

PERANCANGAN *HYDRAULIC FIXTURE* UNTUK PROSES *MACHINING* PRODUK BLOK SILINDER

Tatang Hermawan^{1§§§§§}, Djoko W Karmiadji²

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

Jl. Raya Lenteng Agung No. 56-80, Srengseng Sawah, Jagakarsa, Jakarta Selatan

ABSTRAK. *Fixture* adalah perangkat alat bantu yang digunakan dalam industri manufaktur. Tujuan dari *fixture* ini adalah untuk mendapatkan hasil manufaktur yang stabil. Jurnal ini menyajikan perancangan *fixture* untuk membantu proses *machining* pada produk blok silinder yang terdiri dari proses *milling*, *drilling* dan *boring*. Blok silinder ini adalah salah satu komponen dari mesin *diesel*. Metode yang dipakai dalam perancangan *fixture* ini adalah metode berdasarkan konsep perancangan VDI 2221. Sehingga didapat suatu rancangan yang optimal dan sesuai dengan kriteria. *Fixture* ini dirancang menggunakan hidrolis sebagai penggerak, yang menghasilkan pencekaman secara otomatis dan simultan. Oleh karena itu *fixture* ini dapat digunakan pada proses *milling*, *drilling*, dan *boring* secara bersamaan. Berdasarkan hasil perhitungan pada proses pemotongan, diketahui gaya potong terbesar yang dihasilkan dari ketiga proses *machining* tersebut adalah sebesar 1939.6 N. Untuk itu, diperlukan gaya cekam pada *fixture* yang dapat menahan gaya potong tersebut. Analisis *finite element* pada setiap komponen diperlukan untuk memvalidasi tingkat kehandalan hasil perancangan *fixture* tersebut dengan menggunakan *software solidworks*.

Kata kunci - Proses permesinan, *hydraulic fixture*, blok silinder, perancangan VDI 2221

PENDAHULUAN

a. Latar Belakang

Perkembangan teknologi saat ini memberikan dampak yang cukup signifikan terhadap produktifitas dari sebuah perusahaan. Salah satu hal yang penting yang dapat menunjang produktifitas salah satunya adalah penerapan teknologi dalam proses *machining*. Saat ini metode produksi secara manual sudah mulai ditinggalkan dan diganti dengan proses produksi secara otomatis baik dari segi penanganan material maupun dari segi proses produksinya sendiri. Hal ini akan berdampak pada waktu operasional yang akan semakin rendah sementara jumlah produk yang dihasilkan akan semakin meningkat. Maka untuk mencapai tujuan tersebut diperlukan suatu peralatan atau perkakas yang dapat membantu proses operasi manufaktur sehingga menghasilkan suatu produk yang akurat. Menurut Edgard G. Hoffman dalam buku "*jig and fixture design*" [1], menyatakan bahwa *fixture* merupakan seperangkat alat bantu produksi manufaktur yang digunakan pada proses *machining* dengan tujuan mendapatkan hasil manufaktur yang akurat. Selain itu menurut penelitian oleh H. Prassetiyo, R. Rispianda, dan H. Adanda dalam jurnal rancangan *jig* dan *fixture* pembuatan produk *cover on-off* [4] menyatakan konsep pencekaman pada *fixture* menggunakan metode *toggle clamp* yang dioperasikan secara manual. Dan penelitian menurut Y. A. Nugrahanto, A. De Fretes dalam jurnal rancang bangun *jig* multiguna untuk mesin *drill* [5] menyatakan komponen penempat untuk memposisikan benda kerja bisa menggunakan *v-block* sehingga produk bisa terposisi dengan baik.

Proses *machining* produk blok silinder terdiri dari proses *milling*, *drilling* dan *boring*. Jika dilakukan secara terpisah, maka akan membutuhkan waktu pengerjaan yang lama. Oleh karena itu dibutuhkan suatu alat yang dapat melakukan proses secara simultan tanpa harus melepas produk. Sehingga waktu pengerjaan menjadi lebih singkat karena ketiga proses *machining* tersebut dilakukan dalam satu kali proses. Ke tiga proses *machining* akan menghasilkan gaya potong pada setiap proses, untuk itu diperlukan gaya cekam pada *fixture* yang dapat menahan gaya potong tersebut. Selain itu, dalam rancangan *hydraulic fixture machining* ini diharapkan adanya analisa berupa analisis elemen hingga pada komponen *fixture* untuk mencegah adanya kegagalan dalam perancangan. Analisis komponen ini, dapat berupa proses pembagian kedalam bentuk elemen-elemen kecil (*meshing*) sehingga diketahui area mana yang mendapatkan potensi titik kritis paling besar.

