

# Analisis Kebutuhan Energi Mekanik pada Proses Pengupasan Serat Buah Kelapa Sawit

Nusyirwan<sup>1,\*</sup>)

<sup>1</sup>)Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Andalas Padang

Telp: +62 751 72586, Fax: +62 751 72566

\*E-mail: nusyirwan@ft.unand.ac.id

## ABSTRAK

Sawit merupakan suatu salah satu komoditi unggulan bagi Indonesia. Beberapa faktor yang menentukan adalah karena kelapa sawit dapat diolah menjadi kebutuhan utama pokok manusia seperti makanan, obat-obatan dan pengganti energi fosil seperti bio fuel. Indonesia merupakan daerah potensial untuk tanaman kelapa sawit dalam banyak hal teknologi pengolahannya belum dioptimalkan. Salah satu mesin yang paling berperan penting dalam proses pengolahan buah kelapa sawit adalah mesin pengupas serat buah kelapa sawit. Parameter utama yang paling dikaji adalah kebutuhan torsi atau daya mekanik dalam proses pengupasan buah. Pada penelitian ini dapat diidentifikasi beberapa torsi yang terlibat pada proses pemotongan tersebut Hasilnya adalah torsi terbesar terjadi pada torsi kupas sebesar 65,34 N.m.

**Kata kunci :** kelapa sawit, torsi, pemotongan

## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Mesin pengupas serat kelapa sawit adalah mesin yang bekerja dengan beban torsi yang tidak konstan. Serat mengandung *crude oil* yang beban kompresinya meningkat setiap waktu akibat efek non kompresibel. Akibatnya torsi yang disediakan mesin tidak cukup akibat efek visco elastis dari *crude oil* tersebut. Peninjauan parameter proses tidak sederhana karena melibatkan bebrapa kajian diantaranya kajian fluida, termal dan mekanik. Salah satu yang ditinjau pada penelitian ini adalah kajian mekanik dasar yaitu kebutuhan torsi dan gaya pengupasan pada buah kelapa sawit. Dari kajian torsi ini akan dapat ditentukan kajian lain untuk dapat mengidentifikasi proses pengupasan dengan baik.

### 1.2. Tujuan

Tujuan penelitian adalah untuk mengidentifikasi kebutuhan energi mekanik pengupasan serat buah kelapa sawit. Proses pengupasan serat buah kelapa sawit tidak proses yang sederhana karena serat mengandung *crude oil* yang dapat menyebabkan terjadinya viscous elastis dan menghasilkan efek redaman mekanik yang menyerap energi berdasarkan fungsi waktu. Akibatnya kebutuhan torsi meningkat dan kerja motor penggerak bertambah dan dapat terjadi kebakaran pada motor listrik penggerak. Salah satu yang dilakukan adalah mengalirkan serat dan *crude oil* keluar ruang pengupasan dengan suatu lubang lauan yang terbuka dan menutup secara otomatis.

### 1.3. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian adalah untuk menentukan beberapa parameter yang diperlukan dalam perancangan mesin pengupas serat kelapa sawit. Kebutuhan torsi akan menentukan kebutuhan konsumsi energi penggerak dan menentukan kos operasi dari suatu mesin. Jika kebutuhan torsi tidak dapat dihitung dengan cermat, perancangan mesin tidak dapat dilakukan dengan baik. Biasanya orang mengambil faktor keamanan yang tinggi berakibat mesin dioperasikan dengan biaya yang tinggi, dan efisiensi yang rendah.

## 2. KAJIAN LITERATUR

### 2.1. Kelapa Sawit

#### 2.1.1. Sejarah Kelapa Sawit

Pohon kelapa sawit terdiri dari pada dua spesies *Arecaceae* atau famili *palma* yang digunakan untuk pertanian komersil dalam pengeluaran minyak kelapa sawit. Pohon kelapa sawit Afrika, *Elaeis guineensis*, berasal dari Afrika barat di antara Angola dan Gambia, dan pohon kelapa sawit Amerika, *Elaeis oleifera*, berasal dari Amerika Tengah dan Amerika Selatan.

Buah kelapa sawit adalah buah dengan berat 3 – 40 kg yang setiap tandan tersusun oleh berondolan dengan berat 10 – 20 gram yang terdiri dari daging buah, serabut, cangkang dan inti.



Gambar 1. Buah Kelapa Sawit

Kelapa sawit termasuk tumbuhan pohon. Tingginya dapat mencapai 24 meter. Bunga dan buahnya berupa tandan, serta bercabang banyak. Buahnya kecil dan apabila masak, berwarna merah kehitaman. Daging buahnya padat. Daging dan kulit buahnya mengandung minyak. Minyaknya itu digunakan sebagai bahan minyak goreng, sabun, dan lilin. Ampasnya dimanfaatkan untuk makanan ternak, khususnya sebagai salah satu bahan pembuatan makanan ayam. Tempurungnya digunakan sebagai bahan bakar dan arang.

