

Perancangan mesin *packing* pipa baja otomatis di PT Steel Pipe Industry of Indonesia, Tbk

Aditya Pramono¹, Heru Arizal¹, I Made Arsana¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya

²Staf Pengajar, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya
Jl. Ketintang, Ketintang, Gayungan, Kota SBY, Jawa Timur, 60231, Indonesia

Email korespondensi: madearsana@unesa.ac.id

Abstrak

Pemanfaatan teknologi otomatis dalam proses *packing* pipa baja merupakan sebagian kecil dari pemanfaatan teknologi. Adanya *bottle neck* atau ketidakseimbangan proses *bundling* atau *packing* pipa karena masih dilakukan oleh tenaga manusia dengan kapasitas 3000 batang pipa per shift kerja. Mesin *packing* pipa yang dijual di pasaran memiliki dimensi yang tidak cocok dengan space ruangan di PT Steel Pipe Industry of Indonesia, Tbk. Proses perancangan desain *automatic mill pipe machine* ini menggunakan metode identifikasi masalah, studi literatur, analisis kebutuhan, konsep desain, komponen-komponen mesin, dan perhitungan BEP investasi. Hasil dari perencanaan ini adalah didapatkan desain mesin dengan ukuran panjang 6500 mm, lebar 3852 mm, dan tinggi 1500 mm, menggunakan motor 1,5 Hp, 1000 Rpm. Hasil simulasi pembebanan menggunakan aplikasi Solidworks menunjukkan nilai Yield Strength adalah $2,039e+008$ N/m². Batas maksimal loadnya adalah $2,9983e+007$ N/m², dan load minimumnya adalah $7,331e-004$ N/m², cycle time dari mesin *packing* ini adalah 5 menit. Batas maksimal dari beban pada simulasi di atas tidak lebih dari Yield Strength material galvanized steel, sehingga dikatakan aman untuk mengangkat 36 batang pipa dalam 1 kali *bundling*. Serta nilai Break Even Point dapat tercapai selama 6 bulan.

Kata kunci: mesin pengepakan pipa otomatis, break event point, waktu siklus.

Abstract

The use of automatic technology in the steel pipe packing process is a small part of the use of technology. There is a *bottle neck* or imbalance in the *bundling* process or pipe packing because it is still carried out by human workers with a capacity of 3000 pipe rods per work shift. Pipe packing machines sold in the market have dimensions that do not match the rooms at PT. Steel Pipe Industry of Indonesia, Tbk. The design process for this automatic pipe mill machine uses problem methods, literature studies, machine requirements analysis, design concepts, components, and investment BEP calculations. The result of this planning is a machine design that is obtained with a length of 6500 mm, width of 3852 mm, and height of 1500 mm, using a 1.5 Hp, 1000 Rpm motor. The loading simulation results using the solidworks application show the Yield Strength is $2.039e+008$ N/m². The maximum load limit is $2.9983e+007$ N/m², and the minimum load is $7.331e-004$ N/m², the cycle time of this packing machine is 5 minutes. The maximum limit of the load in the simulation above is no more than the Yield Strength of galvanized steel material so it is safe to lift 36 pipe rods in 1 *bundling*. And the Break Even Point can be achieved for 6 months.

Keywords: automatic packing mill pipe, break event point, cycle time.

1. Pendahuluan

Pada abad digitalisasi yang sudah sangat maju dan terus berkembang, yang bertujuan untuk memudahkan dan membantu manusia. Di industri manufaktur, sudah banyak juga mesin yang sudah dilengkapi dengan teknologi terkini [1].

Sudah menjadi kebutuhan bagi sebuah perusahaan manufaktur industri untuk membutuhkan sentuhan teknologi untuk melakukan kegiatan produksinya agar dapat menghasilkan output standar dan dalam jumlah/kapasitas yang besar. Di PT Steel Pipe Industry of Indonesia Tbk, saat ini masih terdapat sub proses yang masih menggunakan tenaga manusia, sehingga menjadi *bottle neck* atau ketidakseimbangan

proses, sehingga menghasilkan produktivitas mesin yang kurang optimal.

Dalam menjalankan produksinya, PT Steel Pipe Industry of Indonesia Tbk, membutuhkan mesin *bundling/packing* untuk menggantikan tenaga kerja manusia dalam prosesnya. Mesin *bundling* akan dirancang menggunakan sistem kontrol PLC atau *Programmable Logic Controller*, sehingga semua kegiatan produksi dapat terpusat atau terintegrasi. Serta memfasilitasi proses perbaikan jika terjadi kerusakan.