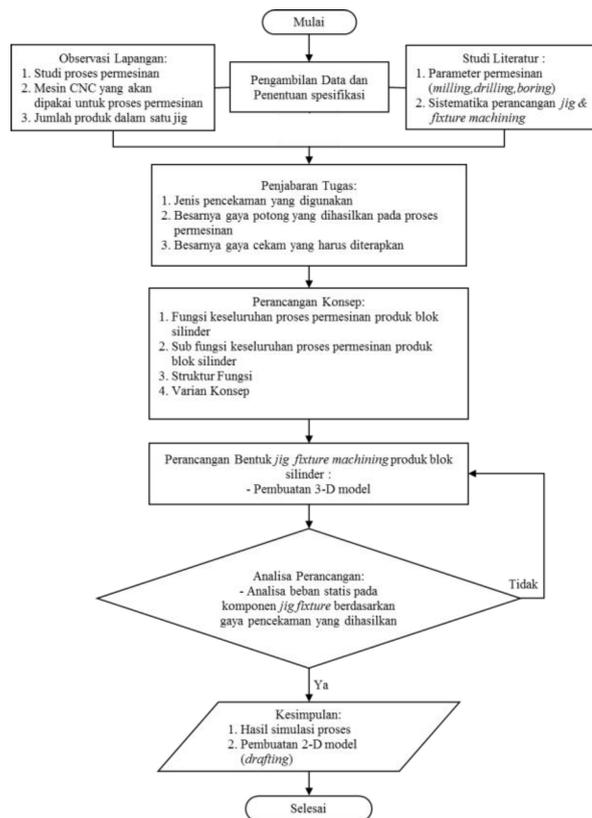
§§§§§ Corresponding author: tatanghermawan.4315215020@gmail.com

b. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini yaitu sebagai inovasi dari desain fixture yang dapat digunakan pada proses *milling*, *drilling*, dan *boring* secara simultan pada pengerjaan satu benda kerja. Selain itu adalah menganalisis komponen *fixture* untuk produk blok silinder menggunakan metode analisis *finite element*.

METODOLOGI

Pada metode penelitian ini akan dijelaskan mengenai proses atau langkah kerja untuk mendapatkan hasil yang diharapkan. Metodologi penelitian dalam perancangan *hydraulic fixture machining* produk blok silinder dapat dilihat melalui diagram alir pada gambar 1.



Gambar 1 Diagram alir perancangan *hydraulic fixture machining* blok silinder

Pada gambar 1 dijelaskan mengenai alur perancangan *hydraulic fixture machining* untuk produk blok silinder yaitu :

a) Pengambilan data dan penentuan spesifikasi

Pengambilan data dan penentuan spesifikasi dilakukan melalui 2 proses. Yaitu proses observasi dilakukan melalui peninjauan lapangan di industri. Serta studi literatur dilakukan dengan melalui studi gambar produk blok silinder, mempelajari buku-buku ilmiah dari perpustakaan, jurnal, tugas akhir dan tulisan-tulisan yang berkaitan dengan tema penelitian

b) Penjabaran Tugas

Mengidentifikasi hal-hal apa saja yang menjadi poin penting dalam penelitian dengan membuat daftar kebutuhan produk dan melakukan identifikasi kebutuhannya.

c) Perancangan Konsep

Menguraikan masalah-masalah penting, mencari prinsip kerja yang cocok dan kemudian menggabungkan prinsip-prinsip tersebut ke dalam struktur kerja dan dihasilkan beberapa varian konsep yang akan dipilih.

d) Perancangan Bentuk

Perancangan bentuk dilakukan dengan membuat rancangan bentuk/wujud awal dari produk berdasarkan varian terbaik yang dipilih.

