

PERANCANGAN DAN ANALISIS KEKUATAN KONSTRUKSI MESIN TEKUK PLAT HIDROLIK

Tyas Ari Wibowo¹, Wahyu Purwo Raharjo², Bambang Kusharjanta²

¹Program Sarjana Jurusan Teknik Mesin – Universitas Sebelas Maret

²Staf Pengajar – Jurusan Teknik Mesin – Universitas Sebelas Maret

Keywords :

*Bending machine
Solidwork analyze*

Abstract :

Manufacturing business has developed very rapidly this year; not only large companies but also small companies contribute to developing manufacturing business. Small-to-medium scale enterprises still use simple instruments compared with large companies. The example is bending process. The small-to-medium scale enterprises still use conventional method, such as knocking the material or clamping it, until the bended material and meet the objective. This process is not efficient and effective, because of much cost, time, and energy uses, but the quality of result is not guaranteed. Learning from that problem, the small-to-medium scale enterprises should reduce the expense using several affordable bending machines but have good quality to improve their productivity. This research aimed to get a plate bending machine design with low cost and high quality so that the small companies could compete with the large ones.

The designed bending machine should pass through calculation, 3D imaging and be simulated to get a safe bending machine design. The design process was conducted by obtaining the design concept developed by the respondents. The calculation of each component comprising it was conducted by using simulation feature of Solidwork 2012 software. From the design, calculation, and simulation processes, the strength of every machine component could be estimated, so that the selection of shape, size, and material of every component could be decided more effectively.

The result of design constituted bending machine work image in 2 m (length) x 1 m (width) x 2.6 m (height) dimension. The machine employed a hydraulic mechanic system with two actuator cylinders having 90 ton capacities and would be used to bend the material with ultimate strength to 370 N/mm² with the maximum thickness of 7 mm. From the result of simulation using Solidwork 2012 software, the design of machine could restrain the load of bending strength to 882 kN without construction failure.

PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi saat ini mengalami kemajuan yang sangat pesat. Kemajuan teknologi itu tidak terlepas dari dukungan dunia industri manufaktur dimana terdapat industri besar maupun industri kecil dan menengah.

Industri kecil menengah ataupun bengkel produksi yang sederhana, masih menggunakan alat atau mesin yang terbatas penggunaannya. Sebagai contoh adalah proses pengerjaan plat, masih banyak bengkel yang memproduksi plat dengan profil tekuk secara manual. Industri kecil masih melakukan penekukan plat masih dengan menggunakan palu dan landasan besi sebagai alas. Hal tersebut akan banyak menghabiskan waktu dengan hasil yang kurang terjamin kualitas. Plat yang ditekuk bisa saja sobek/cacat saat pemukulan selain itu kepresisian dan tampilan benda kerja kurang terjamin.

Bengkel yang mengerjakan penekukan plat besar sudah tidak menggunakan proses manual. Kebanyakan sudah menggunakan mesin universal

dengan sistem press secara pneumatik dan hidrolik untuk mempercepat proses produksi dan meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan. Mesin tekuk ini dapat menghasilkan produk dalam skala besar sehingga produk yang dihasilkan lebih cepat dibandingkan dengan manual. Hal tersebut bisa merebut pasar industri kecil yang tak mungkin bersaing dengan mesin yang harganya terlalu mahal dan jauh lebih efisien.

Untuk mengatasi masalah tersebut di atas maka penulis merancang mesin tekuk plat dengan mekanis hidrolik agar dapat mempercepat proses produksi dengan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan manual. Walaupun rancangan ini belum mampu bersaing dengan mesin tekuk universal, namun diharapkan mesin rancangan ini dapat meningkatkan efisiensi waktu dan tenaga untuk menghemat biaya produksi bengkel sederhana.

Pada penelitian ini akan dilakukan perancangan mesin tekuk yang kemudian akan dibuat pemodelan tiga dimensi dari hasil rancangan mesin tekuk plat

lalu akan dianalisis fungsi dan kekuatan konstruksinya menggunakan perangkat lunak Solidwork 2012, agar rancangan mesin dapat direalisasikan. Hasil akhir penelitian berupa rancangan gambar kerja produksi untuk pembuatan mesin tekuk plat.

BATASAN MASALAH

Batasan masalah yang digunakan pada penelitian ini antara lain :

1. Jenis material plat yang akan ditekuk adalah *mild steel* atau setara dengan DIN St 37.
2. Material plat yang dikerjakan dengan dimensi 2400 mm x 1200 mm, dengan ketebalan maksimal 7 mm.
3. Proses pengerjaan tekuk dilakukan dengan proses pengerjaan dingin dengan sudut penekukan 90°.
4. Pengujian dan analisis kekuatan konstruksi berupa simulasi pendekatan software.
5. Pengaruh pengelasan pada sambungan dianggap baik dan seragam.