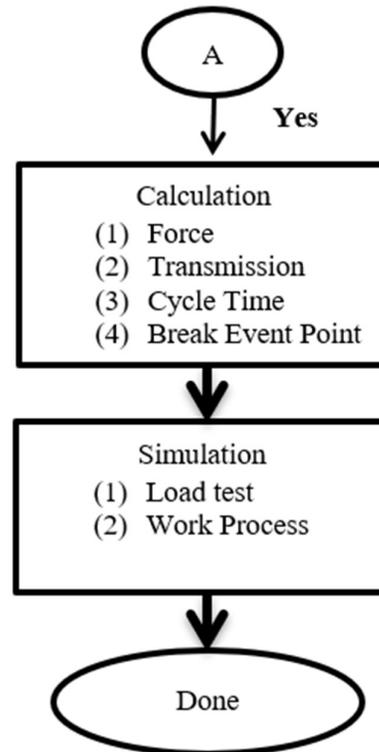
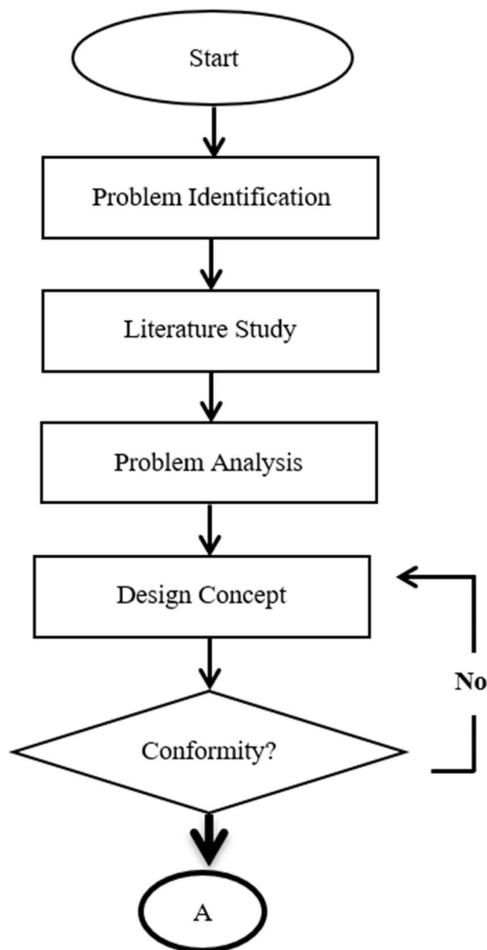
Sepanjang pencarian yang telah dilakukan di media jurnal nasional dan atau literasi lainnya, kajian serupa belum diperoleh. Atas dasar itu, digunakan literasi lain yang kompatibel dengan mesin pengepakan pipa

baja di media sosial Youtube. Visualisasi mana yang diambil dari perusahaan serupa lainnya. Serta dari vendor atau industri mesin yang menawarkan atau mempromosikan di media sosial dan pasar. Mesin yang ditawarkan oleh vendor bersifat *over dimensional*. Mayoritas atau hampir semua mesin pengepakan pipa baja berdimensi atau spesifikasi lainnya masih belum sesuai dengan kondisi di PT Steel Pipe Industry of Indonesia Tbk.

Kajian ini akan merancang mesin pengepakan pipa otomatis di PT Steel Pipe Industry of Indonesia, Tbk, yang masih menggunakan tenaga manusia untuk mengemas pipanya. Kajian ini juga bertujuan untuk menghilangkan *bottle neck* dalam proses pengepakan pipa dan untuk meningkatkan volume produksi, meminimalisir kerusakan mesin, sehingga dapat meningkatkan keuntungan perusahaan.

2. Metode

Proses perancangan konsep sistem mekanis mesin pengepakan pipa baja otomatis dilakukan dalam beberapa tahap yang ditunjukkan pada Gambar 1 di bawah ini.

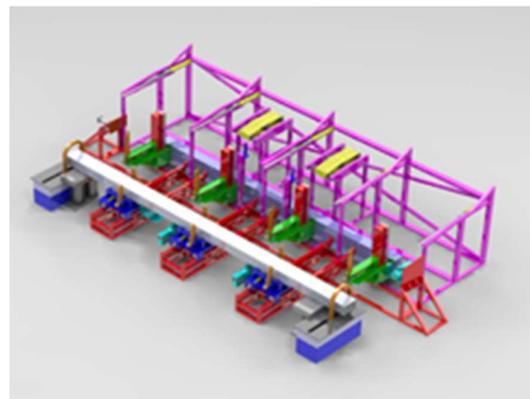


Gambar 1. Diagram alir.

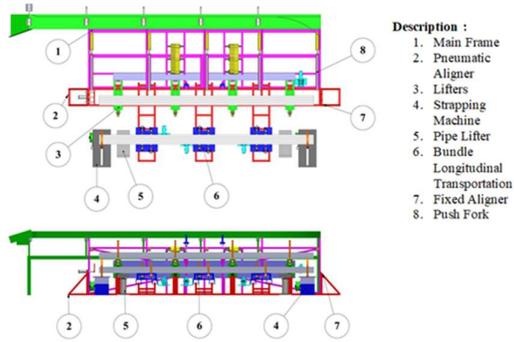
Kegiatan kajian ini dilakukan di PT Steel Pipe Industry of Indonesia, Tbk. Desain mesin pengepakan pipa otomatis ini ditunjukkan pada Gambar 2.

Gambar 3 menunjukkan komponen pada mesin pengepakan pipa otomatis, baik komponen utama maupun komponen pendukungnya.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam proses *engineering design* meliputi desain, faktor kekuatan, faktor ergonomis, kebutuhan material dan biaya.



Gambar 2. Desain mesin.



Gambar 3. Komponen mesin.

Teknik analisis data mengacu pada deskriptif kuantitatif. Data kemudian disajikan dalam bentuk diagram batang sesuai dengan indikator yang telah ditentukan untuk mengukur efisiensi dan kualitas mesin pengepakan. Selanjutnya, hasil kajian dijelaskan dalam kalimat sederhana yang mudah dipahami agar dapat memberikan informasi terkait fenomena yang ditemukan selama proses kajian berlangsung.

