

## BAB 4

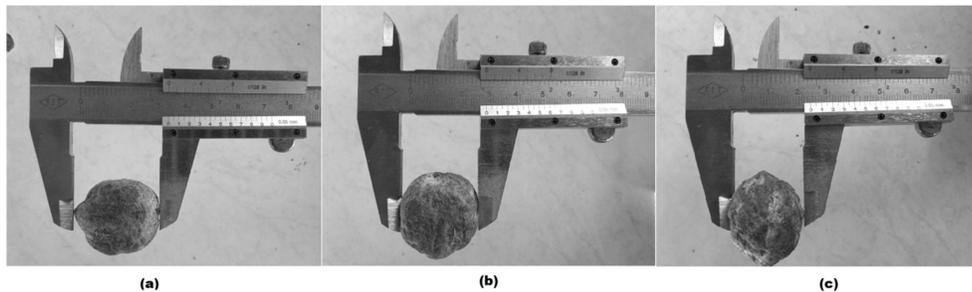
### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Analisis Sifat Fisik dan Mekanik Kemiri

Analisis sifat fisik kemiri yang diamati meliputi panjang, tebal, lebar, berat dan kebulatan. Analisis sifat fisik ini bertujuan untuk mengetahui ukuran rerata kemiri pagar alam, data rerata ini digunakan untuk desain rancangan khususnya pada jarak antara kedua rol. Sedangkan analisis sifat mekanik kemiri hanya meliputi pengujian kekuatan maksimum (*maximum strength*) yang dapat ditahan cangkang kemiri sampai mengalami titik patahan (pecah) atau bisa juga disebut *rupture point*. Analisis sifat mekanik kemiri diperlukan dalam perancangan kebutuhan daya mesin.

##### 4.1.1. Analisis Sifat Fisik Kemiri

Berdasarkan hasil pengukuran 50 sampel kemiri yang terlampir pada Lampiran 3, panjang maksimum kemiri yang diamati mencapai 3,965 cm, dengan tebal maksimum kemiri mencapai 3,480 cm, dan lebar maksimum kemiri mencapai 3,940 cm. Sedangkan panjang, tebal, dan lebar minimum kemiri berturut-turut mencapai 2,65 cm, 1,53 cm, dan 2,180 cm. Sedangkan berat rata-rata kemiri dengan kadar air (b.k) 10,37% mencapai 9,385 g. Berat kemiri bervariasi yang mana kemiri paling ringan yaitu 4,65 g dan paling berat yaitu 11,25 g.



Sumber: Dokumentasi pribadi

Gambar 4.1. Pengukuran penampang panjang (a), lebar (b), dan tebal (c) kemiri

#### 4.1.2. Analisis Sifat Mekanik Kemiri

Nilai tertinggi yang ditampilkan *preassure gauge* selama pengukuran adalah nilai tekanan maksimum yang dialami fluida pada dongkrak. Sehingga setelah dikonversi, menjadi tekanan maksimum yang dapat ditanggung kemiri hingga kemiri mencapai titik pecah (*rupture point*) atau nilai ini bisa disebut juga kekuatan tekan kemiri. Berdasarkan hasil pengukuran yang telah dikonversi menjadi gaya tekan yang dialami kemiri pada Lampiran 4, didapatkan bahwa kekuatan tekan kemiri paling besar diantara kesepuluh sampel mencapai 174,41 kgf atau 1.709,23 N dan kekuatan tekan kemiri paling kecil adalah 120,43 kgf atau 1.180,21 N. Hasil ini tidak jauh berbeda dengan hasil penelitian Sinaga *et al.* (2016) yang juga mengukur kekuatan tekan kemiri menggunakan UTM (*Universal Test Machine*), yang mana kekuatan tekan kemiri maksimum pada pengukuran yang pembebanan diberikan pada penampang tebal kemiri adalah 1.950 N.



Sumber: Dokumentasi pribadi

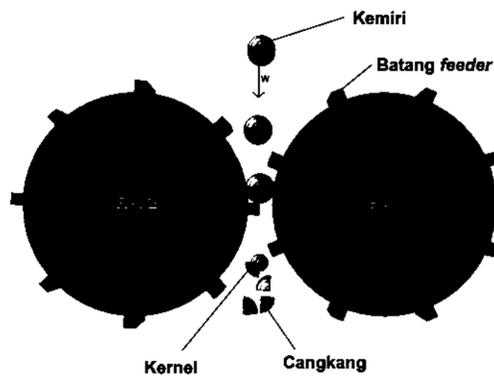
Gambar 4.2. Pengukuran kuat tekan maksimum kemiri

Variasi kekuatan tekan maksimum kemiri yang ditunjukkan pada Lampiran 4 dipengaruhi oleh tidak meratanya kadar air kemiri yaitu berkisar (b.k) 4 hingga 5 %. Menurut Sinaga *et al.* (2016), semakin besar kadar air kemiri semakin besar pula gaya tekan yang diperlukan untuk mencapai *rupture point* kemiri karena kadar air kemiri berbanding lurus dengan modulus elastisitasnya. Bahkan pada kadar air (b.k) 10,38%, gaya yang diperlukan untuk mencapai *rupture point* kemiri pada penampang tebal mencapai 2.746 N.

