

## BAB III

### PELAKSANAAN KERJA PRAKTIK

#### 3.1. Jadwal Kegiatan

Kerja praktik dilaksanakan dari tanggal 1 Februari 2021 sampai dengan 20 Maret 2021 selama 7 minggu. Waktu kerja praktik dimulai pukul 08.00 sampai dengan pukul 16.00 WIB untuk hari Senin hingga hari Jumat, dan pukul 08.00 sampai dengan pukul 14.00 WIB untuk hari Sabtu. Secara umum, kegiatan yang dilakukan selama kerja praktik adalah sebagai berikut:

**Tabel 3.1. Deskripsi Pelaksanaan Kerja Praktik**

Minggu ke-	Deskripsi Pelaksanaan Kerja Praktik
1	Pengenalan lingkungan kantor dan pabrik Kunjungan ke area produksi dan <i>workshop</i>
2	Simulasi desain mata pisau menggunakan ANSYS Workbench 2020 R2
3	Simulasi desain mata pisau baru menggunakan ANSYS Workbench 2020 R2
4	Analisis <i>fatigue</i> dari kedua desain mata pisau menggunakan ANSYS Workbench 2020 R2
5	Analisis manual <i>fatigue</i> dari kedua desain mata pisau Pembuatan geometri dari <i>cover chopper</i> untuk simulasi
6	Simulasi <i>cover chopper</i> menggunakan ANSYS Workbench 2020 R2 Analisis desain <i>cover chopper</i>
7	Analisis ekonomi desain mata pisau Pembuatan laporan magang

### 3.2. Uraian Data dan Analisis

Proses produksi dimulai dari memasukkan singkong ke dalam *Hopper Shaker*. Kemudian, singkong dipindahkan ke *Root Peeler* untuk proses pengupasan dan akan masuk pada tahap pencucian. Dari bak pencucian, singkong yang telah bersih masuk ke dalam mesin pencacah. Hasil cacahan akan masuk ke *Rasper*. Proses kemudian dilanjutkan ke bagian *Extractor* dan *Centrifuge*. Setelah itu, hasil dari proses yang telah dilakukan sebelumnya akan masuk ke oven untuk tahap pengeringan. Tahap selanjutnya adalah tahap pembungkusan tepung dimana penimbangan hingga pemeriksaan akhir telah menerapkan sistem otomatis yang memanfaatkan sensor.

Dari keseluruhan sistem produksi ini, tidak setiap komponen atau peralatan dapat bekerja secara efektif. Masalah yang terjadi pada satu komponen dapat berdampak pada kurang efektifnya komponen lain karena sistem bekerja sebagai satu-kesatuan untuk menghasilkan produk yang sesuai dengan standar produksi. Mesin pencacah merupakan salah satu contohnya. Komponen ini memiliki masalah yang disebabkan oleh serat-serat yang ikut terbawa ke dalam mesin. Dalam mengatasi permasalahan ini, desain mata pisau menjadi variabel yang dianalisis dan menjadi fokus utama selama masa Praktek Kerja Industri.

#### 3.2.1. Asumsi dan Nilai Awal

Dalam identifikasi ini, terdapat beberapa asumsi yang diterapkan, yaitu:

1. Penyebaran singkong merata ke seluruh bagian mata pisau.

2. Massa satu singkong adalah 200 gram dengan diameter 5 cm.

Dari asumsi-asumsi tersebut, nilai-nilai variabel yang dibutuhkan dapat diperhitungkan. Jumlah masukan bahan baku ke mesin diperkirakan sebanyak  $\pm 20$  ton/jam dan jumlah mata pisau yang saat ini digunakan adalah 32 buah. Melalui perkiraan ini, penyebaran singkong yang diterima oleh masing-masing mata pisau dikalkulasi. Perkiraan jumlah bahan baku yang dicacah masing-masing mata pisau dengan asumsi bahwa penyebaran singkong terjadi merata ke seluruh bagian *chopper* ditunjukkan melalui persamaan (1).

$$\frac{20 \frac{\text{ton}}{\text{jam}}}{32 \text{ mata pisau}} = 625 \text{ kg/jam} \dots \dots \dots (1)$$

Estimasi jumlah bahan baku yang dicacah masing-masing mata pisau per detik dapat dilihat melalui persamaan (2).

$$\frac{625 \frac{\text{kg}}{\text{jam}}}{3600 \text{ s}} = 0.173 \text{ kg} \approx 0.2 \text{ kg} \dots \dots \dots (2)$$

Berdasarkan sebuah penelitian yang dilakukan oleh A. Beléia et al. (2004), gaya yang diperlukan untuk memotong satu singkong berdiameter serupa adalah 111 N. Namun, dalam simulasi ini, gaya dinaikkan menjadi lima kali lebih besar untuk mengantisipasi adanya ukuran singkong yang lebih besar. Oleh karena itu, nilai gaya yang digunakan dalam simulasi yang telah dilakukan adalah 555 N.

Selain itu, diketahui juga bahwa mesin pencacah menggunakan elektromotor yang memiliki torsi sebesar 1480 RPM. Kemudian, *pulley* berukuran 20 inch digunakan untuk *chopper* dan 13 inch untuk

elektromotor. Dari data-data ini, nilai torsi *chopper* didapatkan melalui perhitungan.

$$RPM\ chopper = \frac{1480 \times 13}{20} = 962\ RPM$$

### 3.2.2. Data Material

Material yang saat ini digunakan untuk mata pisau adalah Pelat Hardox 400. Berdasarkan data yang ada di lapangan, Pelat Hardox 400 memiliki nilai *Hardness* sebesar 400 HBW dimana satuan HBW merupakan *Brinell Hardness Number* yang didapatkan dalam *Brinell Hardness Test*. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kekerasan material. Semakin besar nilai *Hardness*, maka semakin keras material tersebut. Namun, untuk kebutuhan simulasi, data-data tambahan dari masing-masing material diperlukan. Oleh karena itu, data-data yang diperlukan dicari secara daring (Ulewicz, Szataniak, & Novy, 2014; Tensalloy AR500; ASTM A36 Steel).