Silinder hidrolik adalah aktuator suatu sistem. Prinsip kerjanya adalah bahwa pompa hidrolik membawa aliran dari regulator ke silinder hidrolik untuk menggerakkan piston hidrolik, piston mendorong oli di ruang lain kembali ke *reservoir* [2].

Silinder pneumatik adalah aktuator yang sering digunakan dalam otomatisasi industri. Ini karena sistem pneumatik memiliki keunggulan rasio daya terhadap berat yang tinggi, hemat biaya dalam hal harga pembelian daripada membeli silinder hidrolik dan perawatan yang hemat biaya, sistem yang mudah dioperasikan. Namun, pneumatik memiliki kelemahan, yaitu kesulitan dalam mengendalikan akurasi tinggi karena perilaku non-linier yang tinggi. Seperti gesekan dari ketapel pneumatik dan kompresi udara [3].

Motor induksi AC adalah salah satu jenis motor listrik yang paling umum dan paling sering digunakan, baik dalam peralatan rumah tangga maupun penggunaan industri. Motor induksi AC memiliki keunggulan desain yang sederhana dan kokoh, biaya rendah, perawatan rendah, dan koneksi langsung ke sumber daya AC dan banyak tersedia di pasaran [4].

Setelah diatur, pipa baja harus diikat sebelum dikirim ke konsumen. Pengikat pipa baja biasanya menggunakan dua jenis *strapping band*, yaitu pengikat pita baja untuk pipa berdiameter besar dan pengikat pita plastik untuk pipa persegi panjang dan pipa bulat berdiameter kecil [5]. Mesin *strapping* merupakan salah satu peralatan pengemasan dan merupakan alat yang dapat mengikat barang dengan pengikat pita baja dan pengikat pita plastik [6].

Perhitungan Desain

Untuk menemukan berat satu batang pipa baja dapat dihitung dengan Persamaan 1 berikut.

$$Weight = Density \times Length \times Large \times Thickness \quad (1)$$

Berdasarkan perhitungan di atas, ditemukan bahwa satu batang pipa baja dengan ukuran 45 x 45 mm, ketebalan yakni 2 mm, dan panjang pipa baja adalah 6000 mm, memiliki berat 17,06 kg.

Persamaan yang digunakan untuk menemukan berat satu ikat pipa baja yakni menggunakan Persamaan 2 berikut.

$$Total\ weight = Weight \times 36\ pipe\ rods \quad (2)$$

Mengikuti perhitungan, nilai berat per bundel adalah 614,30 kg.

Hubungan antara gaya dan akselerasi dijelaskan oleh hukum kedua Newton. Gaya gravitasi memiliki percepatan 9,81 m/s² [7]. Jadi untuk nilai gaya desain dapat dihitung dengan Persamaan 3.

$$F = m \cdot g \quad (3)$$

Berdasarkan perhitungan gaya di atas, diperoleh nilai gaya yakni 6020,14 N.

Momen gaya atau yang bisa disebut torsi adalah gaya pada sumbu yang berputar yang dapat menyebabkan benda bergerak ke arah melingkar atau berputar [8], sehingga nilai torsi yang diperoleh dari desain yakni dihitung dengan Persamaan 4.

$$T = F \cdot r \quad (4)$$

Berdasarkan perhitungan, nilai torsi atau momen gaya yang diperoleh adalah 105,35245 Nm.

Perhitungan besaran rpm dalam desain mesin *packing* ditunjukkan pada Persamaan 5.

$$N = \frac{f \times 120}{P} \quad (5)$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, nilai rotasi per menit adalah 1000 rpm.

Untuk menemukan nilai daya, dapat dihitung menggunakan Persamaan 6, 7, atau 8 berikut.

$$P = \frac{W}{s} \quad (6)$$

$$P = \frac{T}{s} \quad (7)$$

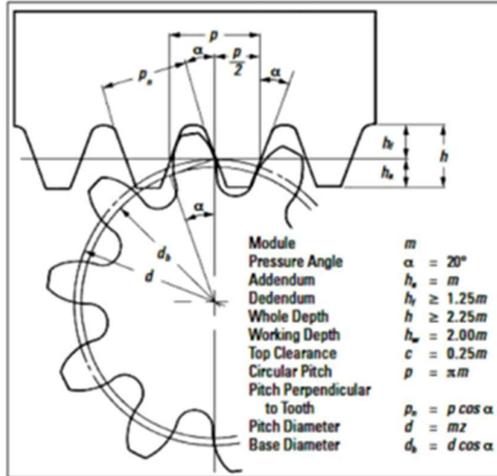
$$P = \frac{2\pi \times N \times T}{s} \quad (8)$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dibuat, nilai daya motor induksi adalah 1,5 Hp, sehingga bisa dikatakan bahwa menggunakan motor induksi dengan spesifikasi yakni 1,1 Kw, 1,5 Hp, 1000 rpm, 380 V, dan 3 Phase.

Untuk mentransmisikan sumbu silang khusus, dapat menggunakan sistem transmisi roda gigi cacing. Dan roda gigi cacing juga dapat digunakan sebagai peredam rasio. Untuk desain ini, digunakan *worm*

gear dengan perbandingan 1:40 sesuai spesifikasi [10].

Sistem rack dan pinion gear adalah sistem transmisi yang terdiri dari dua gear dan pinion, dan linear wheel sebagai rack gear. Prinsip kerja sistem rack dan pinion adalah mengubah gerakan rotasi pinion menjadi gerakan linier. Perhitungan rack dan pinion gear dari desain ini adalah sebagai berikut [11].