Tanaman kelapa sawit secara umum waktu tumbuh rata-rata 20 – 25 tahun. Pada tiga tahun pertama disebut sebagai kelapa sawit muda, hal ini dikarenakan kelapa sawit tersebut belum menghasilkan buah. Kelapa sawit mulai berbuah pada usia empat sampai enam tahun. Dan pada usia tujuh sampai sepuluh tahun disebut sebagai periode matang (*the mature periode*), dimana pada periode tersebut mulai menghasilkan buah tandan segar (*Fresh Fruit Bunch*). Tanaman kelapa sawit pada usia sebelas sampai dua puluh tahun mulai mengalami penurunan produksi buah tandan segar. Dan terkadang pada usia 20-25 tahun tanaman kelapa sawit mati. Semua komponen buah sawit dapat dimanfaatkan secara maksimal. Buah sawit memiliki daging dan biji sawit (kernel), dimana daging sawit dapat diolah menjadi CPO (*crude palm oil*) sedangkan buah sawit diolah menjadi PK (*kernel palm*). Ekstraksi CPO rata-rata 20 % sedangkan PK 2.5%. Sementara itu cangkang biji sawit dapat dipergunakan sebagai bahan bakar ketel uap. Minyak sawit dapat dipergunakan untuk bahan makanan dan industri melalui proses penyulingan, penjernihan dan penghilangan bau atau RBDPO (*Refined, Bleached and Deodorized Palm Oil*). Disamping itu CPO dapat diuraikan untuk produksi minyak sawit padat (RBD Stearin) dan untuk produksi minyak sawit cair (RBD Olein). RBD Olein terutama dipergunakan untuk pembuatan minyak goreng. Sedangkan RBD Stearin terutama dipergunakan untuk margarin dan shortening, disamping untuk bahan baku industri sabun dan deterjen. Pemisahan CPO dan PK dapat menghasilkan oleokimia dasar yang terdiri dari asam lemak dan gliserol. Secara keseluruhan proses

penyulingan minyak sawit tersebut dapat menghasilkan 73% olein, 21% stearin, 5 % PFAD (*Palm Fatty Acid Distillate*) dan 0.5% buangan.

Klasifikasi kelapa sawit adalah sebagai berikut :

Divisi	: Spermatophyta
Sub divisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledonae
Keluarga	: Palmaceae
Sub keluarga	: Cocoideae
Genus	: Elaeis
Spesies	: Elaeis guineensis Jacq.

Spesies lain dari genus *Elaeis* adalah *E. melanococca* yang dikenal sebagai sawit Amerika Latin. Beberapa varietas unggul yang ditanam adalah: Dura, Pisifera dan Tenera.

### 2.1.2. Ciri-Ciri Fisiologi Kelapa Sawit

#### A. Daun

Daunnya merupakan daun majemuk. Daun berwarna hijau tua dan pelepah berwarna sedikit lebih muda. Penampilannya sangat mirip dengan tanaman salak, hanya saja dengan duri yang tidak terlalu keras dan tajam.

#### B. Batang

Batang tanaman diselubungi bekas pelepah hingga umur 12 tahun. Setelah umur 12 tahun pelepah yang mengering akan terlepas sehingga menjadi mirip dengan tanaman kelapa.

#### C. Akar

Akar serabut tanaman kelapa sawit mengarah ke bawah dan samping. Selain itu juga terdapat beberapa akar napas yang tumbuh mengarah ke samping atas untuk mendapatkan tambahan aerasi.

#### D. Bunga

Bunga jantan dan betina terpisah dan memiliki waktu pematangan berbeda sehingga sangat jarang terjadi penyerbukan sendiri. Bunga jantan memiliki bentuk lancip dan panjang sementara bunga betina terlihat lebih besar dan mekar.

#### E. Buah

Buah sawit mempunyai warna bervariasi dari hitam, ungu, hingga merah tergantung bibit yang digunakan. Buah bergerombol dalam tandan yang muncul dari tiap pelepah.

Buah terdiri dari tiga lapisan:

- Eksokarp, bagian kulit buah berwarna kemerahan dan licin.
- Mesoskarp, serabut buah
- Endoskarp, cangkang pelindung inti

Inti sawit merupakan endosperm dan embrio dengan kandungan minyak inti berkualitas tinggi.

### 2.1.3. Perkembangbiakan Kelapa Sawit

Kelapa sawit berkembang biak dengan cara generatif. Buah sawit matang pada kondisi tertentu embrionya akan berkecambah menghasilkan tunas (plumula) dan bakal akar (radikula).

Kelapa sawit memiliki banyak jenis, berdasarkan ketebalan cangkangnya kelapa sawit dibagi atas :

- *Dura*  
Persentase mesocarp terhadap buah bervariasi 35 – 50 % dan dijumpai ada yang mencapai 60%. Tebal cangkang 2 – 8 mm, mempunyai lingkaran serabut disekelilingnya, biji besar 17 – 18%.
- *Pisifera*  
Dengan karakteristik tidak mempunyai cangkang digantikan oleh lingkaran serabut dikelilingi inti. Karena tidak ada cangkang, persentase mesocarp terhadap buah sangat besar dan rendemen minyak juga sangat tinggi.
- *Tenera*  
Tenera merupakan hasil persilangan *Dura* dan *Pisifera*. Tenera mempunyai karakteristik gabungan dari kedua induknya. Tebal cangkang 0.5 – 4 mm, mempunyai cincin serabut disekeliling biji. Rasio mesocarp terhadap buah sangat tinggi 60% - 90% yang menghasilkan tandan relatif lebih banyak dibandingkan *Dura*, dengan rendemen 22% - 24%. Jenis ini dianggap bibit unggul sebab melengkapi kekurangan masing-masing induk dengan sifat cangkang buah tipis namun bunga betinanya tetap fertil. Beberapa tenera unggul persentase daging perbuahannya dapat mencapai 90% dan kandungan minyak pertandannya dapat mencapai 28%.

