

OPTIMASI RANCANG BANGUN ALAT BANTU PERAKITAN *PRESSTOOL* DENGAN METODE PENDEKATAN SISTEMATIK

Adies Rahman Hakim*, Chandrasa Soekardi**, Ismet P Ilyas***, Susanto*****

Program Studi Teknik Mesin Politeknik Manufaktur Negeri Bandung */**,

Program Studi Magister Teknik Mesin Universitas Pancasila**/*****

E-mail : adies@polman-bandung.ac.id, csoekardi@gmail.com, ismet@polman-bandung.ac.id,
susantosudiro@yahoo.co.id

ABSTRACT

Medium size Press tool is one of the tools in the production of small industries which plays an important role in producing bulk products (mass-product) with high quality. But in the manufacturing process, problems often arise when assembly, setup and maintenance, which are demand exact axis position between upper part (punch) and bottom part (dies) in accordance with the desired clearance. So far, there are still many small industries which produce press tool including Polman-Bandung who still use the convention always so it is hard to get exact axis position that cause long time consumption in assembly process and setup and less safe for the operator. The methodology used in solving this problem is by doing a study design method VDI 2222 followed by an analysis performed on the assembly process which is done by Polman-Bandung student at the time of the press tool assembly manually competency test. The purpose of this study was to accelerate the process of assembly and ensure exact axis position between punch and dies accurately when setup. With result an tool assembly process press tool this then the next assembly process is easy, safe for operators and faster until it reaches efficiency ~ 50 percent compared with the manual way.

Keywords: design, assembly, maintenance and clearance

PENDAHULUAN

Industri manufaktur adalah industri yang bergerak dalam bidang pengolahan bahan baku menjadi barang jadi. Dalam era globalisasi industri manufaktur memegang peranan penting. Oleh karena itu setiap industri manufaktur dituntut untuk meningkatkan produksinya baik dari segi proses maupun dari kualitas produk dan biaya produksi juga dituntut pula untuk meningkatkan ketepatan waktu produksi sehingga produk dapat diselesaikan pada waktu yang tepat, *JIS (Just in Time)*.

Proses manufaktur adalah proses terpadu pengembangan suatu produk mulai proses perancangan hingga produk tersebut direalisasikan. Proses manufaktur bisa berjalan dengan lancar apabila terjadi keterpaduan yang baik antara komponen-komponen pendukungnya, mulai dari proses perancangan, proses pemesinan/pabrikasi dan proses perakitan.

Jenis pekerjaan yang paling sering dikerjakan di antaranya adalah *Presstool*, di mana peralatan tersebut adalah termasuk jenis peralatan perkakas presisi dengan ketelitian tinggi, sehingga dalam proses manufakturnya diperlukan keterampilan, dan juga alat bantu khusus yang mampu memberi kelancaran dalam proses pengerjaannya.

Presstool adalah salah satu jenis peralatan yang memegang peranan penting dalam proses

produksi terutama untuk komponen-komponen yang diproduksi dalam jumlah banyak, sehingga apabila terjadi keterlambatan dalam proses penyelesaiannya akan berpengaruh pada proses produksi selanjutnya yang akan mengakibatkan kerugian. Untuk menghindari permasalahan ini perlu dicari penyebabnya yang kemudian dicari solusinya untuk menghasilkan *Press tool* dalam waktu (*lead time*) yang singkat, ekonomis dan berkualitas.



Gambar 1. *Presstool* sebelum disetting



Gambar 2. *Presstool* sesudah disetting
Presstool yang terdiri dari bagian pembentuk bawah *Dies* dan bagian pembentuk atas *Punch*. harus dipasang dengan posisi koordinat kesumbuan yang sangat teliti.

Batasan Masalah

Perakitan *Press tool* dengan dimensi *Base Plate* 200 sampai 400 mm, dilakukan secara manual, kondisi ini tidak efektif dan tidak efisien dan juga tidak aman bagi operator. Dengan permasalahan tersebut di atas timbul pemikiran bagaimana mempercepat dan mempermudah proses perakitan dan penyetingan *Presstool* supaya dapat menghasilkan pembuatan *Presstool* dalam waktu (*lead time*) yang singkat, berkualitas dan aman bagi operator. Hal ini diwujudkan dalam bentuk perancangan dan pembuatan alat bantu perakitan *Presstool* dengan mengaplikasikan metode VDI 2222 dengan kontrol analisis kekuatan konstruksi menggunakan *Finite Element Analysis (FEA)* sehingga proses perancangan diharapkan bisa lebih optimal.

Tujuan Penelitian

Perancangan dan Pembuatan alat bantu perakitan *Presstool* dengan mengaplikasikan metode VDI 2222 dan DFMA (*Design for Manufacture and Assembly*) ini bertujuan untuk:

- Memudahkan proses perakitan, penyetingan dan perbaikan *Presstool*
- Mengefisienkan waktu perakitan dan penyetingan hingga ~ 50 %
- Menjamin keamanan operator.

METODOLOGI PENELITIAN

Kerangka Penelitian

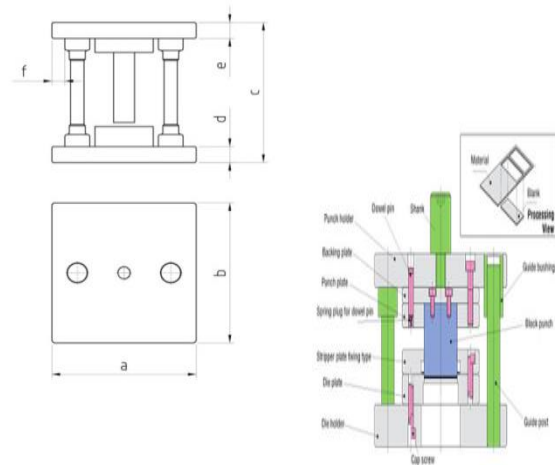
Kegiatan penelitian disusun langkah-langkah penelitian yang dilakukan bertahap mulai dari rumusan masalah, menentukan hasil penelitian, metologi penelitian, pengolahan data, analisis dan pemecahan masalah, kemudian dilanjutkan dengan verifikasi hasil pemecahan masalah dan kesimpulan.