Massa Jenis merupakan massa dari material per satuan volume. Nilai ini menunjukkan kepadatan material sehingga material akan semakin padat seiring dengan semakin besarnya nilai massa jenis. Kemudian, *Tensile Yield Strength* dan *Tensile Ultimate Strength* merupakan kekuatan dari sebuah material sebelum mencapai titik atau kondisi tertentu. Perbedaan keduanya terdapat pada kondisi yang dicapai. *Tensile Yield Strength* menunjukkan nilai beban maksimal yang dapat diterima oleh material sebelum deformasi permanen terjadi. *Tensile Ultimate Strength* merupakan nilai beban

maksimal yang dapat diterima oleh material sebelum kegagalan terjadi. Sedangkan, Modulus secara umum merupakan perbandingan antara tegangan dan regangan. Perbedaan antara Modulus Young, *Shear* Modulus, Modulus Bulk ada pada jenis nilai yang dibandingkan. Modulus Young merupakan perbandingan antara tegangan dengan regangan. Nilai ini menunjukkan kekakuan material sehingga material akan semakin kaku seiring dengan semakin besarnya nilai Modulus Young. *Shear* Modulus merupakan perbandingan antara tegangan geser dengan regangan geser. Tegangan geser adalah gaya yang bekerja per satuan luas, sedangkan regangan geser adalah perbandingan antara pergeseran sisi dengan tinggi material. Modulus Bulk merupakan perbandingan antara perubahan volume dengan volume awal. Nilai ini menunjukkan toleransi material terhadap perubahan volume ketika diberikan gaya. Terakhir, Rasio Poisson merupakan perbandingan antara regangan arah melebar dan regangan arah memanjang. Nilai ini menunjukkan bahwa persentase penyusutan lebar akan sebanding dengan persentase pemanjangannya (Souisa, 2011).

1. Pelat Hardox 400

Massa Jenis	: 7720 kg/m <sup>3</sup>
<i>Tensile Yield Strength</i>	: 1000 MPa
<i>Tensile Ultimate Strength</i>	: 1250 MPa
Modulus Young	: 2.e+005 MPa
Rasio Poisson	: 0.3
Modulus Bulk	: 1.6667e+005 MPa
<i>Shear</i> Modulus	: 76923 MPa

2. Pelat Hardox 450
  - Massa Jenis : 7720 kg/m<sup>3</sup>
  - Tensile Yield Strength* : 1200 MPa
  - Tensile Ultimate Strength* : 1400 MPa
  - Modulus Young : 2.e+005 MPa
  - Rasio Poisson : 0.3
  - Modulus Bulk : 1.6667e+005 MPa
  - Shear Modulus* : 76923 MPa
  
3. Pelat Hardox 500
  - Massa Jenis : 7720 kg/m<sup>3</sup>
  - Tensile Yield Strength* : 1300 MPa
  - Tensile Ultimate Strength* : 1550 MPa
  - Modulus Young : 2.e+005 MPa
  - Rasio Poisson : 0.3
  - Modulus Bulk : 1.6667e+005 MPa
  - Shear Modulus* : 76923 MPa
  
4. Pelat Hitam
  - Massa Jenis : 7850 kg/m<sup>3</sup>
  - Tensile Yield Strength* : 250 MPa
  - Tensile Ultimate Strength* : 400 MPa
  - Modulus Young : 2.e+005 MPa
  - Rasio Poisson : 0.26

Modulus Bulk	: 1.6667e+005 MPa
<i>Shear</i> Modulus	: 76923 MPa

### 3.2.3. Simulasi

Simulasi ini bertujuan untuk melihat respon desain terhadap gaya yang diberikan pada mata pisau. Simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak ANSYS Workbench 2020 R2 *Student Version*. Perangkat lunak ini terdiri dari berbagai macam perangkat lunak bawaan dengan fungsi analisis yang berbeda-beda. Dalam simulasi ini, fitur yang digunakan adalah *Static Structural Analysis* pada Ansys Mechanical.

Pemilihan perangkat lunak ANSYS Workbench 2020 R2 didasarkan pada kemudahan analisis dan visualisasi untuk desain yang kompleks. Perangkat lunak ini sendiri memanfaatkan metode numerik *Finite Element Analysis* (FEA) sehingga simulasi ini dapat diterapkan pada desain yang sederhana atau juga kompleks. Umumnya, metode FEA digunakan untuk menyelesaikan permasalahan rekayasa yang kompleks dan membutuhkan keakurasian. Pengaplikasian metode ini cukup luas, mulai dari analisis struktural, aliran fluida, hingga akustik. Selain itu, parameter dalam simulasi dapat disesuaikan dengan mudah. Oleh karena itu, berbagai skenario-skenario desain dapat dianalisis.

Diagram 3.1. menunjukkan proses simulasi secara keseluruhan. Proses dimulai dengan melengkapi data material yang diperlukan untuk simulasi. Kemudian, tahap kedua adalah pembuatan geometri mata pisau

menggunakan *DesignModeler*. Setelah geometri selesai dibuat, pemodelan geometri menjadi *Finite Elements* dilakukan. Tahap ini hingga tahap akhir dilakukan menggunakan *Ansys Mechanical*. Masing-masing geometri dibagi menjadi sejumlah bagian-bagian kecil sesuai dengan ukuran *meshing* yang diatur, yaitu 10 mm, untuk setiap model. Selanjutnya, pengaturan beban dan tumpuan ditetapkan. Dalam simulasi ini, gaya diberikan pada titik-titik tertentu yang diasumsikan sebagai titik pertemuan antara mata pisau dan singkong. Tahap yang terakhir adalah *solve* atau analisis desain secara keseluruhan dengan parameter-parameter yang telah ditetapkan.