TUJUAN

Tujuan penelitian ini antara lain :

1. Untuk mendapatkan rancangan mesin tekuk plat dengan spesifikasi material yang dikerjakan sesuai pada batasan masalah.
2. Untuk mengetahui kekuatan konstruksi rancangan mesin tekuk plat sehingga rancangan mesin dapat direalisasikan.

DASAR TEORI

Tinjauan Pustaka

Siswanto W.A (2006), menyatakan proses pembentukan lembaran logam atau plat (sheet metal forming) adalah proses penekanan plat datar sesuai dengan permukaan *die* sampai tahap deformasi plastis plat, sehingga terbentuk komponen baru sesuai dengan permukaan *die*.

Putra A.G (2010), sifat mekanik dan struktur mikro material mempengaruhi proses peregangan. Dalam setiap regangan yang terjadi saat penekukan maka terjadi radius bengkokan. Pada proses peregangan terjadi proses deformasi plastis yang mengakibatkan terjadinya penekukan.

Saefudin dan Shantika (2010), melakukan analisis statik struktur mesin pemadat log jamur tiram dengan menggunakan perangkat lunak Solidwork 2005 dan CosmosWorks 2004. Pengujian dilakukan dengan membuat geometri model komponen mesin, kemudian melakukan analisis statik melalui metode elemen hingga pada perangkat lunak. Hasil pengujian didapatkan tegangan, regangan, defleksi serta faktor keamanan yang terjadi pada komponen mesin.

Mesin Tekuk

Mesin tekuk adalah suatu alat atau perkakas yang akan digunakan untuk menekuk suatu material untuk mendapatkan profil tekukan atau bentuk lain yang sesuai yang dikehendaki. Untuk mendapatkan hasil tekukan yang baik dan sesuai dengan yang dikehendaki, maka tebal material tekuk sesuai dengan kemampuan dan kekuatan dari mesin tekuk tersebut. Kekuatan untuk menekuk material pada mesin tekuk biasanya berupa tekanan, sumber tekanan bisa didapatkan dari suspensi pegas, kekuatan aliran angin (pneumatik) maupun oli (hidrolik). Pengontrol sistem penekan bisa dilakukan secara manual maupun otomatis tergantung pada spesifikasi mesin tekuk yang digunakan.



Gambar 1. Mesin Tekuk Plat Tenaga Hidrolik

Bagian-bagian utama dari suatu mesin tekuk antara lain :

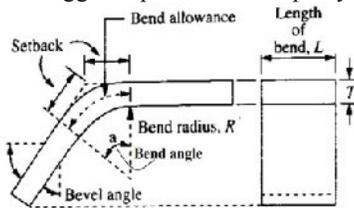
1. Sistem penekuk, bagian ini berupa komponen yang bekerja dan menghasilkan gaya tekan untuk proses penekukan.
2. *Punch*, bagian ini berupa profil dengan sudut tekuk tertentu berperan sebagai penyalur kekuatan penekuk material.
3. *Die*, bagian ini profil dengan sudut tekuk tertentu berperan sebagai landasan pada proses penekukan.
4. Rangka mesin, bagian ini berupa susunan komponen yang berfungsi sebagai penopang sistem penekuk, *punch* dan *die*, sebagai penahan saat terjadinya proses penekukan.
5. Panel kontrol, berupa rangkaian elektronik sebagai pengendali kerja mesin tekuk.

Proses Penekukan Pengerjaan Dingin

Pengerjaan dingin merupakan proses pengerjaan yang memegang peranan penting dalam industri, proses pengerjaan dingin itu sendiri didefinisikan sebagai proses pembentukan yang dilakukan pada temperatur di bawah rekristalisasi yaitu temperatur dimana mulai terjadi pertumbuhan kristal baru dari kristal lama yang telah terdeformasi akibat perubahan temperatur. Logam yang mengalami deformasi pada proses pengerjaan dingin mengalami perubahan sifat mekanis dari sifat sebelumnya. Sifat-sifat yang berubah yaitu kekuatan yang bertambah sedangkan keuletanya semakin menurun.

Teori Penekukan (*Bending*)

Bending adalah salah satu proses pembentukan yang biasa dilakukan untuk membuat barang kebutuhan sehari-hari seperti pembuatan komponen mobil, pesawat, peralatan rumah tangga. Proses *bending* dilakukan dengan menekuk benda kerja hingga mengalami perubahan bentuk yang menimbulkan peregangan logam pada sekitar daerah garis lurus (dalam hal ini sumbu netral). Proses ini tidak hanya berfungsi untuk membentuk logam tetapi juga berguna untuk meningkatkan sifat kekakuan dari suatu benda yang telah mengalami proses *bending* dengan cara menambah momen inersia benda. Sebagaimana diketahui bahwa lembaran plat dengan bentuk gelombang mempunyai kekakuan yang lebih tinggi daripada lembaran plat yang rata.