Metode penelitian dan pengolahan data penelitian, analisis dan pemecahan masalah akan dilaksanakan menggunakan metodologi pendekatan sistematis (*Systematic Approach*) dengan VDI 2222.

Menentukan Persyaratan Desain

Persyaratan Fungsional

Fungsi utama dari alat bantu yang di rencanakan adalah untuk dapat digunakan memakai berbagai jenis *Press tool*.



Gambar 3 dimensi *Press tool*

Persyaratan Operasional

Alat bantu perakitan *Press tool* yang akan dibuat harus dapat memenuhi tujuan yang ingin dicapai, di antaranya :

- Memudahkan proses perakitan, penyetingan dan perbaikan *Press tool*
- Mengefisienkan waktu perakitan & penyetingan
- Menjamin keamanan operator

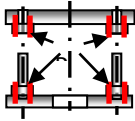
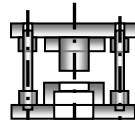
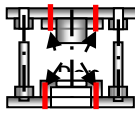
Langkah perakitan *press tool* didapat dari hasil pengamatan di lapangan.

Tabel 1 Dimensi *die set*

| Nominal | Panjang, a | Lebar, b | Tinggi, c | Tebal Plat | | Jarak dari sisi, f |
|---------|------------|----------|-----------|------------|----|--------------------|
| | | | | d | e | |
| Min. | 200 | 160 | 150 | 20 | 20 | 20 |
| Max | 350 | 300 | 300 | 30 | 30 | 30 |

Tabel 2 Spesifikasi langkah perakitan *Press tool*

| Langkah | Aktifitas | Gambar |
|---------|--|--------|
| 1 | Perakitan <i>Die-Set</i> | |
| 1.1 | Perakitan semi kencang Plat bawah, Bush dan Tiang pengarah (<i>Guide-Pillar</i>) | |
| 1.2 | Penyetingan kesumbuan Tiang /Sarung pengarah | |

| | | |
|-----|--|---|
| 1.3 | <i>Pemasangan Pena penepat</i> , Bush dudukan tiang dibor bersama dengan pelat bawah untuk pemasangan pena penepat, dan Sarung pengarah terhadap Plat atas |  |
| 2 | Perakitan Punch & Dies |  |
| 2.1 | <i>Dies</i> dipasang pada plat bawah dan <i>Punch</i> dipasang pada plat atas | |
| 2.2 | <i>Punch</i> dan <i>dies</i> diseting kesumbuannya dengan <i>clearance</i> tertentu untuk mendapatkan hasil pemotongan yang optimal | |
| 2.3 | <i>Pemasangan Pena penepat</i> , Setelah kesumbuan punch & dies didapat, dipasang pena penepat, |  |

Spesifikasi Teknik dan Daftar Tuntutan

Alat bantu perakitan *Press tool* yang akan dirancang disesuaikan dengan kebutuhan di bengkel Polman Negeri Bandung, namun demikian alat inipun sudah barang tentu dapat dipergunakan di semua bengkel manufaktur yang bergerak dalam pembuatan *Presstool* selama bengkel tersebut mengikuti standar perakitan *Presstool* yang benar.

Dari uraian mengenai persyaratan desain dan proses rancangan yang sudah ada maka dapat ditetapkan spesifikasi teknik alat yang akan di rancang serta daftar tuntutan alat yang baru dapat diproduksi, sebagaimana ditunjukkan pada tabel 2.

Spesifikasi Alat

Alat yang akan dirancang mempunyai spesifikasi sebagai berikut :

- Dapat memegang *Presstool* ukuran maksimum 350 x 300 x 300 mm
- Dapat dioperasikan oleh satu orang operator
- Dapat menaik turunkan die-set bagian atas
- Dapat memutar balikan dies-set bagian atas
- Menjamin kesatusumbuan guide pillar dan guide bush
- Menjamin kesatusumbuan punch dan dies

Tabel 3 Daftar tuntutan alat

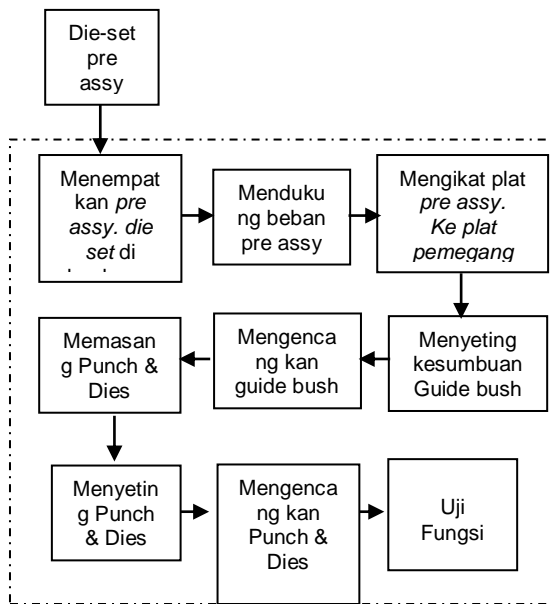
| No | Daftar Persyaratan | Spesifikasi |
|----|--|-----------------------------------|
| 1 | Persyaratan Utama | |
| | a. Dimensi max. <i>Press tool</i> yang akan dirakit | Maksimal 350 x 300x 300 mm |
| | b. Dapat menaik turunkan <i>die-set</i> bagian atas | Maksimal 1.000 mm |
| | c. Berat benda kerja max. yang diangkat | 50 kg |
| | d. Dapat memutar balikan plat pemegang <i>die-set</i> bagian atas pada posisi vertikal | 90° terhadap meja kerja |
| | e. Efisiensi waktu proses setting <i>Press tool</i> | ~ 50 % |
| 2 | Persyaratan Kedua | |
| | a. Pengoperasian | Manual & Semi Otomatis |
| | b. Jumlah operator | 1 (satu) orang |
| | c. Mudah dalam pembuatan | Bisa dikerjakan di bengkel Polman |
| | d. Keselamatan Kerja | Aman |
| 3 | Keinginan | |
| | a. Mudah dan nyaman dalam pengoperasian | Ergonomis |
| | b. Perakitan | Mudah |
| | c. Perawatan | Mudah |

Pembagian Fungsi

Pada tahapan ini dilakukan pembagian fungsi pada alat bantu perakitan *Presstool* ini sebagai sarana untuk pencarian alternatif dan pemecahan masalah fungsi tersebut. Pembagian fungsi keseluruhan menjadi fungsi-fungsi bagian diawali dengan metode *Black Box Concept*. Dengan merumuskan fungsi keseluruhan dan fungsi bagian ditunjukkan pada Gambar 3 dan 4.