## 4.2. Analisis Rancangan Struktural dan Fungsional

### 4.2.1. Kebutuhan Daya

Daya yang dibutuhkan untuk memuat kemiri ( $P_p$ ), tidak perlu ditambahkan kedalam kebutuhan daya karena dua hal. Pertama, kemiri dimuat ke rol dengan sistem gravitasi karena *hopper* terletak tepat diatas rol dan rol memuat kemiri dari atas secara vertikal. Kedua, kebutuhan daya untuk memuat kemiri sudah termasuk kebutuhan daya untuk memecah kemiri, karena proses memuat kemiri oleh rol bersamaan proses memecah kemiri, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Sumber: Dokumentasi pribadi

Gambar 4.3. Mekanisme *double roll* untuk proses memuat kemiri secara vertikal

Perhitungan kebutuhan daya untuk mengatasi kelembaman dibagi menjadi beberapa perhitungan, yaitu perhitungan kebutuhan daya untuk mengatasi kelembaman rol (meliputi pipa besi, jari-jari dan bilah), kelembaman poros, kelembaman puli antar rol, kelembaman puli rol, kelembaman puli *output gearbox*, dan kelembaman puli *input gearbox*. Hal ini dilakukan karena setiap elemen yang berputar pada alat memiliki kecepatan putar dan diameter yang beragam sehingga mempengaruhi akurasi hasil perhitungan kebutuhan daya. Berdasarkan perhitungan Lampiran 8, daya untuk mengatasi kelembaman total pada alat adalah 255,91 W. Alat pemecah cangkang kemiri tipe *double roll* ini diatur supaya memecahkan sekaligus dua buah kemiri secara bersamaan, yang mana berdasarkan Lampiran 4 gaya maksimum untuk memecah sebuah cangkang kemiri mencapai 1.709,23 N, sehingga dengan pengaturan tersebut maka alat membutuhkan gaya pecah 3.418,46 N untuk memecah kemiri. Kecepatan putar yang digunakan 150 rpm maka kebutuhan daya untuk memecah cangkang kemiri berdasarkan perhitungan Lampiran 8 adalah 3.756,89 W.

Daya total yang diperlukan untuk mengoperasikan alat didapat dengan menjumlahkan kebutuhan daya untuk mengatasi kelembaman pada alat dan kebutuhan daya untuk memecah kemiri. Sehingga didapat hasilnya 4.012,80 W atau 5,38 hp dapat dilihat pada Lampiran 8. Namun setiap mesin penggerak memiliki efisiensi kerja masing masing terhadap pengaplikasiannya. sehingga perlu untuk menggunakan faktor kerja mesin, yang mana faktor kerja motor bakar menurut Stolk dan Kros (1993) dalam Suwandi (2007) adalah 1,2 hingga 1,5. Faktor kerja diambil 1,2, karena kebutuhan daya total pada perhitungan di Lampiran 8 menggunakan kuat tekan kemiri maksimum dari Lampiran 4 yaitu dari 1.709,23 N. Jika mempertimbangkan hasil uji tekan pada Lampiran 4. Diketahui bahwa sembilan dari sepuluh sampel kemiri menunjukkan kuat tekan yang lebih kecil dari 1.709,23 N, sehingga terdapat kemungkinan alat membutuhkan daya lebih kecil dari 4.012,80 W. Oleh sebab itu dengan faktor kerja 1,2 maka kebutuhan daya nominal *output* motor bakar adalah 6,46 hp, karena dipasaran tidak tersedia motor bakar 6,46 hp maka dipilih motor bakar bensin 4 langkah dengan daya *output* 6,5 hp.

#### 4.2.2. Poros

Terdapat tiga poros yang digunakan pada alat pemecah cangkang kemiri tipe *double roll* ini, dua poros pada kedua rol yang panjang setiap poros 40 cm dan satu buah poros dengan panjang 20 cm yang berfungsi untuk mentransmisikan tenaga dari puli ke roda gigi *idler* yang berguna membalik arah putaran dan mentransmisikan tenaga dari rol satu ke rol dua. Material dan diameter poros sangat mempengaruhi poros ketika beroperasi, karena pemilihan bahan dan diameter yang tidak tepat dapat mengakibatkan kerusakan pada poros diantaranya berupa puntiran. Daya rencana alat pemecah cangkang kemiri tipe *double roll* adalah 3.877,64 W. Dengan diketahuinya daya rencana tersebut maka momen putar yang terjadi pada poros adalah 25.194,13 kg.mm.

