JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa), Vol. 7, No. 2, Desember 2022, Hal. 217-222
Terakreditasi "**Peringkat 3**" oleh Kemenristek/BRIN, Nomor SK: 85/M/KPT/2020
DOI: 10.31544/jtera.v7.i2.2022.217-222
p-ISSN 2548-737X
e-ISSN 2548-8678

# Rancang Bangun Mesin Pemuntir Besi Pejal Persegi Dengan Posisi Vertikal

**Felix Dionisius[#], Luqmanbahy, Badruzzaman, Emin Haris, Agus Sifa**
Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Indramayu
Jalan Raya Lohbener Lama No. 8 Kec. Lohbener, Kab. Indramayu, Jawa Barat, Indonesia
[#]felix.dionisius@polindra.ac.id

## Abstrak

Teralis banyak digunakan sebagai pengaman maupun hiasan rumah. Pada umumnya, teralis dapat diproduksi secara manual atau menggunakan mesin. Penggunaan mesin tersebut dapat menghasilkan produktivitas dalam produksi teralis. Tujuan dari penelitian ini adalah merancang dan membuat mesin pemuntir besi pejak kotak dengan posisi vertikal dimana ukuran penampang dari besi pejal 10x10 mm. Metode yang digunakan adalah VDI 2221 yang dimulai dari mendefisinikan permasalahan, fungsi dari mesin, mencari solusi dari beberapa penelitian sebelumnya, membuat sketsa, pembuatan spesifikasi berdasarkan hasil dari beberapa perhitungan, pembuatan produk, hingga pengujian. Pengujian puntir dilakukan dengan menggunakan bahan uji besi pejal persegi 10x10 x1000 mm. Hasil dari perancangan tersebut menghasilkan spesifikasi dengan ukuran maksimum sebesar 600x300x2000 mm dengan material BjTS 280 atau setara dengan tegangan luluh 280 MPa. Mesin tersebut juga dirancang memiliki kapasitas motor sebesar 0,75 kW dengan putaran 1500 rpm. Sedangkan hasil dari pengujian menghasilkan putaran sebesar 28 rpm saat pemuntiran besi pejal persegi 10x10 mm dengan panjang maskimum 1000 mm. Putaran ini juga menghasilkan penuruan sebesar 4,65%.

**Kata kunci:** mesin pemuntir, posisi vertikal, besi pejal persegi, teralis

## *Abstract*

*Trellis is widely used as a security and home decoration. In general, trellis can be produced manually or using a machine. The use of these machines can produce productivity in trellis production. The purpose of this research is to design and manufacture a square iron twisting machine with a vertical position where the cross-sectional size of solid iron is 10x10 mm. The method used is VDI 2221 which starts from defining the problem, the function of the machine, finding solutions from several previous studies, making sketches, making specifications based on the results of several calculations, making products, to testing. The torsion test was carried out using a 10x10 x1000 mm square solid iron test material. The results of this design produce specifications with a maximum size of 600x300x2000 mm with BjTS 280 material or equivalent to a yield stress of 280 MPa. The machine is also designed to have a motor capacity of 0.75 kW with a rotation of 1500 rpm. While the results of the test produce a rotation of 28 rpm when twisting a 10x10 mm square solid iron with a maximum length of 1000 mm. This round also resulted in a decrease of 4.65%.*

