

Perancangan Mesin Pelurus Baja Tulangan Diameter 12 mm

Refa Fachreza Agniya¹, Heri Widiatoro²

¹Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40559

E-mail : refa.fachreza.tpkm18@polban.ac.id

²Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40559

E-mail : heri.widiatoro@polban.ac.id

ABSTRAK

Baja tulangan merupakan baja yang digunakan untuk konstruksi bangunan. Pada konstruksi bangunan seringkali terdapat sisa material baja tulangan yang bisa disebabkan oleh sisa pemotongan material, perubahan desain saat konstruksi, kesalahan pemotongan atau pembengkokkan material, dan peralatan tidak berfungsi dengan baik. Hal tersebut mengakibatkan baja tulangan kurang sesuai namun sudah mengalami perubahan bentuk sehingga baja tidak terpakai. Selain itu, pada konstruksi bangunan terdapat jenis pondasi *bore pile* yang berfungsi meneruskan beban bangunan ke dalam lapisan tanah. Pembuatan gulungan tersebut umumnya masih dengan cara manual. Untuk memanfaatkan kembali baja tulangan yang tidak terpakai, maka baja harus diluruskan terlebih dahulu sebelum dibentuk ulang. Oleh karena itu dibuat rancangan mesin pelurus baja tulangan serta dilengkapi dengan pembuat gulungan pondasi *bore pile*. Dalam proses perancangan dilakukan dengan empat tahapan yaitu tahap perencanaan, tahap perancangan konsep, tahap perancangan detail, dan tahap dokumentasi. Hasil dari perancangan tersebut adalah rancangan mesin pelurus baja tulangan dengan maksimal diameter 12 mm serta dapat membuat gulungan pondasi *bore pile*, dimensi mesin sebesar 1250 mm x 700 mm x 1180 mm dengan berat ± 230 kg, menggunakan motor listrik dengan daya 3 kW, transmisi rantai rol dan sproket serta *gearbox* dengan putaran akhir 80 rpm. Estimasi biaya produksi sebesar Rp. 16.750.631.

Kata Kunci

Baja Tulangan, Pelurus, Bore Pile

1. PENDAHULUAN

Baja tulangan beton merupakan baja karbon atau baja paduan yang memiliki bentuk penampang bundar. Baja tulangan terbuat dari bahan baku *billet* dengan cara canai panas (*hot rolling*). Secara umum baja tulangan dibagi menjadi dua bentuk yaitu baja tulangan beton polos dan baja tulangan beton yang memiliki sirip/ulir melintang. Baja ini digunakan dalam pembuatan tulangan beton pada konstruksi bangunan [1].

Di Indonesia sendiri diberlakukan kewajiban penggunaan baja tulangan berstandar SNI untuk pekerjaan konstruksi dan harus didukung oleh semua pemangku kepentingan baik pengguna jasa, penyedia jasa seperti konsultan dan kontraktor, serta produsen dan penjualnya harus mengetahui dampak kepada masyarakat pengguna. Hal ini dilakukan dalam upaya peningkatan kualitas baja tulangan di Indonesia dan menghindari

kegagalan akibat baja tulangan yang tidak sesuai dengan standar yang berlaku (Syarif, 2019) [2].

Pada pekerjaan konstruksi seringkali terdapat sisa material. Penyebab terbentuknya sisa material diantaranya disebabkan oleh perubahan desain sehingga perlu dikerjakan ulang, ketidakterampilan pekerja, kesalahan dalam memberikan instruksi kepada pekerja, dan pemakaian material secara berlebihan [3]. Selain itu penyebab sisa material besi tulangan disebabkan oleh sisa pemotongan material, perubahan desain pada saat konstruksi berlangsung, kesalahan pada pemotongan atau pembengkokkan material, dan peralatan tidak berfungsi dengan baik [4]. Hal tersebut mengakibatkan terdapat baja tulangan yang kurang sesuai namun sudah terlanjur mengalami perubahan bentuk seperti pembengkokkan pada baja tersebut sehingga baja tidak dapat terpakai. Untuk bisa memanfaatkan kembali baja yang tidak terpakai, maka baja perlu diluruskan terlebih

