

PERANCANGAN MESIN PEMUNTIR PLAT DENGAN PENERAK MOTOR LISTRIK UNTUK MENINGKATKAN PRODUKTIVITAS BENGKEL LAS

Wahyu Purwo Raharjo¹, Nurul Muhayat¹

¹ Staf Pengajar - Jurusan Teknik Mesin - Fakultas Teknik UNS

Keywords :

Twisting Machine
Design
Torsion

Abstract :

The twisting machine powered by electric motor has a role for twirling the steel sheet or profile to form accessories for fence, stairs and window guard. By twisting the steel sheet or profile, the two advantages can be obtained. First, the shape can be varied so that the appearance will be better. Second, the product will be stronger and harder due to the strain hardening mechanism. In the fact of that, the function and value of the final product will be increase. This designed machine has ability to twists the steel plate with 600 mm maximum length, 30 mm wide and 5 mm thickness by torsion 794,44 kg.mm. It also can twist steel profile with 600 mm maximum length, 10 mm wide and 10 mm thickness by torsion 6620,64 kg.mm. The main dimensions of this machine are 1200 mm length, 300 mm wide and 950 mm height. This twisting machine is powered by 1 hp electric motor. For transmitting the power from the electric motor to the spindle, the pulley - belt, sprocket - chain and worm gears are used.

LATAR BELAKANG

Pada saat ini banyak dijumpai bengkel las yang tidak saja menawarkan jasa penyambungan logam seperti baja dan aluminium, namun juga membuat produk - produk, terutama untuk peralatan rumah tangga, yang mempunyai nilai estetis seperti tangga, pagar, kanopi rumah dan teralis.

Produk bengkel las ini kebanyakan dihasilkan dari material berupa plat, plat strip dan baja profil. Untuk mendapatkan bentuk akhir yang diinginkan bahan baku di atas mengalami proses tekuk, puntir dan pengelasan.

Proses tekuk dan puntir, selain berfungsi mengubah bentuk bahan baku menjadi produk, juga meningkatkan kekuatan material melalui mekanisme pengerasan regang (*strain hardening*) akibat deformasi plastis (Surdia, 1985). Oleh karena itu produk yang telah mengalami proses tekuk dan puntir mendapatkan manfaat ganda yaitu bentuk akhir yang berguna atau bernilai estetis serta mendapatkan kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan bahan bakunya. Dibandingkan dengan produk serupa yang dihasilkan dari proses pengecoran, kekuatan produk hasil penekukan, pemuntiran dan pengelasan ini mempunyai keunggulan pada kekuatan secara signifikan. Disamping itu produk hasil lasan yang berbahan baku baja memiliki keuletan yang lebih tinggi dibanding produk coran pada umumnya yg terbuat dari material besi cor.

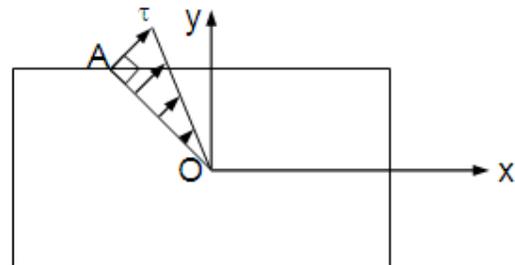
Hingga saat ini proses penekukan dan pemuntiran plat atau baja profil di bengkel - bengkel pengelasan dapat dilakukan secara manual maupun dengan menggunakan mesin. Pemuntiran secara manual mungkin akan meringankan biaya produksi

untuk investasi peralatan, namun kurang efisien apabila permintaan akan suatu produk itu bertambah. Hal ini akan menyebabkan pemborosan waktu, material dan tenaga kerja.

Pemakaian mesin pemuntir yang tepat guna akan memudahkan proses pengerjaan produk, mengurangi pengeluaran akibat material yang terbuang dan menghemat waktu sehingga dicapai efektifitas kerja yang optimal dalam persaingan di dunia industri.

TINJAUAN PUSTAKA

Apabila sebuah batang dengan penampang segi empat dikenai beban puntir, maka terjadilah tegangan geser yang tegak lurus terhadap jari - jari OA (Gambar 1), sedang puntiran dihasilkan oleh torsi yang bekerja pada ujung.



Gambar 1. Skema penampang segi empat yang dikenai beban puntir.