***Keywords:*** *twisting machine, vertical position, square iron, trellis*

## I. PENDAHULUAN

Teralis merupakan salah satu komponen penting yang dibutuhkan dalam pembangunan gedung seperti rumah tangga. Teralis dapat dipasang di jendela, pintu maupun pagar yang dapat berfungsi sebagai pengaman maupun hiasan rumah. Pada saat ini kebutuhan teralis cenderung mengalami peningkatan seiring perkembangan jumlah gedung yang ada di *real estate* dari 157,60 pada tahun 2017 hingga 207,03 untuk tahun 2021 [1]. Hal ini akan mengakibatkan tingginya permintaan teralis secara desain motif maupun produk teralis. Kajian kebutuhan akan desain motif ini sudah dilakukan oleh Hermanto dkk. [2] dan Suryanto dkk. [3] untuk mempertahankan kesimetrisan dan beragam arah hingga ornamen dari desain teralis. Sedangkan untuk memenuhi produk teralis tersebut, dibutuhkan waktu yang cukup lama, baik dari sisi persiapan material hingga fabrikasi. Pada umumnya material ini mempunyai penampang kotak pejal dengan bentuk antara lain, bentuk ulir (puntir), polos maupun *giles* [4]. Dalam pembuatan besi berbentuk ulir diperlukan sebuah alat bantu seperti

Diterima: 2 September 2022; Direvisi: 5 November 2022; Disetujui: 18 November 2022
JTERA, Vol. 7, No. 2, Desember 2022

© 2022 JTERA (Jurnal Teknologi Rekayasa), Politeknik Sukabumi

mesin puntir dimana bahan baku material ialah besi kotak pejal polos.

Peneliti maupun praktisi sudah banyak melakukan rancang bangun maupun penggunaan dari mesin puntir. Raharjo dkk. [5] merancang mesin pemuntir pada plat dengan menggunakan penggerak motor listrik. Mesin yang dirancang ini juga digunakan sebagai pendukung aksesoris rumah. Selain itu mesin puntir untuk skala laboratorium, banyak digunakan oleh peneliti untuk mengembangkan alat uji dan mengetahui sifat karakteristik suatu material apabila mengalami beban puntir [6]-[12]. Mesin ini mempunyai tipe dengan posisi material dengan keadaan horizontal saat mengalami kondisi puntir.

Ryadin [13] juga telah membuat mesin pemilin tunggal dengan ukuran dimensi 725x500x887 mm untuk penggunaan material besi kotak pejal. Mesin ini dapat memproduksi 18-20/jam besi spiral dengan ukuran penampang 10 mm. Berbeda dengan Faihz dkk. [14] dimana melakukan rancang bangun pada mesin pilin untuk produksi plat. Kurniawan dkk. [15] juga merancang dan membangun mesin puntir pada produk besi dengan panjang 1000 mm dimana penampang 10x10 mm. Rancang bangun tersebut menghasilkan mesin dengan ukuran 1500x800x500 mm dengan kapasitas 30 buah/jam.

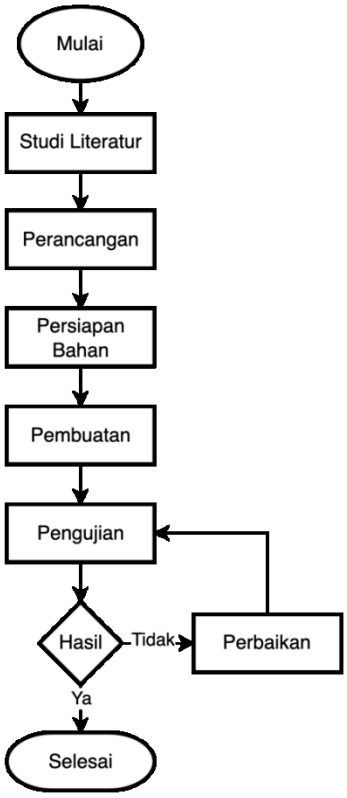
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang dan membangun mesin pemuntir besi pejal persegi dimana posisi dari proses produksi dalam keadaan vertikal. Selain itu mendapatkan putaran selama operasi puntiran. Berdasarkan penelitian sebelumnya, semua peneliti menggunakan mesin puntir dengan posisi proses dalam keadaan horizontal dimana hal tersebut dapat mengganggu keleluasaan ruang dalam bekerja khususnya di bengkel las teralis. Sedangkan pada penelitian ini diharapkan dapat menambah keleluasaan dalam ruang kerja bengkel las.