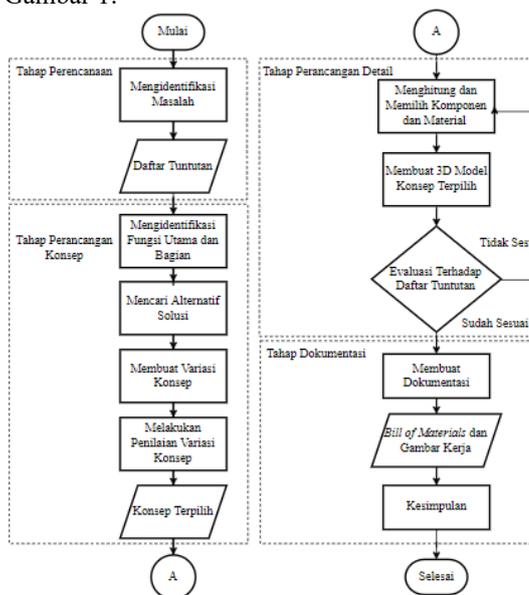
dahulu sebelum dibentuk kembali sesuai yang diinginkan.

Pada konstruksi bangunan juga terdapat struktur pondasi *bore pile* yaitu jenis pondasi dalam dengan desain berbentuk tabung yang berfungsi meneruskan beban bangunan ke lapisan tanah keras [5]. Umumnya pembuatan gulungan pondasi *bore pile* masih dilakukan dengan cara manual.

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Ilter Kilerci, Burak Onder, dan Aytac Bassullu pada tahun 2019 dengan membuat bagian dari mesin pelurus baja tulangan. Diameter yang baja tulangan yang digunakan sebesar 6 mm [6]. Serta terdapat penelitian oleh Biju B, Dijin JS, Anujith C, Arun Augustine, dan Mohammad Anas P pada tahun 2016 dengan membuat perancangan mesin pelurus baja tulangan. Diameter baja tulangan yang digunakan sebesar 10 mm [7]. Penelitian sebelumnya hanya membahas mengenai proses pelurusan saja. Oleh karena itu, dilakukan perancangan mesin pelurus baja tulangan dengan maksimal diameter 12 mm. Mesin ini juga dilengkapi dengan fungsi untuk membuat gulungan spiral baja untuk struktur pondasi *bore pile*.

2. METODOLOGI

Metode penelitian yang dilakukan dengan tahapan yang mengacu pada flowchart pada Gambar 1.



Gambar 1. Flowchart metodologi

Tahap Perencanaan

Tahap perencanaan berisi mengenai latar belakang masalah, fungsi umum alat, cara kerja alat, kajian kebutuhan, kajian produk yang ada di pasaran, dan kajian dampak lingkungan. Tahap perencanaan adalah tahap awal dalam proses perancangan, hasil dari tahap perencanaan ini yaitu daftar tuntutan.

Tahap Perancangan Konsep

Tahap perancangan konsep berisi mengenai penjabaran dari fungsi utama, fungsi bagian, tabel morfologi untuk alternatif solusi, evaluasi alternatif solusi, pembuatan variasi konsep, dan penilaian dari variasi konsep. Tahap ini untuk menghasilkan konsep terpilih yang nantinya akan dijadikan sebagai acuan pada tahapan proses perancangan selanjutnya.

Tahap Perancangan Detail

Tahap perancangan detail berisi perhitungan dan pemilihan komponen serta material. Membuat model 3D yang didapat dari hasil konsep terpilih dan melakukan evaluasi terhadap daftar tuntutan yang telah dibuat apakah sudah memenuhi atau belum memenuhi. Selain itu rancangan yang dibuat juga mempertimbangkan berbagai macam aspek seperti aspek keterbuatan, perawatan, ergonomi, dan ekonomi. Hasil dari merancang detail dapat berupa spesifikasi alat yang akan dirancang.

Tahap Dokumentasi

Tahap dokumentasi adalah tahapan pembuatan dokumen dari hasil perancangan detail berupa *bill of materials* dan gambar kerja.

