

ANALISA KEGAGALAN ALAT POTONG PADA MESIN GERGAJI PUTAR

Tannia Yuliana

Teknik Rekayasa dan Pengembangan Produk, POLMAN Bandung

e-mail: tanniay8@gmail.com

Abstrak

Kab/ Mesin gergaji putar merupakan mesin perkakas potong. Mesin gergaji putar ini digunakan untuk memotong material S45C. Bentuk penampang potong dari material adalah lingkaran dan kotak. Pada saat trial mesin gergaji putar terjadi kegagalan yaitu tidak terpotongnya material benda kerja dan rompalnya mata potong (*circular saw*).

Dalam menyelesaikan permasalahan mesin gergaji putar ini digunakan metoda perancangan ulang. Metoda rancang ulang terbagi menjadi tiga yaitu *parametric*, *adaptive*, dan *original redesign*. Perancangan ulang mesin gergaji putar ini termasuk dalam *parametric redesign*. Metoda rancang ulang yang digunakan adalah metoda rancang ulang IMRC yang dipublikasikan pada tahun 2002 oleh *international of industrial engineering*. Perancangan ulang ini merupakan metoda sistematis yang terdiri dari evaluasi mesin, analisis dan investigasi, dan penentuan strategi perancangan ulang.

Mesin gergaji putar yang dirancang ulang melalui metoda perancangan ulang merupakan solusi dari analisis kegagalan alat potong pada mesin gergaji putar. Strategi perancangan ulang yang dipilih merupakan perancangan ulang *incremental*. Perancangan ulang *incremental* merupakan perancangan ulang yang mengubah *core component* tetapi tidak mengubah mekanisme ataupun fungsi.

Kata kunci : Analisis kegagalan, mesin gergaji putar, metoda perancangan ulang, *parametric redesign*, rancang ulang IMRC, perancangan ulang *incremental*.

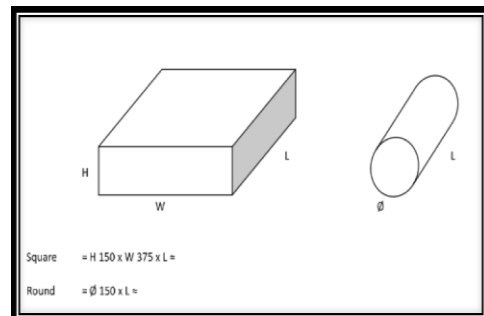
A. PENDAHULUAN

PT. N adalah suatu perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur khususnya di bidang *MACHINERIES* dan *MDJT (Mold, Dies, Jig, Tools)*. Sistem produksi PT.N merupakan sistem *job order*, dimana suatu produk yang diproduksi berdasarkan permintaan dari *costumer*. Salah satu *order* yang diterima oleh PT. N adalah pembuatan mesin gergaji putar. Mesin gergaji putar tersebut dikhususkan untuk memotong *raw material*. *Raw material* yang akan dipotong berbentuk balok dan silinder. Mesin gergaji putar yang telah dibuat oleh PT. N dapat dilihat pada Gambar



Mesin gergaji putar digunakan sebagai pembagi panjang (L) dari *raw material*. *Raw material* yang penampangnya berbentuk segiempat, memiliki lebar (W) 375 mm dan ketebalan (H) 150 mm. Sedangkan *raw*

material yang penampangnya berbentuk lingkaran memiliki diameter 150 mm. Ilustrasi *raw material* yang akan dipotong dapat dilihat pada Gambar



Material dari benda kerja yang dipotong adalah dari jenis baja S45C. Baja jenis S45C merupakan *medium strength steel*.

Pada saat *trial* yang dilakukan oleh PT. N, mesin gergaji putar terjadi kegagalan yaitu ketidakmampuan alat potong untuk memotong *raw material* dan rompalnya alat potong pada saat segera setelah mulai pemotongan. Pada bagian pemotong ini terdapat dua bagian, yaitu bagian *cutting movement* dan *feeding movement*

B. LANDASAN TEORI

1. Sawing

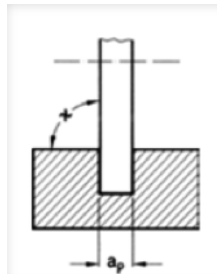
a. Pengertian

Pemotongan adalah cara pemotongan besi dimana *multi-edged tool* melakukan kedua gerakan antara pergerakan pemotongan dan pergerakan pemakanan.

