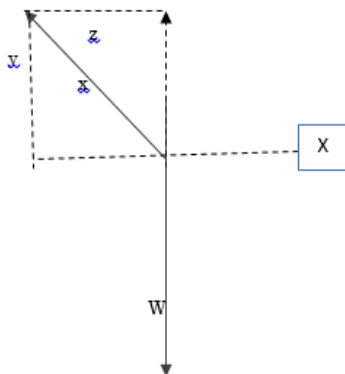
$$y = \sqrt{z^2 - x^2}$$

$$y = \sqrt{210^2 - 65^2}$$

$$y = \sqrt{44.100 - 4.225}$$

$$= \sqrt{39.875}$$

$y_3 = 199,68\text{mm} = 19,97\text{ cm}$



**Gambar 4.** Lengan penahan pada skema pythagoras

Untuk mendapatkan gaya maksimum yang bekerja yaitu:

Dik:  $m = 10\text{ kg}$   
 $g = 9,8\text{ m/s}^2$   
 $y_1 = 208,5\text{ mm}$   
 $z = 210\text{ mm}$

Dit:  $F_1?$

Penyelesaian:

$$\sum F_y = 0$$

$$F \sin \theta - W = 0$$

$$F = \frac{W}{\sin \theta}$$

$$F = \frac{m \cdot g}{y_1/z}$$

$$F_1 = \frac{10 \cdot 9,8}{208,5/210}$$

$$F_1 = 98,9\text{ N}$$

Dik:  $m = 10\text{ kg}$   
 $g = 9,8\text{ m/s}^2$   
 $y_2 = 205,1\text{ mm}$   
 $z = 210\text{ mm}$

Dit:  $F_2 \dots\dots?$

Penyelesaian:

$$\sum F_y = 0$$

$$F \sin \theta - W = 0$$

$$F = \frac{W}{\sin \theta}$$

$$F = \frac{m \cdot g}{y_2/z}$$

$$F_2 = \frac{10 \cdot 9,8}{205,1/210}$$

$$F_2 = 101,03\text{ N}$$

Dik:  $m = 10\text{ kg}$   
 $g = 9,8\text{ m/s}^2$   
 $y_3 = 199,68\text{ mm}$   
 $z = 210\text{ mm}$

Dit:  $F_3?$

Penyelesaian:

$$\sum F_y = 0$$

$$F \sin \theta - W = 0$$

$$F = \frac{W}{\sin \theta}$$

$$F = \frac{m \cdot g}{y_3/z}$$

$$F_3 = \frac{10 \cdot 9,8}{199,68/210}$$

$$F_3/F_{max} = 103,1\text{ N}$$

Diagram Benda Bebas



**Gambar 5.** Diagram Benda Bebas Lengan

Dik:  $F_1 = 98,9\text{ N}$   
 $x_1 = 25\text{ mm}$   
 $z = 210\text{ mm}$

Dit:  $F_{LP1} \dots\dots\dots?$

Penyelesaian:

$$F_A = F_B = F_C = F_D = F$$

$$\sum F_x = 0$$

$$- F_A \cos \theta - F_b \cos \theta - F_c \cos \theta - F_D \cos \theta + F_{LP} = 0$$

$$- 4 F \cos \theta + F_{LP} = 0$$

$$F_{LP} = 4 F \cos \theta$$

$$F_{LP} = 4 \cdot F_1 \cdot \frac{x_1}{z}$$

$$= 4 \cdot 98,9 \cdot \frac{25}{210}$$

$$F_{LP1} = 47,07\text{ N}$$

Dik:  $F_2 = 101,03\text{ N}$   
 $x_2 = 45\text{ mm}$   
 $z = 210\text{ mm}$

Dit:  $F_{LP2}?$

Penyelesaian:

$$F_A = F_B = F_C = F_D = F$$

$$\sum F_x = 0$$

$$- F_A \cos - F_b \cos - F_c \cos - F_D \cos + F_{LP}$$

$$- 4 F_{\cos} + F_{LP} = 0$$

$$F_{LP} = 4 F_{\cos}$$

$$F_{LP} = 4 \cdot F_2 \cdot \frac{x_2}{z}$$

$$= 4 \cdot 101,03 \cdot \frac{45}{210}$$

$$F_{LP2} = 86,48 \text{ N}$$

Dik:  $F_3 = 103,1 \text{ N}$

$$x_3 = 65 \text{ mm}$$

$$z = 210 \text{ mm}$$

Dit:  $F_{LP3}?$

Penyelesaian:

$$F_A = F_B = F_C = F_D = F$$

$$\sum F_x = 0$$

$$- F_A \cos - F_b \cos - F_c \cos - F_D \cos + F_{LP}$$

$$- 4 F_{\cos} + F_{LP} = 0$$

$$F_{LP} = 4 F_{\cos}$$

$$F_{LP} = 4 \cdot F_3 \cdot \frac{x_3}{z}$$

$$= 4 \cdot 103,1 \cdot \frac{65}{210}$$

$$F_{LP3} = 127,64 \text{ N}$$

Untuk mencari tegangan tarik maksimum pada lengan ayun:

Dik:  $F_{LP \text{ max}} = 127,64 \text{ N}$

$$d = 17 \text{ mm} = 0,017 \text{ m}$$

Dit:  $\sigma_{\text{max}}?$

Penyelesaian:

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{F_{LP \text{ max}}}{A}$$

$$= \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot (0,017)^2$$

$$\sigma_{\text{max}} = 0,56 \text{ Mpa}$$

**Tabel 1.** Tabel hasil ayakan tepung sagu dengan kapasitas 10 kg pada lengan ayun 21 cm, 19 cm dan 17 cm.

No	Rpm	Panjang Lengan Ayun (cm)	Waktu (menit)	Kapasitas Tepung Sagu (Kg)	Hasil Terayak (Kg)	Tepung Yang Terbuang (Kg)	Hasil Tidak Terayak (Kg)
1	1425	17	5	10	8.5	0.40	1.0
					7.8	0.46	1.74
					7.0	0.55	2.45
2	1425	19	5	10	8.1	0.42	2.32
					7.7	0.45	1.85
					7.2	0.58	2.22
3	1425	21	5	10	8.6	0.39	1.01
					8.0	0.43	1.57
					7.4	0.52	2.08

Pada **Tabel 1.** dapat dilihat perbandingan hasil dari proses ayakan tepung sagu menggunakan perbandingan rpm dan panjang lengan ayun, pada tabel 1 dapat dilihat bahwasannya hasil tepung yang terayak yang terbanyak dari jumlah awal sebelum tepung diayak yaitu pada rpm 300 dengan hasil ayakan (PL 21 cm = 8.6 kg, PL 19 cm = 8.1 kg dan PL 17 cm = 8.5 kg), sedangkan untuk panjang lengan ayun yang terbaik yaitu terdapat pada panjang lengan ayun 21 cm dengan hasil ayakan ( rpm 300 = 8.6 kg, rpm 500 = 8.0 kg dan rpm 700 = 7.4 kg).

Berdasarkan penjelasan diatas dapat disimpulkan bahwa rpm yang rendah akan menentukan tingkat hasil ayakan yang terbaik karena putarannya lebih stabil dan ayakannya lebih teratur, dibandingkan menggunakan rpm tinggi karena pada rpm tinggi lebih banyak tepung sagu yang terbuang akibat getaran/goncangan dari mesin pengayak sagu yang tidak stabil [9]. Begitu juga pada panjang lengan ayun pada proses pengayakan di dapati bahwa pemilihan lengan ayun yang tepat akan mendapati hasil ayakan yang terbaik karena dengan pemilihan panjang lengan ayun yang tepat akan membuat mesin pengayak sagu lebih stabil, kurang getaran/goncangan serta ayakan nya lebih teratur [10].

Pada **Tabel 1.** tepung ayakan yang terbuang maksudnya masih banyak tepung hasil ayakan yang terbuang melalui dinding mesin pengayak diakibatkan tidak adanya cover atau dinding penghalang pada mesin pengayak adapun masalah lainnya yaitu kurang tepatnya pemilihan rpm *electromotor* serta pemilihan panjang lengan ayun yang mengakibatkan proses pengayakan tidak stabil dan teratur, besarnya getaran atau guncangan yang membuat tepung hasil ayakan banyak yang berterbangan, sebagian tepung ada juga yang menempel di wadah penampung dan juga pada celah-celah mesh mesin pengayak tepung sagu.

