

PEMBUATAN MESIN TEKUK PELAT SISTEM HIDROLIK MANUAL UNTUK MEMBUAT CELAH BERBENTUK U

Skolastika Ninien¹, Prasetyo², Firhan Fadhlana Adzima³, Albert Daniel Saragih^{4*}

^{1,2,3,4}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung

*Email: albertdanielsrgh@polban.ac.id

ABSTRACT

A new design of a plate bender is needed as not all commercially available plate bending tools can do the task for non-standard dimensions. The fabrication workshop of Politeknik Negeri Bandung needs a special plate bending tool that can bend a U-shape with a small gap on a single action. The plate bending machine was designed to optimize the bending process and to be used as a practice facility in the Fabrication Workshop. The machine uses a hydraulic system with 5 tons maximum capacity, which can perform bending of mild steel plates with a maximum length of 500 mm and thickness of 1.5 mm. The plate to be bent is placed on a U-die, and the hydraulic jack is pumped to lower the punch and subsequently press the plate. The production processes of the plate bending machine include the calculation of frame strength with a reliable safety factor. The machine has a dimension of 1300, 800, and 800 for height, length, and width, respectively. It has the capacity to bend a U-shape gap with a diameter of 20 mm and a maximum length of 500 mm.

Keywords: hydraulic, plate bending, U-shape gap

ABSTRAK

Diperlukan suatu alat khusus untuk membuat bentuk dengan ukuran yang tidak tentu dan tidak memiliki standar. Demikian halnya pada alat penekukan pelat bentuk U dengan ukuran celah yang kecil tidak dapat dibentuk dengan sekali proses oleh mesin khususnya yang terdapat di laboratorium Fabrikasi Politeknik Negeri Bandung, maka diperlukan alat penekuk pelat khusus untuk membuat celah berbentuk U. Mesin penekuk pelat ini berfungsi untuk mempermudah kerja pengguna serta untuk menunjang fasilitas praktikum di Laboratorium Fabrikasi dengan menggunakan sistem hidrolik. Alat ini dapat menekuk pelat dengan kapasitas maksimal 5 ton dan panjang pelat yang dapat ditekuk maksimum 500 mm dengan tebal maksimum 1,5 mm. Pelat yang akan dibentuk diletakkan diatas *U-die*, kemudian dongkrak hidrolik di pompa hingga *punch* bergerak turun dan menekan pelat. Pembuatan mesin penekuk pelat dilakukan dengan mengukur kekuatan rangka dengan nilai faktor keamanan. Ukuran tinggi, panjang dan lebar alat penekuk pelat ini yaitu (1300 x 800 x 800) mm dan digunakan untuk membuat celah berbentuk U dengan diameter 20 mm serta panjang maksimal 500 mm.

Kata kunci: hidrolik, penekuk pelat, celah berbentuk U

PENDAHULUAN

Ilmu pengetahuan dan teknologi jelas terlihat pada institusi teknik yang telah berkembang dengan pesat. Dampak perkembangan teknologi pada institusi teknik telah banyak dirasakan dalam kehidupan sehari-hari, baik itu di lingkungan pendidikan, rumah tangga, dan lain-lain, yang dapat memudahkan segala bentuk kebutuhan manusia. Sebagai contoh sederhana diperlukan mesin tekuk pelat

atau dapat disebut mesin *press bending*. Menurut Budiarto (2001) dan Permana D. A (2010) *Press Bending* adalah alat perkakas yang digunakan dalam proses pengepresan menggunakan sistem hidrolik otomatis atau manual, pneumatik dan mekanis (secara manual) untuk memotong, membentuk dan menekuk pada material baja *ferrous* atau *non-ferrous*.