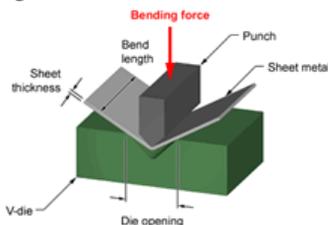
Gambar 2. Proses *Bending*

Dalam proses *bending* sebagaimana ditunjukkan pada gambar 2. akan terjadi perubahan pada material yang dipengaruhi beberapa hal antara lain :

1. Terjadi tegangan tarik pada sisi luar dari benda kerja dan tegangan tekan pada sisi dalamnya yang dipisahkan oleh sumbu netral yang diasumsikan berada ditengah-tengah ketebalan plat. Jika tegangan tarik tersebut terlalu besar dapat menyebabkan retak, dan sebaliknya jika terlalu kecil akan menyebabkan kerutan pada bagian dalam benda kerja.
2. Jari-jari *bending* juga berpengaruh dalam proses *bending* dimana jika jari-jari terlalu kecil akan dapat menimbulkan regangan tarik yang cukup besar pada sisi luar yang akhirnya retak sedangkan pada bagian dalam akan terjadi kerutan akibat regangan kompresi.

Proses V-Bending

Merupakan proses pembengkokan yang dilakukan antara dua permukaan berbentuk V baik pada *punch* maupun *die*-nya pada metode V-*bending*.



Gambar 3. Proses V-Bending

Gaya Bending

Besarnya gaya *bending* yang diperlukan untuk melakukan proses pembentukan material pada umumnya bisa diperkirakan dengan mengasumsikan bahwa proses *bending* terjadi pada batang

rektanguler (rectangular beam). Dalam hal ini gaya *bending* merupakan fungsi dari “Strength of material”, panjang batang, tebal batang serta jarak terbukanya *die* (*die opening*) sehingga gaya tersebut dapat didekati dengan rumus:

$$F_{\max} = K (UTS).L.T^2 / W \quad (1)$$

Dimana :

- F_{\max} = Gaya maksimum yang diperlukan (Kg)
 UTS = *Ultimate tensile strength* dari material (Kg/mm²)
 L = Lebar benda kerja (mm)
 T = Tebal benda kerja (mm)
 K = Konstanta, untuk V-*die bending* $k=1>1.33$ untuk U dan *wiping bending* $k=2$ dan 0.25
 W = Jarak terbuka antara *die* dan *punch* (mm)

METODE PENELITIAN

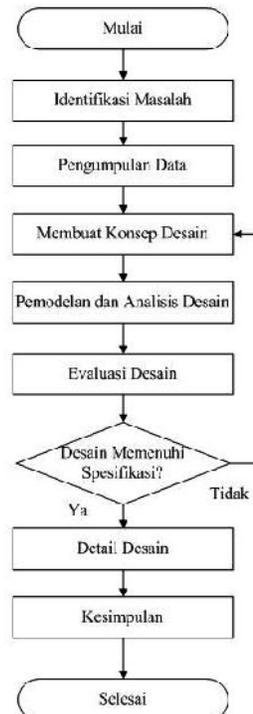
Alat dan Bahan

Alat dan Bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Seperangkat laptop dengan spesifikasi sebagai berikut :
 - a. Intel(R) Core(TM)2 Duo CPU T5750 @ 2.00 GHz
 - b. Memori 1024 MB
2. Perangkat lunak (*software*) Solidwork 2012 yang digunakan untuk melakukan simulasi.
3. Data-data referensi untuk perancangan mesin tekuk plat.

Diagram Alir

Secara umum, metodologi penelitian dalam merancang dan menganalisis konstruksi mesin tekuk plat untuk industri kecil dan menengah ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4. Diagram Alir Metodologi Penelitian

Perancangan

Proses kerja memerlukan suatu perencanaan yang benar-benar matang. Hal ini sangat penting guna menuntun dalam proses kerja, membatasi masalah-masalah apa saja yang perlu diselesaikan sesuai dengan perencanaan, sehingga hasilnya sesuai dengan yang diharapkan.

Perencanaan yang dibuat yaitu perencanaan yang lebih menekankan pada fungsi dan prinsip kerja mesin tekuk itu sendiri, maka perlu diperhatikan hal-hal berikut :

1. Segi fungsi dan kegunaan

Dilihat dari segi fungsi dan kegunaan, mesin ini dapat difungsikan dalam pembuatan produk yang membutuhkan penekukan plat. Mesin tekuk ini dapat digunakan untuk menekuk suatu plat dengan hasil tekukan yang sesuai dengan yang dikehendaki, yang semua ini tidak lepas dari kemampuan mesin. Mesin tekuk plat ini dirancang dengan kapasitas 90 ton sesuai dengan gaya *bending* yang diperlukan untuk menekuk plat sesuai batasan masalah yang ada.

2. Segi konstruksi

Ditinjau dari segi konstruksi, pemilihan bentuk, ukuran, dan jenis material disesuaikan terhadap kapasitas maksimal mesin yang akan dicapai. Perancangan konstruksi harus memperhatikan kekuatan konstruksi terhadap pembebanan yang ada, yaitu gaya *bending* dan gaya berat dari konstruksi itu sendiri. Kekuatan konstruksi harus lebih besar dari pembebanan yang ada, agar konstruksi dapat memenuhi tuntutan mesin sebagai alat penekuk plat dengan tenaga hidrolik.