Dari ketiga varietas tersebut maka untuk kebanyakan kebun memilih varietas *Dura* dan *Tenera*. Varietas ini dipilih karena perbandingan antara daging buah, serat, cangkang dan inti dapat dimanfaatkan secara optimal di pabrik.

### 2.1.4. Hasil Kelapa Sawit

Bagian yang paling utama untuk diolah dari kelapa sawit adalah buahnya. Bagian daging buah menghasilkan minyak kelapa sawit mentah yang diolah menjadi bahan baku minyak goreng. Kelebihan minyak nabati dari sawit adalah harga yang murah, rendah kolesterol, dan memiliki kandungan karoten tinggi. Minyak sawit juga diolah menjadi bahan baku margarin. Minyak inti menjadi bahan baku minyak alkohol dan industri kosmetika.

Buah diproses dengan membuat lunak bagian daging buah dengan temperatur 90°C. Daging yang telah melunak dipaksa untuk berpisah dengan bagian inti dan cangkang dengan pressing pada mesin silinder berlubang. Daging inti dan cangkang dipisahkan dengan pemanasan dan teknik pressing. Setelah itu dialirkan ke dalam lumpur sehingga sisa cangkang akan turun ke bagian bawah lumpur. Sisa pengolahan buah sawit sangat potensial menjadi bahan campuran makanan ternak dan difermentasikan menjadi kompos.

### 2.1.5. Perkembangan Industri Kelapa Sawit

Kelapa sawit sebagai tanaman penghasil minyak sawit dan inti sawit merupakan salah satu primadona tanaman perkebunan yang menjadi sumber penghasil devisa non migas bagi Indonesia. Cerahnya prospek komoditi minyak kelapa sawit dalam perdagangan minyak nabati dunia telah mendorong pemerintah Indonesia untuk memacu pengembangan areal perkebunan kelapa sawit.

Berkembangnya sub-sektor perkebunan kelapa sawit di Indonesia tidak lepas dari adanya kebijakan pemerintah yang memberikan berbagai insentif, terutama kemudahan dalam hal perijinan dan bantuan subsidi investasi untuk pembangunan perkebunan rakyat dengan pola PIR-Bun dan dalam pembukaan wilayah baru untuk areal perkebunan besar swasta.

### 2.1.6 Standar Mutu Minyak Kelapa Sawit

Mutu minyak kelapa sawit dapat dibedakan menjadi dua arti, pertama, benar-benar murni dan tidak bercampur dengan minyak nabati lain. Mutu minyak kelapa sawit tersebut dapat ditentukan dengan menilai sifat-sifat fisiknya, yaitu dengan mengukur titik lebur angka penyabunan dan bilangan yodium. Kedua, pengertian mutu sawit berdasarkan ukuran. Dalam hal ini syarat mutu diukur berdasarkan spesifikasi standar mutu internasional yang meliputi kadar ALB, air, kotoran, logam besi, logam tembaga, peroksida, dan ukuran pemucatan. Kebutuhan mutu minyak kelapa sawit yang digunakan sebagai bahan baku industri pangan dan non pangan masing-masing berbeda. Oleh karena itu keaslian, kemurnian, kesegaran, maupun aspek higienisnya harus lebih diperhatikan. Rendahnya mutu minyak kelapa sawit sangat ditentukan oleh banyak faktor. Faktor-faktor tersebut dapat langsung dari sifat induk pohonnya, penanganan pascapanen, atau kesalahan selama pemrosesan dan pengangkutan.

Dari beberapa faktor yang berkaitan dengan standar mutu minyak sawit tersebut, didapat hasil dari pengolahan kelapa sawit, seperti di bawah ini :

- a) Crude Palm Oil
- b) Crude Palm Stearin
- c) RBD Palm Oil
- d) RBD Olein
- e) RBD Stearin
- f) Palm Kernel Oil
- g) Palm Kernel Fatty Acid
- h) Palm Kernel
- i) Palm Kernel Expeller (PKE)
- j) Palm Cooking Oil
- k) Refined Palm Oil (RPO)
- l) Refined Bleached Deodorised Olein (ROL)
- m) Refined Bleached Deodorised Stearin (RPS)
- n) Palm Kernel Pellet
- o) Palm Kernel Shell Charcoal

Syarat mutu inti kelapa sawit adalah sebagai berikut:

- a) Kadar minyak minimum (%) : 48 ; cara pengujian SP-SMP-13-1975
- b) Kadar air maksimum (%) : 8,5 ; cara pengujian SP-SMP-7-1975
- c) Kontaminasi maksimum (%): 4,0 ; cara pengujian SP-SMP-31-19975
- d) Kadar inti pecah maksimum (%) : 15 ; cara pengujian SP-SMP-31-1975

### 2.1.7 Komposisi Kimia Minyak Kelapa Sawit

Minyak kelapa sawit dan inti minyak kelapa sawit merupakan susunan dari *fatty acids*, esterified, serta glycerol yang masih banyak lemaknya. Didalam keduanya tinggi serta penuh akan *fatty acids*, antara 50% dan 80% dari masing-masingnya. Minyak kelapa sawit mempunyai 16 nama carbon yang penuh asam lemak palmitic acid berdasarkan dalam minyak kelapa. Minyak kelapa sawit sebagian besar berisikan lauric acid. Minyak kelapa sawit sebagian besarnya tumbuh alamiah untuk *tocotrienol*, bagian dari vitamin E. Minyak kelapa sawit didalamnya banyak mengandung vitamin K dan magnesium. Napalm namanya berasal dari naphthenic acid, palmitic acid dan pyrotechnics atau hanya dari cara pemakaian nafta dan minyak kelapa sawit.