Gambar 4. Rack dan pinion gear.

Berikut ini adalah rumus perhitungan untuk rack dan pinion gear yakni Persamaan 9 hingga Persamaan 17.

$$h_a = m \quad (9)$$

$$h_f \geq 1,25 \times m \quad (10)$$

$$h \geq 2,25 \times m \quad (11)$$

$$h_w = 2 \times m \quad (12)$$

$$c = 0,25m \quad (13)$$

$$p = \pi \times m \quad (14)$$

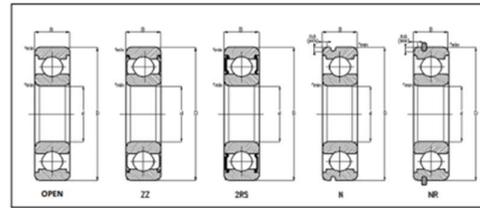
$$p_n = p \cos a \quad (15)$$

$$d = mZ \quad (16)$$

$$d_b = d \cos a \quad (17)$$

Berdasarkan perhitungan di atas menggunakan modul roda gigi, modul roda gigi adalah 8mm, dan sudut tekanan adalah 20° , sehingga hasilnya adalah $h_a = 8$ mm, h_f yakni 10mm, h adalah 18 mm, h_w yakni 16 mm, c adalah 2 mm, p adalah 25,12 mm, p_n yakni 10,048 mm, d adlaah 120 mm, dan d_b yakni 48 mm.

Diameter poros mesin packing adalah 15 mm, sehingga menggunakan nomor seri bantalan 6202 [12], seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.

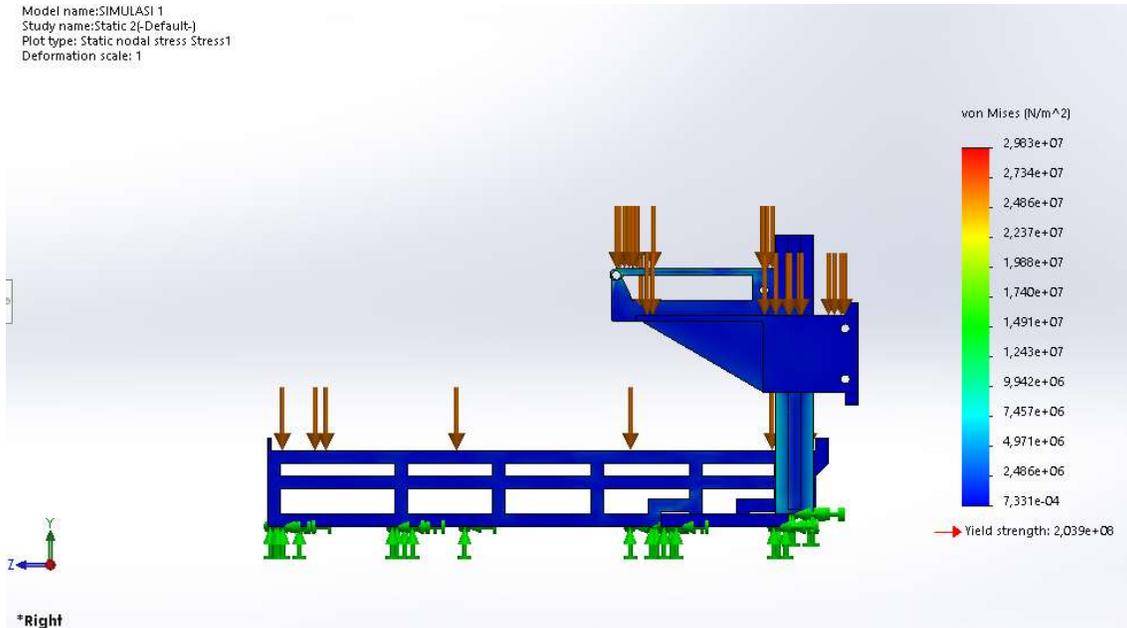


Bearing Type	Dimensions				Load Ratings		Speed Ratings (1/min)		
	d (mm)	D (mm)	B (mm)	rmin (mm)	Ciso (kN)	Coiso (kN)	Thermal Reference Speed	Grease	Oil
6200	10	30	9	0,6	5,97	2,63	23300	28000	34000
6201	12	32	10	0,6	6,89	3,09	22200	28000	32000
6202	15	35	11	0,6	7,73	3,76	19900	22000	28000
6203	17	40	12	0,6	9,55	4,76	18100	19000	24000
6204	20	47	14	1	12,79	6,58	16000	17000	20000
6205	25	52	15	1	14,02	7,88	14000	14000	18000
6206	30	62	16	1	19,45	11,26	12000	12000	15000
6207	35	72	17	1,1	25,67	15,3	10400	10000	13000
6208	40	80	18	1,1	29,11	17,9	9300	9000	11000
6209	45	85	19	1,1	32,71	20,46	8800	8500	11000
6210	50	90	20	1,1	35,07	23,18	8000	8000	10000
6211	55	100	21	1,5	43,38	29,22	7500	7000	9000