3. Segi ekonomis

Dari segi ekonomis perlu diperhatikan secara lebih mendalam, sebab pada segi ini sangat erat kaitannya dengan besarnya biaya yang harus dikeluarkan untuk pengerjaan mesin tersebut. Hal ini diharapkan untuk dapat menekan biaya produksi yang serendah mungkin tapi tidak mengurangi dari segi yang lain, terutama segi konstruksinya. Namun tidak diinginkan penekanan biaya produksi yang rendah akan mengakibatkan penurunan kemampuan kerja mesin.

Perancangan dan Perhitungan

Setelah melalui tahapan proses *brainstorming*, *problem statement*, *product design specification*, dan *morphological box*, maka dapat disimpulkan *concept embodiment detail* dari perancangan mesin tekuk plat adalah sebagai berikut :

1. Mesin tekuk plat didesain untuk melakukan penekukan pada material jenis *mild steel* dengan sudut tekuk 90°.
2. Dimensi material tekuk dibatasi untuk lebar 1200 mm dan ketebalan maksimal 7 mm.
3. Mekanisme penekukan menggunakan sistem hidrolik dengan dua buah silinder aktuator.
4. Perancangan *punch* dan *die bending* mengacu standard part yang ada.

5. Bentuk *punch* yang digunakan adalah tipe standard dan untuk *die opening* dari *die* dipilih selebar 24 mm, panjang *punch* dan *die* dipilih 415 mm.
6. Sistem clamping *punch* dan *die* menggunakan alat yang dibuat sendiri menyesuaikan standard part *punch* dan *die* yang digunakan.
7. Sistem pengaman menggunakan limit switch.
8. Untuk komponen pendukung seperti *frame*, pompa dan selang hidrolik, panel kontrol, menggunakan kombinasi antara standard part dan alat yang dibuat sendiri.

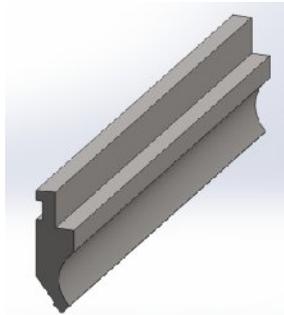
Setelah menentukan konsep perancangan, dilakukan proses perancangan selanjutnya yaitu perhitungan.

Kapasitas mesin tekuk biasanya disetarakan dengan penggunaan gaya *bending* maksimal yang digunakan untuk proses penekukan. Oleh karena itu, untuk melakukan rancangan mesin tekuk, langkah awal yang dilakukan adalah menentukan gaya *bending* yang akan digunakan. Berdasarkan hasil perancangan, maka dengan rumus (1) gaya *bending* maksimal untuk mesin rancangan adalah sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{UTS} &= \text{Ultimate tensile strength dari material} \\
 &\text{mild steel} = 360 \text{ N/mm}^2 \\
 L &= \text{Lebar benda kerja maksimum} \\
 &= 1200 \text{ mm} \\
 T &= \text{Tebal benda kerja maksimum} \\
 &= 7 \text{ mm} \\
 K &= \text{Konstanta} = 1 \\
 W &= \text{Die opening} = 24 \text{ mm} \\
 \text{Maka, besarnya gaya } b &\text{ending maksimalnya :} \\
 F_{\max} &= K \frac{(\text{UTS})LT^2}{W} \\
 &= 1 \frac{(360 \text{ N/mm}^2) \times 1200 \text{ mm} \times 7^2 \text{ mm}^2}{24 \text{ mm}} \\
 &= 882.000 \text{ N}
 \end{aligned}$$

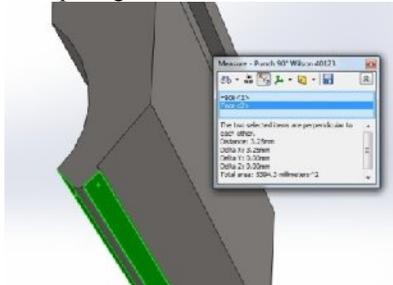
Dari perhitungan diketahui bahwa untuk melakukan penekukan plat material *mild steel* dengan lebar benda kerja maksimum 1200 mm dan tebal maksimum 7 mm, diperlukan gaya *bending* sebesar 882.000 N atau 88,2 ton. Maka untuk perhitungan konstruksi selanjutnya gaya pembebanan konstruksi menggunakan gaya *bending* maksimal yaitu sebesar 882.000 N.