Parameter-parameter masukan yang diberikan ke program adalah gaya atau beban, ukuran *meshing*, dan kecepatan rotasional. Nilai gaya yang digunakan adalah 555 N. Ukuran *meshing* yang digunakan dalam simulasi ini adalah 10 mm. Kecepatan rotasional yang dimasukkan adalah 962 RPM. Dari simulasi ini, nilai *Equivalent Stress* dan *Maximum Principal Stress* didapatkan. Kedua besaran ini akan digunakan dalam mengestimasi kondisi *fatigue* dari desain dengan perhitungan secara manual.

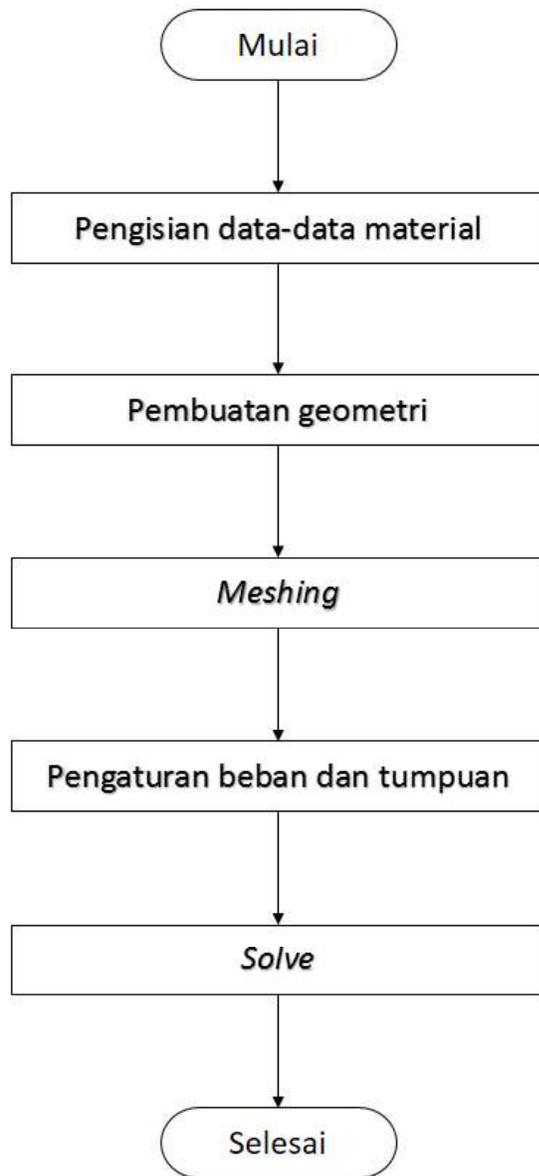
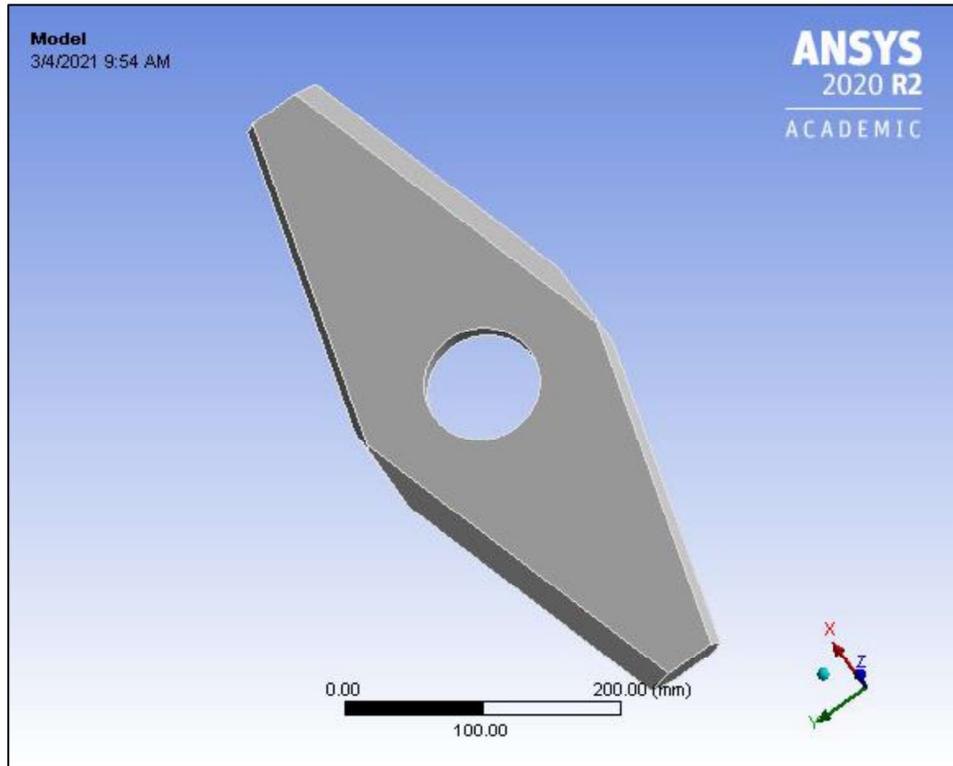