e) Analisa Perancangan

Analisa perancangan menggunakan metode *finite element* yang dilakukan dengan *software solidworks*, hal ini diperlukan untuk mengevaluasi hasil rancangan.

f) Kesimpulan dan Perancangan Detail

Perancangan detail meliputi langkah membuat gambar 2D dan dokumentasi produk. Pada langkah terakhir akan diambil kesimpulan yang menjelaskan hasil perancangan *hydraulic fixture machining* blok silinder ini

Menurut Serope Kalpakjian dalam buku "*manufacturing and engineering technology*" [3] menyatakan bahwa ada beberapa parameter yang dipakai dalam proses permesinan. Berikut ini adalah parameter-parameter yang sering dipakai pada umumnya dalam proses *machining*, yaitu :

a) Kecepatan Spindel (n)

Persamaan untuk kecepatan spindel dinyatakan dalam persamaan 2.1 :

$$n = (1000 \times V_c) / (\pi \times D) \quad (1)$$

Dimana :

V_c = Kecepatan potong (m/min)

D = Diameter pahat potong (mm)

n = Kecepatan spindel (rpm)

b) Daya Potong (P_c)

a

$$P_c = K_c \times a_e \times a_p \times v_f \quad (2)$$

Dimana :

P_c = Daya potong (Watt)(Nm/s)

k_c = Konstanta gaya spesifik material (N/mm²)

a_e = lebar pemotongan (m)

a_p = Kedalaman potong (m)

v_f = Kecepatan pemakanan (m/s)

c) Kecepatan Pemakanan Meja (V_f)

Persamaan untuk kecepatan pemakanan meja dinyatakan dalam persamaan 2.3 :

$$V_f = f_z \times n \times z_n \quad (3)$$

Dimana :

V_f = Kecepatan pemakanan (mm/min)

f_z = Pemakanan per gigi (mm)

n = Kecepatan spindel (rpm)

z_n = Jumlah mata potong

d) Gaya Potong (F_c)

Persamaan untuk gaya potong dinyatakan dalam persamaan 2.4 :

$$F_c = P_c / V_c \quad (4)$$

Dimana :

F_c = Gaya potong (N)

P_c = Daya potong (W)

V_c = Kecepatan potong (N/min)

Menurut R.S Khurmi dan J.K Gupta dalam buku “*machine design*”[2], menyatakan bahwa: jika gaya dalam yang ditahan oleh penampang batang, maka didalam penampang batang tersebut akan mengalami tegangan. Tegangan dapat didefinisikan sebagai tahanan dalam yang disediakan oleh satuan luas bahan kepada beban luar yang diberikan.

a) Momen (M_b)

Persamaan untuk momen dinyatakan dalam persamaan 2.5 :

$$M_b = F \times l \quad (5)$$

Dimana :

M_b = Momen bengkok(N/mm)

F = Gaya yang terjadi (N)

l = Jarak titik acuan dari arah gaya bekerja (mm)

b) Momen Tahanan Polar (Z)

Persamaan untuk momen tahanan polar dinyatakan dalam persamaan 2.6 :

$$Z = (b \times h^2) / 6 \quad (6)$$

Dimana :

Z = Momen tahanan polar (mm^2)

b = Lebar batang (mm)

h = Tinggi batang (mm)

c) Tegangan Bengkok (σ_b)

Persamaan untuk tegangan bengkok dinyatakan dalam persamaan 2.7 :

$$\sigma_b = M_b / Z \quad (7)$$

Dimana :

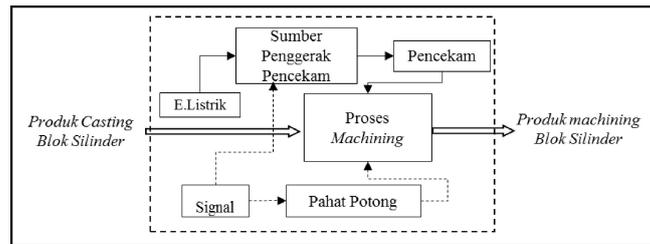
σ_b = Tegangan bengkok (N/mm^2)/(MPa)

M_b = Momen bengkok(N/mm)

Z = Momen tahanan polar (mm^3)