- b. Perhitungan kekuatan dan sumber daya Perhitungan dan sumber daya berdasarkan Heinz Tschätsch pada buku *Applied Machining Technology*.

a) **Ketebalan dan lebar pemotongan**

Pada proses pemotongan, sudut antara benda kerja dengan *circular saw* (α) 90° . Sehingga kedalaman pemotongan sama dengan pemakanan pergigi, dan lebar pemotongan sama dengan lebar potong. Ilustrasi dapat dilihat pada Gambar



$$h = f_z \quad b = a_p$$

- h: Ketebalan pemotongan (mm)
 f_z : Pemakanan pergigi (mm)
 b: Lebar mata potong (mm)
 a_p : Lebar Pemotongan (mm)

b) **Specific cutting force**

$$k_c = \frac{(1\text{mm})^z}{f_z^z} \cdot k_{c1,1} \cdot K_v \cdot K_{st} \cdot K_{ver}$$

- k_c : specific cutting force
 $k_{c1,1}$: specific cutting force berhubungan dengan
 $h = b = 1 \text{ mm}$
 f_{ch} : specific cutting force berhubungan dengan h^z
 f_z : pemakanan pergigi
 z : exponent (konstanta material)
 K_v : faktor koreksi untuk kecepatan potong, $K_v = 1$ untuk pahat *cemented carbide*, $K_v = 1,15$ untuk pahat HSS
 K_{st} : faktor koreksi chip compression
 K_{ver} : faktor pemakaian

c) **Major cutting force per tooth**

$$F_{cz} = A \cdot k_c = a_p \cdot f_z \cdot k_c$$

- F_{cz} : Gaya potong per gigi
 A : Luas area chip
 a_p : Lebar pemotongan
 f_z : Kedalaman pemakanan pergigi

d) **Total cutting force of teeth engaged**

$$F_c = F_{cz} \cdot z_E = a_p \cdot f_z \cdot k_c \cdot z_E$$

- F_c : Gaya pemotongan total
 F_{cz} : Gaya pemotongan per gigi
 a_p : Lebar pemotongan
 f_z : Kedalaman pemakanan per gigi
 z_E : Jumlah gigi yang bekerja saat pemotongan

e) **Machine input power**

$$P = \frac{F_c \cdot v_c}{10^3 \text{ W/kW} \cdot 60 \text{ s/min} \cdot \eta_M}$$

- P : Daya motor
 F_c : Gaya pemotongan total
 v_c : Kecepatan potong
 η_M : Efisiensi mesin

f) **Kedalaman pemakanan pergigi**

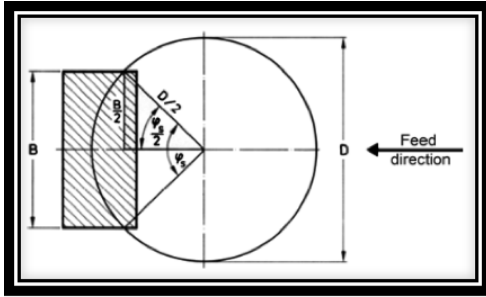
$$f_z = \frac{A_s \cdot D \cdot \pi}{l \cdot v_c \cdot z \cdot 10^3 \text{ mm/m}} = \frac{v_f \cdot D \cdot \pi}{v_c \cdot z \cdot 10^3 \text{ mm/m}}$$

- f_z : Kedalaman pemakanan pergigi
 A_s : Luas area pemotongan (diambil dari table)
 l : Panjang pemotongan

$$l = \frac{\pi \cdot D \cdot \phi_s^0}{360^\circ} \quad \sin\left(\frac{\phi_s}{2}\right) = \frac{B}{D}$$

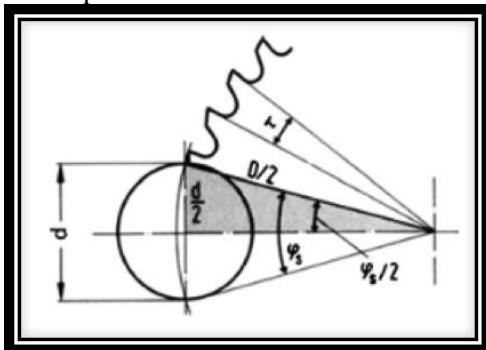
- Jika $D \gg B$, maka diasumsikan $l \approx B$
 v_c : Kecepatan potong
 Z_w : Jumlah gigi pada *circular saw*
 D : Diameter *circular saw*
 n : rpm *circular saw*
 v_f : Kecepatan pemakanan
 B : Ketebalan benda kerja
 ϕ_s : Sudut tekan *pitch point*