Diagram 3.1. Diagram Alur Proses Secara Keseluruhan

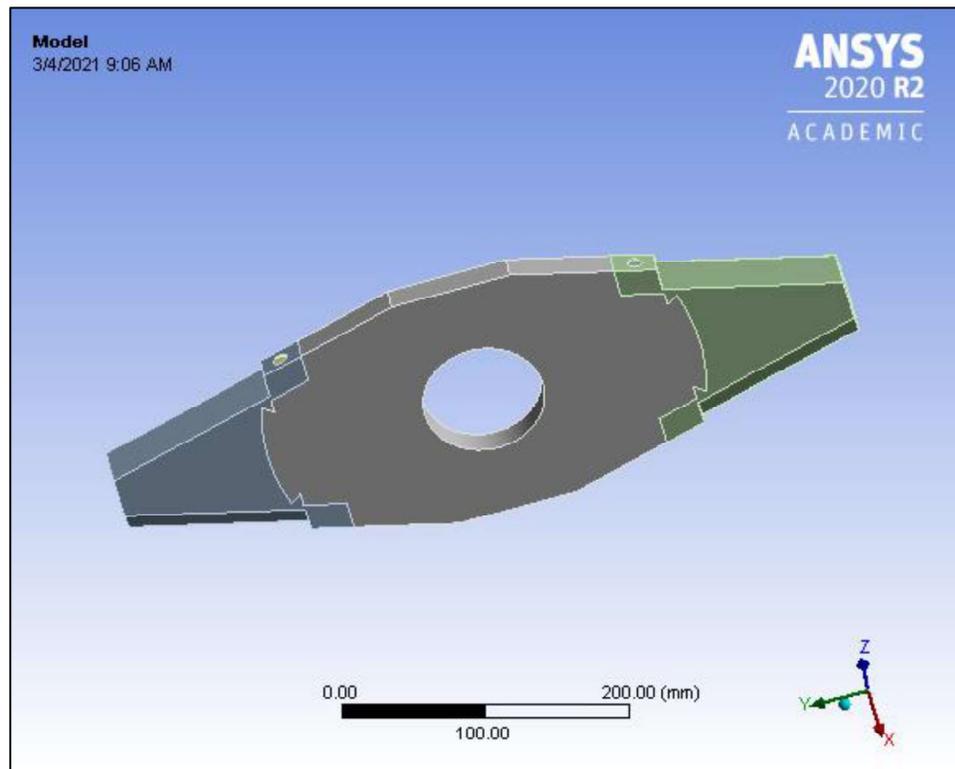
Gambar 3.1. merupakan hasil geometri dari desain mata pisau lama yang dibuat dengan *DesignModeler*. Desain ini hanya terdiri dari satu bagian. Geometri memiliki volume sebesar  $1.1828e+06 \text{ mm}^3$  dan massa

sebesar 9.1311 kg. Desain mata pisau yang lama menggunakan material Hardox.



**Gambar 3.1. Tipe Mata Pisau Lama**

Gambar 3.2. merupakan hasil geometri dari desain mata pisau baru yang dibuat dengan *DesignModeler*. Berbeda dengan mata pisau lama, desain ini terdiri dari dua bagian besar, yaitu mata pisau dan *ring*. Geometri mata pisau memiliki volume sebesar  $4.0275e+05 \text{ mm}^3$  dan massa sebesar 3.1093 kg. Material yang digunakan adalah Pelat Hardox. Sedangkan, geometri *ring* pisau memiliki volume sebesar  $8.3976e+05 \text{ mm}^3$  dan massa sebesar 6.5921 kg. Material yang digunakan adalah Pelat Hitam.



**Gambar 3.2. Tipe Mata Pisau Baru**

Perbedaan mendasar antara desain mata pisau yang saat ini digunakan dan desain mata pisau yang baru ada pada bentuk mata pisau yang terpisah dengan *ring* pisau. Kedua bagian ini dihubungkan

menggunakan baut. Fitur ini ditambahkan dengan tujuan untuk memudahkan proses perawatan secara berkala dan meningkatkan nilai ekonomis. Mata pisau yang saat ini digunakan masih menggunakan material Hardox untuk satu mata pisau. Namun, masa penggunaan satu mata pisau ini akan berakhir setelah mata pisau terkikis sekitar 1-2 sentimeter. Selain itu, setiap kali penggantian mata pisau akan menyita waktu karena *shaft* perlu dilepas untuk dapat melepas dan memasang mata pisau. Oleh karena itu, mata pisau didesain sedemikian rupa agar permasalahan tersebut dapat teratasi.

Melalui simulasi ini, nilai *Equivalent Stress* dan *Maximum Principal Stress* didapatkan untuk dapat diolah dalam tahap selanjutnya. *Equivalent Stress* atau *Von Misses Stress* adalah tegangan ekuivalen dimana *yielding* diprediksi terjadi. Teori ini menyatakan bahwa kegagalan akan terjadi saat tegangan geser lebih besar daripada nilai tegangan geser maksimal secara teoritis (Nugroho, 2012). Sedangkan, *Maximum Principal Stress* adalah tegangan dengan arah tegak lurus terhadap salah satu dari tiga bidang utama yang saling tegak lurus sehingga tegangan geser di satu titik pada material tersebut adalah 0. Teori ini menyatakan bahwa kegagalan akan terjadi saat tegangan utama mencapai tegangan luluh (Sutikno, 2011). Hasil data yang didapatkan melalui simulasi akan digunakan untuk memperhitungkan *fatigue life* dari kedua desain yang disimulasikan.