3. PROSES PERANCANGAN

Berikut yang dihasilkan setelah melewati tahapan yang ada pada metodologi.

3.1 Daftar Tuntutan

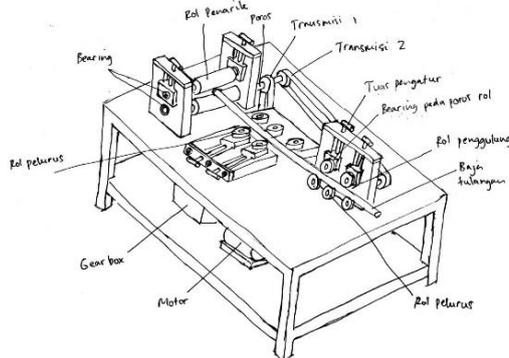
Diperoleh daftar tuntutan pada perancangan mesin pelurus baja tulangan sebagai berikut:

1. Mesin dapat melakukan pelurusan atau pengerolan spiral baja.
2. Kapasitas baja tulangan maksimal diameter 12 mm.
3. Maksimal dimensi: 1300 mm x 1000 mm x 1400 mm.
4. Biaya produksi maksimal 15 juta.
5. Mudah dipindahkan.

6. Tidak membahayakan operator dan orang disekitar.

3.2 Konsep Terpilih

Pada penentuan konsep dibuat penjabaran fungsi dari setiap bagian dengan bantuan tabel morfologi dan dibuat gabungan fungsi bagian tersebut hingga menjadi variasi konsep. Didapat beberapa variasi konsep kemudian dilakukan proses penilaian untuk mendapatkan konsep terpilih. Dari hasil penilaian didapat konsep terpilih yaitu konsep yang dianggap memiliki keunggulan dibebberapa parameter penilaian seperti pada kemudahan manufaktur dan ketersediaan bahannya yang lebih mudah apabila diwujudkan. Konsep terpilih seperti yang ditunjukkan Gambar 2. Prinsip kerja konsep terpilih yaitu ketika motor diaktifkan maka akan memutarakan rol penarik dan baja tulangan yang dimasukkan diantara rol penarik akan tertarik kemudian melewati rol lainnya. Ketika ingin melakukan pengerolan, maka atur ketinggian rol untuk proses pengerolan.



Gambar 2. Konsep terpilih

3.3 Perhitungan Komponen

Pada tahap perancangan detail dilakukan perhitungan pada bagian yang dianggap kritis.

1. Perhitungan daya motor

Daya yang minimum yang dibutuhkan mesin adalah daya pada proses penarikan ditambah daya pada proses pelurusan dan ditambah daya pada proses pengerolan. Gaya gesek pada proses penarikan sebesar 77,34 N, pada proses pelurusan sebesar 3832,67 N, dan pada proses pengerolan sebesar 468,44 N. Dalam menghitung daya dibutuhkan torsi dan kecepatan sudut dalam rad/s. Jika radius *roller* sebesar 0,05 m, maka untuk mendapatkan torsi menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$T = F \cdot r \quad (1)$$

Untuk proses penarikan sebagai berikut:

$$T = 77,34 \cdot 0,05 = 3,87 \text{ Nm}$$

Untuk proses pelurusan sebagai berikut:

$$T = 3832,67 \cdot 0,05 = 191,63 \text{ Nm}$$

Untuk proses pengerolan sebagai berikut:

$$T = 468,44 \cdot 0,05 = 23,42 \text{ Nm}$$

Sehingga total torsinya sebesar $3,87 \text{ Nm} + 191,63 \text{ Nm} + 23,42 \text{ Nm} = 218,92 \text{ Nm}$.