Untuk menambah pemahaman yang dimaksud dengan panjang pemotongan (l) dapat dilihat pada Gambar



g) **Number of teeth engaged**

Ketika menggergaji dengan mata gergaji, pertama-tama perlu menghitung tekanan sudut pada titik lapangan ϕ_s . Sudut ini dapat diperoleh dari perhitungan perkiraan menurut persamaan berikut. Ilustrasi dapat dilihat pada Gambar.



Pemotongan penampang lingkaran

$$\sin\left(\frac{\phi_s}{2}\right) = \frac{d}{D} \quad Z_E = \frac{\phi_s^0 \cdot Z_w}{360^0}$$

- Z_E : Jumlah gigi yang kontak
- Z_w : Jumlah gigi pada *saw blade*
- d : Diameter benda kerja
- D : Diameter *saw blade*
- ϕ_s : Sudut tekan *pitch point*

2. **Perancangan Ulang**

Perancangan ulang terbagi kedalam tiga macam yaitu parametric, adaptive dan original redesign.

A. **Parametric redesign**

Parametric redesign membutuhkan model, baik model produk yang sudah ada atau konfigurasi model yang mengikuti *adaptive redesign*. Model harus dikalibrasi dan dirumuskan menurut teknik solusi yang dipilih. Optimasi, *spread sheet*, dan atau simulasi ini kemudian diterapkan untuk memperoleh parameter produk baru. Verifikasi dari hasil kemudian dimulai dengan menggunakan sensitivitas analisis atau analisis

toleransi, seperti statistic toleransi stackup (Ullman, 1992) atau Taguchi desain toleransi (Phadke, 1989).

B. **Adaptive redesign**

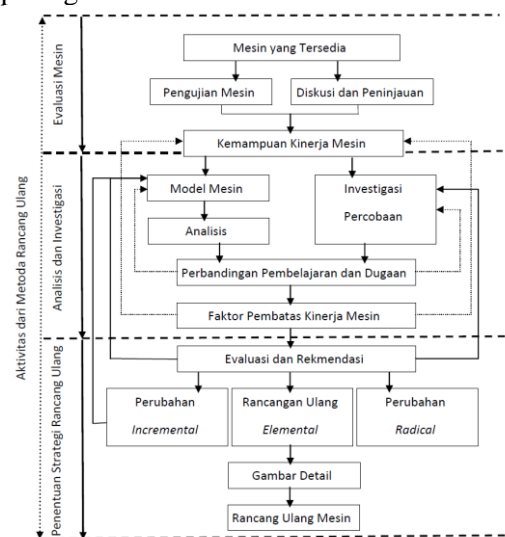
Dalam kasus *adaptive redesign*, tim desain berusaha untuk membuat prinsip-prinsip solusi alternatif untuk memilih sub-sistem produk, menggantikan sub-fungsi produk, atau menambahkan sub-fungsi baru untuk produk. Tugas pertama adalah untuk memperbarui deskripsi fungsional dari produk, baik oleh membandingkan struktur fungsi diprediksi sebenarnya, atau dengan hanya menambahkan fungsi baru yang ditentukan oleh kebutuhan tuntutan. Berdasarkan struktur fungsi baru, solusi adaptif dapat diperoleh dalam beberapa cara.

C. **Original redesign**

Original redesign berbeda dengan metode parametric dan adaptive. Perancangan ulang ini dilakukan dari tahap awal tanpa harus mengacu pada desain yang sudah ada.

3. **Metoda Rancang Ulang IMRC**

Metoda Perancangan ulang IMRC dipublikasikan pada tahun 2002 oleh *international of industrial engineering*. Berdasarkan Metoda Perancangan menurut IMRC, metoda perancangan dilakukan dengan urutan kegiatan yang dapat dilihat pada gambar.