HASIL

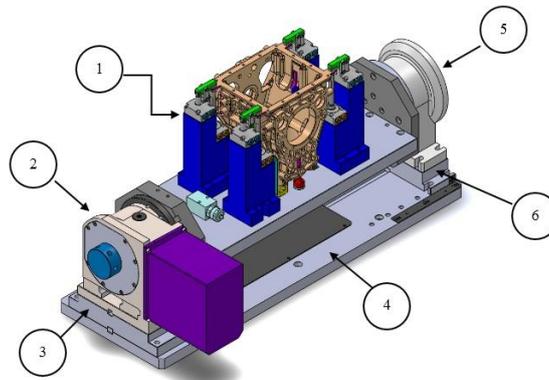
Pada perancangan *hidraulic fixture machining* untuk produk blok silinder ini menggunakan metode perancangan VDI 2221. Sehingga didapat varian terpilih berdasarkan diagram fungsi keseluruhan pada gambar 2 yang telah disepakati.



Gambar 2 Diagram fungsi keseluruhan *hydraulic fixture machining* blok silinder

Pada gambar 2 dijelaskan mengenai diagram fungsi keseluruhan dari proses *machining* pada produk blok silinder. Dalam diagram fungsi keseluruhan ini dijelaskan secara lebih rinci keseluruhan proses *machining*. Energi listrik sebagai input berubah menjadi energi mekanik yaitu menghidupkan pompa hidraulik yang kemudian menggerakkan komponen pencekam. Selain itu sinyal input sebagai on/off untuk menghidupkan pompa hidraulik, menggerakkan pahat potong, serta memulai proses *machining* yang kemudian menghentikan proses sebagai outputnya.

Berdasarkan diagram fungsi keseluruhan pada gambar 2, diperoleh konsep perancangan terpilih untuk konstruksi *hydraulic fixture machining* blok silinder yaitu pada gambar 3 berikut.

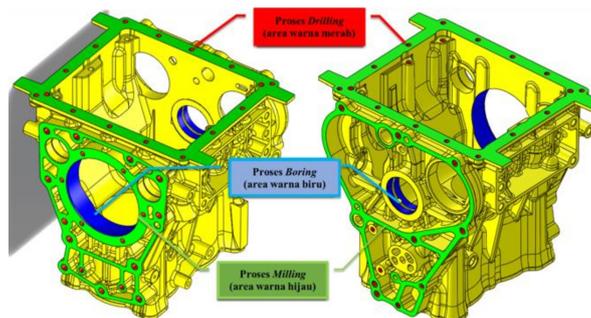


Gambar 3 Konstruksi *hydraulic fixture machining* produk blok silinder

Pada gambar 3 menjelaskan konstruksi dari *fixture machining* yang terdiri dari komponen-komponen sebagai berikut:

1. Sub *Jig*
2. Rotary index (motor penggerak)
3. Spacer blok
4. Base plate
5. Tail support (Penyangga)
6. L-bracket

Menurut drawing spesifikasi produk blok silinder, telah ditentukan area produk blok silinder yang akan di proses *machining* yang tertera pada gambar 4. Ketiga proses tersebut yaitu proses *milling* yang ditandai dengan area berwarna hijau, proses *drilling* (area warna merah), dan proses *boring* (area warna biru).



Gambar 4 Area Proses *Machining* Blok Silinder

Sebelum menentukan besarnya gaya cekam yang digunakan untuk menahan produk blok silinder sehingga tidak bergeser pada saat proses *machining* berlangsung, terlebih dahulu mengetahui besarnya gaya potong yang dihasilkan oleh ketiga proses *machining* tersebut. Besarnya nilai gaya potong sangat berpengaruh terhadap besarnya gaya cekam yang nanti digunakan untuk mencekam produk. Setiap proses *machining* pada produk blok silinder dicari gaya potong pada masing-masing proses yaitu:

a. Proses *Milling*

- kecepatan putaran (n)

$$n = (1000 \cdot V_c) / (\pi \cdot D)$$

$$n = (1000 \times 1200 \text{ mm/min}) / (\pi \times 80 \text{ mm})$$

$$n = 4774.6 \text{ rpm}$$

- kecepatan pemakanan meja (vf)