Untuk mendapatkan daya mesin minimum dengan kecepatan sudut 8,4 rad/s adalah menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P = T \cdot \omega \quad (2)$$

$$P = 218,92 \cdot 8,4 = 1838,93 \text{ W}$$

$$= 1,84 \text{ kW}$$

Daya rencana yang digunakan yaitu daya total dikalikan dengan *safety factor* sebesar 1,3 yaitu sebagai berikut:

$$P = 1,84 \cdot 1,3 = 2,4 \text{ kW}$$

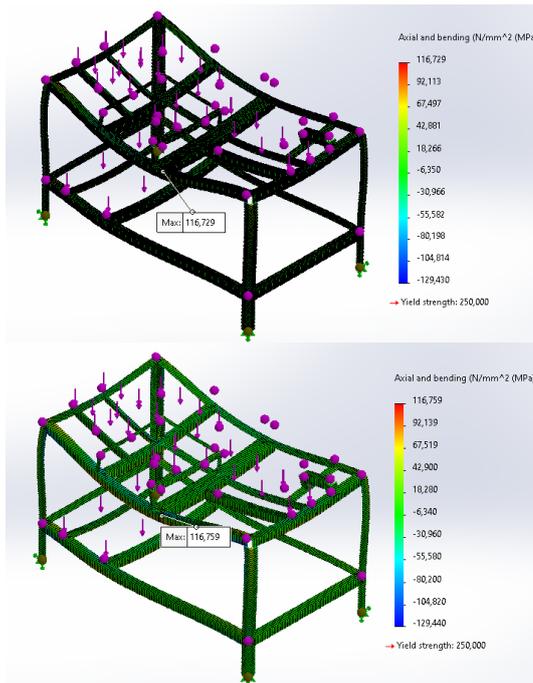
Pertimbangan daya motor yang beredar di pasaran maka menggunakan motor dengan daya 3 kW dan putaran 1500 rpm.

2. Perhitungan gearbox dan transmisi

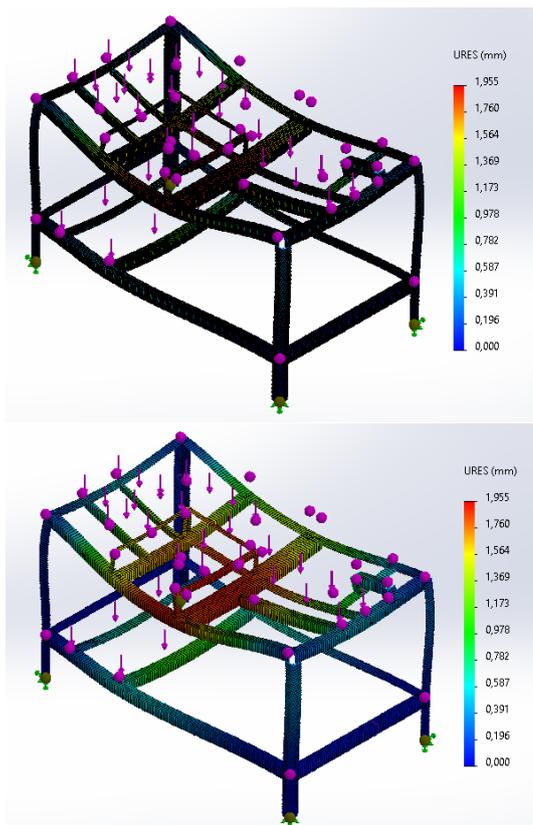
Kecepatan putaran yang dibutuhkan sebesar 8,4 rad/s atau sekitar 80 rpm. Putaran motor terlalu cepat sehingga direduksi dengan transmisi rantai dan sproket dengan perbandingan $1500:1200 = 1,25 : 1$. Agar mendekati putaran 80 rpm sehingga direduksi kembali dengan gearbox dengan rasio 1:15. Untuk memutarakan poros pada penarik dan pada pengerol digunakan kembali rantai dan sproket dengan perbandingan 1:1.

3.4 Simulasi Numerik CAE

Simulasi CAE (*Computer Aided Engineering*) memiliki fungsi dalam membantu perhitungan secara numerik. Pada simulasi ini komponen yang disimulasikan yaitu rangka utama mesin. Simulasi ini dibantu dengan fitur dari *software solidworks 2021*. Hasil simulasi numerik dapat dilihat pada Gambar 3 dan Gambar 4.