Pada saat batang dengan penampang segi empat dipuntir maka terjadilah perubahan pada penampang. Perubahan yang paling besar terjadi pada sisi tengah yaitu pada titik yang paling dekat dengan sumbu batang. Sementara

itu untuk menghitung momen puntir dapat digunakan persamaan sebagai berikut (Stalk, 1993) :

$$M_p = W_b \cdot \tau_{maks} \quad (1)$$

dimana :

- M_p = Momen puntir (kg.mm)
- τ_{maks} = Tegangan geser maksimum (kg/mm²)
- W_b = Tahanan puntir (mm³)

Untuk poros, dimana I_p = inersia poros (mm⁴), maka

$$W_b = I_p/r \quad (2)$$

Untuk batang segiempat

$$W_b = k_2 \cdot a^2 \cdot b \quad (3)$$

dimana :

- a = Tebal benda kerja (mm)
- b = Lebar benda kerja (mm)
- k_2 = Nilai dari rasio b/a

Pada batang berpenampang segiempat pejal, tahanan torsi yang terjadi adalah tegangan geser maksimum yang berkaitan dengan kemiringan maksimum, harga ini dipengaruhi oleh rasio b/a dari benda. Rasio b/a adalah perbandingan dari lebar dengan tebal pada benda uji.

Tegangan geser maksimum dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut (Shigley, 1994) :

$$\tau_{maks} = \sqrt{\left(\frac{\tau_s}{2}\right)^2 + \sigma_t^2} \quad (4)$$

dimana:

- τ_{maks} = Tegangan geser maksimum (kg/mm²)
- τ_s = Tegangan geser (kg/mm²)
- σ_t = Tegangan tarik (kg/mm²)

METODOLOGI PENELITIAN

Perancangan mesin pemuntir plat ini dilakukan melalui metodologi yang diperlihatkan pada Gambar 2.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Perhitungan Sistem Transmisi

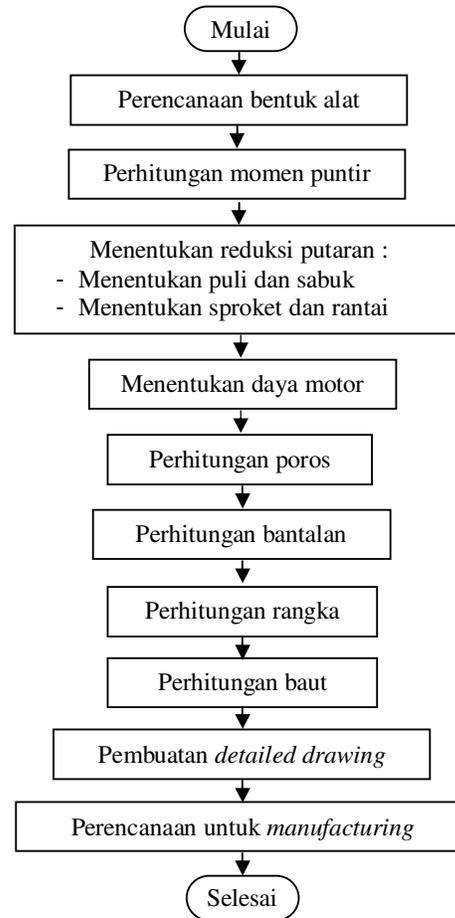
Bahan yang dipuntir adalah plat strip dan baja profil bujursangkar dengan tegangan tarik ijin 37 kg/mm². Dari Persamaan (4) didapatkan $\tau_{maks} = 31,83$ kg/mm².

Reduksi putaran dari motor sampai dengan bagian pemuntir dilakukan sebanyak 3 tahap. Tahap pertama putaran motor diperkecil oleh puli dimana :

- Diameter puli 1 (D_1) = 60 mm
- Diameter puli 2 (D_2) = 180mm

- Putaran puli 1 (N_1) = 1400 rpm sehingga putaran yang terjadi pada puli 2

$$N_2 = \frac{N_1 \cdot D_1}{D_2} = 466,67 \text{ rpm}$$



Gambar 2. Diagram alir perancangan.

Tahap kedua putaran motor diperkecil lagi oleh sproket dimana :

- Putaran sproket kecil (N_i) = 466,67 rpm
- Jumlah gigi sproket kecil (ZS_1) = 10 gigi
- Jumlah gigi sproket besar (ZS_2) = 40 gigi
- Perhitungan angka perbandingan (i) :

$$i = \frac{ZS_2}{ZS_1} = 4$$

- Putaran sproket besar (N_2) :

$$N_2 = \frac{N_1}{i} = 116,67 \text{ rpm}$$

Tahap ketiga adalah putaran yang diperkecil oleh sproket diperlambat lagi oleh roda gigi cacing yang mempunyai rasio 1 : 28, sehingga putaran menjadi :

$$N_g = \frac{N_w}{V.R} = 4,17 \text{ rpm}$$

Putaran sebesar 4,17 rpm inilah digunakan sebagai pemuntir. Daya puntir yang diperlukan untuk memuntir adalah :

$$P_{\text{pemuntir}} = \frac{T \cdot 2 \cdot \pi \cdot N}{4500} = 0,193 \text{ hp}$$