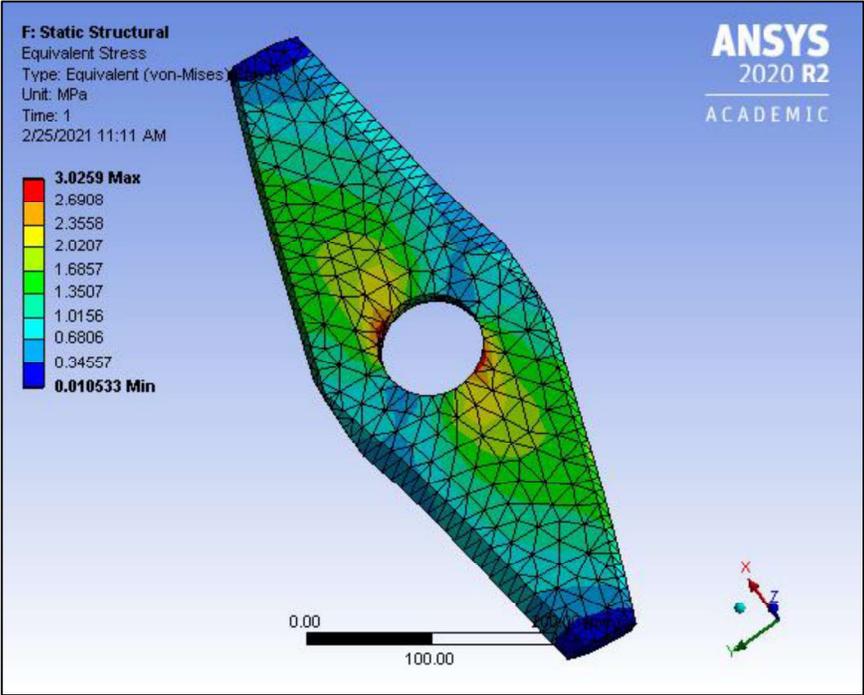
#### 3.2.4. Hasil Simulasi

##### 1. Simulasi Desain Mata Pisau yang Sekarang Digunakan

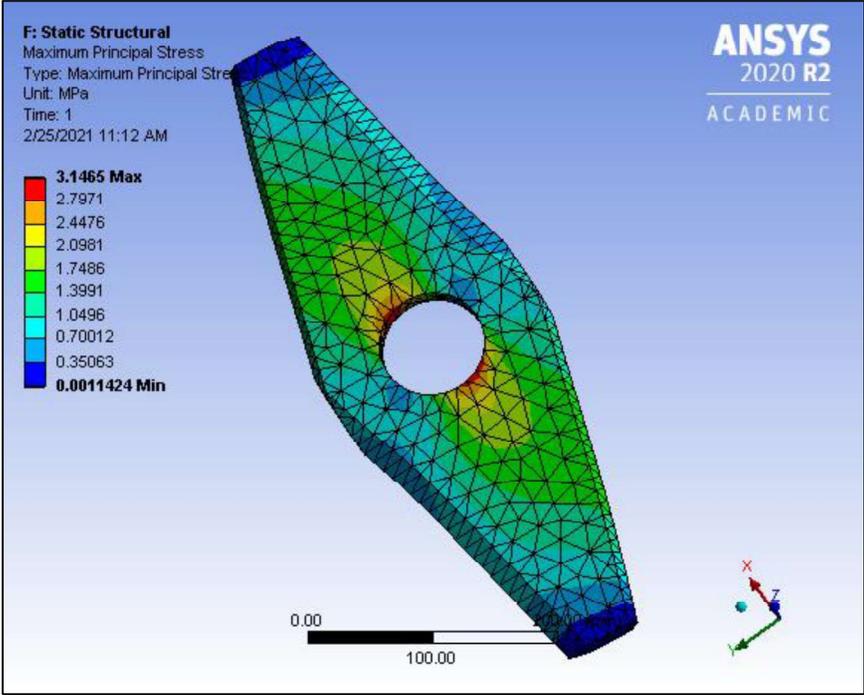
Pada simulasi pertama yang dilakukan, Tabel 3.2. menunjukkan hasil dari simulasi dimana nilai *Equivalent Stress* minimum adalah 0.01053 MPa dan nilai maksimumnya adalah 3.0259 MPa. Sedangkan, untuk nilai *Maximum Principal Stress* minimum adalah 0.0011424 MPa dan maksimumnya adalah 3.1465 MPa. Gambar 3.3. dan 3.4. mempresentasikan hasil simulasi. Bagian mata pisau yang berwarna merah menandakan bahwa mata pisau mengalami tegangan paling besar pada bagian tersebut. Sebaliknya, bagian mata pisau yang berwarna biru menandakan bahwa mata pisau mengalami tegangan paling rendah pada bagian tersebut.

**Tabel 3.2. Hasil Simulasi Mata Pisau Tipe Lama**

	Maksimum (MPa)	Minimum (MPa)
<i>Equivalent Stress</i>	3.0259	0.010533
<i>Maximum Principal Stress</i>	3.1465	0.0011424



**Gambar 3.3. Equivalent Stress Mata Pisau Tipe Lama**



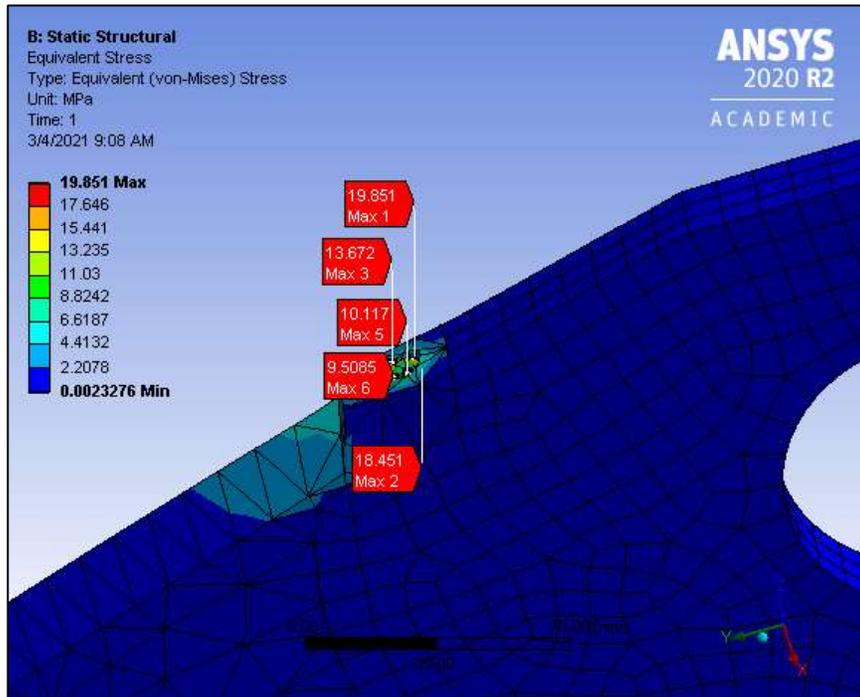
**Gambar 3.4. Maximum Principal Stress Mata Pisau Tipe Lama**