$$v_f = f_z \cdot n \cdot Z_n$$

$$v_f = 0.13 \text{ mm} \times 4774.6 \text{ rpm} \times 10 \text{ buah}$$

$$v_f = 6206.98 \text{ mm/min}$$

- daya potong proses *milling*

$$P_c = K_c \times a_e \times a_p \times v_f$$

$$P_c = 750 \text{ N/mm}^2 \times 10 \text{ mm} \times 0.5 \text{ mm} \times 6206.98 \text{ mm/min}$$

$$P_c = 23276175 \text{ N-mm/min} = 387.93 \text{ N-m/s}$$

$$P_c = 387.93 \text{ W}$$

- gaya potong untuk proses *milling*

$$F_c = P_c / V_c$$

$$F_c = (387.936 \text{ W}) / (0.2 \text{ m/s})$$

$$F_c = 1939.6 \text{ N}$$

b. Proses *Drilling*

- kecepatan putaran (n)

$$n = (1000 \cdot V_c) / (\pi \cdot D)$$

$$n = (1000 \times 150 \text{ mm/min}) / (\pi \times 5 \text{ mm})$$

$$n = 9554.14 \text{ rpm}$$

- kecepatan pemakanan meja (vf)

$$v_f = f_z \cdot n \cdot Z_n$$

$$v_f = 0.1 \text{ mm} \times 9554.14 \text{ rpm} \times 2 \text{ buah}$$

$$v_f = 1910.82 \text{ mm/min}$$

- daya potong proses *drilling*

$$P_c = K_c \times a_e \times a_p \times v_f$$

$$P_c = 750 \text{ N/mm}^2 \times 4 \text{ mm} \times 0.25 \text{ mm} \times 1910.82 \text{ mm/min}$$

$$P_c = 1433115 \text{ N-mm/min}$$

$$P_c = 23.88 \text{ N-m/s} = 23.88 \text{ W}$$

- gaya potong untuk proses *drilling*

$$F_c = P_c / V_c$$

$$F_c = (23.88 \text{ W}) / (0.025 \text{ m/s})$$

$$F_c = 955.2 \text{ N}$$

c. Proses *Boring*

- kecepatan putaran (n)

$$n = (1000 \cdot V_c) / (\pi \cdot D)$$

$$n = (1000 \times 365 \text{ mm/min}) / (\pi \times 99 \text{ mm})$$

$$n = 1186.14 \text{ rpm}$$

- kecepatan pemakanan meja (v_f)

$$v_f = f_z \cdot n \cdot Z_n$$

$$v_f = 0.05 \text{ mm} \times 1186.14 \text{ rpm} \times 4 \text{ buah}$$

$$v_f = 237.23 \text{ mm/min}$$

- daya potong proses *boring*

$$P_c = K_c \times a_e \times a_p \times v_f$$

$$P_c = 750 \text{ N/mm}^2 \times 15 \text{ mm} \times 0.5 \text{ mm} \times 237.23 \text{ mm/min}$$

$$P_c = 1334419 \text{ N-mm/min}$$

$$P_c = 22.240 \text{ N-m/s} = 22.240 \text{ W}$$

- gaya potong untuk proses *boring*

$$F_c = P_c / V_c$$

$$F_c = (22.240 \text{ W}) / (0.06 \text{ m/s})$$

$$F_c = 370.66 \text{ N}$$

Gaya potong terbesar pada proses permesinan terdapat pada proses *milling*, yaitu sebesar 1939.6 N. Maka besarnya gaya cekam adalah sebagai berikut

$$F_{\text{total}} = (\text{cutting force}) / (\text{Static friction koefisien}) \cdot \text{safety factor}$$

$$F_{\text{total}} = (1939.6 \text{ N}) / 0.12 \times 2$$

$$F_{\text{total}} = 32326.6 \text{ N}$$

Rancangan *hydraulic fixture machining* pada gambar 3, ditentukan jumlah pencekaman adalah 4 posisi cekam, maka besarnya gaya cekam di masing masing bagian 8081.65 N.