## II. METODE PENELITIAN

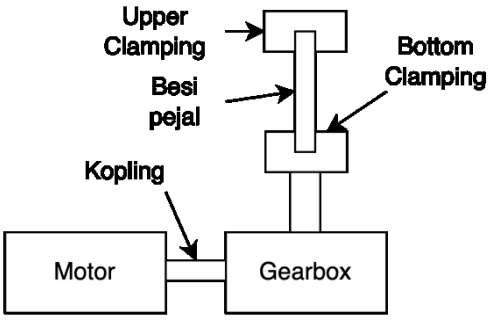
Proses penelitian ini menggunakan tahapan tahapan yang sistematis seperti yang ditampilkan pada Gambar 1 dimana bertujuan untuk memudahkan proses pekerjaan dalam rancang bangun mesin pemuntir.

Tahapan perancangan menggunakan metode VDI 2211 [16], proses pertama diawali dengan menggali permasalahan yang ada di bengkel teralis dimana sudah dijelaskan di pendahuluan. Setelah itu dilanjutkan dengan mendefinisikan kebutuhan yang berfungsi untuk memuntir besi pejal. Dari fungsi tersebut langkah berikutnya adalah pembuatan sketsa atau layout dengan pertimbangan beberapa informasi melalui literatur. Sketsa tersebut menghasilkan beberapa komponen antara lain, penggerak, kopling, penurun putaran, *clamping*, dan rangka sebagai penyangga dari komponen tersebut. Komponen tersebut dapat diilustrasikan sebagai bagan seperti pada Gambar 2.

Untuk menghasilkan produk besi ulir (puntir) diperlukan kondisi mekanik dari produk dalam keadaan plastis. Ini diperlukan agar pada saat proses pemuntiran, produk besi ulir tidak kembali ke posisi semula. Oleh karena itu, data dari *yield strength* dimana merupakan batas tegangan elastis-plastis harus lebih kecil dari tegangan yang bekerja pada produk saat pemuntiran. Data *yield strength*, $\sigma_y$ dari produk polos diambil dari kelas BjTP 280 [17] dengan nilai maksimum 405 MPa [18].




**Gambar 1. Diagram alir rancang bangun mesin pemuntir**




**Gambar 2. Sketsa desain**

Sedangkan ukuran penampang dari produk yang akan dipuntir merupakan besi pejal dengan dimensi maksimum 10x10 mm dan panjang 1000 mm. Sedangkan putaran yang dibutuhkan dalam puntiran sebagai batasan variable adalah 30 rpm. Data ini merupakan data acuan dalam menentukan spesifikasi motor (penggerak), poros (*joint*), *gearbox* (penurun putaran) hingga *clamping*.

Dalam menentukan spesifikasi motor diperlukan persamaan berikut [19]:

$$P = \frac{2\pi NT}{60} \quad (1)$$

dimana: P = daya motor (Watt); N = putaran (rpm); T = torsi (m).

Untuk mengetahui torsi (T) yang dibutuhkan untuk memuntir besi pejal polos menggunakan persamaan berikut [19]:

$$\frac{T}{J} = \frac{\tau}{y} = \frac{G.\theta}{l} \quad (2)$$

dimana: $\tau$ = tegangan geser (MPa); y = nilai tengah (mm); J = momen inersia polar ($mm^4$); T = torsi (N.mm); G = modulus kekakuan (MPa); l = panjang besi pejal (mm); $\theta$ = sudut puntir (rad). Sedangkan untuk mengetahui momen inersia polar (J) dapat menggunakan persamaan berikut [20]:

$$J = I_x + I_y \quad (3)$$

$$I_x = I_y = \frac{b^4}{12} \quad (4)$$

dimana: J = momen inersia polar ($mm^4$); $I_x$ = momen inersia terhadap sumbu x ($mm^4$); $I_y$ = momen inersia terhadap sumbu y ($mm^4$); b = panjang sisi besi pejal kotak (mm).

Kopling yang digunakan adalah jenis muff/sleeve. Persamaan yang digunakan ialah persamaan 2 dengan jenis penampang pipa. Sedangkan *clamping*, hal yang paling kritis dalam perancangan ini adalah adanya tegangan geser pada baut.