Pembuatan mesin tekuk pelat harus memperhatikan serta menyeimbangkan antara kebutuhan mesin yang dipakai dengan fungsi

yang akan digunakan, yaitu dalam pemilihan bentuk mesin, kekuatan komponen dan rangka mesin yang akan digunakan. Menurut Fikri (2019) dan Marsis (2007) saat ini sistem hidrolik pada mesin penekuk pelat banyak dikombinasikan dengan sistem lain seperti sistem pneumatik, elektrik, dan mekanik sehingga didapat hasil dari sistem hidrolik yang lebih optimal. Harga jual mesin penekuk pelat di Indonesia terbilang cukup mahal apalagi bagi institusi teknik dengan kisaran Rp.30.000.000 s/d Rp.100.000.000.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, dapat memanfaatkan dongkrak hidrolik (hidrolik manual) sebagai alat utama dalam proses pengepresan. Selain harga dari dongkrak hidrolik yang murah, pemanfaatan dongkrak hidrolik pada mesin penekuk pelat juga dapat memudahkan operator dalam mengoperasikan dan perawatannya. Dongkrak hidrolik adalah suatu alat untuk mengangkat, mendorong, atau menekan beban besar dengan menggunakan gaya yang kecil.

Ada banyak penelitian yang telah berhasil dilakukan dalam membuat mesin penekuk pelat seperti yang telah dibuat oleh Suparno Teguh (2016), Sumarno Edy, dkk (2003) dan Tyas, dkk (2014). Namun pada penelitian tersebut tidak memiliki spesifik bentukan celah. Pada penelitian ini, mesin press bending yang dibuat untuk menekuk pelat memiliki kapasitas hidrolik 5 ton dengan sistem hidrolik manual (*bottle jack*) serta ukuran pelat yang dapat ditekuk panjang maksimal 500 mm dan tebal maksimal 1,5mm dengan jenis material *Mild Steel* dan memiliki *UTS (Ultimate Tensile Strength)* 370 N/mm². Pengoperasian alat dengan cara memompa dongkrak hidrolik, pelat yang akan dibentuk diletakkan diatas U-dies atau V-dies, kemudian dongkrak hidrolik di pompa hingga penekuk bagian atas (*punch*) bergerak turun dan menekan pelat. Pelat dikeluarkan dengan cara melepas tekanan hidrolik sehingga silinder hidrolik bergerak masuk dan *punch* bergerak naik karena gaya pegas kemudian mengeluarkan pelat dari samping atau depan/belakang. Ukuran mesin penekuk pelat yaitu tinggi 1300 mm,

panjang 800 mm dan lebar 800 mm, yang digunakan untuk membuat celah berbentuk U dengan diameter 20 mm. Mesin tekuk ini dapat menekuk bentuk U dengan celah yang relatif kecil dalam sekali proses tekan. Mesin ini juga dapat dipindah dengan mudah karena sudah diperhitungkan kekuatan rangkanya sesuai nilai faktor keamanan.

METODE

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk merancang dan membuat mesin pengurai tekuk pelat hidrolik manual untuk membuat celah berbentuk U. Adapun tahapan-tahapan yang dilakukan dalam pembuatan alat ini meliputi, tahapan pertama yaitu menentukan topik penelitian, survey kebutuhan laboratorium, serta melakukan studi literatur dari jurnal ilmiah dan buku. Setelah menemukan topik penelitian dan mencari referensi maka tahapan selanjutnya adalah memulai perancangan. Pada tahapan ini dilakukan perhitungan gaya bending dan perhitungan kekuatan rangka yang akan digunakan.

Pada tahap perhitungan didapatkan gaya bending maksimal dan dimensi rangka termasuk komponen bahan yang sesuai. Langkah selanjutnya yaitu membuat desain alat menggunakan *software Solidworks*. Adapun hasil dari desain ini selanjutnya dibuat melalui proses fabrikasi menggunakan alat bantu berupa: mesin las SMAW, mesin gerinda tangan, mesin bor tangan, mesin bubut, meteran gulung, jangka sorong, siku ukur, alat bending plat, kunci pas, dan ring. Adapun bahan rangka yang digunakan yaitu baja UNP 120 dengan tegangan geser 852 MPa. Ukuran tinggi, panjang dan lebar alat penekuk pelat ini yaitu (1300 x 800 x 800) mm.