Kuat tarik untuk material poros baja S55C adalah 66 kg/mm<sup>2</sup>. Sehingga hasil perhitungan kebutuhan diameter poros pada alat ini menurut persamaan Sularso dan Suga (1979) adalah 26,31 mm. Diameter poros hasil perhitungan berlaku untuk poros pada kedua rol maupun poros pada roda gigi *idler*, karena ketiga poros ditransmisikan tenaga yang sama dengan kecepatan putar yang sama pula. Sedangkan hasil perhitungan kebutuhan diameter poros menurut persamaan Khurmi dan Gupta (2005) pada Lampiran 9 adalah 14,19 mm. Jika dibandingkan dengan hasil perhitungan kebutuhan diameter poros menurut persamaan Sularso dan Suga (1979), maka kebutuhan diameter menurut persamaan Khurmi dan Gupta (2005) lebih kecil dari pada kebutuhan diameter poros menurut persamaan Sularso dan Suga (1979). Perbedaan ini dapat terjadi karena persamaan Khurmi dan Gupta (2005) menggunakan tegangan geser maksimum material poros yang diijinkan yaitu sebesar 440 N/mm<sup>2</sup>, tidak seperti Sularso dan Suga (1979) yang menggunakan kekuatan tarik material sebagai acuan tegangan geser yang diijinkan dengan beberapa asumsi. Dengan pertimbangan ini ditambah penyesuaian dengan ketersediaan poros dan bantalan di pasaran. maka diameter poros yang digunakan pada alat ini adalah 25,4 mm atau 1 inch.

Pemeriksaan keamanan poros perlu dilakukan untuk mempertimbangkan apakah diameter poros yang dipakai aman atau tidak. Pemeriksaan keamanan poros yang digunakan adalah keamanan poros terhadap defleksi puntiran, yang mana menurut Sularso dan Suga (1979), besarnya defleksi puntiran dibatasi hanya

sampai  $0,25^\circ$  untuk poros dengan pembebanan normal dan  $0,125^\circ$  untuk poros yang mengalami beban kejutan dan berulang. Pemeriksaan keamanan poros terhadap defleksi puntiran dibagi menjadi dua yaitu poros pada rol dan poros pada roda gigi *idler*, dipisahkan karena poros pada roda gigi *idler* memiliki panjang yang berbeda dibandingkan kedua poros di rol. Sudut defleksi puntiran yang terjadi pada kedua poros pada rol adalah  $0,03^\circ$  dan pada poros di roda gigi *idler* adalah  $0,016^\circ$ . Sehingga poros dengan diameter 25,4 mm dapat dinyatakan aman terhadap beban puntiran karena tidak melebihi batas defleksi puntiran yang telah ditetapkan.

#### 4.2.3. Pulley dan V-belt

*Pulley* atau puli yang digunakan pada alat ini berjumlah enam buah. Diantaranya dua buah puli penghubung antara dua rol yang berdiameter 10 cm yang beroperasi pada kecepatan putar 150 rpm, sebuah puli rol berdiameter 9 cm yang beroperasi pada kecepatan putar 150 rpm, sebuah puli *outlet gearbox* berdiameter 12 cm yang beroperasi pada kecepatan putar 112,5 rpm, sebuah puli *inlet gearbox* berdiameter 8 cm yang beroperasi pada kecepatan putar 2250 rpm, dan sebuah puli berdiameter 8 cm pada motor bakar yang beroperasi pada kecepatan putar 2250 rpm. Berdasarkan Lampiran 10, untuk mencapai kecepatan putar 150 rpm pada rol dengan spesifikasi puli yang tersedia maka kecepatan putar pada motor dibutuhkan 2250 rpm. Sementara kecepatan putar maksimum motor bakar adalah 3600 rpm, artinya spesifikasi dimensi puli yang digunakan telah memenuhi syarat.

Terdapat tiga buah *V-belt* pada alat ini yang terletak pada puli antara kedua rol, puli rol-puli *output gearbox*, dan puli *input gearbox*-puli motor bakar. *V-belt* antara kedua rol sebenarnya menghubungkan puli pada rol satu dengan puli pada roda gigi yang terhubung dengan rol dua. Berdasarkan Lampiran 10, kebutuhan panjang *V-belt* pada kedua puli ini adalah 29,84 inch sehingga dipilih *V-belt* B30. Sementara *V-belt* yang menghubungkan antara puli rol dan *output gearbox* memerlukan panjang 67,55 inch sehingga digunakan *V-belt* B68, dan *V-belt* yang digunakan untuk menghubungkan puli pada motor bakar dengan puli *input gearbox* adalah B43 karena memiliki kebutuhan panjang 42,78 inch.