Efisiensi roda gigi cacing = 0,668

$$P_{\text{rodagigi}} = \frac{0,193}{0,668} = 0,29 \text{ hp}$$

Efisiensi sproket dan rantai = 0,8 (Nieman, 1997)

$$P_{\text{sproket}} = \frac{0,29}{0,8} = 0,36 \text{ hp}$$

Efisiensi puli = 0,8 (Shigley, 1994)

$$P_{\text{puli}} = \frac{0,36}{0,8} = 0,45 \text{ hp}$$

Efisiensi sabuk = 0,8 (Shigley, 1994)

$$P_{\text{sabuk}} = \frac{0,45}{0,8} = 0,56 \text{ hp}$$

Efisiensi motor listrik = 0,8

$$P_{\text{motor listrik}} = \frac{0,56}{0,8} = 0,71 \text{ hp}$$

Daya motor listrik yang diperlukan untuk memuntir plat dan baja persegi sebesar 0,71hp, maka motor listrik yang dipakai adalah yang berdaya 1 hp.

Torsi yang terjadi pada poros pemuntir atau worm gear dengan asumsi menerima beban lebih 25 % (Khurmi,2002) maka :

$$T_{\text{pemuntir}} = \frac{1,25 P \times 60}{2 \pi N_g} = 2136,51 \text{ Nm}$$

Torsi pada poros worm atau transmisi 2 :

$$T_{\text{worm}} = \frac{1,25 P \times 60}{2 \pi N_w} = 76,36 \text{ Nm}$$

Torsi pada poros transmisi 1 :

$$T_{\text{transmisi}} = \frac{1,25 P \times 60}{2 \pi N_1} = 19,09 \text{ Nm}$$

Rantai yang digunakan adalah rantai dengan jenis rol nomor 40 dengan klasifikasi sebagai berikut:

Jarak puncak (P)	= 12,7 mm
Diameter rol (D)	= 7,94 m
Lebar rol (W)	= 7,95 mm
Tebal plat mata rantai (h)	= 10,4 mm
Diameter pena (d)	= 3,97 mm
Jenis pena	= keling
Berat kasar	= 0,64 kg/m
Beban maksimum dianjurkan	= 300 kg
Batas kekuatan tarik	= 1950 kg

Putaran sproket kecil (Ni)	= 466,67 rpm
Jumlah gigi sproket kecil (ZS ₁)	= 10 gigi
Jumlah gigi sproket besar (ZS ₂)	= 40 gigi
Jarak sumbu poros (c)	= 200 mm (Sularso 1997)

Perhitungan angka perbandingan (i)

$$i = \frac{ZS_2}{ZS_1} = \frac{40}{10} = 4$$

Putaran sproket besar (N₂)

$$N_2 = \frac{ZS_1 \cdot N_1}{i} = 116,67 \text{ rpm}$$

Perhitungan panjang rantai :

$$L_p = \frac{ZS_1 + ZS_2}{2} + 2 \cdot \frac{c}{p} + \frac{\{(ZS_2 - ZS_1) / 6,28\}^2}{\frac{c}{p}}$$

$$= 57,9 \approx 58$$

Perhitungan banyaknya rantai :

$$C_p = \frac{1}{4} \left\{ \left[L_p - \frac{ZS_1 + ZS_2}{2} \right] + \left[\left(L_p - \frac{ZS_1 + ZS_2}{2} \right)^2 - \frac{2}{9,86} (ZS_2 + ZS_1)^2 \right]^{0,5} \right\}$$

$$= \frac{1}{4} \left\{ \left[58 - \frac{10 + 40}{2} \right] + \left[\left(58 - \frac{10 + 40}{2} \right)^2 - \frac{2}{9,86} (40 + 10)^2 \right]^{0,5} \right\}$$

$$= 15,78 \text{ untai} \approx 16 \text{ untai}$$

Perhitungan jarak poros (C)

$$C = C_p \cdot P = 203,2 \text{ mm}$$

Perhitungan kecepatan rantai (v)

$$v = \frac{P \cdot ZS_1 \cdot N_{S_1}}{1000 \cdot 60} = 0,988 \text{ m/s}$$

Perhitungan diameter bos atau naf terdiri atas perhitungan untuk sproket kecil dan besar. Untuk sproket kecil :

$$d_{B \text{ maks}} = P \left\{ \cot \left(\frac{180^\circ}{Z_1} \right) - 1 \right\} - 0,76$$

$$= 12,7 \left\{ \cot \left(\frac{180^\circ}{10} \right) - 1 \right\} - 0,76 = 25,63 \text{ mm}$$