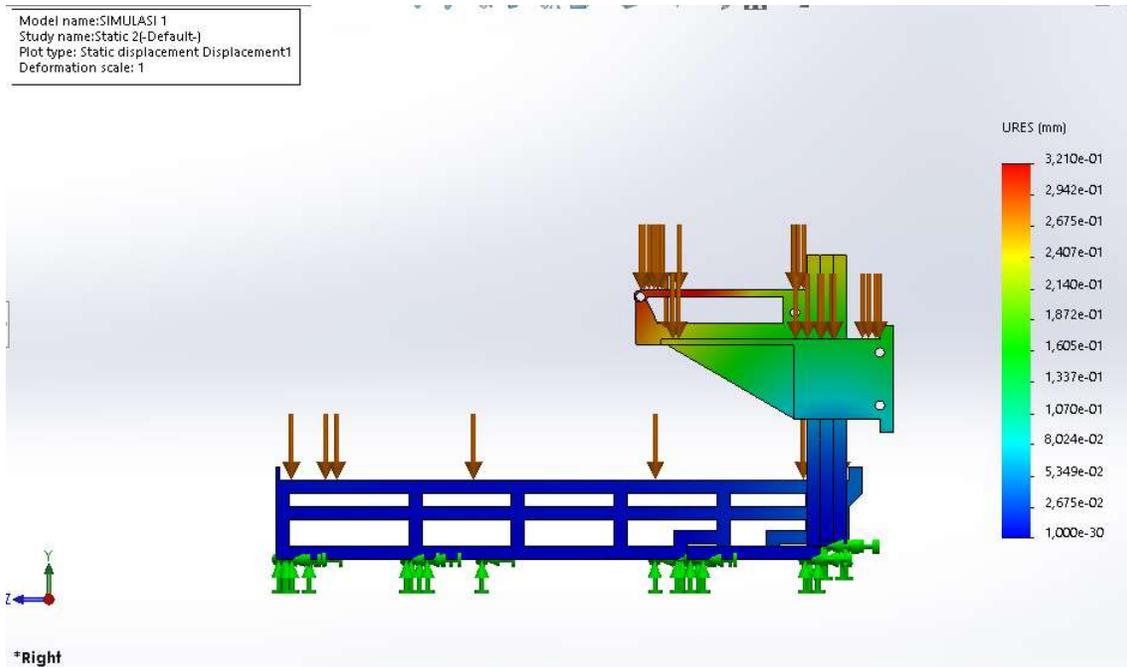
Gambar 5. Spesifikasi bantalan 6200.

Dalam kajian ini, metode dan persamaan yang digunakan untuk mengetahui hasil analisis pemuatan yang dinyatakan aman adalah bahwa apabila tegangan Von Mises dari hasil analisis desain lebih kecil dari jenis material Yield Strength yang digunakan, maka kekuatan struktur tersebut dikatakan aman. Keakuratan prediksi saat menggunakan metode Von Mises lebih besar dari prediksi jika menggunakan metode lain [13]. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.

Simulasi loading dari rangka mesin packing pipa otomatis menggunakan aplikasi Solidworks, yang menggunakan fitur Simulation. Dan hasil simulasi loading di atas menunjukkan bahwa Yield Strength adalah $2.039e+008$ N/m². Batas beban maksimum adalah $2,9983e + 007$ N / m², dan beban minimum adalah $7,331e-004$ N / m². Batas maksimal beban dalam simulasi di atas tidak lebih dari Yield Strength material baja galvanis, sehingga dikatakan aman untuk mengangkat 36 batang pipa dalam 1 bundling. Pergeseran maksimum pada material di atas hanya 3,2 mm dan pergeseran minimum hanya 1 mm. Masih dalam ambang aman.



Gambar 6. Frame stress menggunakan aplikasi Solidworks [14].



Gambar 7. Kerangka uji perpindahan menggunakan aplikasi Solidworks [14].

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil kegiatan kajian ini berupa mesin pengepakan pipa dengan dimensi panjang 6500 mm, lebar 3852 mm, dan tinggi 1500 mm (Gambar 8) serta dibuat dengan baja dan besi galvanis. Dimensi seperti itu mengacu pada area-area pengepakan di gudang 9 setelah mesin pemotong.