Berdasarkan pengujian yang dilakukan di teknik sipil didapati hasil kehalusan dari proses pengayakan menggunakan ayakan hasil rancangan yaitu mesh dengan ukuran 0.6 mm, dapat disarankan agar tingkat kehalusan tepung yang maksimal dapat digunakan ukuran mesh 0.075 mm, untuk mendapati proses pengayakan yang maksimal dengan

menggabungkan pengujian teknik sipil dan pengujian hasil rancangan sendiri yaitu proses ayakan yang disarankan menggunakan ukuran mesh 0.075 mm dengan kecepatan putar *electromotor* rendah yaitu 300 rpm dan panjang lengan ayun 21 cm.

#### 4. Kesimpulan dan Saran

##### 4.1 Kesimpulan

Kesimpulan pada penelitian mengenai proses pengayakan tepung sagu pada mesin pengayak otomatis menggunakan metode eksperimen dengan membandingkan kecepatan putar elektromotor dan variasi dimensi panjang lengan ayun.

Pengujian menggunakan kecepatan putar elektromotor 1.425 rpm dan variasi panjang lengan ayun 17 cm, 19 cm dan 21 cm terhadap hasil ayakan tepung sagu kapasitas 10 kg dengan menggunakan ayakan mitra kerja pabrik UD.Barokah menggunakan ayakan teknik sipil didapati ukuran mesh terbaik sebesar 0,075 mm sedangkan ukuran mesh pada perancangan mesin pengayak sagu ialah 0.18 mm. Kekuatan tarik minimum pada lengan ayun dan lengan penahan adalah 0.56 MPa dan 0.45 MPa. Panjang lengan ayun dan panjang lengan penahan adalah 17cm dan 20,85 cm.

Jadi semakin rendah kecepatan motor, maka semakin baik pula tingkat hasil ayakan dan semakin panjang lengan ayun yang digunakan, maka semakin baik juga tingkat hasil ayakan.

##### 4.2 Saran

Dari hasil pengamatan memperlihatkan bahwa pemilihan kecepatan putar dan panjang lengan ayun yang tepat akan menghasilkan kualitas rata-rata getaran yang terbaik dan hasil ayakan yang baik. Oleh karena itu, untuk mendapatkan hasil ayakan yang terbaik dari proses pengayakan tepung sagu, disarankan sebagai berikut:

1. Untuk ukuran mesh pada rancangan berikutnya disarankan untuk menggunakan ukuran mesh 0.075 mm.
2. Agar tidak terjadi pemborosan tepung akibat tepung yang

beterbangan dan menempel di wadah penampung disarankan perancangan selanjutnya mesin pengayak diberi cover atau dinding rumah pengayak dan pada wadah penampung agar diberi pelapis plat alma agar tepung hasil ayakan tidak menempel di wadah.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] MA'RUF (2016). STATIKA STRUKTUR, Universitas Lambung Mangkurat.
- [2] Joni Dewanto (1999). MEKANISME GERAK TRANSLASI BOLAK BALIK DENGAN ULIR SILANG, Fakultas Teknik Mesin, Universitas Kristen Petra.
- [3] Antonius Pangilinan (2016). PERANCANGAN DAN PEMBUATAN MEKANISME UBAH GERAK ROTASI MENJADI TRANSLASI, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Kupang.
- [4] Ahmad Thoriq (2017). DESAIN DAN UJI KINERJA MESIN PEMARUT SAGU TIPE TPB 01, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- [5] Nicolas Tumbel (2014). UJI KINERJA ALAT PENGOLAH SAGU BARUK (*ARENKA MICROCARPA*), Baristand Industry Manado.
- [6] Isali (2012). PEMBUATAN ALAT PENGAYAK TEPUNG SAGU MENGGUNAKAN MOTOR DC tipe YA, 010-1, Politeknik Negeri Bengkalis.
- [7] M. Bur (1996). PERANCANGAN DAN ANALISIS PENGAYAK GETAR, UNAND-PTSP.
- [8] James M.Gere.(2000).Mekanika Bahan Jilid I Edisi ke Empat. Erlangga.
- [9] Stephen P.Timoshenko(1983)History Of Strength Of Materials. General Publishing Company, Ltd. Toronto, Ontario
- [10] Samuel Doughty, Mechanics of Machines, John Willey & Sons, New York, 1988