#### 4.2.4. Roda Gigi

Roda gigi pada alat pemecah cangkang kemiri tipe *double roll* berfungsi untuk membalik arah putaran rol dua sehingga arah putaran kedua rol berlawanan. Selain itu roda gigi bersama puli dan *V-belt* berfungsi mentransmisikan tenaga dari rol satu ke rol dua. Roda gigi yang digunakan pada alat ini adalah roda gigi lurus dengan diameter 14 cm, tebal 1,8 cm, dengan jumlah gigi 44 buah, dan terbuat dari baja karbon S45C. Berdasarkan JIS G 4051, bahan S45C memiliki tegangan tarik maksimum  $686 \text{ N/mm}^2$  sehingga dengan spesifikasi tersebut dan kecepatan putar yang bekerja pada rol yaitu 150 rpm maka beban kerja yang diijinkan pada roda gigi adalah  $170,59 \text{ N/mm}^2$ . Beban tangensial yang bekerja pada roda gigi sebesar 3.799,69 N maka dengan persamaan Lewis ketebalan minimum roda gigi yang diijinkan adalah 14,84 cm. Oleh sebab itu spesifikasi roda gigi yang digunakan telah memenuhi syarat. Perhitungan roda gigi dapat dilihat pada Lampiran 11.

#### 4.2.5. Bantalan

Alat pemecah cangkang kemiri ini menggunakan enam buah *ball bearing* yang memiliki *pillow block housing* atau biasa disebut *pillow block bearing*. Berdasarkan diameter poros yang digunakan yaitu 2,54 cm, maka *pillow block bearing* yang digunakan adalah *pillow block bearing* tipe 205 yang memiliki *basic static load rating* ( $C_0$ ) sebesar 7.800 N dan *basic dynamic load rating* ( $C_{10}$ ) sebesar 14.000 N. Nilai perbandingan antara beban aksial dengan faktor rotasi dan beban radial ( $F_a/\sqrt{F_r}$ ) lebih besar dari pada nilai  $e$  yaitu  $0,498 > 0,36$ . Maka nilai  $X$  dan  $Y$  yang digunakan untuk mendapatkan beban radial ekuivalen adalah nilai  $X_2$  dan  $Y_2$  pada tabel Lampiran 13. Dengan begitu umur bantalan yang dinyatakan dalam *rating life* berdasarkan perhitungan 6 pada Lampiran 12 adalah 22.608,32 jam.

#### 4.2.6. Baut dan Mur

Rol pada alat pemecah kemiri ini dirancang dapat diatur jaraknya, sehingga salah satu bantalan rol harus dapat digeser, oleh karena itu dibuat lubang yang

lebih panjang agar baut dapat digeser. Namun perlu untuk menghitung kebutuhan baut yang digunakan agar baut tidak mudah tergeser saat alat beroperasi dan juga supaya baut tidak mudah rusak akibat menahan beban aksial rol. Material *pillow block housing* adalah besi cor dan rangka alat terbuat dari besi siku yang merupakan *hardened steel*. Sementara itu, berdasarkan Khurmi dan Gupta (2005), koefisien gesek untuk pertemuan antara material *hardened steel* dan *cast iron* adalah 0,09. Sehingga dapat diketahui kebutuhan gaya pengencangan mur dan baut berdasarkan Lampiran 14 adalah 5.937,85 N.

Pengencangan baut dan mur mengakibatkan tegangan pengencangan yang merupakan tegangan tarik terhadap baut. Tegangan pengencangan baut yang diijinkan untuk baut kelas 12,9 adalah  $845,6 \text{ N/mm}^2$ . Material baut dipilih kelas 12,9 karena memiliki kekuatan tarik yang besar karena terbuat dari baja karbon. Sehingga berdasarkan perhitungan Lampiran 14, luas penampang tegangan tarik baut harus lebih besar dari  $7,02 \text{ mm}^2$ , sehingga jika dibandingkan dengan Lampiran 16 dapat diketahui bahwa baut M4 dengan luas penampang tegangan tarik sebesar 8,78 sudah bisa menanggung gaya pengencangan baut. Namun *pillow block housing bearing* yang digunakan yaitu tipe 205 memiliki lubang baut berdiameter 12,5 cm, sehingga agar *pillow block housing bearing* tidak terlalu banyak bergeser ke samping searah dengan poros maka dipilih baut M12 dengan diameter 12 mm.

#### 4.2.7. Rol

Rol berfungsi sebagai bagian alat yang memecah cangkang kemiri. Rol terdiri atas beberapa bagian diantaranya bilah, pipa besi, penutup, dan jari-jari. Setiap rol memiliki delapan buah bilah (*feeder*) terbuat dari besi nako yang mana panjang bilah sama dengan panjang rol yaitu 20 cm dan tebal bilah 8 mm. Sementara rol sendiri terbuat dari pipa besi berdiameter luar 14 cm dengan tebal 1 cm. Bilah-bilah pada rol dimaksudkan untuk membantu proses pengumpanan kemiri (*feeding*). Sementara jari-jari pada rol berfungsi menghubungkan rol dengan poros. Jari-jari ini terbuat dari besi behel berdiameter 1 cm yang panjangnya 5,8 cm yang mana setiap rol terdapat 8 jari-jari. Sementara plat penutup sisi rol yang berlubang terbuat dari plat besi dengan ketebalan 3 mm.