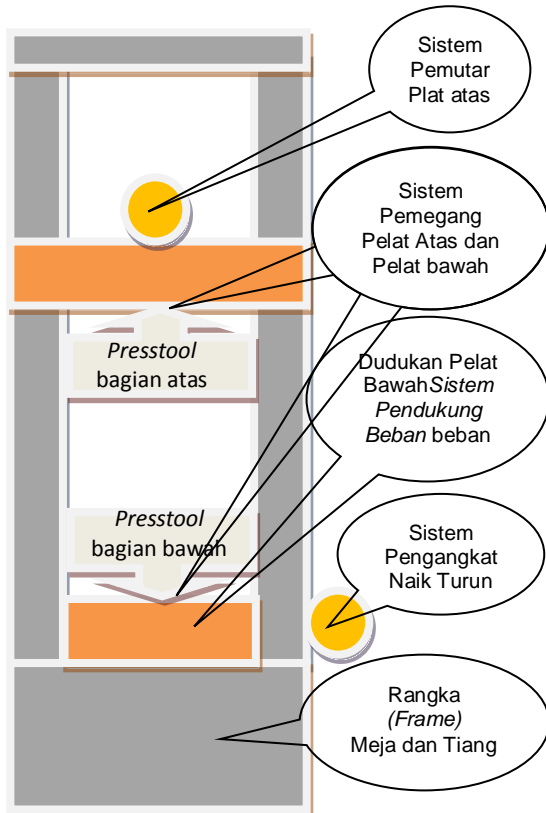


Gambar 4 Sket dan fungsi bagian



Gambar 5 Fungsi Bagian

Setelah fungsi keseluruhan dan fungsi-fungsi bagian terdefiniskan maka dibuatkan sket sistem konstruksi sebagai sarana untuk pencarian alternatif konstruksi dan pemecahan masalah masing-masing fungsi bagian tersebut, sehingga prinsip kerja dari alat yang akan dirancang terlihat jelas.



Gambar 6 Sket dan fungsi bagian

Alternatif Fungsi Bagian

a. Sistem Naik Turun

Tabel 4 Alternatif sistem naik turun

| A-1 | ALT 1 | A-2 | ALT 2 | A-3 | ALT 3 |
|------------------------------|-------|---------------------------------------|-------|------------------------------------|-------|
| Hidrolik & Batang | | Gear-box & Rack pinion | | Puli, belt & Ball-screw | |
| | | | | | |
| Kelebihan | | Kelebihan | | Kelebihan | |
| Kepresisian dimensi baik | | Komponen standar | | Terdapat di pasaran | |
| Konstruksi simpel. | | Gerakan dapat diatur sesuai kebutuhan | | Tidak butuh pelumasan | |
| Gerakan mulus. | | | | Gerakan mulus | |
| Kekurangan | | Kekurangan | | Kekurangan | |
| Mahal. | | Konstruksi rumit. | | Perlu power supply untuk motor | |
| Perlu power compressor | | Gerakan kasar | | | |

b. Sistem Dudukan Beban




Tabel 5 Alternatif sistem dudukan beban

| B- | ALT | B-2 | ALT | B- | ALT 3 |
|-----------------------|-----|-------------------------|-----|--------------------------------------|-------|
| Landasan Embos | | Landasan bearing | | Landasan Bola | |
| | | | | | |
| Kelebihan | | Kelebihan | | Kelebihan | |
| Konstruksi sederhana | | Kuat/stabil | | Gerakan lebih flexible ke semua arah | |
| Mudah diganti-ganti | | Komponen mudah didapat | | Stabil | |

| Kekurangan | Kekurangan | Kekurangan |
|--|---|---|
| Kurang kuat menahan beban tekanan dari jepitan | Gerakan searah Konstruksi rumit Mahal | proses pengerjaan harus teliti untuk mendapatkan ketinggian yang merata |



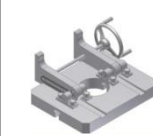
c. Sistem Pemegang Pelat

Tabel 6 Alternatif sistem pencekam plat

| C-1 | ALT 1 | C-2 | ALT 2 | C-3 | ALT 3 |
|---|-------|---|-------|---|-------|
| <i>T-Slot</i> | | <i>Hook Clamp</i> | | Togel | |
|  | |  | |  | |
| Kelebihan | | Kelebihan | | Kelebihan | |
| Komponen mudah didapat | | Komponen mudah didapat | | Pengoperasian simple | |
| | | Pengerjaan mudah. | | Klem fix terpasang pada plat | |
| Kekurangan | | Kekurangan | | Kekurangan | |
| Permesinan mahal | | Komponen lepas pasang | | Ukuran plat yang ditekan terbatas | |
| Komponen lepas pasang | | | | Mahal | |

d. Sistem Pemutar Bukaan Atas

Tabel 7 Alternatif sistem pemutar bukaan atas

| D-1 | ALT 1 | D-2 | ALT 2 | D-3 | ALT 3 |
|---|-------|---|-------|---|-------|
| Roda Gigi Payung & Cacing | | <i>Gearbox (Rg lurus)</i> | | Tuas | |
|  | |  | |  | |



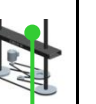






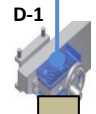
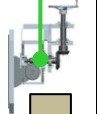
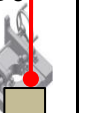
| Kelebihan | Kelebihan | Kelebihan |
|-----------------------|------------------------------|-----------------------------|
| Gaya operator kecil. | Gaya operator kecil. | Komponen sedikit. |
| Kekurangan | Kekurangan | Kekurangan |
| Konstruksi agak rumit | Membutuhkan ruang yang luas. | Konstruksi rumit. |
| | | Gaya yang diperlukan besar. |

Variasi Konsep

Dari kotak morfologi yang telah dibuat di atas, maka alternatif – alternatif fungsi bagian dikombinasikan atau dikelompokkan menjadi alternatif fungsi keseluruhan yang terbagi menjadi tiga jenis variasi konsep (lihat tabel 8).