Tabel 1. Ukuran dari asam lemak (Fas) dalam minyak kelapa sawit

Kadar Asam Lemak Dalam Minyak Sawit		
Tipe Asam Lemak		Presentase
Palmitic C16		44.3%
Stearic C18		4.6%
Myristic C14		1.0%
Oleic C18		38.7%
Linoleic C18		10.5%
Lainnya		0.9%

*Hijau: Lemak Jenuh; Biru: Satu Lemak Tidak Jenuh; Jingga: Banyak Lemak Tidak Jenuh*

### 2.1.8 Proses Penyulingan Minyak Kelapa Sawit

Proses penyulingan dikerjakan untuk penjernihan dan penghilangan bau atau RBDPO (*Refined, Bleached and Deodorized Palm Oil*). kemudian diuraikan lagi menjadi minyak sawit padat (RBD Stearin) dan untuk produksi minyak sawit cair (RBD Olein). Secara keseluruhan proses penyulingan minyak kelapa sawit tersebut dapat menghasilkan 73% olein, 21% stearin, 5% PFAD (*Palm Fatty Acid Distillate*) dan 0.5% buangan.

### 2.1.9. Proses Pengolahan Buah Kelapa Sawit

Pengolahan tandan buah segar sampai diperoleh minyak sawit kasar (crude palm oil, CPO) dan inti sawit dilaksanakan melalui proses yang cukup panjang.

Urutan pengolahan kelapa sawit sebagai berikut :

- Pengangkutan buah ke pabrik
- Perebusan buah (sterilisasi)
- Pelepasan buah (stripping) dari tandan dan pelumatan (digesting)
- Pengeluaran minyak.

Tabel 2. Tegangan Geser Serat

Jenis Serat	Tegangan Geser (kgf/cm <sup>2</sup> )
ruas tebu	15
buku tebu	25
kulit pinang	20
daun gambir	15
sabut sawit	17

Sumber : Pengujian Tegangan Geser Putus Geser Untuk Berbagai Material Berserat<sup>[6]</sup>

Manfaat lain dari proses industri minyak kelapa sawit antara lain:

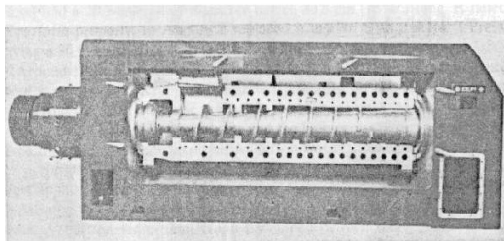
- Sebagai bahan bakar alternatif Biodiesel.
- Sebagai nutrisi makanan ternak (cangkang hasil pengolahan).
- Sebagai bahan pupuk kompos (cangkang hasil pengolahan).
- Sebagai bahan dasar industri lainnya (industri sabun, industri kosmetik, industri makanan).
- Sebagai obat karena kandungan minyak nabati berprospek tinggi.
- Sebagai bahan pembuat particle board (batang dan pelepah).

## 2.2. Mekanisme Pengupas Serat Buah Kelapa sawit.

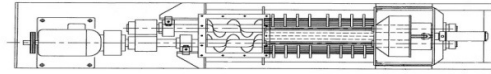
### 2.2.1. Jenis Mekanisme Pengupas

Jenis mesin pemeras yang banyak digunakan pada industri kelapa sawit adalah *screw press*. Mesin ini menggunakan mekanisme poros berulir (screw) dengan posisi horisontal yang berguna untuk mendorong dan menekan kelapa sawit. Pada salah satu sisi terdapat lubang yang digunakan untuk pengeluaran ampas yang dibuat sedemikian rupa sehingga celah lubang dapat diatur sehingga minyak yang dihasilkan dapat semaksimal mungkin. Untuk saluran pengeluaran minyak dari proses pemerasan terdapat pada bagian bawah silinder dari poros berulir.

Mekanisme ini dibedakan atas dua macam, yaitu : Single Screw Press, mesin ini memiliki satu mekanisme poros berulir (screw) dengan posisi horisontal dan Twin Screw Press memiliki dua screw pemeras.



Gambar 2. Single Screw Press



Gambar 3. Double Screw Press

Adapun keunggulan dari mekanisme ini adalah :

- Produktivitas berlangsung secara kontinu sebab pengeluaran ampas dan minyak akan keluar dengan sendirinya
- Efisiensi kerja yang tinggi karena ampas dan minyak akan keluar secara terpisah sehingga minyak yang dihasilkan dapat maksimal serta kandungan minyak dalam ampas hanya sedikit sekali.
- Konstruksi mesin yang kokoh sehingga umur pemakaian yang lebih panjang.
- Dimensi alat yang cukup kecil sehingga sangat cocok untuk industri rumah tangga.
- Tidak memerlukan keahlian khusus dalam pengoperasian mesin karena memiliki prinsip kerja yang sederhana.
- Perawatan mesin dapat dilakukan secara mudah.
- Tidak menimbulkan suara yang berisik.
- Tetapi mekanisme ini juga memiliki beberapa kerugian, yaitu :
- Harga mesin yang cukup mahal karena konstruksi yang dibuat harus kokoh agar dapat memeras dengan baik.
- Penggunaan daya motor yang besar sebab gaya gesek yang timbul cukup besar.