#### **4.2.8. Hopper**

*Hopper* berfungsi sebagai wadah penampung bahan baku kemiri dan mengumpulkan kemiri ke rol. *Hopper* pada alat ini terbuat dari dua bahan baku utama yaitu pipa besi petak 20 x 20 mm dengan tebal 1,8 mm dan plat besi dengan ketebalan 2 mm. *Hopper* memiliki penutup yang berfungsi mencegah kemiri melompat keluar saat alat beroperasi. *Hopper* memiliki dimensi panjang 46 cm dan lebar 29 cm, sementara tinggi hopper jika diukur dari kerangka sampai penutup adalah 22,5 cm. *Hopper* dapat menampung 10 kg kemiri. Bagian inlet hopper diberi plat pengatur jumlah kemiri yang keluar untuk dimuat ke rol.

#### **4.2.9. Kerangka**

Kerangka berperan penting sebagai penyangga dan tempat melekatnya bagian-bagian alat. Selain beban berat setiap bagian alat, kerangka juga menanggung beban kerja yang ditimbulkan oleh alat ketika beroperasi. Kerangka alat pemecah cangkang kemiri tipe *double roll* ini sebagian besar terbuat dari besi siku 50 x 50 mm dengan ketebalan 4 mm. Alas kerangka memiliki panjang 80 cm dan lebar 50 cm. Sedangkan kerangka rol pemecah memiliki panjang 48 cm, lebar 32 cm, dan tinggi 100 cm. Selain besi siku, digunakan juga pipa besi persegi 30 x 30 mm sebagai bahan kerangka untuk dudukan motor bakar dan penahan dudukan bantalan.

### **4.3. Konsumsi Bahan Bakar**

Berdasarkan hasil pengamatan dan perhitungan yang dilakukan terhadap pemecahan kemiri sebanyak 6 kg dengan kadar air 4 hingga 5% yang dipisahkan menjadi pengujian memecah kemiri dengan jarak rol 2 cm (percobaan 1,2, dan 3) dan pengujian memecah kemiri dengan jarak rol 1,8 cm (percobaan 4, 5, dan 6). Maka konsumsi bahan bakar selama percobaan tersebut ditunjukkan pada Tabel 4.1 yang berdasarkan pada perhitungan di Lampiran 17.

Tabel 4.1 Konsumsi bahan bakar alat pemecah cangkang kemiri tipe *double roll*

Percobaan	Waktu alat beroperasi (detik)	Volume bahan bakar (ml)	Konsumsi bahan bakar (liter/jam)
1	75	61	2,93
2	58	35	2,17
3	43	37	3,10
4	45	39	3,12
5	35	31	3,19
6	31	25	2,90
Rata-Rata	47,83	38	2,90

Berdasarkan Tabel 4.1 diketahui bahwa hasil rata-rata kapasitas alat pemecah cangkang kemiri tipe *double roll* ini sebesar 2,90 liter/jam. Sedangkan konsumsi bahan bakar paling banyak adalah pada percobaan 5 yaitu 3,19 liter/jam. Konsumsi bahan bakar yang cukup besar ini dikarenakan motor bakar pada alat pemecah cangkang kemiri tipe *double roll* bekerja dengan pembebanan terus menerus akibat gaya tahanan kemiri. Konsumsi bahan bakar alat ini tidak jauh berbeda dengan penelitian Tumigolung *et al.* (2017) yang mana motor bakar bensin Honda GX200 6,5 hp yang digunakan memiliki rata-rata konsumsi bahan bakar bensin sebesar 2,87 liter/jam.

Variasi konsumsi bahan bakar diakibatkan oleh beberapa hal, diantaranya yaitu beban yang berupa gaya tekan untuk memecah kemiri bervariasi untuk setiap biji kemiri seperti yang dapat dilihat pada Lampiran 4, yang mana menurut Darmawansyah (2015) semakin besar pembebanan pada mesin semakin besar pula torsi dan daya yang dihasilkan motor penggerak maka semakin banyak pula bahan bakar yang dibutuhkan. Sehingga bervariasinya gaya tekan yang dibutuhkan untuk memecah cangkang kemiri akan mengakibatkan bervariasi pula pembebanan dan torsi yang dialami motor penggerak, akibatnya bervariasi pula konsumsi bahan bakar motor bakar.

#### 4.4. Kapasitas Kerja Alat

Kapasitas kerja alat pemecah cangkang kemiri tipe *double roll* menunjukkan kemampuan alat untuk memecahkan kemiri dalam satuan waktu. Sehingga kapasitas kerja alat menjadi salah satu poin penilaian penting suatu alat. Melalui

enam percobaan dengan setiap percobaannya menggunakan 1 kg kemiri. Diketahui kapasitas kerja alat pemecah cangkang kemiri tipe *double roll* adalah sebagaimana yang disajikan pada Tabel 4.2. yang didapat melalui perhitungan pada Lampiran 18.