Gambar 3. Hasil tegangan



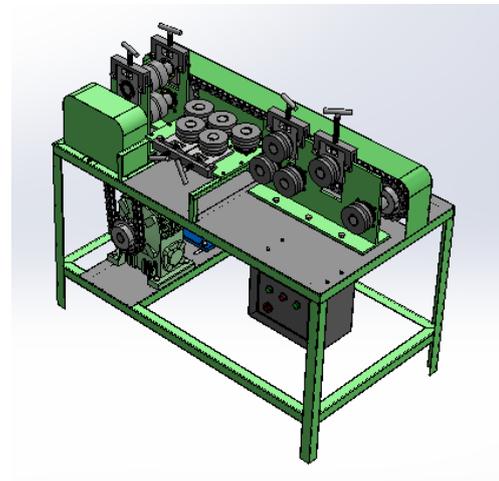
Gambar 4. Hasil perubahan bentuk

Pada Gambar 3, rangka dengan pembebanan komponen lain menghasilkan tegangan maksimal yang terjadi. Perhitungan numerik CAE menghasilkan tegangan maksimal yang terjadi secara berturut-turut yaitu sebesar 116,729 MPa dan 116,759 MPa.

Pada Gambar 4, rangka dengan pembebanan komponen lain menghasilkan perubahan bentuk maksimal yang terjadi. Perhitungan numerik CAE menghasilkan perubahan bentuk maksimal yang terjadi yaitu sama nilainya sebesar 1,955 mm.

3.5 Model Mesin

Model 3D mesin dibuat dengan acuan variasi konsep terpilih dengan bantuan *software solidworks 2021*. Hasil pemodelan dapat dilihat pada Gambar 5. Mesin yang dirancang memiliki perbedaan dengan mesin sejenis pada umumnya. Selain untuk meluruskan baja tulangan, mesin ini juga terdapat tambahan fungsi lain yaitu untuk membuat gulungan spiral.



Gambar 5. Model 3D mesin

Pengoperasian mesin diawali dengan pengaktifan *switch button* untuk mengalirkan aliran energi. Atur jarak antar rol sesuai diameter baja tulangan yang akan digunakan. Memilih arah putaran motor dan menekan tombol *push button* untuk mengaktifkan motor. Ketika sudah tidak digunakan lagi maka tekan *push button* OFF dan diakhiri dengan *switch button* OFF.

3.6 Aspek Ekonomi

Aspek ekonomi berisi mengenai rencana anggaran biaya yang diperlukan untuk merealisasikan hasil rancangan yang dibuat. Dalam menghitung biaya tersebut terbagi tiga yaitu perhitungan komponen standar, komponen non standar, dan manufaktur. Rencana anggaran biaya dapat dilihat pada Tabel 1.

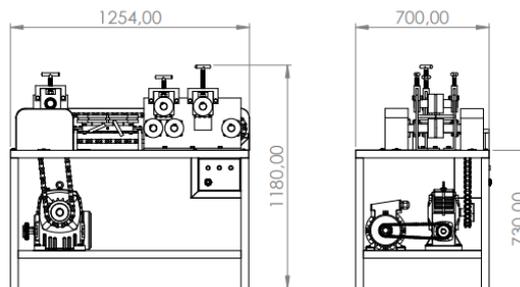
Tabel 1. Estimasi biaya produksi

No.	Keterangan	Biaya (Rp.)
-----	------------	-------------

1	Komponen standar	9.862.076
2	Komponen non standar	4.717.575
3	Manufaktur	2.170.980
Total		16.750.631

3.7 Gambar kerja

Pembuatan gambar kerja merupakan gambar yang digunakan dalam realisasi hasil rancangan. Berikut adalah gambar kerja *assembly* mesin yang menjelaskan ukuran keseluruhan mesin ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. *Drafting assembly*