## III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan konsep desain di atas didapatkan sebuah rancangan 3D dari mesin pemuntir besi pejal seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3(a) dan hasil produk pada Gambar 3(b). Mesin tersebut mempunyai ukuran maksimum 600x300x2000 mm.

Penggerak mesin dirancang menggunakan motor listrik dengan penentuan spesifikasi dimana pada motor yang akan digunakan mempunyai putaran umum sebesar 1500 rpm. Putaran ini banyak dipakai oleh motor listrik skala *home industry*. Sehingga untuk mencapai putaran pada besi pejal kotak, *gearbox* yang dipilih sebesar 1:50.

Penentuan daya didapat dengan menggunakan persamaan (1)-(4) dimana besi pejal kotak harus mengalami puntir. Berdasarkan teori Rankine dengan material *ductile*, tegangan geser maksimum merupakan setengah dari tegangan luluh suatu material [19] sebesar 202,5 MPa.

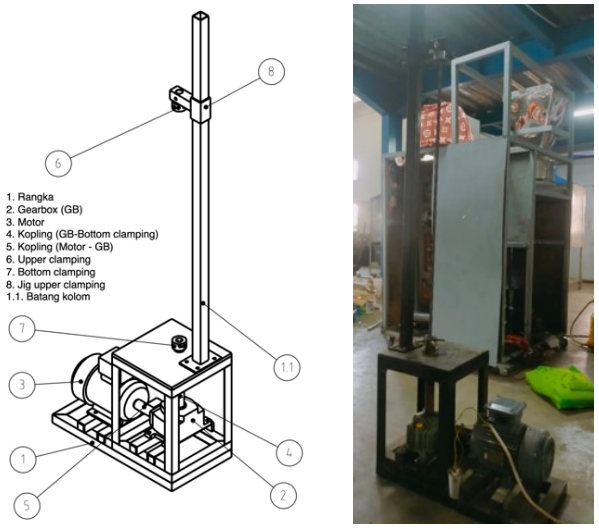
Dengan menggunakan parameter modulus kekakuan (80 GPa untuk material dengan jenis *mild steel*), momen inersia polar, nilai tengah, dan panjang didapat sudut puntir untuk keadaan plastis (2):

$$\theta = \frac{\tau.l}{G.y} = 0{,}50\ rad = 28{,}64^0 \quad (5)$$

Sedangkan torsi yang dibutuhkan untuk memuntir besi pejal dengan putaran 30 rpm menggunakan (2) sebesar 67,5 Nm. Dengan menggunakan (1) didapat daya sebesar 0,212 kW.

Dengan pertimbangan faktor koreksi sebesar 2 [21], maka daya rata rata yang diperlukan sebesar 0,424 kW. Sehingga motor listrik yang dipilih di pasar dan untuk memenuhi torsi yang dibutuhkan harus lebih besar dari torsi besi pejal kotak adalah sebesar 0,75 kW.

Untuk menghubungkan antara motor dan *gearbox* dan *clamping*, komponen yang dipakai adalah kopling berjenis *muff/sleeve* dengan bentuk penampang silinder berongga. Diameter dari kopling (D) ini didapat berdasarkan diameter poros penggerak pada motor ($d_1$) sebesar 12 mm melalui [19][22].




(a) (b)

**Gambar 3. (a) Rancangan desain 3D; (b) produk mesin pemuntir**

$$D = 2(d_1) + 13 = 2(12) + 13 = 37\ mm$$

Berdasarkan data pasar yang ada, diameter dari kopling ini dipilih sebesar 35 mm. Agar kopling tidak terdeformasi atau mengalami puntir maka kopling akan diuji berdasarkan torsi dimana torsi yang diterima oleh kopling harus lebih tinggi dari torsi yang diterima oleh besi pejal kotak. Material yang digunakan adalah tegangan luluh $\sigma_y$ minimum dari BjTS 280 dengan nilai 280 MPa. Untuk mendapatkan nilai tegangan geser dapat menggunakan 0,3 dari tegangan luluh [19] dimana menghasilkan nilai sebesar 84 MPa. Sehingga torsi kopling yang diizinkan (Gambar 3(a) dan Gambar 4) dan dipasang antara motor ($d_1$=12 mm) dan *gearbox* ($d_2$=19 mm) sebesar melalui (2).