Tabel 4.2. Kapasitas kerja alat

Percobaan	Waktu		Berat kemiri input (kg)	Kapasitas kerja (kg/jam)
	detik	jam		
1	75	0,020833	1	48,00
2	58	0,016111	1	62,07
3	43	0,011944	1	84,00
4	45	0,0125	1	80,00
5	35	0,009722	1	102,86
6	31	0,008611	1	116,13
Rata-rata				82,17

Kapasitas kerja alat tertinggi pada percobaan enam yaitu 116,13 kg/jam dan yang terendah pada percobaan satu yaitu 48 kg/jam. Perbedaan ini dipengaruhi oleh waktu operasi alat. Waktu operasi alat pada percobaan satu dan dua relatif lebih lama dibanding percobaan lainnya, hal ini disebabkan oleh kegagalan proses memuat kemiri dari *hooper* ke rol, berupa tersangkutnya kemiri pada pengatur *hooper* saat alat beroperasi. Sehingga memerlukan bantuan manual untuk melepaskannya, akibatnya memerlukan waktu relatif lebih lama untuk memecah cangkang kemiri. Kendala ini tidak ditemukan pada percobaan lainnya.

#### 4.5. Persentase Produk Kermiri Hasil Percobaan

Penelitian ini dilakukan dengan enam percobaan yang mana percobaan 1 hingga 3 menggunakan jarak antara rol 2 cm dan percobaan 4 hingga 6 menggunakan jarak antara rol 1,8 cm. Menurut Sinaga (2010), terdapat empat pembagian produk alat pemecah cangkang kemiri, diantaranya kernel utuh, kernel terbelah setengah bagian, kernel hancur (lebih kecil dari setengah), dan kernel lengket pada cangkang. Kernel utuh adalah kernel kemiri yang utuh tanpa ada bagian yang tekelpas, kernel terbelah setengah adalah kernel kemiri yang pecah menjadi dua bagian, kernel hancur adalah kernel kemiri yang pecahannya

berukuran kurang dari setengah bagian kernel, kernel lengket pada cangkang adalah kernel yang masih lengket dengan cangkang meskipun cangkang telah pecah. Persentase produk kernel kemiri dengan pembagi total berat produk kemiri yang dipecahkan (tidak termasuk *loss product*) ditunjukkan pada Tabel 4.3. yang berdasarkan pada Lampiran 19.

Tabel 4.3. Persentase kernel kemiri

Percobaan	Utuh (%)	Setengah (%)	Hancur (lebih kecil dari setengah) (%)	Kernel lengket pada cangkang (%)
1	0,37	5,41	7,29	24,38
2	0,25	4,89	8,67	27,40
3	1,0	4,13	11,71	20,85
4	2,11	3,64	12,04	25,10
5	0,47	3,62	14,71	22,83
6	2,33	3,70	13,95	17,88
Rata-rata	1,09	4,24	11,36	23,14

Persentase kernel utuh yang dihasilkan alat pemecah cangkang kemiri ini cukup kecil yang mana persentase kernel utuh maksimum hanya mencapai 2,33% atau seberat 19,67 g dan rata-rata hanya mencapai 1,09%. Sementara kernel yang terbelah setengah sedikit lebih banyak, dengan rata-rata 4,24%. Kernel kemiri yang hancur yaitu kernel yang pecahannya lebih kecil dari setengah relatif lebih banyak pada percobaan 4,5, dan 6 yang pengaturan jarak antara rolnya 1,8 cm dibandingkan pada percobaan 1,2, dan 3 yang pengaturan jarak antara rolnya 2 cm. Sementara kernel yang masih lengket dengan cangkang relatif sama persentase untuk setiap percobaan, yang mana rata-rata persentasenya adalah 23,14%. Hasil ini tidak jauh beda dengan hasil penelitian Argo *et al.* (2018), yang mana untuk kemiri yang perlakuan pengeringannya dijemur hingga mencapai kadar air (b.k) 1,45%, setelah dipecah menghasilkan 1,5% kernel utuh, 12,7% kernel setengah bagian, dan 3 % kernel lengket dengan cangkang. Sementara itu berdasarkan Badan Standar Nasional (1998) yang tertuang dalam SNI 01-1684-1998, standar maksimum kernel kemiri yang pecah (lebih kecil dari 3/4 bagian) adalah 5%. Namun berdasarkan Direktorat Budidaya Tanaman Tahunan (2006),

kernel kemiri yang pecah lebih kecil dari 3/4 bagian masih tetap laku dipasar lokal untuk membuat minyak kemiri maupun bumbu masak. Sementara persentase produk selain kernel ditunjukkan pada Tabel 4.4:

Tabel 4.4. Persentase produk selain kernel kemiri

Percobaan	Kemiri tidak pecah (%)	Cangkang kemiri (%)
1	36,95	25,60
2	31,28	27,51
3	33,36	28,87
4	26,29	30,81
5	28,78	29,63
6	29,12	33,03
Rata-rata	30,97	29,20

Berdasarkan Tabel 4.4. cangkang kemiri mencapai rata-rata 29,20%. Sementara menurut Sinaga (2010), cangkang kemiri memiliki persentase 40% dan persentase kernel 60% untuk setiap kemiri. Sedangkan kemiri tidak pecah persentasenya cukup besar dengan rata-rata 30,9%. Namun persentase kemiri yang tidak pecah pada percobaan 1, 2, dan 3 relatif lebih banyak dari percobaan 4, 5, dan 6. Hal ini dikarenakan pada percobaan 1, 2, dan 3 digunakan jarak antara kedua rol 2 cm sedangkan pada percobaan 4, 5, dan 6 jarak antara kedua rol adalah 1,8 cm. Setelah diukur sampel kemiri yang tidak pecah untuk percobaan 1, 2, dan 3 memiliki tebal paling besar 2,4 cm dan tebal paling kecil 1 cm, sementara percobaan 4, 5, dan 6 tebal kemiri yang tidak pecah paling besar 2,1 cm dan yang paling kecil 1,8 cm.

Percobaan 1, 2, dan 3 yang jarak antara kedua rol adalah 2 cm masih menghasilkan kemiri yang tidak pecah dengan ketebalan maksimum kemiri mencapai 2,4 cm dan percobaan 4, 5, dan 6 yang jarak antara kedua rol adalah 1,8 cm masih menghasilkan kemiri yang tidak pecah dengan ketebalan maksimum kemiri mencapai 2,1 cm, hal ini dapat dijelaskan alasannya. Berdasarkan penelitian Sinaga *et al.* (2016) semakin tinggi kadar air kemiri semakin tinggi nilai deformasinya hingga cangkang kemiri pecah (*rupture point*) karena kadar air berbanding lurus dengan modulus elastisitas cangkang kemiri. Jadi bisa dinyatakan bahwa salah satu penyebab kemiri yang tidak pecah dengan ukuran

melebihi jarak antara kedua rol disebabkan oleh tidak meratanya kadar air kemiri sehingga tidak merata pula elastisitas cangkang kemiri yang mengakibatkan jarak anatar kedua rol belum cukup untuk mencapai *rupture point* kemiri.

Selain itu penyebab lain kemiri tidak pecah dengan ukuran melebihi jarak antara kedua rol adalah rol yang cacat, yang mana saat jarak antara kedua rol diatur 2 cm maka saat rol diputar terdapat permukaan rol yang lebih pendek sehingga menambah jarak antara kedua rol, selisih ini ketika diukur mencapai 2 mm. Kecacatan rol ini diakibatkan sambungan antara rol yang berupa pipa dengan poros tidak begitu rata, sehingga mengakibatkan pipa besi dan poros tidak benar-benar sejajar.

Tabel 4.5. Persentase produk pemecahan kemiri dan *loss product*

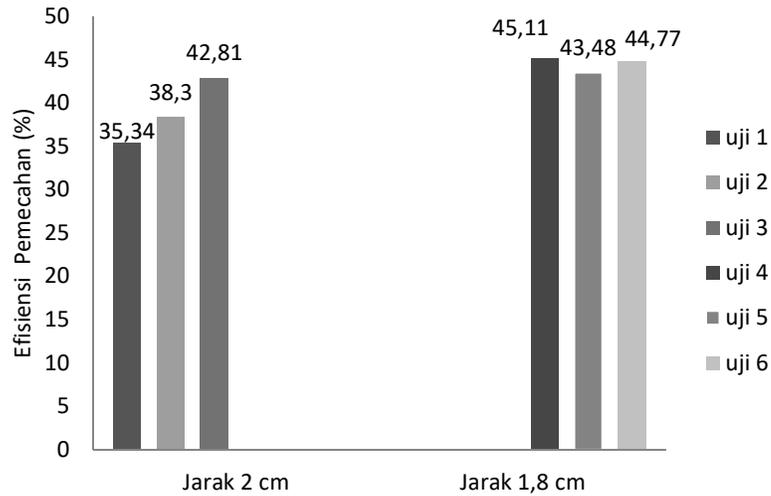
Percobaan	Produk pemecahan (%)	<i>Loss product</i> (%)
1	89,84	10,16
2	92,70	7,30
3	93,51	6,49
4	92,81	7,19
5	89,78	10,22
6	84,48	15,53
Rata-rata	90,52	9,48

Berdasarkan Tabel 4.5 diketahui bahwa rata-rata persentase produk pemecahan kemiri mencapai 90,52%. Sementara rata-rata *loss product* yaitu selisih antara kemiri yang dimasukkan pada *hopper* dengan produk pemecahan mencapai 9,48%. Produk pemecahan adalah total kernel utuh, kernel terbelah menjadi setengah bagian, kernel hancur (lebih kecil dari setengah bagian), kernel yang lengket dengan cangkang, cangkang kemiri, dan kemiri yang tidak pecah.