Setelah diketahui besarnya gaya *bending* maksimal yang bekerja pada konstruksi, maka dapat dihitung kekuatan *punch* yang akan digunakan. Berdasarkan perancangan digunakan *punch* yang bentuk dan ukurannya dibuat dengan mengacu *standar part*, Katalog Wilson Tool yang akan ditunjukkan pada lampiran. Material yang akan digunakan untuk pembuatan *punch* adalah Amutit. Dengan menggunakan software Solidwork dapat dibuat model 3D dari *punch*, yang ditunjukkan pada gambar 5 sebagai berikut :



Gambar 5. Pemodelan 3D *Punch*

Untuk mengetahui kekuatan rancangan *punch* terhadap gaya *bending* yang terjadi perlu diketahui dahulu besarnya tegangan tekan yang terjadi, maka harus diketahui luas penampang yang mengalami penekanan, luas bidang penekanan didapatkan dari pengukuran model 3D pada software Solidwork, ditunjukkan pada gambar 6 berikut :



Gambar 6. Pengukuran Luas Bidang Tekan Pada *Punch*

Dari pengukuran diketahui bahwa luas permukaan tekan (A) besarnya adalah 5.394,3 mm², dan sifatnya sama untuk *punch* dan *die*. Maka dapat dihitung tekanan bidang yang diterima oleh *punch* dan *die* akibat gaya *bending* yang terjadi menggunakan rumus (2.2). Besarnya tegangan tekan yang terjadi dikalikan angka keamanan berdasarkan tabel 2.4 yaitu untuk beban dinamis berulang sebesar 6, maka perhitungannya sebagai berikut :

$$F = \text{Gaya } bending = 882.000 \text{ N}$$

$$A = \text{Luas permukaan tekan} = 5.394,3 \text{ mm}^2$$

Maka, tegangan tekan yang terjadi adalah :

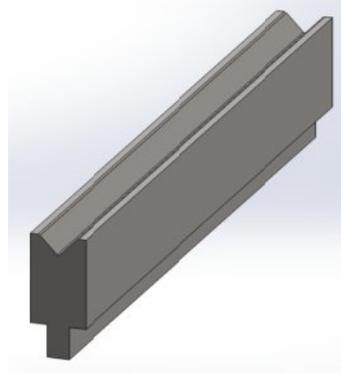
$$\sigma = \delta \times \frac{F}{A}$$

$$= \frac{6 \times 882.000 \text{ N}}{5.394,3 \text{ mm}^2} = 981 \text{ N/mm}^2$$

Material *punch* yang digunakan setara dengan Amutit dan memiliki tegangan ijin sebesar 1.750 N/mm². Besarnya tegangan tekan yang terjadi lebih kecil dari tegangan ijin bahan, maka konstruksi *punch* dinyatakan aman.

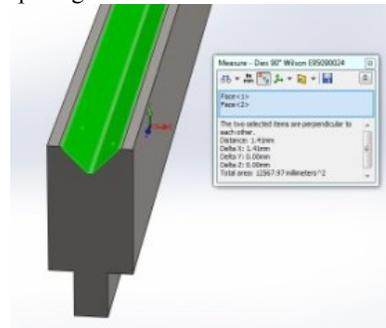
Setelah diketahui besarnya gaya *bending* maksimal yang bekerja pada konstruksi, maka dapat dihitung kekuatan *die* yang akan digunakan. Berdasarkan perancangan digunakan *die* yang bentuk dan ukurannya dibuat dengan mengacu *standar part*, Katalog Wilson Tool yang akan ditunjukkan pada lampiran. Material yang akan digunakan untuk

pembuatan *die* adalah Amutit. Dengan menggunakan software Solidwork dapat dibuat model 3D dari *die*, yang ditunjukkan pada 7 sebagai berikut :



Gambar 7. Pemodelan 3D *Die*

Untuk mengetahui kekuatan rancangan *die* terhadap gaya *bending* yang terjadi perlu diketahui dahulu tegangan tekan yang terjadi pada *die*, harus diketahui luas penampang yang mengalami penekanan, luas bidang penekanan didapatkan dari pengukuran model 3D pada software Solidwork, ditunjukkan pada gambar 8 berikut :



Gambar 8. Pengukuran Luas Bidang Tekan Pada *Die*

Dari pengukuran diketahui bahwa luas permukaan tekan (A) besarnya adalah 12.567,97 mm², dan sifatnya sama untuk *punch* dan *die*. Maka dapat dihitung tekanan bidang yang diterima oleh *punch* dan *die* akibat gaya *bending* yang terjadi menggunakan rumus (2.2). Besarnya tegangan tekan yang terjadi dikalikan angka keamanan berdasarkan tabel 2.4 yaitu untuk beban dinamis berulang sebesar 6, maka perhitungannya sebagai berikut :

$$F = \text{Gaya bengkok} = 882.000 \text{ N}$$

$$A = \text{Luas permukaan tekan} = 12.567,97 \text{ mm}^2$$

Maka, tegangan tekan yang terjadi adalah :

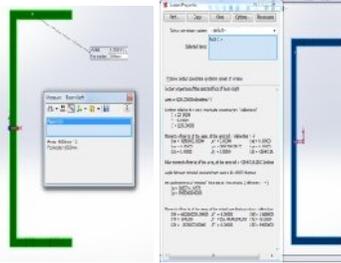
$$\sigma = \delta \times \frac{F}{A}$$

$$= \frac{6 \times 882.000 \text{ N}}{12.567,97 \text{ mm}^2} = 421,07 \text{ N/mm}^2$$

Material *die* yang digunakan setara dengan Amutit dan memiliki tegangan ijin sebesar 1.750 N/mm². Besarnya tegangan tekan yang terjadi lebih

kecil dari tegangan ijin bahan, maka konstruksi die dinyatakan aman.