$$T_{km} = \frac{\tau.J}{r} = 697{,}02\ Nm$$

$$T_{kg} = \frac{\tau.J}{r} = 645{,}41\ Nm$$

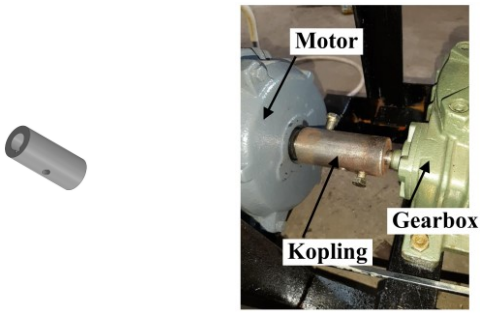
dimana: $T_{km}$ = torsi kopling yang diizinkan dan dipasang pada motor; $T_{kg}$ = torsi kopling yang diizinkan dan dipasang pada *gearbox*.

Berdasarkan hasil dari torsi tersebut, kopling tersebut dalam keadaan aman pada saat operasi dengan ukuran diameter luar 35 mm, diameter dalam 12 dan 19 mm dengan panjang 80 mm.

Jika ukuran diambil berdasarkan ukuran diameter kopling di atas, maka torsi yang diizinkan dari kopling (Gambar 5) untuk penghubung *gearbox* ($d_3$=17 mm) dan *bottom clamping* sebesar

$$T_{kgo} = \frac{\tau.J}{r} = 667{,}02\ Nm$$

dimana: $T_{kgo}$ = torsi kopling yang diizinkan dan dipasang pada *output gearbox*.




**(a)** **(b)**

**Gambar 4. Kopling M-GB: (a) desain 3D; (b) produk**

*Bottom clamping* digunakan sebagai penjepit dan penghubung antara kopling (GB-*Bottom clamping*) dengan besi pejal kotambolt seperti pada Gambar 6. *Bottom clamping* terdiri dari beberapa bagian antara lain, *body*, *bolt* dan lubang untuk *round key*. Lubang *round key* mempunyai diameter nominal 10 mm. Sehingga jika diberikan *round key* berbentuk poros solid dengan ukuran maksimum 10 mm, maka akan mengalami tegangan geser pada key tersebut saat beroperasi. Tegangan geser ini akan mempengaruhi jenis material yang aman untuk melakukan puntiran dimana tegangan geser yang terjadi harus lebih kecil dari tegangan material tersebut.

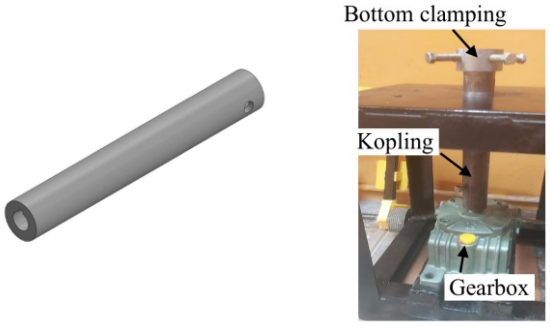
Gaya yang diberikan oleh *bottom clamping* terhadap *round key* sebesar:

$$F = \frac{T}{0{,}5d} = \frac{67.5\ x\ 10^3}{0{,}5(24)} = 5625\ N$$

*Round key* dipasang ke dalam lubang *round key* hingga menyentuh kopling dari *gearbox-bottom clamping*. Sehingga tegangan geser yang diterima oleh *round key* sebesar [19]:

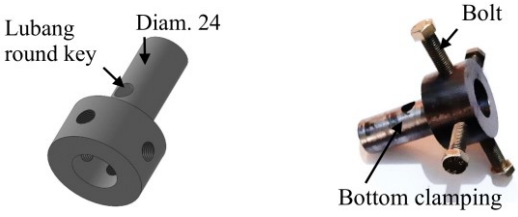
$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{5625}{(2)\frac{\pi}{4}(10^2)} = 35\ MPa$$

Maka jika menggunakan teori Rankine, nilai tegangan luluh $\sigma_y$ didapat sebesar 71,65 MPa. Sehingga material yang dapat digunakan adalah jenis BjTS 280 dengan nilai minimum tegangan luluh sebesar 280 MPa [17].



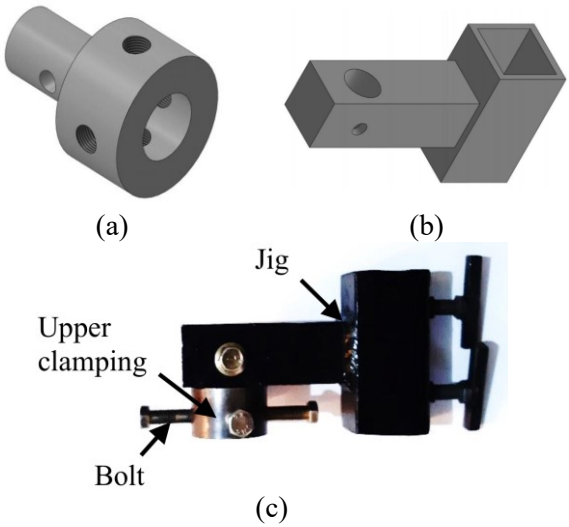

(a) (b)

**Gambar 5. Kopling GB-UC: (a) desain 3D; (b) produk**




(a) (b)

**Gambar 6. *Bottom clamping*: (a) desain 3D; (b) produk**



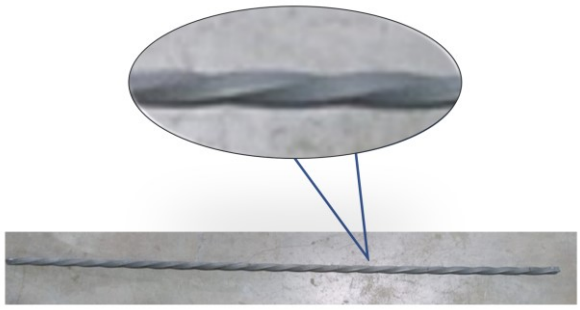

**Gambar 7. *Upper clamping* dan *jig*: (a) desain 3D *upper clamping*; b) desain 3D *jig*; c) produk**

Untuk *upper clamping*, bentuknya menyerupai *bottom clamping* tetapi total panjang yang dirancang (Gambar 7(a)) dan dibuat (Gambar 7(c)) berbeda dimana panjang *bottom clamping* dan *upper clamping* sebesar 84 mm dan 68 mm. Perbedaan ukuran panjang *upper clamping* ini mempertimbangkan dimensi dari *jig*. Sedangkan bentuk *jig* berbentuk "T" dengan komponen besi *hollow* kotak dan besi pejal kotak berukuran 40x40 mm dimana dimensi keseluruhan 160x90 mm seperti yang ditunjukkan pada Gambar 7(b).

Batang kolom yang ada di Gambar 3(a) terdiri dari komponen *base plate* dan besi *hollow* kotak dengan ukuran yang ada di pasaran 40x40x5 mm dengan panjang 1500 mm. Besi *hollow* tersebut menyerupai bentuk *cantilever* sehingga akan mengalami tegangan bending. Berdasarkan ukuran tersebut, sudut puntir perlu diuji dengan torsi yang dipakai untuk puntiran besi kotak pejal teralis dimana dapat menggunakan (2).

$$\theta = \frac{T.l}{J.G} = 4{,}8\ x\ 10^{-4}\ rad$$

Hasil sudut puntir besi *hollow* tersebut lebih kecil dibandingkan dengan besi kotak pejal teralis. Ini menunjukkan bahwa besi *hollow* dalam keadaan aman atau tidak mengalami puntiran.