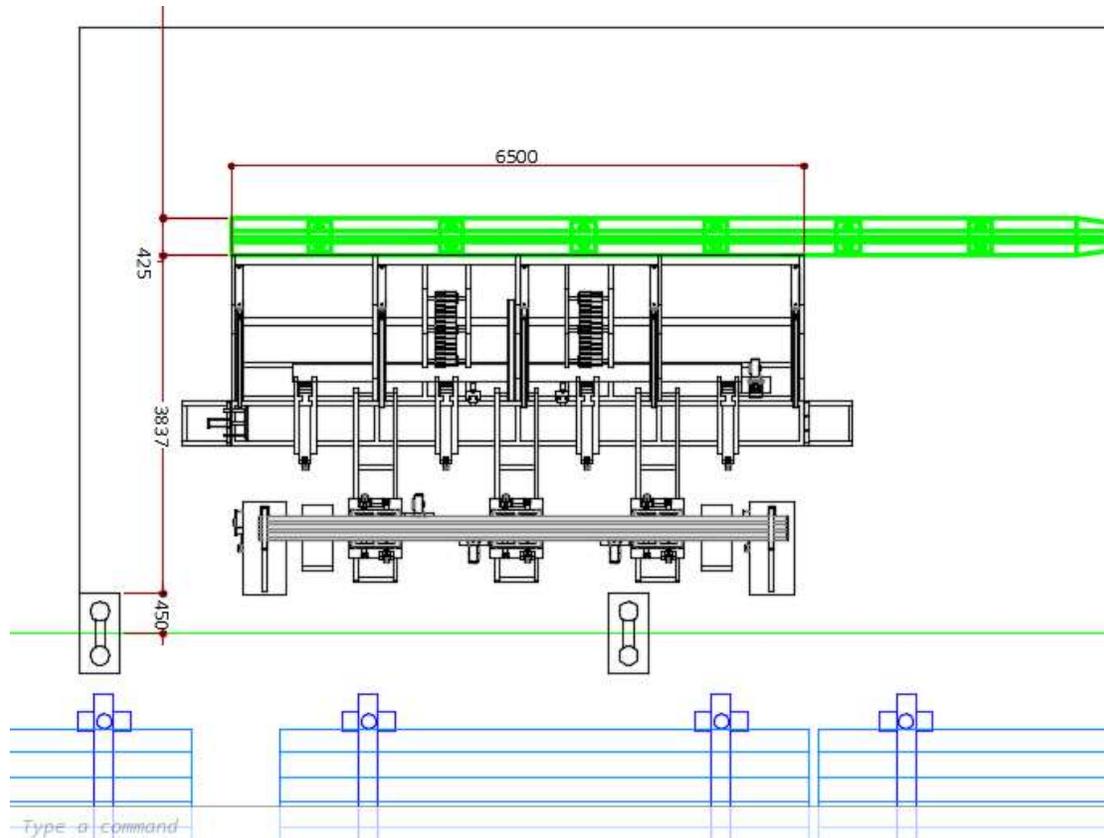
Rancangan mesin ini menggunakan penggerak motor listrik dengan spesifikasi daya sebesar 1100 watt atau

1,5 Hp, di mana kecepatan rotasinya berada pada 1000 rpm. Serta menggunakan *Hydraulic Cylinder* dan *Pneumatic Cylinder*.

Spesifikasi Mesin

Desain mesin pipa baja otomatis ini memiliki spesifikasi sebagai berikut.

Power Input	= AC 380 V, 50-60Hz
Panjang	= 650 cm
Lebar	= 38,52 cm



Gambar 8. Dimensi mesin pengepakan pipa.

Tinggi	= 150 cm
Kecepatan	= 70 m/min – 95 m/min
Tekanan kompresor	= 1 – 9 bar
Band Strapping	= PET, 15,5 mm
Square Pipe	= 15 x 15 mm – 45 x 45 mm
Pipe Thickness	= 0,5 – 1,2 mm
Pipe Length	= 4 – 6 m
Max load	= 750 kgs

Cycle Time

Waktu siklus dalam proses *manufacturing* adalah istilah yang menggambarkan total waktu yang dibutuhkan untuk membuat suatu produk. *Cycle time* juga bisa dikatakan sebagai *Takt Time*.

Kecepatan *forming* ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kecepatan forming.

	Score	Unit
speed 1	74,3	m/minute
speed 2	73,9	m/minute
speed 3	75,4	m/minute
speed 4	70,8	m/minute
Average Speed	73,6	m/minute

Saat menggunakan tenaga kerja manusia, produksi pipa menghasilkan satu *shift* kerja 3000 batang pipa, jika dalam satu hari ada 3 *shift*, maka hasil produksi dalam satu hari dapat dihitung dengan Persamaan 18 berikut.

$$Total\ production = 3 \times Production\ quantity \quad (18)$$

Berdasarkan perhitungan di atas, total produksi saat menggunakan tenaga manusia adalah 9000 pipa per hari.

Untuk mengetahui waktu pembuatan satu batang pipa, dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 19.

$$CT = \frac{Speed}{60} \quad (19)$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, ditemukan bahwa dalam satu menit mesin pembentuk pabrik dengan kecepatan mesin rata-rata 73,6 m/menit dapat menghasilkan 12 batang pipa baja, sehingga dapat dilihat bahwa waktu proses pembuatan satu batang pipa adalah 4,8 detik.

Dalam kemasan, pipa ditumpuk terlebih dahulu. Dalam satu tumpukan ada 36 pipa, yang terdiri dari 6 level, dan waktu dorong ke pengangkat adalah 10 detik, sehingga waktu penumpukan dapat dihitung dengan Persamaan 20.

$$ST = ((CT_{forming} \times 6\ level) + push\ time) \times 6 \quad (20)$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dibuat, diperoleh lamanya waktu penumpukan pipa baja adalah 3,934782609 menit.

Perkiraan waktu pada transportasi longitudinal bundel adalah 60 menit, dan waktu pengikatan adalah 6 detik, sehingga waktu siklus dalam proses pengepakan menggunakan mesin pengepakan dapat dihitung dengan Persamaan 21 dan 22 berikut.

$$CT_{packing} = ST + BLT + Strapping\ process \quad (21)$$

$$Packing\ time = CT_{packing} : 36\ pipe\ rods \quad (22)$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, hasil yang diperoleh dari waktu siklus mesin *packing* otomatis saat menggunakan kecepatan rata-rata mesin pembentuk pabrik 73,6 m/menit adalah 5 menit untuk satu *bundle*, sehingga hasil pengepakan 1 batang pipa adalah 6 detik per batang pipa.