Garis pemilihan alternatif fungsi keseluruhan diambil secara acak berdasarkan instuisi perancang. Konstruksi minimal diambil 3 alternatif untuk dibandingkan satu sama lain dengan melihat kelebihan dan kekurangan dari setiap alternatif konstruksi yang diambil, sehingga akan didapat alternatif konstruksi yang terbaik.

Tabel 8 Variasi Konsep

| NO | FUNGSI BAGIAN | ALTERNATIF FUNGSI BAGIAN | | |
|----|--------------------------------------|--|--|--|
| | | ALT 1 | ALT 2 | ALT 3 |
| 1 | Fungsi Pengangkat Naik Turun | A-1  | A-2  | A-3  |
| | | B-1  | B-2  | B-3  |
| 3 | Fungsi Pemegang pelat atas dan bawah | C-1  | C-2  | C-3  |
| | | D-1  | D-2  | D-3  |
| 4 | Fungsi Pemutar Bukaan Atas | | | |
| | AFK* | AFK 1 | AFK 2 | AFK 3 |

Keterangan : AFK adalah Alternatif Fungsi Keseluruhan.

Penilaian Alternatif

Penilaian dari masing-masing alternatif fungsi keseluruhan akan memberikan alasan pemilihan suatu konsep rancangan yang optimal. Penilaian ini berdasarkan kepada aspek-aspek tertentu yang akan menentukan layak atau tidak layaknya suatu konsep rancangan untuk direalisasikan. Aspek-aspek tersebut adalah aspek teknik yang meliputi pencapaian fungsi utama, pengoperasian, kehandalan, konstruksi, kemudahan dalam perawatan dan aspek ekonomis.

Penilaian dilakukan dengan cara memberikan nilai- nilai sebagai berikut:

Tabel 9 Kriteria Nilai

| | | | | |
|-------------|------|-------|--------|---------------|
| Sangat baik | Baik | Cukup | Kurang | Sangat kurang |
| 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |

Penilaian Dari Segi Teknis

Tabel 10 Penilaian Teknis

| ASPEK YANG DINILAI | Bobot (%) | AFK | | | | | |
|---------------------------|-----------|-------|-------|-------|-----|---|-----|
| | | AFK 1 | AFK 2 | AFK 3 | | | |
| Fungsi utama | | | | | | | |
| * Fungsi gerak naik turun | 20 | 4 | 80 | 5 | 100 | 3 | 60 |
| * Fungsi gerak putar/ayun | 20 | 3 | 60 | 4 | 80 | 3 | 60 |
| * Fungsi dudukan beban | 15 | 4 | 60 | 5 | 75 | 3 | 45 |
| * Fungsi pemegang pelat | 15 | 3 | 45 | 4 | 60 | 3 | 45 |
| Pengoperasian | 10 | 5 | 50 | 5 | 50 | 3 | 30 |
| Perakitan | 10 | 4 | 40 | 3 | 30 | 3 | 30 |
| Perawatan | 10 | 3 | 30 | 4 | 40 | 3 | 30 |
| Nilai Total | 100 | | 365 | | 435 | | 280 |
| Persentase | | | 73% | | 87% | | 60% |

Keterangan : Besarnya bobot ditentukan berdasarkan kepentingan dari setiap fungsi. Faktor penilaian fungsi ditentukan berdasarkan

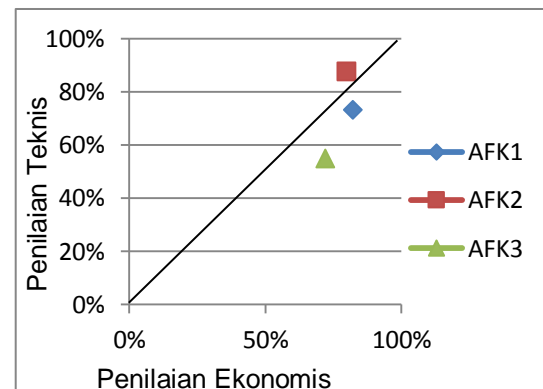
pencapaian fungsi dari setiap alternatif fungsi keseluruhan alat.

Penilaian Dari Segi Ekonomis

Tabel 11 Penilaian Ekonomis

| ASPEK YANG DINILAI | Bobot (%) | AFK | | | | | |
|----------------------|-----------|-------|-------|-------|-----|---|-----|
| | | AFK 1 | AFK 2 | AFK 3 | | | |
| Permesinan | 45 | 5 | 225 | 4 | 180 | 3 | 135 |
| Jumlah komponen | 25 | 5 | 125 | 4 | 100 | 3 | 75 |
| Harga Elemen standar | 30 | 2 | 60 | 4 | 120 | 5 | 150 |
| Nilai Total | 100 | | 410 | | 400 | | 360 |
| Persentase | | | 82% | | 80% | | 72% |