Metoda rancang ulang IMRC merupakan metoda yang sistematis. Metoda ini terbagi kedalam tiga tahapan besar yaitu

evaluasi mesin, analisis dan investigasi, dan penentuan strategi rancang ulang.

1. Evaluasi Mesin

Pada tahapan ini dilakukan evaluasi terhadap mesin yang memiliki kendala. Pengujian dilakukan untuk mengetahui keadaan mesin yang telah dibuat. Hasil dari pengujian didiskusikan dan hasil keluarannya berupa spesifikasi (kemampuan) mesin yang sekarang.

2. Analisis dan Investigasi

Pada tahapan Analisis dan Investigasi berfokus pada pemecahan masalah. Langkah awal yaitu mempelajari desain mesin yang sudah ada dan menghitung hasil desain tersebut. Setelah itu, diperbandingkan antara hasil hitungan dengan hasil pengujian. Keluaran dari tahap ini merupakan daftar tuntutan baru.

3. Penentuan strategi rancang ulang

Pada tahapan penentuan strategi rancang ulang, dipilih strategi yang sesuai dengan desain ulang yang akan dibuat. Terdapat tiga tingkatan yaitu *incremental redesign*, *elemental redesign*, dan *radical redesign*.

a. Incremental redesign

Incremental redesign adalah pembelajaran rancang ulang yang berkonsentrasi pada pencarian peningkatan performa/kinerja terhadap desain sebuah benda. Pada dasarnya ini melibatkan spesifikasi ulang dari komponen inti.

b. Elemental redesign

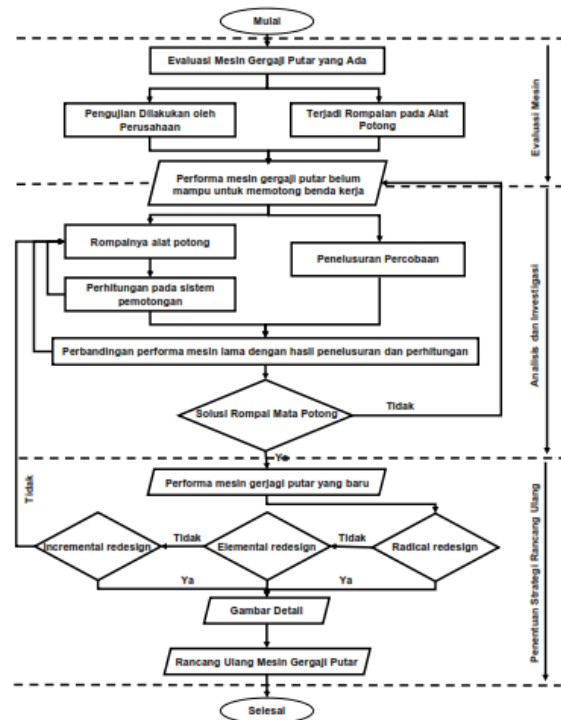
Dalam kasus lainnya, peningkatan utama tidak dapat dibuat tanpa usaha rancang ulang dari komponen dan elemen sub-sistem yang membatasi kinerja mesin yang sudah teridentifikasi. Kemudian desain diarahkan secara langsung pada penciptaan dan pengembangan alat alternatif dan pendekatan yang lebih baik dari tujuan desain baru. Dalam diskusi dengan perusahaan, desain disempurnakan dan dibandingkan sampai strategi perancangan ulang layak berkembang. Perubahan ini kemudian diperbaharui dengan mesin yang ada dan kinerja mesin yang baru dinilai. Melalui pendekatan rancang ulang elemental dapat dihasilkan yang bila desain yang sudah ada dan desain baru dikombinasikan secara signifikan akan meningkatkan kinerja desain yang sudah

ada, sementara mempertahankan sebagian besar prinsip-prinsip dasar.

c. Radical redesign

Radical redesign memberi kesimpulan bahwa peningkatan besar dalam kinerja hanya dapat dicapai melalui perubahan besar dalam prinsip-prinsip operasi. Selama pembuatan beberapa desain, prinsip-prinsip pengoperasian baru dan proses sebaik mungkin. Sepanjang perkembangan ini, desain dirumuskan untuk membangun keterampilan, pengalaman dan kekuatan perusahaan serta mempertimbangkan teknologi baru. Dengan kata lain pendekatan ini merupakan perubahan yang besar-besaran.