Untuk mengetahui tahanan terhadap momen bengkok pada rancangan frame yang dipilih, maka dihitung momen inersia dari rancangan frame. Bidang permukaan frame yang menumpu gaya ditunjukkan pada gambar 11 berikut :



Gambar 9. Penampang *Frame*

Dari gambar tersebut, didapatkan penampang frame dengan luas 4.200 mm^2 memiliki momen inersia sebesar $42.540.714,3 \text{ mm}^4$.

Berdasarkan perhitungan, momen inersia dari rancangan *frame* lebih besar dari momen inersia minimum yang diperlukan, maka *frame* dapat menahan gaya bengkok akibat proses penekukan. Karena pada konstruksi terjadi pembebanan merata dengan tumpuan yang berjarak sama maka besarnya gaya reaksi yang dihasilkan tumpuan adalah sama ($R_a = R_b$) yaitu $\frac{1}{2}$ dari $F_{bending}$. Maka, besarnya tegangan bengkok yang terjadi pada *frame* adalah sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{R_a}{A_{frame}} = \frac{\frac{1}{2} \times 822.000 \text{ N}}{4.200 \text{ mm}^2} = 105 \text{ N/mm}^2$$

Berdasarkan perhitungan tegangan yang terjadi maka dipilih UNP dengan material St.37 dengan tegangan ijin 220 N/mm^2

Perhitungan kekuatan *frame* terhadap momen bengkok berdasarkan rumus 2.3 adalah menghitung gaya bengkok maksimal yang bisa ditahan oleh *frame* pada konstruksi yaitu sebagai berikut :

$$F_{maks} = \frac{\pi^2 \times E \times I}{\sigma \times Lk^2}$$

Dimana,

σ = Angka keamanan = 6 (beban dinamis berulang)

E = Modulus Elastisitas = 210.000 N/mm^2

I = Momen inersia *frame* = $42.540.714,3 \text{ mm}^4$

Lk = panjang tekuk = 1500 (tumpuan jepit – jepit)

Maka besarnya tegangan bengkok maksimal yang dapat ditahan *die* adalah :

$$F_{maks} = \frac{\pi^2 \times 210.000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \times 42.540.714,3 \text{ mm}^4}{6 \times 1500^2 \text{ mm}^2} = 6.524.535,52 \text{ N}$$

Maka, dapat dihitung M_{bijin} dari konstruksi *die* yaitu sebagai berikut :

$$M_{bijin} = \frac{F_{maks} \times L}{8} = \frac{6.524.535,52 \text{ N} \times 1500 \text{ mm}}{8}$$

$$= 1.223.350.410 \text{ Nmm}$$

Dari perhitungan didapatkan M_{bijin} yang terjadi lebih besar dari M_b yang terjadi maka konstruksi *die* dinyatakan aman terhadap momen bengkok.

Pemodelan

Dalam sebuah penelitian berupa perancangan dengan metode pengujian simulasi, diperlukan pemodelan terhadap benda yang akan diuji. Pemodelan dilakukan dengan perangkat lunak Solidwork 2012 sehingga dapat diketahui bentuk dan ukuran komponen mesin dalam rupa tiga dimensi yang kemudian dirakit hingga menjadi sebuah konstruksi mesin.

Pemodelan komponen mesin dilakukan berdasarkan hasil dari perancangan dengan memberikan ukuran dan material yang sesuai dengan kondisi sebenarnya. Seluruh komponen mesin akan dirakit hingga menjadi satu kesatuan mesin tekuk plat yang sesuai dengan hasil perancangan.

Model yang telah dikondisikan menyerupai rancangan benda asli akan dianalisis kekuatan konstruksinya dengan menggunakan perangkat lunak yang sama.



Gambar 10. Model Tiga Dimensi dari Rancangan Mesin Tekuk Plat

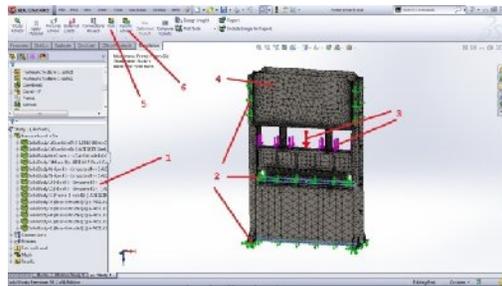
Pengujian Konstruksi

Pengujian ini dilakukan pada bagian kritis konstruksi yaitu bagian *punch* dan *die bending*, serta rangka mesin tekuk plat. Pengujian yang dilakukan adalah analisis statik pada konstruksi dengan perangkat lunak Solidwork 2012 berbasis metode elemen hingga. Analisis pengujian dilakukan terhadap *Von Misses Stress* yang terjadi pada konstruksi untuk mengetahui batas keamanan dalam pemilihan ukuran, bentuk, dan jenis material dari komponen penyusun mesin tekuk plat. Dari pengujian juga dapat diketahui besarnya deformasi yang terjadi pada konstruksi saat terjadi

pembebanan. Langkah-langkah pengujian adalah sebagai berikut :