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Luaran dari proses perancangan berupa spesifikasi akhir rancangan mesin yang telah dirancang. Rancangan mesin yang telah dihasilkan yaitu mesin untuk meluruskan baja tulangan dengan maksimal diameter 12 mm. Torsi yang diperlukan pada proses penarikan yaitu sebesar 3,87 Nm, pada proses pelurusan yaitu 191,63 Nm, dan pada proses pengerolan yaitu sebesar 23,42 Nm. Sehingga total torsi yang diperlukan sebesar 218,92 Nm. Sumber penggerak utamanya menggunakan motor listrik. Daya yang diperlukan mesin yaitu sebesar 1,84 kW kemudian dikalikan *safety factor* sehingga daya rencananya sebesar 2,4 kW dan motor yang digunakan memiliki daya 3 kW dengan kecepatan putaran awal sebesar 1500 rpm. Putaran tersebut direduksi dengan rantai dan sproket menjadi 1200 rpm serta direduksi lagi dengan *gearbox* sehingga hasil akhir putaran sebesar 80 rpm. Ukuran keseluruhan mesin sebesar 1254 mm x 700 mm x 1180 mm dengan berat ± 230 kg. Estimasi biaya pembuatan mesin ini sebesar Rp. 16.750.631 dengan dominasi material baja. Estimasi tersebut melebihi dari daftar tuntutan yang diharapkan sehingga harus dilakukan perubahan.

Mesin yang dirancang memiliki perbedaan dengan mesin pada umumnya. Mesin ini terdapat dua fungsi yang bisa digunakan yaitu

fungsi pelurusan untuk baja tulangan dan juga fungsi pembuat gulungan spiral.

5. KESIMPULAN

Dari hasil proses perancangan didapat hasil rancangan mesin yang terdapat tambahan fungsi yaitu pelurusan baja tulangan dan juga terdapat fungsi untuk pengerolan. Kapasitas mesin ini untuk baja tulangan diameter maksimal 12 mm. Luaran dari material baja tulangan dapat dipilih hanya untuk meluruskan saja atau mengerol baja. Dimensi mesin keseluruhan 1254 mm x 700 mm x 1180 mm dengan berat ± 230 kg. Menggunakan motor listrik sebagai penggerak utama dengan daya 3 kW dan sumber listrik 380 V. Putaran direduksi transmisi rantai rol dan sproket serta *gearbox* dengan putaran akhir 80 rpm. Estimasi biaya untuk pembuatan sebesar Rp. 16.750.631.

6. SARAN

Pengembangan mesin pelurus baja tulangan terdapat tambahan sistem kontrol untuk penyesuaian diameter baja yang akan diluruskan atau dirol agar lebih mudah dalam pengoperasian. Penambahan tutup pengaman untuk proses pelurusan atau pengerolan. Daya motor dan dimensi mesin dapat dibuat lebih kecil sehingga dapat memangkas biaya produksi dan ruang penyimpanan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Baja Tulangan Beton, Jakarta: Badan Standardisasi Nasional, 2017.
- [2] S. D. JENDERAL, "KEMENTERIAN PUPR WAJIBKAN PENGGUNAAN BAJA TULANGAN BER-SNI," KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM DAN PERUMAHAN RAKYAT DIREKTORAT JENDERAL BINA KONSTRUKSI, 2019. [Online]. Available: <https://binakonstruksi.pu.go.id/informasi-terkini/sekretariat-direktorat-jenderal/kementerian-pupr-wajibkan-penggunaan-baja-tulangan-ber-sni/>.
- [3] I. C. F. Qwensi, Y. A. Yanuar, and R. S. Alifen, "Direct Waste dan Indirect Waste Material pada Pekerjaan Struktur Beton dan Dinding Bata (Studi Kasus: Proyek Gedung Apartemen di Surabaya)," 2021.
- [4] J. B. Negara and M. S. H. S., "Analisis Sisa Material Besi Tulangan pada Proyek Konstruksi Bangunan Gedung," 2019.
- [5] A. Studio, "Pengertian Pondasi Bored Pile dan Jenisnya," 2020. [Online]. Available: <https://www.arsitur.com/2017/10/pengertian-pondasi-bored-pile-dan.html>.

- [6] I. Kilerci, B. Onder, and A. Bassullu, "Design, Analysis and Manufacturing of Flexible and Functional Stirrup and Steel Profile Bundle-tie Manufacturing Machine," *International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology*, vol. 5, no. 5, 2019.
- [7] B. B. D. JS, A. C, A. Augustine, and M. A. P, "Design and Analysis of Straightening Mechanism for Commercial Steel Bars," *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, vol. 3, no. 5, 2016.