## 2. Simulasi Desain Mata Pisau yang Baru

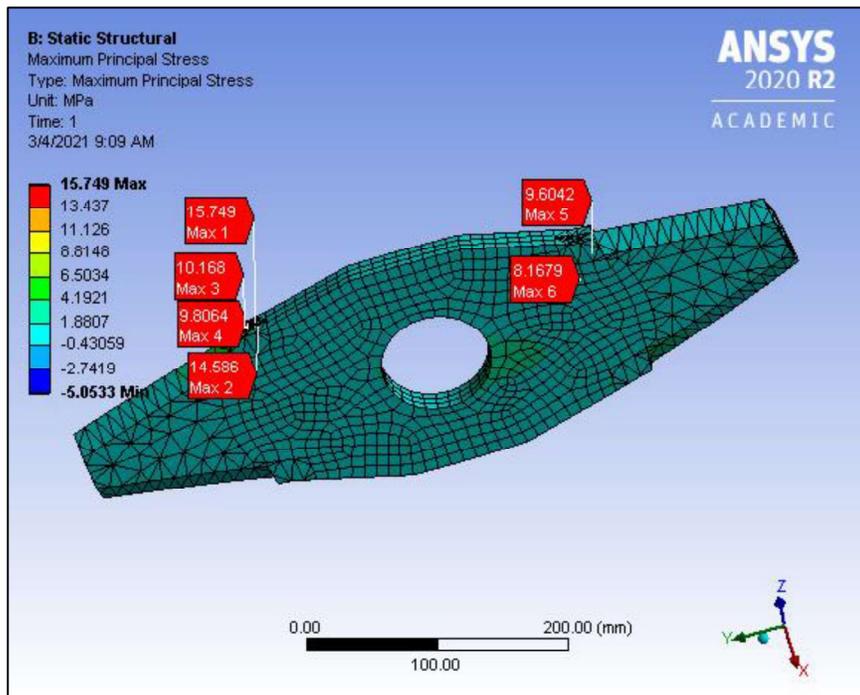
Pada simulasi kedua yang dilakukan, Tabel 3.3. menunjukkan hasil dari simulasi dimana nilai *Equivalent Stress* minimum adalah 0.0023276 MPa dan nilai maksimumnya adalah 19.851 MPa. Sedangkan, untuk nilai *Maximum Principal Stress* minimum adalah -5.0533 MPa dan maksimumnya adalah 15.749 MPa. Nilai negatif pada nilai *Maximum Principal Stress* menandakan bahwa geometri sedang mengalami kompresi. Gambar 3.5. dan 3.6. mempresentasikan hasil simulasi. Berbeda dengan hasil simulasi pada desain mata pisau yang lama, tegangan yang dialami di seluruh mata pisau dan *ring* hampir merata. Hal ini terlihat dari kontur warna biru pada masing-masing gambar. Meskipun terdiri dari material yang tidak homogen, kedua material memiliki nilai Modulus Young yang sama sehingga penyebaran merata. Nilai maksimum *Equivalent Stress* dan *Maximum Principal Stress* berasal dari baut yang menyambungkan mata pisau dan *ring* pisau. Selain itu, nilai maksimum yang cukup besar dihasilkan dari besarnya tegangan yang dialami baut akibat menahan tegangan yang diberikan.

**Tabel 3.3. Hasil Simulasi Mata Pisau Tipe Baru**

	Maksimum (MPa)	Minimum (MPa)
<i>Equivalent Stress</i>	19.851	0.0023276
<i>Maximum Principal Stress</i>	15.749	-5.0533



Gambar 3.5. *Equivalent Stress* Mata Pisau Tipe Baru



Gambar 3.6. *Maximum Principal Stress* Mata Pisau Tipe Baru

### 3.2.5. Perhitungan *Fatigue Life*

*Fatigue life* dapat diartikan sebagai jumlah siklus tegangan yang dapat ditahan sebelum kegagalan desain. Banyak faktor yang memengaruhi kondisi *fatigue*, seperti *cyclic load*, temperatur, perubahan structural, hingga frekuensi dari beban yang dialami desain (Upadhyay, 2014). Nilai *Fatigue Life* dapat diketahui dengan melakukan perhitungan dimana variabel-variabel yang digunakan adalah *Maximum Equivalent Stress* ( $S_{maks}$ ), *Minimum Equivalent Stress* ( $S_{min}$ ), *Alternating Stress* ( $S_a$ ), *Mean Stress* ( $S_m$ ), *Fully Reversed Fatigue Limit* ( $S_f$ ), dan jumlah siklus ( $N$ ) (M., N., N., & S., 2018).

$$S_a = \frac{S_{maks} - S_{min}}{2} \dots\dots\dots(3)$$

$$S_m = \frac{S_{maks} + S_{min}}{2} \dots\dots\dots(4)$$

$$S_f = \frac{S_a}{1 - \frac{S_m}{S_u}} \dots\dots\dots(5)$$

$$N = 10^{-\frac{c}{b}} \cdot S_f^{\frac{1}{b}} \dots\dots\dots(6)$$

$$c = \log\left(\frac{S_1^2}{S_e}\right) \dots\dots\dots(7)$$

$$b = \left(-\frac{1}{3}\right) \log\left(\frac{S_1}{S_e}\right) \dots\dots\dots(8)$$