Dari data tersebut dapat digunakan untuk mengetahui jumlah pipa baja yang dihasilkan setelah menggunakan desain mesin *packing* otomatis ini. Jika diketahui bahwa waktu kerja dalam satu *shift* kerja adalah 7 jam, sehingga dapat dihitung dengan Persamaan 23 berikut.

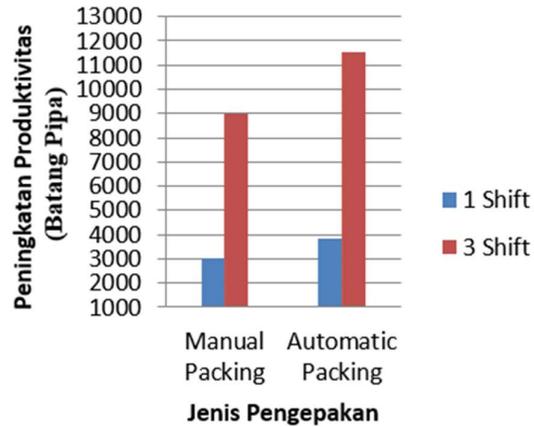
$$Productivity = 3 \times \left(\frac{Working\ time}{CT_{packing}} \right), \quad 1\ hour = 3600\ seconds \quad (23)$$

Mengikuti perhitungan, bahwa hasil produktivitas dalam satu *shift* kerja adalah 3842,65 batang pipa, jadi total produktivitas dalam 1 hari adalah 11527,9558 batang pipa. Berdasarkan data tersebut dapat dilihat perbandingannya ketika masih menggunakan pengepakan manual menggunakan tenaga kerja manusia dan menggunakan desain mesin *packing* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan produktivitas.

Shift	Manual Packing	Automatic Packing	%
1 Shift	3000	3842,651934	28,088%
3 Shift	9000	11527,9558	28,088%

Berdasarkan grafik (Gambar 9), perbandingan produktivitas mesin *packing* adalah 28,088% dibandingkan dengan *packing* manual dengan kecepatan mesin pembentuk 73,6 m/menit, dapat dikatakan memiliki peningkatan produktivitas.



Gambar 9. Perbandingan produktivitas.

Break Event Point

Dalam sebuah investasi atau bisnis, *Break Even Point* atau BEP bukanlah hal yang asing. Dengan menentukan nilai BEP, investor akan dapat mengelola modal investasinya. BEP adalah gambaran jumlah modal investasi yang sama dengan hasil investasi.

Biaya komponen ditunjukkan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Biaya komponen.

No	Components	Sum	Unit Price	Total Price
1	Hollow Iron 50 mm x 50 mm x 6000 mm	50	IDR 342.400	IDR 17.120.000
2	Telescopic Hydraulic	5	IDR 6.100.000	IDR 30.500.000
3	Pinion Gear	12	IDR 398.500	IDR 4.782.000
4	Rack Gear	4	IDR 348.000	IDR 1.392.000
5	Motor with Worm gear	4	IDR 3.160.000	IDR 12.640.000
6	Hydraulic Cylinder	12	IDR 1.650.000	IDR 19.800.000
7	Gravity Roller Conveyor	9	IDR 70.000	IDR 630.000
8	Conveyor belt	4	IDR 80.000	IDR 320.000
9	Iron Axle	11	IDR 855.000	IDR 9.405.000
10	Iron plate 3 x 300 x 800	30	IDR 138.000	IDR 4.140.000
11	Strapping machine	2	IDR 7.480.000	IDR 14.960.000
12	Pneumatic Cylinder	5	IDR 750.000	IDR 3.750.000
13	Bearing UCP As 30	58	IDR 55.000	IDR 3.190.000

14	Bearing 6206 As 30	120	IDR 65.000	IDR 7.800.000
15	Electrode	15	IDR 40.000	IDR 600.000
16	Iron plate SS400	10	IDR 1.000.000	IDR 10.000.000
Total Cost				IDR 141.029.000

Berdasarkan Tabel 3, total harga komponen desain mesin *packing* adalah IDR 141.029.000.

Untuk menghitung biaya pekerjaan menggunakan Persamaan 24.

$$WC = 4 \text{ human resources} \times \text{worker's salaries} \quad (24)$$

Mengikuti perhitungan, total biaya pengerjaan untuk desain mesin pengepakan ini adalah IDR 17.520.000.

Berdasarkan data yang telah diperoleh, dapat dihitung seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Kalkulasi.

Material costs	IDR 141.029.000
Workmanship costs	IDR 17.520.000
Total investment	IDR 156.017.000

Berdasarkan Tabel 4, total investasi untuk mesin pengepakan ini adalah IDR 156.017.000.

Mengikuti data yang telah diperoleh, sehingga *Break Even Point* dapat dicari menggunakan Persamaan 25 berikut [15, 16].

$$BEP = \frac{\text{Total investment}}{\text{Replace human resource existing}} \quad (25)$$

Mengikuti perhitungan, titik impas investasi mesin pengepakan ini dapat dicapai dalam 5,9 bulan atau jika dibulatkan menjadi 6 bulan.

Dari data di atas, efisiensi desain mesin *packing* ini sama dengan gaji enam SDM setiap bulannya, yaitu IDR 26.280.000.