#### 4.6. Efisiensi Pemecahan (*Cracking Efficiency*)

Efisiensi pemecahan digunakan untuk mengevaluasi performa suatu alat pemecah. Efisiensi pemecahan alat pemecah kemiri dipengaruhi oleh jumlah kemiri yang lolos, kemiri yang hilang, dan cangkang kemiri yang pecah namun kernelnya masih lengket pada cangkang. Efisiensi pemecahan tidak hanya dipengaruhi oleh alat, namun dipengaruhi juga oleh kondisi kemiri seperti ukuran

kemiri, kadar air kemiri, dan perlakuan sebelum pemecahan, yang mana perlakuan sebelum pemecahan meliputi penjemuran biasa, perendaman, perlakuan suhu dingin, pengovenan, dan kombinasinya (Siallagan *et al.*, 2012).



Gambar 4.4. Grafik efisiensi pemecahan kemiri

Berdasarkan Gambar 4.4. efisiensi pemecahan kemiri pada jarak antara rol 1,8 cm relatif lebih tinggi dari pada jarak antara 2 cm, yang mana rata-rata efisiensi pemecahan pada jarak antara rol 2 cm adalah 38,82%. Sedangkan rata-rata efisiensi pemecahan pada jarak antara rol 1,8 cm adalah 44,45%. Hal ini terjadi karena banyaknya kemiri yang lolos dan kemiri yang tidak pecah sempurna (kernel masih lengket dengan cangkang). Kemiri yang lolos diakibatkan tidak meratanya ukuran dan kadar air kemiri, sehingga kemiri yang ukuran fisik lebih kecil dari jarak antara rol dan atau nilai deformasi yang diakibatkan jarak antara rol belum cukup untuk mencapai *rupture point* akan lolos atau lolos namun tidak pecah sempurna.

Sementara menurut Siallagan *et al.* (2012) pecahnya kemiri juga dipengaruhi perlakuan sebelum pemecahan, sedangkan pada pengujian alat ini, perlakuan sebelum pemecahan kemiri hanya dengan proses pengeringan yaitu penjemuran selama 8 hari (6 jam/hari) dan pengovenan (60 °C selama 4 jam).

Penambahan perlakuan perendaman dan perebusan sesudah proses pengeringan menghasilkan kemiri yang pecah sebagian (kernel masih lengket) lebih sedikit dibandingkan perlakuan sebelum pemecahan dengan pemanasan saja (Basir, 2019). Sedangkan berdasarkan penelitian Argo *et al.* (2018) kemiri yang perlakuan pengeringannya hanya dengan penjemuran menghasilkan kemiri yang lolos lebih banyak dari pada kemiri yang perlakuan pengeringannya dengan mesin pengering.

#### **4.7. Kegagalan dalam Beroperasi**

Kegagalan dalam beroperasi pada alat meliputi beberapa kegagalan, diantaranya kegagalan rol berupa tersangkutnya (*stuck*) kedua rol, kegagalan alat untuk mengatasi *loss product*, dan kegagalan berupa pengaturan jarak antar rol yang tidak seragam. Kegagalan rol berputar berlawanan arah diakibatkan pada jarak antara rol lebih kecil dari 1,8 cm, bilah (*feeder*) pada kedua rol saling bertabrakan sehingga tersangkut dan mengakibatkan rol berhenti berputar, untuk mengatasi ini perlu untuk mengurangi tebal bilah pada rol dan atau mengganti transmisi antara rol dengan roda gigi semua, karena penyebab bilah bertabrakan adalah terjadinya slip pada *v-belt* dan puli rol. Kegagalan alat untuk mengatasi *loss product* diakibatkan oleh jarak *outlet* yang terlalu jauh dari rol dan kurangnya dinding pembatas *outlet* guna mencegah keluarnya hasil pemecahan.

Sedangkan pengaturan jarak antar rol yang tidak seragam sepanjang rol, diakibatkan oleh proses perakitan dan pembuatan rol yang kurang baik yang mengakibatkan tidak meratanya garis tengah rol sehingga ketika jarak antara telah diatur 2 cm dan saat rol diputar terdapat permukaan rol yang mengakibatkan jarak antara rol berubah kurang dari 2 mm. Kegagalan lain adalah banyak produk kernel yang hancur lebih kecil dari setengah bagian dan kernel yang masih lengket pada cangkang. Hal ini terjadi akibat pemilihan sampel percobaan yang kurang baik, seharusnya sampel kemiri yang akan dipecah adalah sampel kemiri yang dipanen saat sudah tua.