Pada proses pembuatan dan perakitan alat, alat dan bahan yang telah disediakan dilakukan proses pengukuran, pemotongan, pengeboran, pengelasan, perakitan, dan *finishing* pada alat. Pada tahap pengujian Hasil produk yang digunakan untuk percobaan yaitu menggunakan

ketebalan pelat yang maksimum yaitu tebal 1,5 mm dengan celah berbentuk U. Hasil penekukan sesuai dengan yang diinginkan dan untuk tinggi kedua sisi bentuk U dapat disesuaikan dengan kebutuhannya. Kelebihan pada alat ini yaitu dapat membuat bentuk U dengan ukuran celah yang kecil dalam sekali proses, karena punch dapat dibuat lurus sehingga kedua sisi pada bentuk U tidak terhalang oleh bentuk punch seperti pada alat penekuk yang ada di lab fabrikasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Semua teori perhitungan pada penelitian ini banyak merujuk pada Sularso (1997), Shigley (1983), Smith (1990) dan Suchy I (1998).

Perhitungan gaya bending maksimal

Perhitungan untuk menentukan gaya *bending* maksimal menggunakan dongkrak hidrolik (*hydraulic bottle jack*) untuk menekuk pelat dengan tebal dan panjang benda kerja maksimum 1,5 x 500 mm.

Diketahui :

UTS (*Ultimate tensile strength*) *Mild Steel* = 360 N/mm²

L = Panjang benda kerja maksimum = 500 mm

T = Tebal benda kerja maksimum = 1,5 mm

K = Konstanta = 1

W = *Die opening* = T x 8 (sesuai tabel 1) yakni 12 mm

Maka, besar gaya *bending* maksimal:

$$Fb_{maks} = k \frac{(UTS)LT^2}{W}$$

$$= 1 \frac{360N/mm^2 \times 500mm \times 1,5^2 mm}{12mm}$$

$$= 33.750 N = 3,375 \text{ ton.}$$

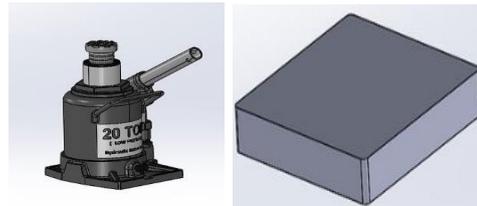
Maka dari perhitungan diatas untuk melakukan penekukan pelat material *mild steel* dengan lebar benda kerja maksimum 500 mm dan tebal maksimum 1,5 mm diperlukan gaya *bending* sebesar 33.750 N atau 3,375 ton.

Tabel 1. Menentukan *Die Opening* (Sularso, 1997)

(S)Sheet Thickness in mm	≤0,7	0,8-3,0	3,1-9,0	9,1-14,0	>14,0
W(<i>die opening</i>) in mm	S x 6	S x 8	S x 10	S x 12	S x 14

Dongkrak Hidrolik dan Dudukan Dongkrak Hidrolik

Menggunakan dongkrak Hidrolik manual (*bottle jack*) dengan kapasitas hidrolik 5 ton dan langkah piston hidrolik ±350 mm. Hidrolik digerakan dengan cara memompa naik-turun menggunakan *handle*. Hidrolik dipilih dengan spesifikasi tersebut karena gaya *bending* maksimum yang didapatkan setelah perhitungan sebesar 3,375 ton sehingga dipilih hidrolik dengan kapasitas yang lebih besar yaitu kapasitas 5 ton. Dudukan dingkrak hidrolik berfungsi sebagai tumpuan sehingga dongkrak dapat dipasang dengan baik pada dudukan *punch*. Dudukan dongkrak hidrolik ini mempunyai ukuran panjang x lebar x tebal yaitu (80 x 80 x 10) mm.