1. Membuat model komponen dengan ukuran dan jenis material sesuai dengan kondisi sebenarnya.
2. Menentukan titik tumpu (fixture) dari model konstruksi yang akan menjadi penopang saat terjadi gaya penekukan.
3. Memberikan gaya dengan jenis, arah dan besar pada model konstruksi yang sesuai dengan kondisi sebenarnya.
4. Pembuatan jaring-jaring elemen hingga (mesh) pada model konstruksi untuk mengetahui elemen dari masing-masing komponen yang akan dihitung pembebanannya, langkah ini dilakukan otomatis oleh perangkat lunak.
5. Melakukan perhitungan secara otomatis menggunakan perangkat lunak.
6. Menganalisis hasil perhitungan.

Gambar 11. Menunjukkan langkah-langkah pengujian model tiga dimensi rancangan mesin tekuk plat.



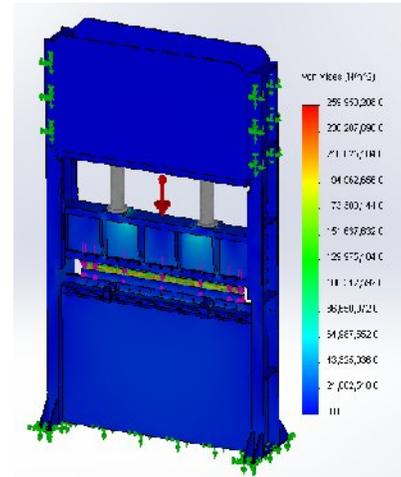
Gambar 11. Langkah Pengujian Konstruksi Mesin *Bending* terhadap Pembebanan

HASIL DAN PEMBAHASAN

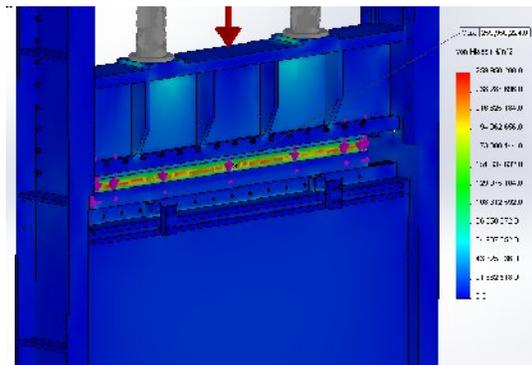
Analisis Hasil Simulasi Konstruksi Mesin *Bending* Rancangan.

Simulasi pembebanan pada mesin *bending* rancangan dilakukan pada komponen *frame*, *punch*, dan *die* saat kondisi melakukan penekukan plat dengan tebal 7 mm dan lebar 1200 mm. Material dari *frame* adalah plat St. 37 yang dihubungkan dengan proses las dan material dari *punch* dan *die* sesuai katalog *standard part*. Material *frame* memiliki *yield strength* $220 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ dan material *punch* dan *die* setara dengan Amutit dengan *yield strength* $1.750 \times 10^6 \text{ N/m}^2$. Penumpu pada konstruksi ini adalah bagian kaki dari *frame* mesin dan sisi luar dari *die holder* yang dicekam pada meja sehingga menjaga posisi *die* agar tetap diam saat proses penekukan. Besarnya gaya yang diberikan pada konstruksi adalah gaya berat dari konstruksi itu sendiri dan gaya *bending* sebesar 88,2 ton. Tipe *mesh* pada analisis dipilih jenis *curvature mesh* dengan *density* rendah agar perhitungan dapat lebih teliti.

Dari hasil perhitungan simulasi dengan kondisi tersebut, didapatkan besar nilai *Von-misses Stress* maksimum sebesar $259,950 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ pada bagian *punch* tepatnya pada profil lekukan *punch*. nilai *Von-misses Stress* minimum sebesar 21,662 N/m^2 terletak pada rangka mesin. Hasil simulasi terhadap *Von-misses Stress* ditunjukkan pada gambar 13. dan 14.