**Gambar 8. Produk besi pejal kotak ulir**

Dari hasil rancangan dan pembuatan, beberapa komponen dirakit sehingga menjadi suatu mesin puntir seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3(b). Hasil puntiran menunjukkan bahwa besi pejal kotak dapat dipuntir sebanyak 8 putaran dalam waktu 16,78 detik. Sehingga putaran yang dihasilkan sebesar 28,6 rpm. Dari hasil tersebut terdapat penurunan putaran sebesar 4,65% dari putaran desain. Adapun hasil dari besi pejal yang telah terpuntir dapat dilihat pada Gambar 8.

Ukuran mesin ini tergolong kecil dari sisi luas jika dibandingkan mesin puntir yang dibuat oleh Kurniawan dkk. Sehingga terjadi efisiensi ruang yang terpakai oleh bengkel las teralis. Dari sisi kecepatan puntir juga lebih cepat dikarenakan putaran outup untuk memuntir besi pejal kotak sebesar 28,6 rpm lebih besar dari Kurniawan dkk. [15] sebesar 10,7 rpm.

## IV. KESIMPULAN

Mesin puntir telah dibuat berdasarkan perancangan melalui metode VDI 2221 dengan ukuran keseluruhan 600x300x2000 mm dan menggunakan material BjTS 280. Mesin tersebut dapat memuntir besi pejal persegi 10x10x1000 mm dengan putaran 28,6 rpm dimana menggunakan motor listrik sebagai penggerak dan *muff coupling* sebagai transmisi. Besi pejal tersebut dipuntir dalam posisi vertikal dengan 8 kali putaran selama 16,78 detik. Dengan kemampuan di atas, mesin tersebut dapat membantu produksi teralis dan mengurangi waktu lamanya produksi dalam memenuhi kebutuhan konsumen. Selain itu ukuran dari mesin tersebut juga dapat mengurangi luasan dari penempatan mesin.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada P3M Politeknik Negeri Indramayu atas pendanaan yang diberikan melalui kontrak 0656/PL42.11/AK.04/2022 serta fasilitas dari Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Indramayu.

## REFERENSI


[1] A. R. Oktilasari, *Produk Domestik Regional Bruto Kabupaten Indramayu Menurut Lapangan Usaha*. Indramayu: Badan Pusat Statistik Kabupaten Indramayu, 2022.

[2] Hermanto, Kusno, and A. Kamsyakawuni, "Desain Motif Teralis Pintu dan Jendela dari Bentuk Geometri Dasar," in *Prosiding Seminar Nasional Matematika*, 2014, no. 4, pp. 374–380.

[3] A. Suryanto, N. Hudallah, R. Defi, and M. Putri, "Kelompok Usaha Las Listrik Dengan Teknik Desain Ornamen Teralis Pagar Berbasis Komputer," *Rekayasa*, vol. 15, no. 1, pp. 1–10, 2017.

[4] (2018) BengkelLasPro website. [Online]. Available: http://www.bengkellaspro.com/mengenal-jenis-besi-dan-ukurannya-yang-dipakai-pembuatan-teralis-jendela/

[5] W. P. Raharjo and N. Muhayat, "Perancangan Mesin Pemuntir Plat dengan Penggerak Motor Listrik untuk Meningkatkan Produktifitas Bengkel Las," *MEKANIKA*, vol. 8, no. 1, pp. 90–93, 2009.

[6] F. Kurniawan and F. Anggara, "Sistem Akuisisi Data Mesin Uji Puntir Berbasis Arduino Uno dan Microsoft Visual C #," *Rotasi*, vol. 22, no. 3, pp. 155–161, 2020.

[7] Anrinal, A. Yanto, and D. Kuswanto, "Analysis of the Effectiveness of the Hardening Temper Process to increase M8 Bolt Strength," *J. Tek. Mesin*, vol. 11, no. 2, pp. 140–145, 2021.