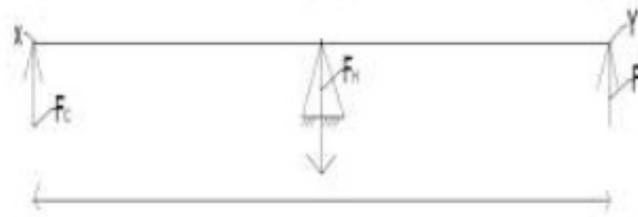
Dalam rencana pemilihan material untuk komponen *hydraulic fixture* ini, dipilih 3 opsi material yang ada di pasaran. Adapun jenis material yang akan dipakai untuk komponen *jig* dan *fixture machining* produk blok silinder ini terdapat pada tabel 1 adalah :

Tabel 1 Data material untuk komponen *hydraulic fixture*

Tipe	Kode Material	Aplikasi	Yield strenght (MPa)
Carbon steel	S45C	General machine parts	625
Stainless Steel	SUS316	Machine requiring antirusting	580
Alumunium	A6063	General machine parts	240

Pada komponen pencekam (*clamping*), dilakukan penghitungan menggunakan metode FEA (*finite element analysis*) dengan membagi objek analisa menjadi bagian-bagian kecil. Dalam metode ini, kita dapat mengetahui bagian dari objek yang mendapat area paling kritis. Tujuan dari FEA ini adalah untuk mendapatkan desain *fixture* optimal untuk diproduksi yang memiliki deformasi lebih sedikit. Metode FEA ini dilakukan

pada software *solidworks*. Diagram body bebas dari pencekam dapat dilihat pada gambar 5. Gaya yang bekerja pada lengan pencekam ini terletak di bagian ujung dengan nilai F sebesar 8081.65 N.



Gambar 5 FBD pada komponen pencekam

Sesuai dengan gambar 5, diketahui spesifikasi lengan pencekam yang tertera pada tabel 2 berikut.

Tabel 2 Data spesifikasi lengan pencekam

No	Simbol	Spesifikasi	Dimensi	Satuan
1	b	Lebar batang	12	mm
2	h	Tinggi batang	16	mm
3	F	Gaya yang bekerja	8081,65	N
4	l	Jarak titik tumpu dengan beban	31,5	mm

Dari data pada tabel 2 dapat diketahui momen tekuk (M_b) menggunakan persamaan 5 berikut.

$$M_b = F \times l$$

$$M_b = 8081,65 \text{ N} \times 31,5 \text{ mm}$$

$$M_b = 254571,97 \text{ Nmm}$$

Selain dapat pula diketahui momen tahanan lengkung (Z) dengan penampang batang berbentuk persegi panjang seperti pada gambar 5 dengan menggunakan persamaan 6 berikut.

$$Z = (b \times h^2) / 6$$

$$Z = (12 \text{ mm} \times 16^2 \text{ mm}) / 6$$

$$Z = 512 \text{ mm}^2$$

Sehingga dapat diketahui beban yang diterima oleh pencekam menggunakan persamaan 7 berikut.

$$\sigma_b = M_b / Z$$

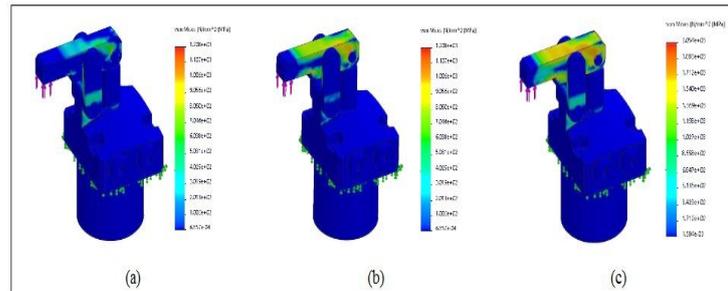
$$\sigma_b = (254571,97 \text{ Nmm}) / (512 \text{ mm}^2)$$

$$\sigma_b = 497,21 \text{ MPa}$$

Dari hasil perhitungan, didapat nilai beban yang diterima oleh pencekam dengan gaya yang bekerja yaitu 8081,65 N adalah sebesar 497,21 MPa.