C. ANALISA KEGAGALAN ALAT POTONG



1. Evaluasi Mesin



| No | Komponen | Spesifikasi | Satuan |
|----|---------------------------|--------------|---------------------|
| 1 | Motor | 2,2 | kW |
| 2 | rpm Motor | 1450 | rpm |
| 3 | <i>Circular Saw Blade</i> | NHC-180NA | |
| | Diameter : | 560 | mm |
| | Tebal mata potong : | 3 | mm |
| | Tebal blade : | 2,5 | mm |
| | Jumlah Gigi : | 44 | bh |
| | Rpm : | 60 | rpm |
| 3 | Width of cut | 3 | mm |
| 4 | Feed per tooth | 0,07 | mm |
| 5 | Cutting Speed | 105 | m/min |
| 6 | Efisiensi Mesin | 0,9 | |
| 7 | Hydraulic Feeding | 80x600 | mm |
| 8 | Hydraulic power pack | 30 | Liter |
| 9 | Preassure Force | 140 | kgf/cm ² |
| 10 | Gearbox | LK-SHD-15-13 | |
| 11 | Pulley v | NBK-7A2 | |

2. Kemampuan dan Kinerja Mesin

Dari hasil pengujian dan diskusi serta peninjauan, maka dapat dilihat tuntutan dari permasalahan pada mesin gergaji putar pada Tabel

| No | Jenis Tuntutan | Keterangan |
|----|---------------------------|--------------|
| 1. | Material yang dipotong | S45C |
| 2. | Ukuran Penampang Silinder | φ 150 mm |
| 3. | Ukuran Penampang Balok | 150 x 375 mm |
| 4. | Alat potong | NHC-180NA |
| | Diameter : | 560 |
| | Tebal mata potong : | 3 |
| | Tebal blade : | 2,5 |
| | Jumlah Gigi : | 44 |
| | rpm : | 60 |
| 5. | Kecepatan potong | 105 m/min |

3. Analisis dan Investigasi

Pada saat melakukan percobaan terhadap mesin gergaji putar, terdapat kendala yang dialami. Saat menyalakan mesin gergaji putar, mesin dalam keadaan yang sesuai dengan harapan. Namun, pada saat alat potong akan mulai memotong *raw material*, alat potong tidak dapat memotong dan terjadi romplan.

Kendala dari alat potong yang tidak dapat memotong *raw material*, dapat kita ambil kemungkinan terjadinya kegagalan pemotongan. Kemungkinan pertama yaitu tumpulnya alat potong yang menyebabkan tidak terpotongnya *raw material*. Namun, hal ini tidak mungkin terjadi karena kondisi dari alat potong masih baru.

Kemungkinan kedua adalah daya motor suplay untuk pemotongan. Hal ini memungkinkan terjadi sebabnya kegagalan, karena jika daya motor suplay kurang dari kebutuhan dan juga gaya pemotongan yang terlalu besar maka alat potong tidak dapat memotong *raw material*. Dengan demikian daya motor suplay untuk pemotongan harus dicek atau dihitung ulang.

Kemungkinan ketiga yaitu daya dorong untuk pemakanan. Sama halnya dengan daya motor suplay, daya dorong untuk pemakanan yang diberikan oleh hidolik memungkinkan terjadi sebabnya kegagalan. Menurut teori yang dikemukakan oleh Taufiq Rochim, gaya dorong untuk pemakanan setara dengan satu per lima dari gaya pemotongan. Hal ini menjadi sangat penting untuk dicek atau dihitung ulang.

Dugaan keempat yaitu kecepatan pemakanan dan kecepatan pemotongan. Hal ini menjadi penting karena kecepatan pemakanan dan pemotongan berhubungan dengan alat potong. Sehingga ini harus dicek atau dihitung ulang. Jika terlalu tingginya kecepatan pemakanan, namun kemampuan alat potong tidak mampu menerima kecepatan tersebut maka akan gaya impact yang menyebabkan kerusakan pada alat potong.

Dugaan kelima, berdasarkan pernyataan yang dikemukakan oleh Thomas childs et al., (2000:121), menyatakan penyebab kerusakan secara kualitatif adalah *adhesion*, *thermal damage* dan *mechanical damage*. Kerusakan termal, deformasi plastik, difusi termal dan reaksi kimia pada dasarnya bergantung secara drastis dengan meningkatnya suhu, sedangkan kerusakan mekanis yang meliputi *chipping*, *early fracture*, *fracture* dan *fatigue* tidak tergantung pada suhu.