## 2.3. Kebutuhan Torsi Mekanik Mesin

Untuk dapat mencari besar torsi yang dibutuhkan dalam perancangan Mesin Pengupas Serat Kelapa Sawit, maka kita dapat menggunakan beberapa persamaan berikut, menentukan putaran *screw* ditentukan dari persamaan berikut,

$$n = \frac{4Q}{(60\pi D^2 s \psi \gamma c)} \quad (1)$$

Dengan : Q = kapasitas material ton/jam  
D = diameter screw

- S = pitch screw
- $\gamma$  = berat jenis material ton/m<sup>3</sup>
- $\psi$  = faktor tahanan masuk
- c = faktor inklinasi

Penentuan torsi yang dibutuhkan untuk menggerakkan *screw* dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut,

$$T = \frac{N}{\omega} \tag{2}$$

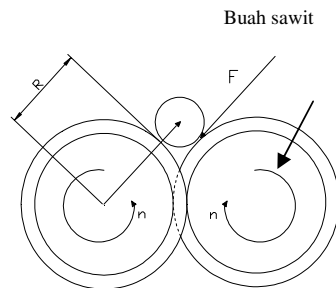
- Dengan : N = putaran motor
- $\omega$  = putaran sudut
- $\omega = \frac{2 \pi n}{60}$

Torsi tersebut terbagi atas torsi penggerak poros, torsi pengupasan, dan torsi gesek. Torsi poros dari persamaan fisik adalah sebagai berikut,

$$T_p = I \alpha \tag{3}$$

- Dimana : I = momen inersia poros
- $\alpha$  = percepatan sudut poros

Penentuan torsi pengupas serat dapat diturunkan dengan persamaan diagram benda bebas,



Gambar 4. Diagram benda Bebas Pengupas Serat Buah Kelapa Sawit

Gaya pengupasan adalah sebagai berikut,

$$F_k = \frac{1}{2} \frac{T_k}{R} \tag{4}$$

- Dingan :  $T_k$  = torsi pengupasan
- R = jari pengupasan
- $F_k$  = gaya pengupasan

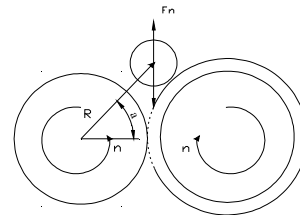
Sehingga Torsi pengupasan adalah sebagai berikut,

$$T_k = 2 R F_k \tag{5}$$

Sedangkan penentuan torsi gesek yang diperlukan ditentukan oleh gaya gesek dan kecepatan putar. Gaya gesek adalah,

$$F_{gesek} = \mu F_n \tag{6}$$

- Dengan :  $\mu$  = koefisien gesekan
- $F_n$  = gaya normal dari buah sawit



Gambar 5. Beban akibat buah sawit

Gaya normal akibat buah sawit dapat ditentukan sebagai berikut,

$$F_n = m_g ( 1 + n_b \sin \alpha ) . g \tag{7}$$

- Dimana :  $M_g$  = total massa total buah sawit, kg
- $\alpha$  = sudut kemiringan antar blade
- Maka torsi gesek yang dihasilkan adalah,

$$T_{gesek} = \mu F_n V/n \tag{8}$$

Dengan V adalah kecepatan keliling screw,

$$V = \frac{\pi D n}{60} \tag{9}$$

Adapun torsi total yang diperlukan dari mesin adalah sebagai berikut,

$$T_{total} = T_p + T_k + T_{gesek} + T_{rugi} \tag{10}$$

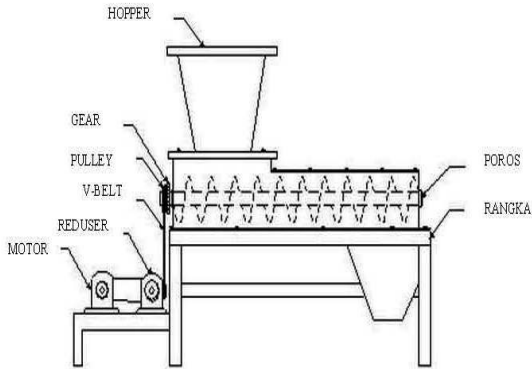
$T_{rugi}$  adalah torsi yang hilang akibat proses transmisi dari motor listrik ke gearbox, pulley dan gesekan bearing, termasuk gesekan yang tidak masuk dalam perhitungan, dimana Torsi rugi adalah,

$$T_{rugi} = 0,15 T_k \tag{11}$$

### 3. METODOLOGI

Untuk mengidentifikasi berbagai torsi yang diperlukan dalam mesin pengupas serat kelapa sawit diperlukan berbagai langkah sebagai berikut :

1. Kapasitas mesin, yaitu seberapa besar kapasitas mesin yang diperlukan,
2. Kekasaran serat kelapa sawit,
3. Berat jenis kelapa sawit,
4. Diameter laluan
5. Pitch screw



Gambar 6. Mesin Pengupas Serat Kelapa Sawit

Torsi yang terjadi dapat dibagi atas beberapa bagian yaitu torsi inersia pada poros, torsi pengupasan serat dan torsi gesek.