Keputusan



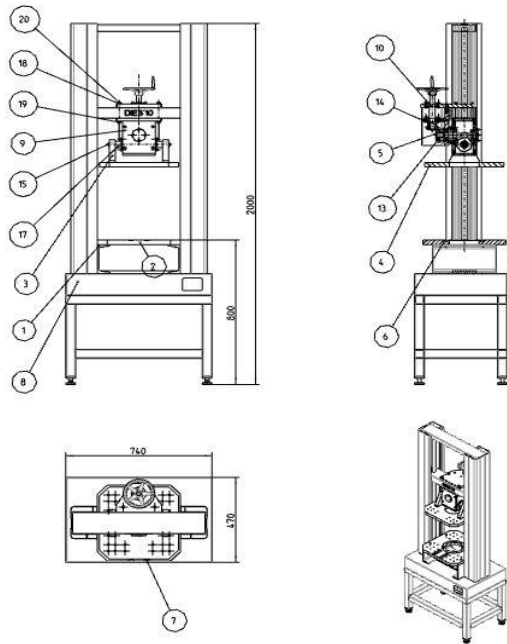
Gambar 7 Kombinasi Penilaian (Diagram S)

Berdasarkan diagram S di atas maka fungsi kombinasi yang paling ideal dari ke 3 alternatif diatas adalah alternatif 2. Keputusan ini didasarkan pada penilaian ketiga alternatif fungsi keseluruhan terhadap aspek teknis dan aspek ekonomis.

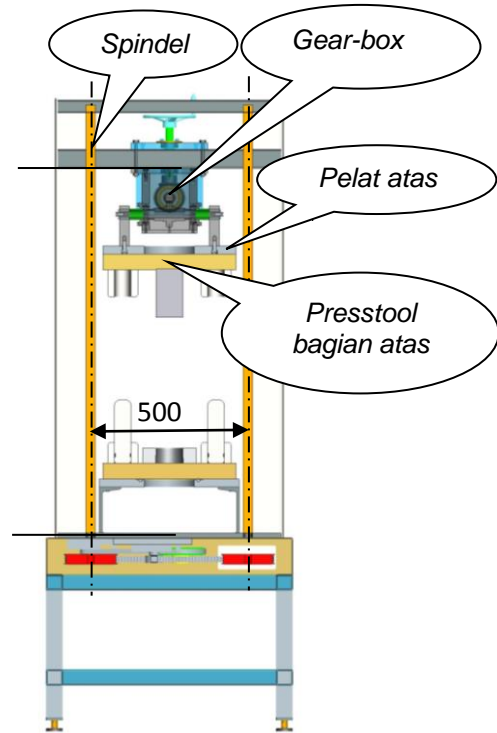
Penyelesaian

Gambar Kerja Bagian dan Susunan

Tahapan penyelesaian akhir yang harus dilakukan adalah melakukan penggambaran gambar kerja bagian dan gambar kerja susunan. Selain itu gambar kerja bagian dan gambar kerja susunan dapat juga dijadikan sebagai dokumentasi bagi perusahaan.



Gambar 8 Gambar Susunan



Gambar 9 Bagian Press tool

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Dalam bab analisis dan pemecahan masalah ini, dari draft konstruksi yang sudah dibuat akan dianalisis tentang kelayakan konstruksi dan kebenaran perhitungannya berdasarkan kekuatan bahan, yang kemudian dioptimasi dengan menggunakan Software Finite Elemen (FEA) sehingga kekuatan konstruksi bisa dipertanggung jawabkan secara utuh.

Analisis Perhitungan Konstruksi

Alat bantu perakitan *Presstool* yang dirancang kekuatannya akan dianalisis menurut kaidah-kaidah ilmu kekuatan bahan (*strength of material*) berdasarkan beban maksimum dari *Press tool* yang boleh dirakit, terutama pada daerah-daerah yang dianggap kritis. Seperti spindle pengangkat, batang pengangkat dan poros gearbox yang kemudian dioptimasi dengan menggunakan *Software Finite Elemen Analysis (FEA)*

Tiang/Spindel Pengangkat

Pada bagian ini akan dilakukan perhitungan kekuatan Tiang untuk memastikan tiang kuat tidaknya membawa beban, untuk itu akan dihitung tegangan-tegangan yang terjadi pada tiang dan membandingkannya dengan tegangan yang diizinkan.

Berat didapat dari volume (V) x berat jenis (ρ)

$$W_{max} = Volume (V) \times berat\ jenis (\rho)^*$$

*Berat jenis bahan steel $\rho = 7.83 \cdot 10^{-6} [kg/mm^3]$

- Press tool bagian atas, W1 = 38 kg*
- Pelat Atas W2 = 40 kg*
- Gearbox lengkap W3 = 32 kg*
- Berat total W total = 110 kg*

$$Gaya\ berat = Berat\ total \times\ gravitasi$$

$$g = 9,81\ m/s^2 = 10\ m/s^2$$

jadi Gaya berat max. **F g=1100 N**

Beban yang diterima pada tiap tiang adalah :

$$F_A = F_B = \frac{F_g}{2} = \frac{1100}{2} = 550N$$

Tiang Spindel diambil *ball screw THK Type DCM 20*

Dari katalog *ball-screw* didapat dimensi-dimensi yang diperlukan di antaranya :

- Diameter luar, $Dk = 32\ mm,..$
- Diameter kaki, $Do = 29\ mm,$
- Diemeter pitch, $Dr = 25,5\ mm,.$

Panjang mur pembawa, $L = 40\ mm$

Bahan St 37

Tegangan izin :

$$\sigma_{bizin} = \frac{Re}{Sf} = \frac{240}{2} = 120 \frac{N}{mm^2}$$

Dengan beban seperti pada gambar 8 Spindel menerima beban tekan dan takik

- Tegangan Tekan

$$\sigma_d = \frac{F}{As} = \frac{550.4}{\pi.25,5^2} = 1.08 \frac{N}{mm^2} < \sigma_{izin} \text{ OK Kuat}$$

- Tegangan Takik/Buckling, derajat kelangsingan, λ

$$\lambda = \frac{4.L_{maks}}{Dr} = \frac{4.1000}{25,5} = 157$$

derajat kelangsingan $\lambda > 89$, maka takik elastis dihitung berdasarkan EULER