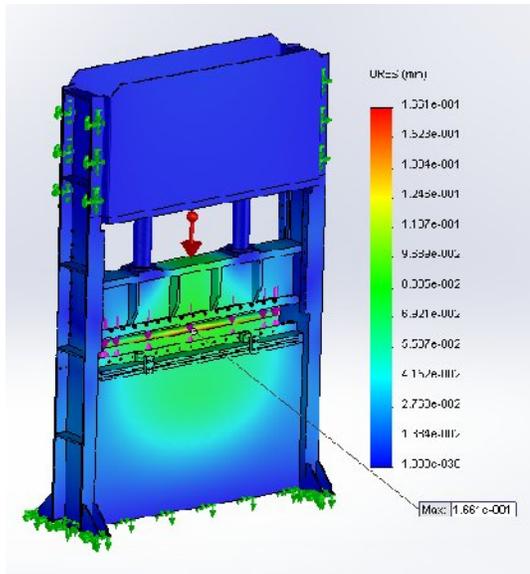
Gambar 12. Plot Kontur dari *Von-misses Stress* pada Konstruksi Mesin *Bending*



Gambar 13. Titik kritis dari *Von-misses Stress* pada Konstruksi Mesin *Bending*

Selain besarnya *Von-misses Stress*, juga dapat diketahui deformasi (*displacement*) yang terjadi saat pembebanan pada konstruksi mesin *bending*. Deformasi terbesar adalah 0,16 mm dan terjadi pada plat penghubung *punch holder* dengan silinder hidrolik. Hasil simulasi terhadap deformasi ditunjukkan pada gambar 14.

Berdasarkan simulasi terhadap *Von-misses Stress* dan *Displacement*, dapat diketahui bahwa tegangan maksimum yang terjadi pada konstruksi yaitu $259,950 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ pada bagian *punch* masih dibawah dari batas kekuatan luluh material yang dipilih yaitu $1.750 \times 10^6 \text{ N/m}^2$, sehingga deformasi yang terjadi masih bersifat elastis, oleh karena itu konstruksi mesin tekuk plat rancangan dinyatakan aman.



Gambar 14. *Displacement* terbesar pada Konstruksi Mesin Bending

Berdasarkan simulasi terhadap *Von-misses Stress* dan *Displacement*, dapat diketahui bahwa tegangan maksimum yang terjadi pada konstruksi yaitu $259,950 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ pada bagian *punch* masih dibawah dari batas kekuatan luluh material yang dipilih yaitu $1.750 \times 10^6 \text{ N/m}^2$, sehingga deformasi yang terjadi masih bersifat elastis, oleh karena itu konstruksi mesin tekuk plat rancangan dinyatakan aman.

KESIMPULAN

Dari hasil perancangan, pemodelan dan simulasi pengujian kekuatan dengan perangkat lunak Solidwork 2012 yang dilakukan pada penelitian ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Diperoleh desain mesin tekuk plat dengan spesifikasi sebagai berikut :
 - a. Sistem : Hidrolik dengan dua Double Acting Cylinder
 - b. Tonase : 90 ton
 - c. Dimensi (Tanpa Hydraulic Pump)
 - Panjang : 2020 mm
 - Lebar : 1010 mm
 - Tinggi : 2600 mm
 - d. Berat (Tanpa Hydraulic Pump) : 1.020 kg
2. Pada pengujian kekuatan konstruksi diketahui *Von-misses Stress* maksimum sebesar $259,950 \times 10^6 \text{ N/m}^2$ pada bagian *punch*, dan masih dibawah dari batas kekuatan luluh material *punch* yang dipilih yaitu $1.750 \times 10^6 \text{ N/m}^2$, sehingga deformasi yang terjadi masih bersifat elastis, oleh karena itu konstruksi mesin tekuk plat rancangan dinyatakan aman.

DAFTAR PUSTAKA

ATMI, Tabel Elemen Mesin, Akademi Teknik Mesin Industri Surakarta.

Dieter, George E., 1986, *Metalurgi Mekanik*, Edisi Ke III Jilid 2, Erlangga, Jakarta.

Makinouchi, A., 1996, *Sheet metal forming simulation in industry*, The Institute of Physical and Chemical Research-Riken Hirosawa, Japan.

Marciniak, Z., et.al 2002, *Mechanics Of Sheet Metal Forming*, Butterworth-Heinemann, London.

Putra, A.G., 2010, *Pengaruh Variasi Proses Peregangan Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Baja St. 37 Pada Proses Roll Bending*, Fakultas Teknik Universitas Jenderal Achmad Yani.

Saefudin, E., dan Shantika, T. 2010, *Analisis Statik Mesin Pematik Log Jamur Berkapasitas 300 log/jam dengan Menggunakan CosmoWorks 2004*, Seminar Nasional – IX Rekeyasa dan Aplikasi Teknik Mesin di Industri Kampus ITENAS, Bandung.

Schmid, Kalpakjian., 2008, *Manufacturing Processes for Engineering Materials*, 5th Ed.

Singer, F.L., dan Andrew Pytel, 1995, *Ilmu Kekuatan Bahan (Teori Kokoh Strength Of Material)*, Alih Bahasa Darwin Sebayang, edisi II, Erlangga, Jakarta.

Siswanto, W.A., 2006. *Simulasi Springback Benchmark Problem Cross Member Numisheet 2005*, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta.

Vetterli, W., 1974, *Bending of Profile & Sheet Metals*, ATMI Surakarta.