#### 3.1 Torsi Inersia Poros

Gaya luar yang bekerja pada suatu benda dengan kondisi dimana suatu benda simetris berputar pada suatu sumbu yang tetap dan tegak lurus terhadap luasan bidang dan melalui pusat massa  $G$  sama dengan kopel  $I \alpha$ . Kopel ini disebut torsi inersia yang merupakan akibat dari adanya momen inersia massa benda tersebut dan adanya percepatan sudut sesaat sebelum benda tersebut berputar hingga mencapai putaran konstan. Untuk dapat menghitung besarnya torsi inersia poros, dapat dihitung dengan persamaan 2.3 dimana,

$$T_p = I \alpha$$

Hal yang mempengaruhi besarnya torsi poros dipengaruhi oleh momen inersia poros tersebut ( $I$ ) serta besarnya percepatan sudut sesaat ( $\alpha$ ).

##### 3.1.1 Momen Inersia Poros

Untuk menghitung Momen Inersia Massa dapat dihitung dengan menggunakan rumus,

$$I = \frac{1}{2} m r^2$$

Data yang dibutuhkan dalam perhitungan momen inersia poros yaitu,

1. Massa jenis baja  $\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$
2. Diameter poros  $d = 50 \text{ mm}$
3. Panjang poros  $l = 45 \text{ cm} = 450 \text{ mm}$
4. Jari-jari poros  $r = 25 \text{ mm} = 25 \cdot 10^{-3} \text{ m}$
5. Putaran motor penggerak  $n = 2825 \text{ rpm}$

Besarnya momen inersia poros dipengaruhi oleh massa dan jari-jari dari poros tersebut. Dimana massa poros dapat dihitung dengan rumus

$$m = \rho \cdot V$$

volume poros ( $V$ ) dihitung dengan rumus,

$$\begin{aligned} V &= \frac{\pi}{4} d^2 l \\ &= \frac{\pi}{4} 50^2 \cdot 450 \\ &= 883.125 \text{ mm}^3 \\ V &= 0,0008 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Maka dapat dihitung besarnya massa poros

$$\begin{aligned} m &= \rho \cdot V \\ &= 7800 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,0008 \text{ m}^3 \\ &= 6,24 \text{ kg} \end{aligned}$$

Sehingga dapat dihitung besarnya momen inersia poros,

$$\begin{aligned} I &= \frac{1}{2} (6,24 \text{ kg}) (25 \cdot 10^{-3} \text{ m})^2 \\ &= 0,078 \text{ kg m}^2 \end{aligned}$$

##### 3.1.2 Percepatan Sudut

Untuk dapat menghitung besarnya percepatan sudut, hal utama yang harus diketahui adalah mencari besarnya kecepatan sudut dengan menggunakan rumus,

$$\begin{aligned} \omega &= \frac{2 \pi n}{60} \\ &= \frac{2 \pi (2825 \text{ rpm})}{60} \\ &= 295,83 \text{ r/s} \end{aligned}$$

Reduksi gearbox 1 : 20 maka dapat diperoleh  $\omega_p = 14,79 \text{ r/s}$

Range kecepatan penuh untuk putaran adalah 5 detik maka percepatan sudut diperoleh,

$$\alpha = \frac{14,79}{5} \text{ r/s}^2 = 2,946 \text{ r/s}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Torsi mak} &= T_{\text{poros}} = I \cdot \alpha \\ &= 0,078 \text{ kg m}^2 \cdot 2,946 \text{ r/s}^2 \\ &= 0,23 \text{ N.m} \end{aligned}$$

Ulir yang terdapat pada poros berfungsi sebagai pemotong (*blade*). Besarnya inersia *blade* dengan massa *blade* = 2 kg dengan jari-jari *blade* = 10 cm atau 0,1 m dapat dihitung,

$$\begin{aligned} I &= \frac{1}{2} (6,24 \text{ kg} + 2 \text{ kg}) (0,1 \text{ m})^2 \\ &= 0,041 \text{ kg m}^2 \end{aligned}$$

Sehingga diperoleh torsi poros sebesar,

$$\begin{aligned} T_p &= 0,041 \text{ kg m}^2 \cdot 2,946 \text{ r/s}^2 \\ &= 0,121 \text{ Nm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Torsi Poros Total} &= (0,23 + 0,121) \text{ Nm} \\ &= 0,351 \text{ N.m} \end{aligned}$$

### 3.2 Torsi Kupas

Hal yang mempengaruhi torsi pengupasan adalah karena adanya gaya pengupasan, dimana dalam kasus ini buah sawit dikupas oleh mata potong (*blade*) yang berputar. Untuk menghitung torsi pengupasan, data yang diperlukan adalah sebagai berikut;