- Tegangan Takik Euler

$$\sigma_{ke} = \frac{E.\pi^2}{\lambda^2} = \frac{210000.\pi^2}{157^2} = 84 N/mm^2 < \sigma_{izin}$$

OK, Kuat

Dari hasil perhitungan di atas konstruksi tiang Spindel dinyatakan kuat menahan beban karena :

- Tegangan tekan yang terjadi di bawah Tegangan yang diizinkan

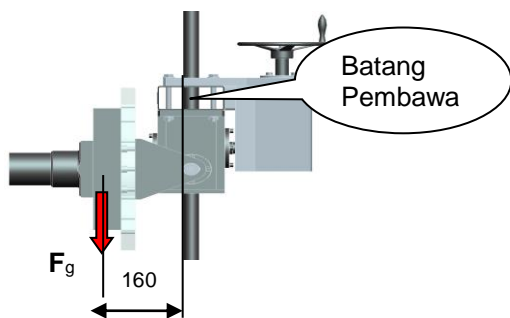
$$\sigma_d = 1,08 N/mm^2 < \sigma_{izin} = 120 N/mm^2$$

- Tegangan takik yang terjadi di bawah Tegangan yang diizinkan

$$\sigma_{ke} = 84 N/mm^2 < \sigma_{izin} = 120 N/mm^2$$

Batang Pembawa

Batang pembawa dihitung pada kondisi paling kritis yaitu pada posisi pelat pemegang vertikal, pada posisi ini batang pembawa akan mengalami pembebanan punter dan bengkok, dan juga akan dikontrol terhadap defleksi yang terjadi.



Gambar 10 Pelat Pembawa

Batang diambil dari profil hollow Dari tabel DIN 10210-2 didapat Besi Hollow □ 100 x 50

$$\begin{aligned} A &= 8,54 \text{ cm}^2, \\ W_y &= 14,1 \text{ cm}^3, & W_p &= 25,1 \text{ cm}^3, \\ I_y &= 429 \text{ cm}^4 \end{aligned}$$

Bahan : St. 37

Dari tabel bahan didapat

$$\begin{aligned} Rm &= 370 \text{ N/mm}^2, Re = 240 \text{ N/mm}^2, \\ E &= 210.000 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Jarak titik berat ke sumbu batang = $(\sum \text{Berat} \times \text{jarak}) / \sum \text{Berat} = 62,1 \text{ mm}$

Tegangan izin :

$$\sigma_{izin} = \frac{Re}{Sf} = \frac{240}{2.5} = 96 \frac{N}{mm^2}$$

Tegangan yang terjadi :

- Tegangan Puntir :

$$\tau_p = \frac{Mp}{Wp} = \frac{Fg.R}{Wp} = \frac{1100.62,1}{25100} = 2,722 \frac{N}{mm^2}$$

- Tegangan Bengkok

$$\sigma_b = \frac{Mb}{W} = \frac{Fg.L}{4.W} = \frac{1100.500}{4.14100} = 9,75 \frac{N}{mm^2}$$

- Tegangan Gabungan

$$\sigma_b = \sqrt{\sigma_b^2 + \tau_p^2} = \sqrt{9,75^2 + 3,2722^2} = 10,83 < \sigma_{izin}$$

Tegangan yang terjadi < tegangan izin
10,83 N/mm² < 96 N/mm² KUAT

Defleksi :

$$f = \frac{F.L^3}{48.E.I_y} = \frac{1100.500^3}{48.210000.429000} = 0.032 \text{ mm}$$

ketentuan desain konstruksi mesin perkakas Batasan defleksi yang diizinkan [13] adalah :

$$\begin{aligned} f_{izin} &= 0,001.L \dots 0,003.L \\ f_{izin} &= 0,5 \text{ mm} \dots 1,5 \text{ mm} \end{aligned}$$

Defleksi yang terjadi < defleksi yang diizinkan
0.32 < 0,5 mm ⇒ aman.

Analisis Metode Elemen Hingga

Setelah dilakukan analisis perhitungan konstruksi melalui perhitungan secara manual, tahap selanjutnya adalah melakukan pemeriksaan perhitungan secara numerik dengan bantuan

perangkat lunak rekayasa *engineering (software for engineering)*.

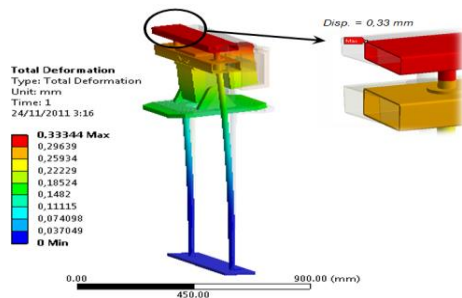
Validasi desain konstruksi alat bantu *setting Presstool* ini dilakukan dengan bantuan *software ANSYS Workbench V11*. Analisis dilakukan hanya pada beberapa konstruksi atau fungsi bagian yang dianggap kritis. Analisis elemen hingga dilakukan untuk menentukan distribusi tegangan dan karakteristik pada daerah kritis. Fungsi bagian yang akan dianalisis di antaranya adalah tiang/spindel pengangkat, batang pembawa dan poros transmisi roda gigi cacing. Tahapan analisis yang dilakukan di antaranya meliputi :

- Membuat model geometri dan model *finite element*
- Mendefinisikan/memilih material
- Menentukan kondisi batas, sistem tumpuan dan pembebanan
- Melakukan analisis tegangan untuk beberapa fungsi bagian yang telah ditetapkan
- Menginterpretasikan hasil analisis

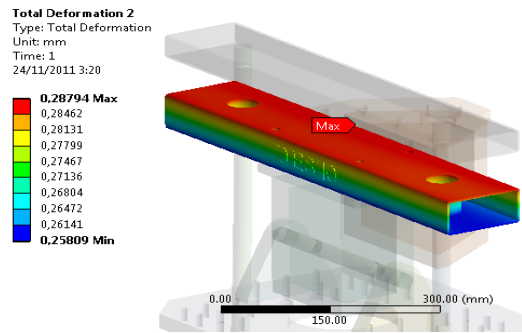
Hasil analisis elemen hingga (FEA)

Analisis elemen hingga yang dilakukan pada ketiga kasus ini akan melihat karakteristik dan distribusi dari tegangan (*stress von mises*) dan *displacement* yang terjadi. Kondisi yang terjadi harus masih dalam batas yang diizinkan.