Gambar 1. Hidrolik *bottle jack* (kiri), dudukan dongkrak hidrolik

Perhitungan Pengelasan pada Dudukan Dongkrak Hidrolik

Diketahui :

F = 15kg = 150 N (beban yang diterima dudukan hidrolik)

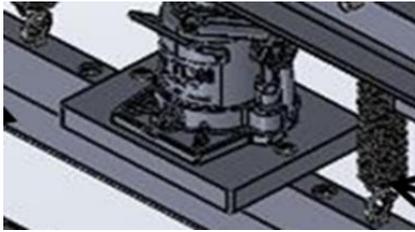
Panjang las = 100 mm

Tebal pengelasan (h) = 2 mm

Elektroda E6013 dengan tegangan tarik maksimal

(σ_u = 50000 psi = 413,4 N/mm²)

S_f = 2 (statis 2-4)



Gambar 2. Posisi titik pengelasan

Pada gambar 3 diketahui: $L1 = L2 = 80 \text{ mm}$

$$w = \frac{F}{2} = \frac{150}{2} = 75 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau = \frac{w}{A} = \frac{w}{l_{tot} \cdot 0,0707 \cdot h} = \frac{75}{80 \cdot 0,0707 \cdot 2} = 6,63 \text{ N/mm}^2$$

Tegangan geser ijin las

$$\tau_a = \frac{\tau_u}{SF} = \frac{413,4}{2} = 206,7 \text{ N/mm}^2$$

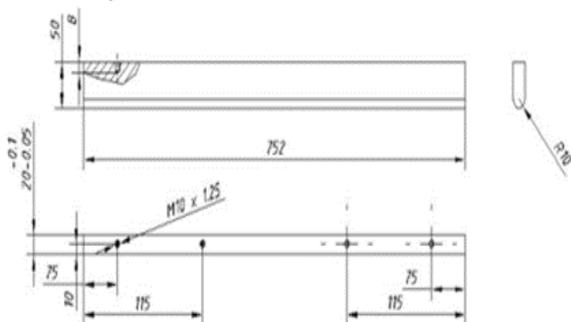
Syarat Kuat

$$\tau \leq \tau_a$$

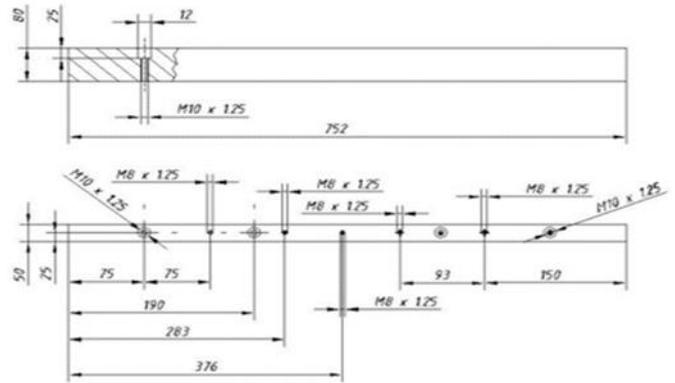
$$6,63 \leq 206,7 \text{ N/mm}^2 \text{ (baik)}$$

Punch bentuk U dan Pemegangnya

Punch jenis ini mempunyai fungsi untuk membuat celah berbentuk U (gambar3). *Punch* terbuat dari baja karbon sedang dengan berat 8kg. *Punch* dapat dibeli dari pasaran sesuai dengan standar sehingga tidak perlu dibuat dan dapat mengurangi biaya produksi alat press pelat. Dudukan *punch* berfungsi sebagai tempat dipasangnya *punch*. Pemegang *punch* ini menggunakan material baja karbon sedang (*mild steel*) dengan dimensi 600mm x 70 mm x 20 mm (gambar 4).



Gambar 3. *Punch* bentuk U



Gambar 4. Pemegang *Punch*

Silinder Pada Penekan pada *Punch* dan perhitungan pengelasan

Silinder berfungsi untuk menahan agar gaya tekan dari piston hidrolis sama rata ke tiap ujung penekan supaya didapat hasil penekukan yang baik (gambar 5). Silinder ini menggunakan material baja St.37 dengan ukuran panjang 500 mm dan diameter 20 mm. Silinder ini bersifat semi permanen dan bisa dibongkar pasang jika diperlukan perawatan pada silinder.