4. Analisa Perhitungan dan Factor Limiting Performance

| No | Jenis Tuntutan | Tuntutan | Hasil Peninjauan | Kesimpulan |
|----|----------------------------|---|---|-----------------|
| 1. | Material yang dipotong | S45C | S45C | Terpenuhi |
| 2. | Ukuran Penampang Silinder | φ 150 mm | φ 150 mm | Terpenuhi |
| 3. | Ukuran Penampang Balok | 150 x 375 mm | 150 x 375 mm | Terpenuhi |
| 4. | Penggerak Feeding Movement | Hydraulic (HCA-140-FA-B-80x600-B-A-B-2+SW2) 140 kgf/cm ² 80x600 mm 30 L | Hydraulic (HCA-140-FA-B-80x600-B-A-B-2+SW2) 140 kgf/cm ² 80x600 mm 30 L | Terpenuhi |
| 5. | Penggerak Cutting Movement | P = 2,2 kW rpm = 1420 Vc = 105 mm/s fz = 0,06 mm ap = 3 mm | P = 4 kW rpm = 1435 Vc = 28 mm/s fz = 0,06 mm ap = 3 mm | Tidak terpenuhi |
| 6. | Puli | Jenis SPZ, Puli majemuk NBK-7A2 | Jenis SPA dan tidak majemuk SPA112-01 | Tidak terpenuhi |
| 7. | Gear Box | LIMING LK-SHD 15 | LIMING LK-HD 211 | Tidak terpenuhi |
| 6. | Perkakas potong | Circular saw blade Dia 560 mm z = 44 bh n = 60 rpm | Circular saw blade Dia 560 mm z = 44 bh n = 60 rpm | Terpenuhi |
| 7. | Mudah dioperasikan | | | Terpenuhi |

5. Pemilihan Strategi Rancang Ulang

| No. | Permasalahan | Masalah | Solusi |
|-----|--------------------|--|--|
| 1 | Circular saw blade | Terjadi rompakan | Diganti tetapi tetap menggunakan spesifikasi yang sama |
| 2 | Motor | Daya kurang | Diganti menjadi: P = 4 kW rpm = 1435 Vc = 28 m/s fz = 0,06 mm ap = 3 mm |
| 3 | Gearbox | Salah penggunaan akibat dari salah pemakaian motor | Disesuaikan antara kapasitas daya penggerak dan kapasitas daya gearbox |
| 4 | Sabuk dan puli | Pemilihan jenis puli tidak sesuai | Diganti menjadi: • Jenis puli SPA • Puli tunggal • Øpuli penggerak 112 mm |
| 5 | Hydraulic | Tidak diatur tekanannya | Tetap digunakan hanya diatur tekanannya |

dapat disimpulkan bahwa kesalahan yang terjadi dikarenakan kesalahan pemilihan dan perhitungan

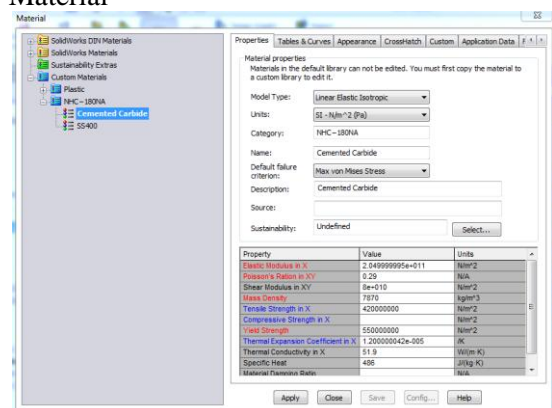
komponen. Maka tindakan yang diambil dalam penyelesaian masalah pada sistem *cutting* dan *feeding movement* adalah *Incremental Redesign* yaitu dengan mengganti komponen-komponen inti yang bermasalah dengan komponen yang sesuai dengan yang dibutuhkan tetapi tidak merubah mekanismenya. Perancangan ulang mesin gergaji putar berfokus pada permasalahan sistem *cutting* dan *feeding movement*. Perancangan ulang ini bersifat memperbaiki mesin gergaji putar yang telah ada dengan tidak merubah susunan sistem transmisinya. Ada beberapa hal yang dilakukan dalam proses *incremental redesign* yaitu.