Berdasarkan perhitungan, mesin pengepakan menggantikan 6 sumber daya manusia, dan 6 sumber daya manusia dipindahkan ke posisi lain atau pengurangan. *Break Event Point* dari desain ini dengan modal IDR 156.017.000 bisa diraih selama enam bulan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil desain dan pengujian yang telah dilakukan, pada kajian ini dapat disimpulkan bahwa dimensi mesin pengepakan pipa adalah panjang 6500 mm, lebar 3852 mm, dan tinggi 1500 mm menggunakan penggerak motor listrik dengan spesifikasi daya 1100 watt atau 1,5 Hp, di mana kecepatan rotasi berada pada 1000 rpm. Serta menggunakan *Hydraulic Cylinder* dan *Pneumatic Cylinder*. Hasil simulasi *loading* menggunakan

aplikasi Solidworks menunjukkan bahwa Yield Strength sebesar 2,039e +008 N/m². Batas beban maksimum adalah 2,9983e + 007 N / m², dan beban minimum adalah 7,331e-004 N / m². Batas maksimal beban dalam simulasi di atas tidak lebih dari Yield Strength material baja galvanis, sehingga dikatakan aman untuk mengangkat 36 batang pipa dalam 1 *bundling*. Pergeseran material di atas maksimum hanya 3,2 mm dan *shift* minimum hanya 1 mm. Itu masih dalam ambang aman. Perbandingan produktivitas mesin *packing* adalah 28,088% dibandingkan dengan manual *packing* dengan kecepatan mesin pembentuk 73,6 m/menit, dapat dikatakan telah meningkatkan produktivitas. Total waktu siklus mesin pengepakan otomatis adalah 5 menit. BEP mesin pengepakan dapat dicapai selama 6 bulan.

Daftar Pustaka

- [1] K.A. Attar, S.A. Patil, P.D. Patil, A.D. Sutar, S.A. Patil, G. Bartake, T. Students, D.K.T.E.S. Textile, Development and Fabrication of Automatic Chakali Making Machine, Int. Res. J. Eng. Technol. 7 (2020) 2274–2278.
- [2] Bhuvan MS, Manjaunath K, Fabrication Of Pneumatic Water Pumping System, Irjet.Org. (2020) 6–8. <https://irjet.org/wp-content/uploads/2015/02/6-11-Minimization-of-Transmission-Loss-using-PSO.pdf>.
- [3] M.I. Putra, A. Irawan, R.M. Taufika, Fuzzy Self-Adaptive Sliding Mode Control for Pneumatic Cylinder Rod-Piston Motion Precision Control., J. Phys. Conf. Ser. 1532 (2020). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1532/1/012028>.
- [4] K. Sundareswaran, Induction Motor Fundamentals, Elem. Concepts Power Electron. Drives. (2019) 263–276. <https://doi.org/10.1201/9780429423284-9>.
- [5] H.R. Ryu, K.S. Yoo, C. Choi, Development of automation strapping machine using PET band, Proc. 2008 2nd Int. Conf. Futur. Gener. Commun. Networking, FGCN 2008. 4 (2008) 76–77. <https://doi.org/10.1109/FGCNS.2008.129>.
- [6] J.X. Mingxin Yuan, K.X. Pengfei He, Y.S. Qi Wang, Design of Automatic Strapping Machine of Express Box for Taobao Sellers, IOSR J. Electr. Electron. Eng. 11 (2016) 50–54. <https://doi.org/10.9790/1676-1104015054>.
- [7] T.H. Megson, Structural and Stress Analysis, Second Edition, 2011. <http://www.amazon.com/Structural-Stress-Analysis-Second-Edition/dp/0750662212>.
- [8] R. a. Serway, J.W. Jewett, Physics for Scientists and Engineers with Modern Physic, 7 ed, 2008. <http://books.google.com/books?id=XgweHqlvtiUC&pgis=1>.
- [9] R. Paine, C. Beards, P. Tucker, D.H. Bacon, Mechanical engineering principles, 1994.

- <https://doi.org/10.1016/b978-0-7506-1195-4.50005-1>.
- [10] D. Häggström, U. Sellgren, S. Björklund, International Gear Conference 2014, 2014.
 - [11] M.Z. Khalifa, Comparing Stress Distribution, Strain, and Total Deformation in Contact Surface for the Three Types of Rack and Pinion, Period. Eng. Nat. Sci. 9 (2021) 956–968. <https://doi.org/10.21533/pen.v9i4.2452>.
 - [12] SKF, Deep Groove Ball Bearings, Encycl. Lubr. Lubr. (2020) 1–4. https://doi.org/10.1007/978-3-642-22647-2_200109.
 - [13] E. Siswono, M. Mulyadi, Static Analysis of Frame Structure of Post-Stroke Tricycle Design Based on Solidworks Software 2012 with Material Type Variations, R.E.M. (Rekayasa Energi Manufaktur) J. 4 (2019) 107–117. <https://doi.org/10.21070/r.e.m.v4i2.808>.
 - [14] P.M. Kurowski, D. Ph, P. Eng, Engineering Analysis with SolidWorks Simulation 2009, SDC Publ. (2009).
 - [15] Y. Utami, A. Mubarok, Determining Products or Services Pricing on Msme Using Break Even Point Analysis Method, Bus. Account. Res. Peer Rev. J. 5 (2021) 7–21. <https://jurnal.stie-aas.ac.id/index.php/IJEBAR>.
 - [16] F. Himma, BEP adalah: Arti, Manfaat, hingga Cara Menghitung BEP, Majoo.Id. (2022). <https://majoo.id/solusi/detail/bep-break-event-point-adalah> (accessed May 20, 2022).