Gambar 5. Silinder penekan pada *punch*

$F = 5 \text{ kg} = 50 \text{ N}$ (beban yang diterima Silinder Penekan)

Panjang las (L) = 20 mm (diameter silinder penekan)

Tebal pengelasan (h) = 2 mm

Elektroda E6013 dengan tegangan tarik maksimal

($\sigma_u = 50000 \text{ psi} = 413,4 \text{ N/mm}^2$)

$Sf = 2$ (statis 2-4)

$$w = \frac{F}{2} = \frac{50}{2} = 25 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau = \frac{w}{A} = \frac{w}{l_{tot} \cdot 0,0707 \cdot h} = \frac{25}{20 \cdot 0,0707 \cdot 2} = 8,84 \text{ N/mm}^2$$

Tegangan geser ijin las:

$$\tau_a = \frac{\tau_u}{SF} = \frac{413,4}{2} = 206,7 \text{ N/mm}^2$$

Syarat Kuat:

$$\tau \leq \tau_a \quad 8,84 \leq 206,7 \text{ N/mm}^2 \text{ (baik)}$$

Pegas dan perhitungannya

Pegas berfungsi untuk mengembalikan posisi *punch* dan silinder hidrolik naik. Jenis pegas yang digunakan *helical compression spring* dengan diameter 24 mm dan panjang pegas pada posisi *preload* sebesar 160 mm dengan beban 150,3 N. Ketika beban yang diterima pegas menjadi 200,3 N maka panjang pegas menjadi 190 mm.

Perhitungan pegas:

$G = 79,3 \text{ Gpa}$ (ASTM A232); $F_0 = 200,3 \text{ N}$; $F_i = 150,3 \text{ N}$

$L_0 = 160 \text{ mm}$; $L_i = 190 \text{ mm}$;

$\tau_{max} = 765 \text{ Mpa}$

$K_w = 1,2$ (asumsi); $D = 20\text{mm}$ (asumsi)

Maka nilai diameter kawat (*wire*);

$$k = \frac{(F_0 - F_i)}{(L_i - L_0)} = \frac{(200,3 - 150,3)}{(0,19 - 0,16)} = 1666,7 \text{ N/m}$$

$$L_f = L_i + \left(\frac{F_i}{k}\right) = 0,19 + \left(\frac{100}{1666,7}\right) = 0,25 \text{ m}$$

$$d = \left(\frac{8FDK_w}{\pi\tau_{max}}\right)^{1/3} = \left(\frac{8 \times 200,3 \times 0,020 \times 1,2}{\pi \times 765 \times 10^6}\right)^{1/3} = 2,288 \times 10^{-3} \text{ m} = 0,0023 \text{ mm}$$

Maka nilai *maximum shear stress*:

$$C = \frac{D}{d} = \frac{0,020}{0,0023} = 8,7$$

$$K_w = \frac{4C-1}{4C-4} + \frac{0,615}{C} = \frac{4 \times 8,7-1}{4 \times 8,7-4} + \frac{0,615}{8,7} = 1,168$$

$$\tau_{max} = K_w \frac{8FD}{\pi d^3} = 1,168 \times \frac{8 \times 200,3 \times 0,020}{\pi (0,0023)^3} =$$

$$558 \times 10^6 \text{ Pa} \leq 765 \times 10^6 \text{ Pa} \text{ (baik)}$$

Maka jumlah kumparan *solid length shear stress*, *outer diameter* dan *inner diameter* pegas adalah :

$$N_a = \frac{Gd}{8kC^3} = \frac{79,3 \times 10^6 \times 0,0023}{8 \times 1666,7 \times (8,7)^3} = 19,86 \text{ kumparan}$$

$$L_s = d (N + 2) = 0,0022 (19,86 + 2) = 0,098 \text{ m}$$

$$F_s = k(L_f - L_s) = 1666,7 (0,25 - 0,098) = 253,3 \text{ N}$$

$$\tau_{solid} = \tau_{max} \frac{F_s}{F_0} = 558 \times 10^6 \times \frac{253,3}{150} =$$

$$759 \times 10^6 \text{ Pa} \leq 765 \times 10^6 \text{ Pa} \text{ (baik)}$$

$$D_o = D + d = 0,020 + 0,0022 = 0,0222 \text{ m} = 22,2 \text{ mm}$$

$$D_i = D - d = 0,020 - 0,0022 = 0,0178 \text{ m} = 17,8 \text{ mm}$$

Maka, spesifikasi pegas berdasarkan perhitungan:

SWF 18-60; $K = 1666,7 \text{ N/m}$; $L_f = 0,25 \text{ m}$;

$L_s = 0,098 \text{ m}$

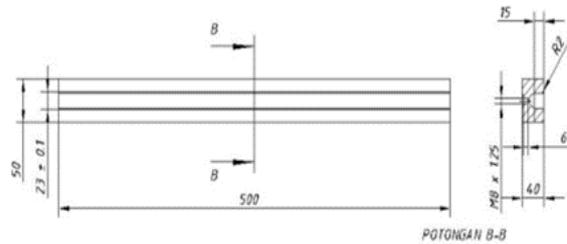
Square and ground ends 19,86 coils

$d = 2,2 \text{ mm}$; $D = 20 \text{ mm}$; $D_o = 22,2 \text{ mm}$;

$D_i = 17,8 \text{ mm}$

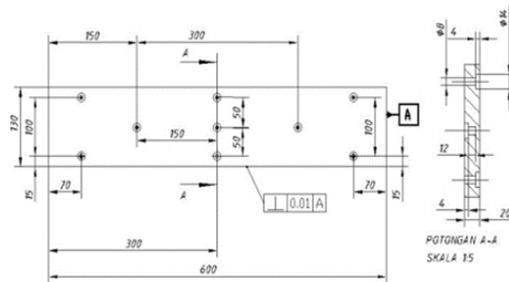
Cetakan (*Die*) bentuk dengan dudukannya dan pin pengikat

U die mempunyai ukuran 500 x 50 x 50 (mm) dan menggunakan material baja C45 (gambar 6).

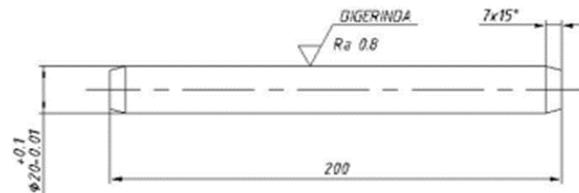


Gambar 6. *Die* bentuk U

Dudukan *die* untuk menahan cetakan (*Die*) agar tidak bergerak pada saat melakukan penekukan didapat hasil penekukan yang baik. Dudukan cetakan ini menggunakan material baja St.37 dengan dimensi 500 x 130 x 13 mm (gambar 7-8).



Gambar 7. Dudukan die



Gambar 8. Pin pengikat

2 buah pin pengikat menggunakan baja Assental (AS) dengan panjang 200 mm dan diameter 20 mm. Pin ini terletak dibawah

dudukan cetakan dan dibagian lubang yang terdapat pada rangka bagian samping.

Defleksi pin pengikat:

$$W_{tot} = W_{die} + W_{dudukan\ die} + W_{base} =$$

$$5,03\text{ kg} + 5\text{ kg} + 2,4\text{ kg} = 12,43\text{ kg} = 124,3\text{ N}$$

$$F_{tot} = F_{b_{maks}} + W_{tot} = 33750 + 124,3 = 33874,3$$

$$N = 3,388\text{ KN}$$

$$L = 200\text{ mm} = 0,2\text{ m}$$

$$I = \frac{1}{12} mL^2 = \frac{1}{12} \times 3 \times 0,2^2 = 0,01\text{ m}$$

$$E = 200\text{ Gpa (Mild Steel)}$$

Maka, nilai defleksi pada pin pengikat adalah:

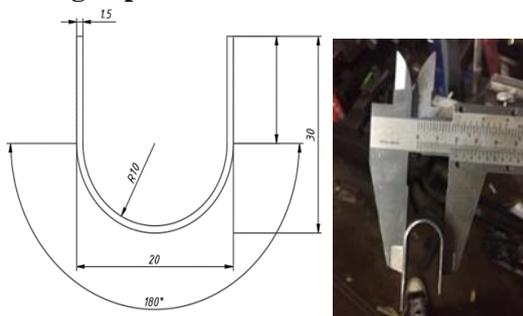
$$V = \frac{PL^3}{3EI}$$

$$= \frac{3,388 \times 0,2^3}{3 \times 200 \times 0,01} = 0,0168\text{ mm} = 16,8\text{ mm}$$

Dan nilai rotasi pada pin pengikat adalah:

$$\theta = \frac{PL^2}{2EI} = \frac{3,388 \times 0,2^2}{2 \times 200 \times 0,01} = 0,0338\text{ rad}$$

Bentangan pelat untuk bentuk U



Gambar 9. Bentuk U hasil penekukan

T (tebal pelat) 1,5 mm; R (radius penekukan) 10 mm; $\alpha = 180^\circ$

$B_1 = B_3 = 30\text{ mm}$; $B_2 = 20\text{ mm}$

Maka nilai jarak atau letak sumbu netral (pada sumbu x jika benda kerja diletakan pada die) adalah:

$R < 2t \rightarrow x = 0,33.t$; $R = 2t$ sampai $4t \rightarrow x = 0,4.t$;
 $R > 4t \rightarrow x = 0,45.t$

Maka busur tekuk yang diizinkan (A) adalah :

$$A = (R + x) \frac{2\pi\alpha}{360^\circ}$$

$$= \frac{2\pi\alpha (r+X)}{360^\circ} = \frac{2 \times 3,14 \times 180 (10+0,75)}{360^\circ} = 3,375\text{ mm}$$

$$\approx 3\text{ mm}$$

Hasil penekukan sesuai dengan yang diinginkan dan untuk tinggi kedua sisi bentuk U dapat

disesuaikan dengan kebutuhannya. *Punch* dan *die* pada alat penekuk bentuk U ini dapat diganti dengan mudah sesuai kebutuhan. Kelebihan pada alat ini yaitu dapat membuat bentuk U dengan ukuran celah yang kecil dalam sekali proses, karena punch dapat dibuat lurus sehingga kedua sisi pada bentuk U tidak terhalang oleh bentuk punch seperti pada alat penekuk yang ada di lab fabrikasi. Perhitungan Panjang pelat dibawah ini untuk kedua sisi bentuk U 30 mm.

Maka panjang pelat yang diperlukan (l_n) adalah:

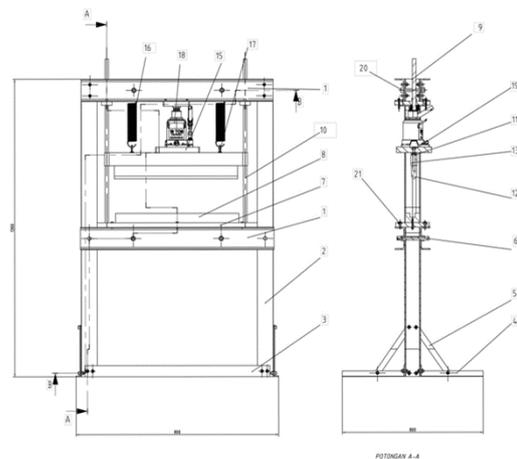
$$l_1 = l_3 = B - (r + t) + \frac{1}{2}A$$

$$= 30 - (10 + 1,5) + 1,5 = 20\text{ mm}$$

$$l_2 = B_2 - (r + t) + A = 20 - (10 + 1,5) + 3 = 11,5\text{ mm}$$

Maka panjang total (L) adalah:

$$L = L_1 + L_2 + L_3 = 41,5\text{ mm}$$



Gambar 10. Gambar kerja alat penekuk pelat bentuk U



Gambar 11. Alat penekuk pelat untuk celah bentuk U

Gambar 9 menunjukkan hasil produk dari alat penekuk pelat, gambar 10 menunjukan gambar kerja alat penekuk pelat bentuk U dan gambar 11 menunjukkan produk alat penekuk pelat yang telah berhasil dibuat.