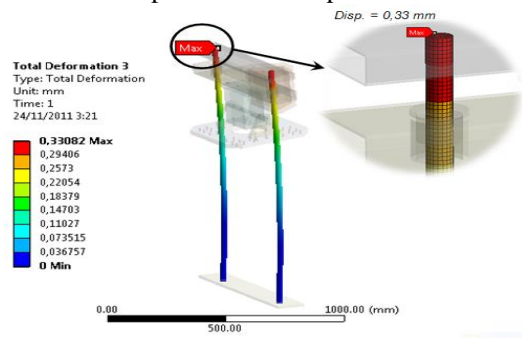
a) *Displacement* dan tegangan kasus pertama
 Pemeriksaan *displacement* dilakukan pada konstruksi keseluruhan dan pada beberapa komponen yang dianggap kritis. Total *displacement* yang terjadi pada konstruksi keseluruhan kasus pertama sebesar 0,33 mm. Kondisi ini terjadi pada batang profil bagian atas. Sementara pada batang pembawa *displacement* yang terjadi sebesar 0,28 mm di bagian atas. Sementara *displacement* pada poros spindel 0,33 mm. kondisi ini masih dalam batas yang diizinkan. Demikian pula halnya tegangan yang terjadi pada keseluruhan komponen, semua masih dalam batas yang diizinkan.



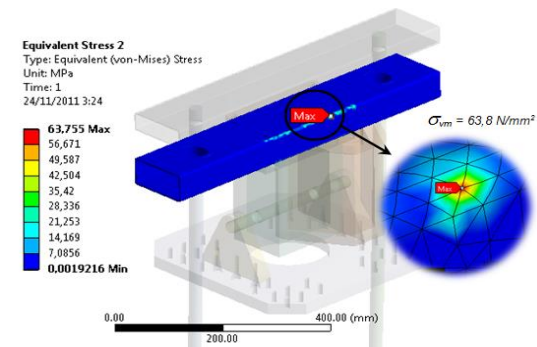
Gambar 11.Total *displacement* pada konstruksi keseluruhan kasus pertama



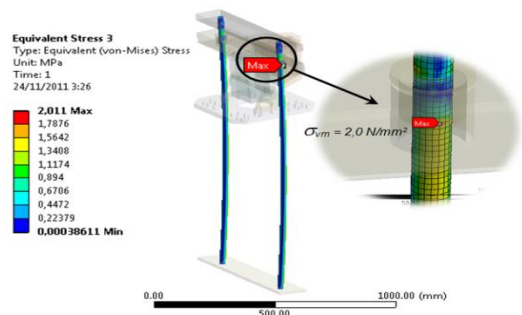
Gambar 12.Total *displacement* pada batang pembawa kasus pertama



Gambar 13.Total *displacement* pada poros spindel kasus pertama



Gambar 14 *Stress von mises* pada batang pembawa kasus pertama



Gambar 15 *Stress von mises* pada poros spindel kasus pertama

Rangkuman hasil analisis elemen hingga(FEA)

Hasil analisis selengkapnya dapat dilihat pada tabel 12 di bawah ini. Semua kondisi yang terjadi pada konstruksi alat bantu setting *Press tool* masih dalam batas yang diizinkan.

Tabel 12 Rangkuman hasil analisis FEA

| Kasus | Komponen / Sistem konstruksi | Displacement Max. [mm] | Stress von mises [N/mm ²] |
|---------|------------------------------|------------------------|---------------------------------------|
| Pertama | Konstruksi keseluruhan | 0,33 | 63,76 |
| | Batang pembawa | 0,29 | 63,76 |
| | Poros spindel | 0,33 | 2,01 |
| Kedua | Konstruksi keseluruhan | 0,49 | 95,50 |
| | Batang pembawa | 0,43 | 95,50 |
| | Poros spindel | 0,49 | 2,59 |

Analisis Data Hasil Penelitian

Setelah alat bantu perakitan *Press tool* hasil rancangan selesai dibuat dan diuji coba, dilakukan penelitian pengukuran waktu penyetingan *Presstool* dengan metode perbandingan hasil yang dilakukan mahasiswa polman jurusan teknik pembuatan perkakas presisi pada saat mereka melakukan uji kompetensi perakitan *Presstool*.

Seperti yang biasa dilakukan mahasiswa polman saat uji kompetensi, perakitan *Presstool* dilakukan secara manual, namun setelah alat bantu perakitan *Presstool* yang dirancang telah selesai dibuat, mahasiswa juga mencoba melakukan perakitan *Press tool* yang sama dengan menggunakan alat bantu yang sudah dipersiapkan.

Data Waktu Penyetingan *Press tool* Secara Manual dan Menggunakan Alat Bantu

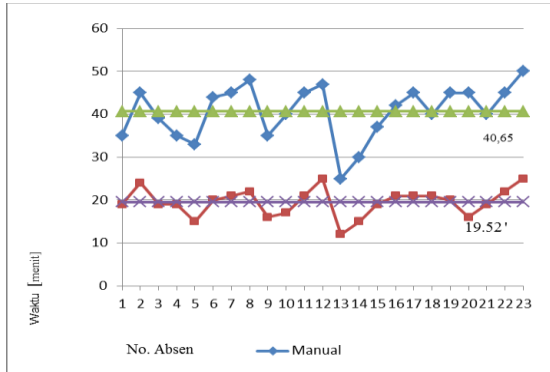
Jumlah mahasiswa yang melakukan kegiatan ini adalah 1 grup dengan jumlah mahasiswa 23 orang, Pengukuran waktu dilakukan menggunakan stop-watch yang dimulai dari mereka melakukan persiapan, perhitungan kelonggaran (*Clearance*) hingga uji coba pada mesin press banting. Rekap data pengukuran ditampilkan pada tabel 13 di bawah ini