[8] J. Prihartono, "Analisis Kekuatan Puntir Baja SS41 dan Alumunium 2319," *Presisi*, vol. 21, no. 2, pp. 88–95, 2019.

[9] I. Kurniawan, U. Budiarto, and I. P. Mulyatno, "Analisa Kekuatan Puntir, Kekuatan Tarik, Kekerasan dan Uji Metalografi Baja S45C Sebagai Bahan Poros Baling-Baling Kapal (Propeller Shaft) Setelah Proses Tempering," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 7, no. 4, pp. 313–322, 2019.

[10] H. S. Wijaya and B. Oktaviastuti, "Perbandingan Kekakuan Puntir (Torsional Stiffness) antara Balok Kayu Kamper Berpenampang Hollow (Box Beam) dan Solid," *J. Reka Buana*, vol. 2, no. 2, pp. 144–148, 2017.

[11] A. H. Atho'ullah and H. Yudiono, "Karakterisasi Ketahanan Lelah Takik Ulir Whitworth akibat Pembebanan Puntir Dinamis Pada Baja Karbon Rendah," *J. Din. Vokasional Tek. Mesin*, vol. 5, no. 2, pp. 389–393, 2020.

[12] A. Arianto, F. A. Kurniawan, and A. Irwan, "Analisa Kekuatan Material BJTP P40 dan Carbon Steel AISI 1018 Sebagai Ulir Angkur Dengan Uji Torsi," *J. MESIL (Mesin Elektro Sipil)*, vol. 2, no. 2, pp. 1–6, 2021.

[13] A. U. Ryadin, "Pembuatan Mesin Pemilin Tunggal Besi Solid Persegi untuk Teralis," *DIMENSI*, vol. 1, no. 3, pp. 650–664, 2012.

[14] E. S. N. Faihz and B. Sugito, "Rekayasa dan Rancang Bangun Mesin Pilin Plat," *Media Mesin Maj. Tek. Mesin*, vol. 16, no. 1, pp. 13–19, 2015.

[15] D. Kurniawan, Safril, and Bukhari, "Rancang Bangun Mesin Puntir untuk Pembuat Besi Teralis Model Spiral Spesifikasi Besi Kotal 10x10x1000 mm," *J. Tek. Mesin*, vol. 11, no. 1, pp. 16–21, 2018.

[16] D. R.P. Cupu and N. Syamza, "Design of Disc on Disc Wear Test Equipment Using VDI 2221 Method," *J. Ocean. Mech. Aerosp. -science Eng.*, vol. 65, no. 3, pp. 100–106, 2021.

[17] E. Utomo, Z. A. Mahendra, and G. T. Haryanti, "Pendampingan Perencanaan Bangunan Gedung Masjid Al-Awwabin Kelurahan Karang Balik Kota Tarakan," *Indones. J. Community Empower. Serv.*, vol. 1, no. 1, pp. 10–20, 2021.

[18] S. H. Purwanto, "Evaluasi Karakteristik Baja Tulangan Beton di Malang Raya Berdasarkan Standar SNI 2052-2017," *J. APTEK*, vol. 13, no. 2, pp. 59–68, 2020.

[19] R. S. Khurmi and J. K. Gupta, *A Textbook of Machine Design*, 14th ed. New Delhi: Eurasia Publishing House (PVT.) LTD, 2005.

[20] R. G. Budynas and J. K. Nisbett, *Sigley's Mechanical Engineering Design*, 9th ed. New York: McGraw-Hill, 2011.

[21] Sularso and K. Suga, *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*, 11th ed. Jakarta: PT. Pradnya Paramita, 2004.

[22] R. R. Ozarkar, N. G. Shinde, and M. S. Sathe, "Dimensional Calculations of Muff Coupling By Using C Programming," *Int. J. Recent Sci. Res.*, vol. 7, no. 4, pp. 10468–10471, 2016.