Spesifikasi alat

Bahan rangka yang digunakan yaitu baja UNP 120 dengan tegangan geser 852 MPa. Untuk spesifikasi alat dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 2. Spesifikasi Alat

Dimensi	1300 x 800 x 800 mm
Kapasitas	5 Ton
Berat	60,5 kg

- Gaya *Bending* Maksimal $F = 33.750 \text{ N} = 3,375 \text{ ton}$
- Defleksi Pada Pin Pengikat (V) = 0,016 mm
- Rotasi Pin Pengikat (θ) = 0,038 rad
- Tegangan *Bending* pada *Base* ketahanan *bending* (W_B) = 4220,4 N
tegangan *bending* (σ_B) = 119,953 N/mm²
Tegangan Baut
Tegangan ijin Baut (τ_a) = 400 N/mm²
- Diameter Baut (d) = 3,54 mm, maka baut yang digunakan harus lebih besar dari M4 yaitu M8
- Pegas, type yang digunakan SWF 18-60 diameter kawat (*wire*) (d) = 0,0023 mm
spring rate (K) = 1666,7 N/m
spring index (C) = 8,7
maximum shear stress (τ_{max}) = 558 x 10⁶ Pa
kumparan aktif (N_a) = 19,86 kumparan
solid length (L_s) = 0,098 m
force at the solid length (F_s) = 253,3 N
length shear stress (Pa) = 759 x 10⁶ Pa

SIMPULAN

Alat penekuk pelat untuk celah bentuk dengan diameter 20 mm dan panjang maksimum pelat 500 mm telah berhasil dibuat. Hasil produk yang digunakan untuk percobaan yaitu menggunakan ketebalan pelat yang maksimum yaitu tebal 1,5 mm (gambar 10),

ukuran sudah sesuai dengan yang direncanakan dan hasil produk pada bagian dalam tidak mengalami pengkerutan. *Hydraulic bottle jack* digunakan sebagai penggerak yang berfungsi untuk menekan *punch* mempunyai spesifikasi alat sebagai berikut:

- Dimensi rangka = (1300 x 800 x 800) mm
- Baut = M8, M10, M12 dan M16
- *Hydraulic bottle jack* = 5 ton
- Berat = 60,5 kg

DAFTAR RUJUKAN

- Fikri, H. (2019). *Perancangan mesin pres sistem hidrolik dengan sudut bervariasi untuk menekuk pelat*.
- Marsis Wisjnu P & Iswantoro. (2007). *Perancangan mesin bending dengan memanfaatkan sistem dongkrak hidrolik sederhana*. Jakarta: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta.
- Permana Dhimas Ady. (2010). *Rancang bangun mesin pres semi otomatis*. Surakarta: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret.
- Shigley, J.E. & Mitchell L. D. (1983). *Mechanical engineering design (4th ed.)*. New York: Mc Glow – Hill, Inc.
- Smith, William F. (1990). *Principles of material science and engineering (2nd ed.)*. Mc. Graw Hill Publishing Company.
- Suchy I. (1998). *Hand book of die design (2nd ed.)*. New York: Mc Grow-Hill, Inc.
- Sularso. (1997). *Dasar perencanaan dan pemilihan elemen mesin*. Jakarta: PT Pradnya Paramita.
- Sumarno Edy, Hafid Abdul, H. Ismu, W. Joko P, & Heru Bambang. (2003). *Rancang bangun mesin tekuk plat*. Serpong: *Prosiding Presentasi Ilmiah Teknologi Keselamatan Nuklir VII*.

Suparno Teguh. (2016). *Perancangan mesin penekuk plat besi (mesin bending)*. Kediri: Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Nusantara PGRI.

Tyas A. W., Wahyu P. R., & Bambang, K. (2014). Perancangan dan analisis kekuatan konstruksi mesin tekuk plat hidrolis. *Mekanika*, 12(2).