1. pergantian motor,
2. Tranmisi puli,
3. Gearbox dan,
4. kecepatan hidrolik.

6. Validasi

Diketahui :

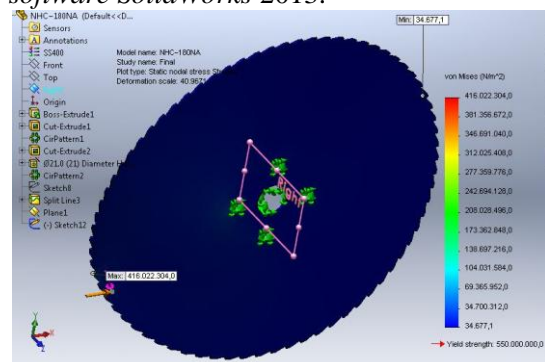
✓ Material



✓ $F_{Cutting} = 1106 \text{ N}$

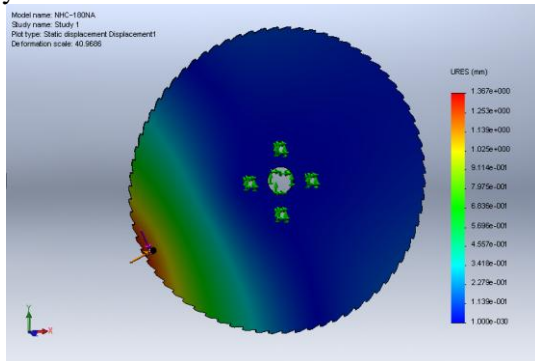
✓ $F_{Feeding} = 220 \text{ N}$

Pembebanan yang terjadi pada gergaji putar dapat dilihat pada gambar. Gergaji putar divalidasi dengan bantuan software *SolidWorks 2013*.



dapat dilihat hasil analisa tegangan von misses yang terjadi pada gergaji putar.

Tegangan *von misses* maksimal terletak disekitar pembebanan sebesar 416 N/mm^2 . Tegangan yang terjadi lebih kecil dibandingkan dengan batas tegangan mulur yaitu 550 N/mm^2 .



dapat diketahui bahwa defleksi maksimal terjadi pada ujung pembebanan sebesar $0,002 \text{ mm}$.

D. KESIMPULAN DAN SARAN

a. Kesimpulan

Berdasarkan analisa kegagalan alat potong pada mesin gergaji putar, dilakukanlah perancangan ulang pada sistem *cutting* dan *feeding movement* pada mesin gergaji putar. Perancangan ulang ini menggunakan perancangan ulang IMRC. Perancangan ulang IMRC termasuk kedalam *parametric redesign*.

b. Saran

Dalam kasus ini belum membahas impact pada saat pemakanan, hal ini merupakan salah satu yang mungkin menjadi penyebab. Untuk mengatasi masalah tersebut, kecepatan pemakanan (yang bersumber dari hidrolik) diatur sedemikian rupa sehingga kedalaman pemakananya sebesar $0,07 \text{ mm}$.

DAFTAR PUSTAKA

- Hicks, BJ, dkk. 2002. *A Redesign Methodology for Analyzing and Improving The Performance Capability of Packaging Machinery*. *International journal of industrial engineering*.
- Mawardi, Husni. 2012. Pengaruh Lokasi Kontak Awal Terhadap Kerusakan Pahat Potong Pada Proses *Face Milling*. Banda Aceh : Universitas Syaih Kuala.

Merkle, dkk. 2003. *Festo Hydraulic Basic*. Germany : Festo Didactic GmbH & Co. KG

Otto Kevin dan Wood Kristin. 1998. *Product Evolution : A Reverse Engineering and Redesign Methodology*. London : *Research in Engineering Design*.

Tschatsch Heinz. 2008. *Applied Machining Technology*. New York.

Wittle, Herbert dkk. 2013. *Roloff/Matek Mashinenelemente*. Reutlingen : Spring Vieweg.

Wittle, Herbert dkk. *Roloff/Matek Mashinenelemente Tabellen*. Reutlingen : Spring Vieweg.