#### 3.2.1. Gaya Pengupasan

Untuk menentukan gaya pengupasan dari mesin ini dapat dihitung dengan menggunakan rumus dari persamaan 4 dimana,

$$F_k = \frac{1}{2} \frac{T_k}{R}$$

Sedang untuk menghitung besarnya torsi pengupasan dapat dicari dengan menggunakan rumus fisik,

$$T_k = \frac{1,5 \times N}{\omega}$$

Bila motor yang dipakai sebagai penggerak dengan daya 1 Hp = 746 Watt maka,

$$\begin{aligned} T_k &= \frac{1,5 \times 746 \text{ Watt}}{14,79 \text{ r/s}} \\ &= 65,34 \text{ N.m} \end{aligned}$$

Gaya pengupasan untuk buah sawit dengan jari-jari blade 10 cm = 0,1 m, adalah sebagai berikut,

$$\begin{aligned} F_k &= \frac{1}{2} \frac{T_k}{R} \\ &= \frac{1}{2} \frac{65,34 \text{ N.m}}{0,1 \text{ m}} \\ &= 253,22 \text{ N} \end{aligned}$$

Maka besarnya torsi pengupasan dapat dicari dengan memakai persamaan 2.5 dimana torsi kupas diperoleh,

$$\begin{aligned} T_k &= 2 R F_k \\ &= 2 \cdot 0,1 \text{ m} \cdot 253,22 \text{ N} \\ &= 50,64 \text{ N.m} \end{aligned}$$

### 3.3 Torsi gesek

Menentukan besarnya torsi gesek dapat dicari dengan menggunakan rumus dari persamaan 2.8 dimana,

$$T_{\text{gesek}} = \mu F_n V/n$$

Untuk mencari  $V/n$ , maka dapat diperoleh dari persamaan 9 dimana,

$$V = \frac{\pi D n}{60}$$

Jika  $n$  dipindah ruaskan maka dapat diperoleh,

$$\frac{V}{n} = \frac{\pi \cdot D}{60}$$

Dengan  $D = 0,1$  maka dapat diperoleh,

$$\begin{aligned} \frac{V}{n} &= \frac{\pi (0,1)}{60} \\ &= 0,005 \text{ m} \end{aligned}$$

#### 3.3.1 Gaya Normal

Pada persamaan 2.7 dapat dilihat bahwa rumus yang digunakan dalam menentukan gaya normal akibat berat dari buah sawit terhadap screw adalah,

$$F_n = m_g (1 + n_b \sin \alpha) \cdot g$$

Dimana :  $m_g = 5 \text{ kg}$

$\alpha_{\text{mak}} = 60^\circ$ , buah memiliki sudut tak simetris



$$\sin \alpha = 0,866$$

$$n_b = \text{jumlah buah yang tidak simetris} \\ = 10 \text{ buah/pitch}$$

Sehingga diperoleh gaya normal sebesar,

$$F_n = 5 \text{ kg} ( 1 + 10 \cdot 0,866 ) \cdot 9,81 \\ = 473,82 \text{ N}$$

### 3.3.2 Gaya Gesek

Terjadi karena pengaruh dari gaya normal dan besarnya koefisien gesekan sawit. Gaya gesek untuk buah sawit dapat ditentukan dengan rumus pada persamaan 6 dimana,

$$F_{gs} = \mu \cdot F_n$$

Dimana,  $\mu = 0,25 ; 0,3$ , koefisien gesekan untuk sawit

$$\mu \text{ yang dipilih} = 0,27$$

Maka, gaya gesek dari buah sawit,

$$F_{gs} = 0,27 \cdot ( 473,82 ) \text{ N} \\ = 127,43 \text{ N}$$

Dari perhitungan tersebut, maka dapat diperoleh besarnya torsi gesek adalah,

$$T_{gesek} = 127,43 \text{ N} \cdot 0,005 \text{ m} \\ = 0,667 \text{ N.m}$$

### 3.4 Torsi Rugi-rugi atau Torsi yang Hilang

Torsi yang hilang terjadi akibat adanya benda yang bergesekan, dimana dalam hal ini adalah buah sawit bergesekan dengan mata potong (*blade*), dapat ditentukan dengan menggunakan rumus dari persamaan 15 dimana,

$$T_{rugi} = 0,15 T$$

Dimana T merupakan torsi gesek, sehingga diperoleh besar torsi yang hilang,

$$T_{rugi} = 0,15 T \\ = 0,15 ( 50,64 \text{ N.m} ) \\ = 1,596 \text{ N.m}$$

Dari perhitungan terhadap torsi yang terjadi atau bekerja pada mesin pemeras ini dapat dihitung besarnya torsi total dimana diperoleh,

$$T_{total} = T_p + T_k + T_{gesek} + T_{rugi} \\ = 0,351 + 50,64 + 0,667 + 1,596 \\ = 53,254 \text{ N.m}$$

### 3.5 Daya Motor

Besarnya daya motor yang akan digunakan dipengaruhi oleh besarnya torsi yang bekerja serta besarnya kecepatan sudut yang dibentuk. Dimana daya motor dapat dihitung dengan menggunakan rumus,

$$N_T = T_{total} \cdot \omega \\ = 53,254 \text{ N.m} \cdot 14,79 \text{ r/s} \\ = 787,62 \text{ Watt}$$

Penggunaan faktor penguat daya ( $F_s$ ) adalah untuk mengatasi energi yang hilang, dimana  $F_s = 1,5$

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Perhitungan

Pada mesin pemeras kelapa sawit tipe double screw ini, didapat sejumlah torsi-torsi yang bekerja pada mesin ini. Torsi tersebut adalah Torsi Inersia 0,351 N.m, Torsi Kupas 65,34 N.m dan Torsi Gesek 0,667 N.m.