Tabel 13 Rekap data waktu penyetingan *Press tool* oleh mahasiswa

| No | No. Koin | Waktu Setting | | |
|----|----------|---------------|--------------|---------------|
| | | MANUAL | Dgn ALAT | EFESIENSI |
| 1 | TM 01 | 35 | 19 | 45.71% |
| 2 | TM 02 | 45 | 24 | 46.67% |
| 3 | TM 03 | 39 | 19 | 51.28% |
| 4 | TM 04 | 35 | 19 | 45.71% |
| 5 | TM 05 | 33 | 15 | 54.55% |
| 6 | TM 06 | 44 | 20 | 54.55% |
| 7 | TM 07 | 45 | 21 | 53.33% |
| 8 | TM 08 | 48 | 22 | 54.17% |
| 9 | TM 09 | 35 | 16 | 54.29% |
| 10 | TM 10 | 40 | 17 | 57.50% |
| 11 | TM 11 | 45 | 21 | 53.33% |
| 12 | TM 12 | 47 | 25 | 46.81% |
| 13 | TM 13 | 25 | 12 | 52.00% |
| 14 | TM 14 | 30 | 15 | 50.00% |
| 15 | TM 15 | 37 | 19 | 48.65% |
| 16 | TM 17 | 42 | 21 | 50.00% |
| 17 | TM 18 | 45 | 21 | 53.33% |
| 18 | TM 19 | 40 | 21 | 47.50% |
| 19 | TM 21 | 45 | 20 | 55.56% |
| 20 | TM 22 | 45 | 16 | 64.44% |
| 21 | TM 23 | 40 | 19 | 52.50% |
| 22 | TM 24 | 45 | 22 | 51.11% |
| 23 | TM 25 | 50 | 25 | 50.00% |
| | | 40.65 | 19.52 | 51.87% |

Hasil Penelitian

Hasil yang didapat dari hasil pengamatan mahasiswa pada saat melakukan uji kompetensi perakitan *Presstool* ditampilkan dalam grafik di bawah ini



Gambar 16. Data waktu penyetingan alat

Dari Gambar di atas, dapat dilihat bahwa:

- Rata-rata total waktu yang dibutuhkan secara manual = 40.65 menit
- Rata-rata total waktu yang dibutuhkan dengan alat bantu = 19.52 menit
- Perbedaan waktu rata-rata : 40.65 menit – 19.52 menit = 21.13 menit
- Efisiensi waktu yang didapat dari manual ke proses dengan alat bantu adalah sebagai berikut :

$$(21.13/40.65) \times 100 \% = 51.9 \%$$

Bila dibandingkan dengan target efisiensi yang diinginkan seperti yang tersebut dalam salah satu tujuan dari pembuatan alat bantu ini (tertulis pada bab I) adalah ~ 50 %, maka target ini tercapai.

KESIMPULAN

Setelah dilakukan perancangan, pembuatan dan uji coba alat bantu perakitan *Press tool* bisa diambil kesimpulan sebagai berikut :

- 1 Proses penyetingan untuk mendapatkan kesatusumbuan *Press tool* secara manual sudah harus ditinggalkan, dan diganti dengan menggunakan alat bantu perakitan hasil rancangan tesis ini.
- 2 Rancangan alat telah dilakukan analisis kekuatan konstruksi berdasarkan ilmu kekuatan bahan (*strength of material*) secara manual dan dianalisis juga dengan Metoda Elemen Hingga (*software finite element*) pada komponen kritis tiang / spindle pengangkat dan batang pembawa, hasilnya adalah semua tegangan dan defleksi yang terjadi berada di bawah tegangan dan

defleksi yang diizinkan. untuk konstruksi peralatan perkakas presisi.

- 3 *Press tool* yang bisa disetting di alat ini berukuran maksimum 350x300x300 mm dengan berat *Press tool* bagian atas maksimum 50 kg.
- 4 Efisiensi yang didapat setelah dilakukan uji coba dibanding secara manual adalah sebesar ~ 51,9 %
- 5 Alat bantu perakitan yang dirancang dapat memberikan kemudahan, kenyamanan dan keamanan bagi operator

DAFTAR PUSTAKA

- [1] G.Pahl & W. Beitz. 1996. *Engineering Design A Systematic Approach*. Spriner-Verlag London.
- [2] Goeffrey Boothroyd. Peter Dewhurst. &Winston Knight. 1994. *Product Design for Manufacture and Assembly*. Marcel Dekker Inc.
- [3] McGraw-Hill. 2004. *Metal Stamping Dies. Their Konstruktion. and Assembly*.
- [4] Roloff/Matek. 1984..*Mashinenelemente*. Viewegs Fachbueher der Technik. Braunsweig Germany
- [5] Alfred Boge. 1980. *Mechanik und Festigkeitslehre*. Viewegs Fachbueher der Technik. Braunsweig Germany.
- [6] Alfred Boge. 1992. *Das Techniker Handbuch 13 Auflage*. Viewegs Fachbueher der Technik. Braunsweig Germany.
- [7] Heinrich L. Hilbert. 1970. *Stanzertechnik*. Carl Hanser Verlag Muenchen. Germany.
- [8] David Spittler. Jeff Lantrip. John Nee. David A. Smith (2003). *Fundamentals of Tool Design*. Society of Manufacturing Engineers.
- [9] Yatna Y.Martawirya dan M Tauviqurrahman. ITB. *Optimasi Desain Tata Letak Fixture dengan Analisa Elemen Hingga*. Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin UI. Nov 2006
- [10] DAG-Technikum. 1991. *Industriebetriebslehre*. Essen – Germany.
- [11] Tata Mc GrawHill. 2010. *Design of Machine Element*. VB. Bandhari
- [12] Kent.L. Lawrence, *Ansys Workbench Tutorial, Struktur & Thermal Analysis Ansys Workbench Release 11.0*, Environment, Schroff Development Corporation.