Sebagai pembanding, dilakukan simulasi pembebanan menggunakan software *solidworks* dengan hasil analisa pada gambar 6. Hasil analisis menghasilkan gradasi warna (biru, hijau, kuning, merah) untuk membedakan daerah kritis yang paling besar yang diakibatkan oleh gaya cekam. Semakin merah warna gradasinya maka area kritis semakin besar.

- Pada gambar 6-a, didapat hasil untuk nilai tegangan terbesar yang dialami oleh pencekam dengan material S45C sebesar 480 MPa.
- Pada gambar 6-b, didapat hasil untuk nilai tegangan terbesar yang dialami oleh pencekam dengan material SS316 sebesar 493.1 MPa.
- Pada gambar 6-c, didapat hasil untuk nilai tegangan terbesar yang dialami oleh pencekam dengan material A6063 sebesar 524.6 MPa.



Gambar 6 Distribusi tegangan Von-mises pada bagian pencekam; (a) material S45C, (b) material SS316, (c) material A6063

Nilai keamanan didapat dari perbandingan antara *yield strength* material dengan tegangan maksimum yang diterima. Dengan nilai keamanan ini kita dapat mengetahui seberapa aman material yang akan digunakan sehingga pemilihan material lebih efisien.

Tabel 3 Data material untuk komponen *fixture*

Komponen	Material	Gaya yang bekerja	Perhitungan Pembebanan (Software)	Yield Strength	Nilai Keamanan
Pencekam	S45C	8081.65 N	480 MPa	625 MPa	1.3
	SS316		493.1 MPa	580 MPa	1.17
	A6063		524.6 MPa	240 MPa	0.45

Pada table 3, hasil perhitungan dan simulasi menggunakan software *solidworks* didapat kesimpulan bahwa perencanaan komponen untuk mencekam benda kerja pada *fixture* yang disulkan sehingga aman untuk digunakan adalah material *carbon steel* tipe S45C untuk komponen pencekam dengan nilai keamanan sebesar 1,3.

KESIMPULAN

1. Gaya potong terbesar pada proses *machining* dihasilkan pada proses *milling* yaitu sebesar 1939.6 N. Dari gaya potong yang diperoleh pada proses *machining*, dapat ditentukan besarnya gaya cekam untuk menahan gaya potong tersebut. Total gaya cekam untuk menahan gaya potong ini sebesar 32326.6 N. Karena pencekam pada *jig* dan *fixture* ini terbagi ke dalam 4 posisi, maka gaya cekam yang dihasilkan oleh setiap pencekam sebesar 8081.65 N.
2. Dari hasil analisis didapat nilai tegangan maksimum yang diperoleh komponen pencekam. Didapat hasil untuk nilai tegangan maksimum yang dialami oleh pencekam berdasarkan material yang akan dipilih. Yaitu:
 - Material *carbon steel* tipe S45C, tegangan maksimum yang diterima sebesar 480 MPa;
 - Material *stainless steel* tipe SS316, tegangan maksimum yang diterima sebesar 493.1 MPa;
 - Material aluminium tipe A6063, tegangan maksimum yang diterima sebesar 524.6 MPa.
3. Pemilihan material dalam perencanaan komponen untuk mencekam benda kerja pada *fixture* yang disulkan sehingga aman untuk digunakan adalah material *carbon steel* tipe S45C untuk komponen pencekam dengan nilai keamanan sebesar 1.3

DAFTAR PUSTAKA

- [1] E. G.Hoffman, *Jig and Fixture Design Fifth Edition*. 2014.
- [2] R. S. Khurmi and J. K. Gupta, "Textbook of Machine Design," *Eurasia Publ. House LTD.*, 2005.
- [3] S. Kalpakjian, S. R. Schmid, and K. S. V. Sekar, *Manufacturing Engineering and Technology, 7th edition in SI Units*. 2014.
- [4] H. Prasetyo, R. Rspianda, and H. Adanda, "RANCANGAN JIG DAN FIXTURE PEMBUATAN PRODUK COVER ON-OFF," *Teknoin*, 2017.
- [5] Y. A. Nugrahanto, A. De Fretes, P. Studi, T. Mesin, U. Katolik, and I. Atma, "Rancang Bangun Jig Multiguna Untuk Mesin Drill," vol. 4, no. 1, 2018.