#### 1. Desain Mata Pisau yang Sekarang Digunakan

$$S_a = \frac{3.0259 - 0.010533}{2} = 1.507683 \text{ MPa}$$

$$S_m = \frac{3.0259 + 0.010533}{2} = 1.518216 \text{ MPa}$$

#### a. Pelat Hardox 400

$$S_f = \frac{1.507683}{1 - \frac{1.518216}{1250}} = 1.509516 \text{ MPa}$$

$$S_e = 0.5 \times 1250 = 625 \text{ MPa}$$

$$c = \log\left(\frac{3.1465^2}{625}\right) = -1.8002$$

$$b = \left(-\frac{1}{3}\right) \log\left(\frac{3.1465}{625}\right) = 0.766$$

$$N = 10^{\frac{1.8002}{0.766}} \times 1.509516^{\frac{1}{0.766}} = 383.35 \times 10^6 \text{ cycles}$$

$$\text{Life} = \frac{383.35 \times 10^6 \text{ cycles}}{962 \text{ RPM} \times 60 \text{ min} \times 24 \text{ jam}} = 276.73 \text{ hari}$$

$$\approx 276 \text{ hari}$$

b. Pelat Hardox 450

$$S_f = \frac{1.507683}{1 - \frac{1.518216}{1400}} = 1.509319 \text{ MPa}$$

$$S_e = 0.5 \times 1400 = 700 \text{ MPa}$$

$$c = \log\left(\frac{3.1465^2}{700}\right) = -1.8494$$

$$b = \left(-\frac{1}{3}\right) \log\left(\frac{3.1465}{700}\right) = 0.782$$

$$N = 10^{\frac{1.8494}{0.782}} \times 1.509516^{\frac{1}{0.782}} = 392.26 \times 10^6 \text{ cycles}$$

$$\text{Life} = \frac{392.26 \times 10^6 \text{ cycles}}{962 \text{ RPM} \times 60 \text{ min} \times 24 \text{ jam}} = 283.16 \text{ hari}$$

$$\approx 283 \text{ hari}$$

c. Pelat Hardox 500

$$S_f = \frac{1.507683}{1 - \frac{1.518216}{1550}} = 1.509161 \text{ MPa}$$

$$S_e = 0.5 \times 1550 = 775 \text{ MPa}$$

$$c = \log\left(\frac{3.1465^2}{775}\right) = -1.8936$$

$$b = \left(-\frac{1}{3}\right) \log\left(\frac{3.1465}{700}\right) = 0.797$$

$$N = 10^{\frac{1.8936}{0.797}} \times 1.509516^{\frac{1}{0.797}} = 398.26 \times 10^6 \text{ cycles}$$

$$\text{Life} = \frac{398.26 \times 10^6 \text{ cycles}}{962 \text{ RPM} \times 60 \text{ min} \times 24 \text{ jam}} = 287.49 \text{ hari}$$

$$\approx 287 \text{ hari}$$

2. Desain Mata Pisau yang Baru dengan Material Ring Pelat

Hitam

$$S_a = \frac{19.851 - 0.0023276}{2} = 9.9243362 \text{ MPa}$$

$$S_m = \frac{19.851 + 0.0023276}{2} = 9.9266638 \text{ MPa}$$

a. Pelat Hardox 400

$$S_f = \frac{9.9243362}{1 - \frac{9.9266638}{1250}} = 10.003779 \text{ MPa}$$

$$S_e = 0.5 \times 1250 = 625 \text{ MPa}$$

$$c = \log\left(\frac{15.749^2}{625}\right) = -0.4013$$

$$b = \left(-\frac{1}{3}\right) \log\left(\frac{15.749}{625}\right) = 0.532$$

$$N = 10^{\frac{0.4013}{0.532}} \times 10.003779^{\frac{1}{0.532}} = 430.854 \times 10^6 \text{ cycles}$$

$$Life = \frac{430.854 \times 10^6 \text{ cycles}}{962 \text{ RPM} \times 60 \text{ min} \times 24 \text{ jam}} = 311.02 \text{ hari}$$

$$\approx 311 \text{ hari}$$

b. Pelat Hardox 450

$$S_f = \frac{9.9243362}{1 - \frac{9.9266638}{1400}} = 9.995206 \text{ MPa}$$

$$S_e = 0.5 \times 1400 = 700 \text{ MPa}$$

$$c = \log\left(\frac{15.749^2}{700}\right) = -0.4505$$

$$b = \left(-\frac{1}{3}\right) \log\left(\frac{15.749}{700}\right) = 0.549$$

$$N = 10^{\frac{0.4505}{0.549}} \times 9.995206^{\frac{1}{0.549}} = 438.225 \times 10^6 \text{ cycles}$$

$$Life = \frac{438.225 \times 10^6 \text{ cycles}}{962 \text{ RPM} \times 60 \text{ min} \times 24 \text{ jam}} = 316.34 \text{ hari}$$

$$\approx 316 \text{ hari}$$

c. Pelat Hardox 500

$$S_f = \frac{9.9243362}{1 - \frac{9.9266638}{1550}} = 9.988304 \text{ MPa}$$

$$S_e = 0.5 \times 1550 = 775 \text{ MPa}$$

$$c = \log\left(\frac{15.749^2}{775}\right) = -0.4947$$

$$b = \left(-\frac{1}{3}\right) \log\left(\frac{15.749}{700}\right) = 0.564$$

$$N = 10^{\frac{0.4947}{0.564}} \times 9.988304^{\frac{1}{0.564}} = 445.939 \times 10^6 \text{ cycles}$$

$$Life = \frac{445.939 \times 10^6 \text{ cycles}}{962 \text{ RPM} \times 60 \text{ min} \times 24 \text{ jam}} = 321.91 \text{ hari}$$