Untuk sproket besar :

$$d_{B \text{ maks}} = P \left\{ \cot \left(\frac{180^\circ}{Z_2} \right) - 1 \right\} - 0,76$$

$$= 12,7 \left\{ \cot \left(\frac{180^\circ}{40} \right) - 1 \right\} - 0,76 = 147,9 \text{ mm}$$

Perhitungan momen puntir (T), terdiri atas perhitungan untuk sproket kecil dan besar. Untuk sproket kecil :

$$T_1 = 9,47 \cdot 10^5 \cdot \left(\frac{Pd}{N_1} \right) = 3027,67 \text{ kg mm}$$

Untuk sproket besar :

$$T_1 = 9,47 \cdot 10^5 \cdot \left(\frac{Pd}{N_2} \right) = 12110,43 \text{ kg mm}$$

Perhitungan tegangan yang diijinkan dilakukan dengan mengasumsikan bahwa bahan poros S30C dengan :

Kekuatan tarik (τb) = 48 kg/mm²

Sf₁ = 6Sf₂ = 1,3

K_t = faktor momen puntir, diambil 2

C_b = faktor beban lentur, diambil 1,2 (Sularso, 1987)

Tegangan yang diijinkan :

$$\tau_a = \frac{\tau b}{Sf_1 - Sf_2} = 6,15 \text{ kg/mm}^2$$

Perhitungan diameter poros sproket meliputi sproket kecil (ds₁) :

$$ds_1 = \left[\frac{5,1}{\tau_a} \cdot K_t \cdot C_b \cdot T_1 \right]^{\frac{1}{3}} = 18,2 \text{ mm}$$

Untuk sproket besar (ds₂) :

$$ds_2 = \left[\frac{5,1}{\tau_a} \cdot K_t \cdot C_b \cdot T_2 \right]^{\frac{1}{3}} = 28,9 \text{ mm}$$

Dari perhitungan di atas, diameter naf sproket kecil dan sproket besar cukup untuk diameter poros yang bersangkutan (Sularso, 1987)

Perhitungan Kekuatan Rangka

Menurut Shigley (1994), bahan rangka dari baja profil "L" St 37 (40 x 40 x 5) memiliki tegangan luluh ijin (σ_{lu})= 220 N/mm². Data - data yang lain adalah :

- Jarak titik berat (C_x) = 11,6 mm
- Momen kelembaman (I_x) = 5,43 x 10⁴ mm⁴

Tegangan tarik yang terjadi ditinjau pada momen maksimum :

$$\sigma = \frac{M \cdot C_x}{I_x} = 10,25 \text{ N/mm}^2$$

Dari perhitungan di atas, tegangan tarik yang terjadi lebih kecil dibandingkan tegangan luluh yang diijinkan, maka rangka dengan profil "L" tersebut aman.

Tegangan tarik yang terjadi ditinjau pada gaya tumpuan :

$$\sigma = \frac{F}{A} = 0,6 \text{ N/mm}^2$$

Karena tegangan tarik yang terjadi lebih kecil dibandingkan tegangan luluh yang diijinkan, maka rangka dengan profil "L" tersebut aman.

Mesin puntir plat yang dirancang dengan daya motor sebesar 1 hp diperlihatkan dalam Gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3. Mesin puntir plat.

KESIMPULAN

1. Mesin puntir mampu memuntir plat baja dengan ukuran maksimum 600 mm x 30 mm x 5 mm dan baja persegi dengan ukuran maksimum 600 mm 10 mm x 10 mm.
2. Daya motor yang digunakan oleh mesin pemuntir adalah 1 Hp.

DAFTAR PUSTAKA

- Niemen G, 1992, *Elemen Mesin II*, Erlangga, Jakarta.
- Shigley J.E, 1994, *Perencanaan Teknik Mesin Jilid II*, Erlangga, Jakarta.
- Sularso, 1997, *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*, edisi 3, Pradnya Paramitha, Jakarta.
- Surdia, T., dan Saito, S., 1985, *Pengetahuan Bahan Teknik*, edisi 1, Pradnya Paramita, Jakarta.