- Torsi inersia pada poros ( $T_p$ ) = 0,351 N.m
- Torsi kupas ( $T_k$ ) = 65,34 N.m
- Torsi gesek ( $T_{gesek}$ ) = 0,667 N.m

Selain ketiga torsi di atas, terdapat torsi yang hilang akibat adanya benda yang bergesekan dimana dalam hal ini adalah buah sawit bergesekan dengan mata potong (*blade*). Torsi ini dikenal dengan torsi rugi-rugi, dimana besarnya torsi yang hilang adalah

$$T_{rugi} = 1,596 \text{ N.m}$$

Dari kesemua torsi yang terjadi pada mesin pengupas ini diperoleh torsi total, dimana torsi ini diperlukan dalam perencanaan penggunaan daya motor. Adapun besarnya torsi total yaitu,

$$T_{total} = 53,254 \text{ N.m}$$

Setelah mendapatkan torsi total, maka dapat dihitung berapa daya motor yang digunakan sebagai penggerak. Dengan mengetahui besar kecepatan sudut ( $\omega$ ) sebesar 14,79 r/s dan faktor penguat daya ( $F_s$ ) sebesar 1,5 maka, diperoleh besarnya daya yang dibutuhkan ( $N_{TM}$ ) sebesar 1181,43 Watt.

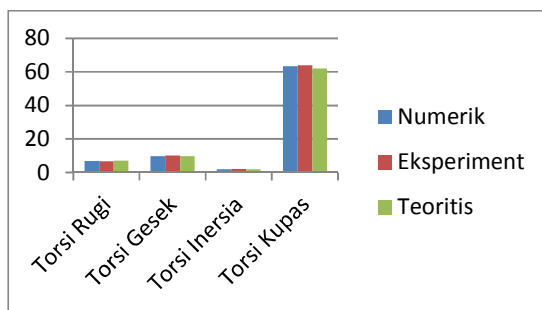
Ini berarti motor yang dipakai adalah motor dengan daya 2 HP atau setara dengan motor 1,5 KW (1500 Watt).

Sehingga daya motor yang dipakai adalah,

$$N_{TM} = (1,5) \cdot (787,62) \\ = 1181,43 \text{ Watt}$$

#### 4.2 Pembahasan

Dari perhitungan dapat diperoleh suatu grafik yang dapat dilihat pada Gambar (7). Torsi kupas merupakan torsi terbesar yang dibutuhkan dalam operasional proses pengupasan serat buah kelapa sawit.



Gambar. 7. Grafik Kebutuhan Torsi Mesin Pengupas Serat Buah Kelapa Sawit

Torsi kupas mempunyai nilai 65,34 N.m baik hasil eksak maupun hasnumerik dan eksperimental, sedangkan Torsi Inersia dan Torsi Gesek hanya kecil yaitu 0,351 N.m dan 0,667 N.m. Untuk melakukan perencanaan kebutuhan energy penggerak mesin pengupas serat kelapa sawit penelitian akan dipusatkan pada mekanisme pemotongan dengan teknik pemmotongan yang tepat dan arah sudut potong dan kecepatan potong yang tepat.

## 5. KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat diperoleh hal sebagai berikut ini: yaitu:

- Torsi inersia pada poros ( $T_p$ ) = 0,351 N.m
- Torsi kupas ( $T_k$ ) = 65,34 N.m
- Torsi gesek ( $T_{gesek}$ ) = 0,667 N.m

Gabungan torsi dari kesemua torsi yang terjadi i diperoleh torsi total, adapun besarnya torsi total yaitu,

$$T_{total} = 53,254 \text{ N.m}$$

Kemudian dapat dihitung berapa daya motor yang digunakan sebagai penggerak. Dengan mengetahui

besar kecepatan sudut ( $\omega$ ) sebesar 14,79 r/s dan faktor penguat daya ( $F_s$ ) sebesar 1,5 maka, diperoleh besarnya daya yang dibutuhkan ( $N_{TM}$ ) sebesar 1181,43 Watt. Ini berarti motor yang dipakai adalah motor dengan daya 2 HP atau setara dengan motor 1,5 KW (1500 Watt). Dengan Faktor keamanan sebesar  $FS=1,5$ , Motor yang dibutuhkan adalah sebesar 1181,43 Watt

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Alpha Laval, (1990). *Instruction Manual Palm Oil Faktory* : London.
- [2] Hariswanto, (2009). *Mesin Pengupas Serat Kelapa Sawit Double Screw*, Tugas Sarjana , S1, Unand.
- [3] MS Spott, Noor, (1988). *Design Machines Element*. Sixth Edition, Mc Graw-HILL : Singapura.
- [4] Nusyirwan., (1995). *Penggunaan Parameter Modus Getar Untuk Analisis Sensitifitas Struktur Mekanik*, Tesis, S2, ITB : Bandung.
- [5] Nusyirwan, (2010). *Kaji Teoritik Frekuensi Pribadi dan Modus Getar Silinder Berdinding Tipis dengan Metode Geometri*, Jurnal Teknika, No.34 Vol I, Fakultas Teknik Universitas Andalas.