$$\approx 321 \text{ hari}$$

### 3.2.6. Analisis

#### 1. Material

Tabel 3.4. menunjukkan rangkuman dari keseluruhan data yang didapat melalui simulasi dan juga perhitungan. Dari simulasi diketahui bahwa tekanan atau *stress* yang diterima oleh mata pisau berbeda cukup jauh. Nilai *equivalent stress* maksimal yang dialami oleh tipe mata pisau yang lama adalah 3.025 MPa, sedangkan untuk tipe mata pisau yang baru adalah 19.851 MPa. Hal ini disebabkan oleh bentuk mata pisau yang hanya terhubung dengan *ring* menggunakan baut sehingga tekanan terbesar dialami pada bagian sambungan baut. Namun, tipe baru memiliki nilai *equivalent stress* minimal yang lebih kecil dibandingkan dengan tipe lama. Deformasi yang dialami oleh mata pisau tipe baru juga tidak sebesar yang dialami oleh tipe lama. Karena hal tersebut pula, jumlah siklus hidup

yang dimiliki oleh tipe baru lebih tinggi dibandingkan dengan tipe yang lama. Kemudian, perhitungan dengan menggunakan jenis material yang berbeda, yaitu Hardox 400, Hardox 450, dan Hardox 500, tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan dari masing-masing tipe mata pisau.

**Tabel 3.4. Data Simulasi dan Perhitungan**

<b>Tipe</b>	<b>Material</b>	<b>Smaks (MPa)</b>	<b>Smin (MPa)</b>	<b>S1 (MPa)</b>	<b>N (x10<sup>6</sup>)</b>	<b>Life (Hari)</b>
Lama	Hardox 400	3.025	0.0105	3.1465	383.35	276
	Hardox 450				392.26	283
	Hardox 500				398.26	287
Baru	Hardox 400	19.851	0.0023	15.749	430.85	311
	Hardox 450				438.22	316
	Hardox 500				445.93	321

Meskipun memiliki nilai ketahanan yang baik, terdapat hal yang perlu diperhatikan dari pengimplementasian tipe mata pisau yang baru ini, yaitu kekuatan material mata pisau serta baut yang digunakan untuk menghubungkan mata pisau dengan *ring* pisau. Seperti yang ditemukan pada hasil simulasi, area lancip pada sambungan serta area baut mengalami tekanan yang paling besar di antara tempat lainnya. Hal ini meningkatkan risiko mata pisau maupun baut untuk patah akibat tidak kuat menahan tekanan dalam waktu yang lama.

## 2. Ekonomi

Ketiga jenis material memiliki massa yang sama karena massa jenis dari ketiganya sama. Dari simulasi, diketahui bahwa massa dari mata pisau tipe lama adalah 9.1311 kg. Berdasarkan data yang didapatkan (Kamlesh Metal & Alloy), diketahui bahwa harga dari pelat Hardox 400 dan 450 adalah Rp29,341/kg (₹150/kg). Sedangkan, pelat Hardox 500 dijual dengan harga Rp30,319/kg (₹155/kg). Kemudian, melalui situs daring lain (Tianjin Credit Export and Import Trading Co., Ltd), data harga pelat hitam ditemukan, yaitu Rp9,463/kg (\$0.65/kg).

Tabel 3.5. menunjukkan daftar harga yang didapatkan melalui situs daring dan harga total untuk satu mata pisau tipe lama. Selisih harga antara material Hardox 400 dan 450 dengan 500 adalah Rp8,930. Selisih ini cukup besar. Mata pisau yang digunakan terdapat 32 buah sehingga nilai selisihnya hampir mencapai Rp300,000.

**Tabel 3.5. Data Harga Total Per Mata Pisau Tipe Lama**

Material	Harga/kg (Rp/kg)	Massa (kg)	Harga total per mata pisau
Hardox 400	29,341	9.1311	Rp267,915

Hardox 450	29,341		Rp267,915
Hardox 500	30,319		Rp276,845

Tabel 3.6. menunjukkan daftar harga yang didapatkan melalui situs daring dan harga total untuk satu mata pisau tipe baru. Selisih harga antara mata pisau yang menggunakan material Hardox 400 dan 450 dengan 500 adalah Rp3,044. Selisih ini tidak terlalu besar. Meskipun mata pisau yang digunakan terdapat 32 buah, nilai selisihnya tidak mencapai Rp100,000.

**Tabel 3.6. Data Harga Total Per Mata Pisau Tipe Baru**

Material	Harga/kg (Rp/kg)	Massa (kg)	Total Harga	Harga total per mata pisau
Hardox 400	29,341	3.1093	91,229	153,607
Pelat Hitam	9,463	6.5921	62,381	
Hardox 450	29,341	3.1093	91,229	153,607
Pelat Hitam	9,463	6.5921	62,381	

Hardox 500	30,319	3.1093	94,270	156,651
Pelat Hitam	9,463	6.5921	62,381	

Bila dibandingkan harga kedua tipe tersebut, selisih harganya mencapai lebih dari Rp100,000. Jumlah mata pisau yang saat ini digunakan adalah 32 buah. Bila nilai selisih tersebut dikalikan dengan jumlah mata pisau yang saat ini digunakan, maka biaya yang dapat dihemat adalah Rp3,200,000. Nilai ini juga belum termasuk dengan nilai yang dapat dihemat pada tahun selanjutnya karena penggantian hanya dilakukan untuk mata pisau pada tipe baru. Total harga pelat hitam untuk satu *ring* pisau adalah Rp62,381. Sama dengan mata pisau, nilai ini dikalikan dengan jumlah *ring* pisau, yaitu 32 buah, sehingga total harga pelat hitam yang dibutuhkan adalah Rp1,996,192. Total harga ini merupakan biaya yang dapat dihemat pada tahun selanjutnya apabila tidak terjadi kerusakan pada *ring* pisau.

Dari perhitungan nilai ekonomi kedua tipe, terlihat bahwa tipe baru lebih menguntungkan. Biaya minimal yang dapat dihemat dalam kurun waktu satu tahun adalah Rp5,196,192. Namun, perlu diperhatikan bahwa nominal tersebut belum termasuk pajak dan

biaya pengiriman sehingga masih terdapat kemungkinan untuk nilai tersebut semakin mengecil.