

Modifikasi *Cap Ply Up/Down Jointless* Pada Mesin *Building DRB O1 Plant PCR PT D*

Fadhil Agni¹⁾, Fahrudin Zuhri²⁾, Riyan Hermawan³⁾

Teknik Mesin, Politeknik Gajah Tunggal

Fadhilagni52@gmail.com, fahrudasilva@gmail.com, hryan4511@gmail.com

Abdul Aziz⁴⁾, Wira Anugrah⁵⁾

Teknik Elektronika, Politeknik Gajah Tunggal

abdulaziez47@gmail.com, swiraa4@gmail.com

Puguh Elmiawan, S.Pd., M.Pd.⁶⁾

Politeknik Gajah Tunggal

elmiawan@gmail.com

Sunardi S.T.⁷⁾

Plant D, Departemen Building, PT Gajah Tunggal Tbk.

nardizaki@gmail.com

ABSTRAK

Intisari - Proses produksi tidak selalu menghasilkan produk yang sesuai standar yang berakibat *scrap* pada material termasuk pada proses pembuatan ban. Salah satu proses pembuatan ban adalah proses *building*. Proses *building* adalah menyatukan semua material pembentuk ban seperti *tread*, *steel belt*, *ply* dan *bead* untuk dijadikan ban setengah jadi (*green tire*). *Scrap* yang terjadi pada proses pembuatan *green tire* mesin DRB O1 salah satunya disebabkan karena unit *cap ply jointless* yang berfungsi sebagai *transferring jointless* ke BT drum. *Jointless* digunakan untuk mengikat *steel belt*. Desain awal *cap ply jointless* menggunakan *bushing* sebagai bantalan untuk menggerakkan mekanis *body cap ply* naik dan turun yang berpotensi menyebabkan *cap ply jointless* goyang dan mempengaruhi ketidakteraturan pemasangan *jointless* pada BT drum sehingga menimbulkan *scrap*. *Scrap* yang dihasilkan ini berupa *scrap strip jointless* sebanyak 41,16 kg dan *scrap conicity tire* sebanyak 60 tire. Data *scrap* diambil pada 20 hari sebelum modifikasi alat.

Penelitian yang dilakukan adalah memodifikasi gerak mekanisme unit *cap ply jointless*. Modifikasi yang dilakukan adalah mengubah sistem kerja yang sebelumnya menggunakan *bushing* menjadi pneumatik secara menyeluruh untuk mengurangi *scrap* yang diakibatkan karena kesalahan pada saat pemasangan *jointless* yang tidak sesuai dengan standar.

Modifikasi telah berhasil dilakukan di mesin DRB O1 dengan pemasangan silinder pneumatik bertekanan angin 5 bar dan dapat bekerja dengan baik untuk proses produksi. Hasil modifikasi mampu menurunkan *scrap* sebesar 6,9% untuk *scrap strip jointless* dan 46,3% untuk *scrap conicity tire*. Biaya investasi modifikasi sebesar Rp14.958.966,00 dengan keuntungan setelah modifikasi sebesar Rp17.001.041,00. Sehingga, *payback period* dapat tercapai dalam 27 hari.

Kata Kunci: *Scrap*, *Jointless*, Pneumatik.

I. PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

PT D Tbk merupakan salah satu perusahaan manufaktur yang memproduksi ban dan telah memenuhi standar nasional maupun internasional. PT D Tbk terbagi menjadi beberapa *plant* yang memproduksi ban bias dan radial. Perbedaan antara keduanya terletak pada konstruksi pembentuk ban, material ban, dan sudut potongan *ply*. *Plant* PCR merupakan salah satu *plant* yang memproduksi ban radial untuk kendaraan penumpang. Proses pembuatan ban terdiri dari beberapa tahapan. Tahapan yang dilakukan yakni tahap pembuatan material pembentuk ban, tahap penyatuan material (*building*) untuk dijadikan ban setengah jadi (*green tire*), tahap pemasakan *green tire* menjadi ban (*curing*) dan tahap inspeksi untuk menguji kualitas ban.

Proses *building* merupakan tahapan penggabungan material pembentuk ban seperti *ply*, *bead*, *steel belt*, *jointless* dan *tread*. Hasil dari proses ini adalah *green tire*. Pada mesin *building* terdapat beberapa bagian unit mesin salah satunya adalah *cap ply jointless* yang berfungsi sebagai *transferring jointless* pada *BT drum*. *Jointless* digunakan untuk mengikat *steel belt*.

Mesin *building* DRB O1 saat ini menggunakan *bushing* sebagai bantalan untuk menggerakkan *cap ply* naik dan turun. Mekanisme *bushing* membutuhkan pelumasan untuk mekanismenya sedangkan saat proses *building* berjalan tidak diizinkan adanya material cair karena akan menyebabkan *foreign material* yang nantinya akan berakibat pada proses selanjutnya. Hal inilah yang dapat menimbulkan potensi kerusakan seperti goyang pada *cap ply jointless*.

Beberapa pengaruh dari rusaknya *bushing* adalah tumpukan *jointless* dan *tension*. Tumpukan yang tidak *centre* dan tidak teratur menyebabkan *jointless out off spec* saat dipasang pada *steel belt*. Selain itu apabila *tension* pada *jointless* yang tidak sesuai standar akan mengakibatkan *conicity tire* yaitu kecenderungan ban berbelok ke satu arah saja.

Berdasarkan masalah di atas, maka dilakukan modifikasi *cap ply jointless* menggunakan pneumatik tanpa *bushing* yang berguna untuk mengurangi terjadinya *scrap jointless strip* pada *green tire* dan *scrap conicity tire*.

I.2. Perumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana rancangan modifikasi *cap ply jointless* mesin DRB O1?
2. Apakah jumlah *scrap* dapat diturunkan setelah memodifikasi *cap ply jointless*?
3. Berapa lama *payback period* dapat dicapai?

I.3. Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan pada mesin DRB O1 *plant* PCR PT. D Tbk.
2. Penelitian hanya fokus pada modifikasi *cap ply jointless*.
3. Pengambilan data dilakukan pada *tire* kode AA012 dan *jointless* kode E002.
4. Modifikasi program PLC menggunakan metode pemrograman *ladder*.
5. Material yang digunakan ASTM A36 dan AISI 304.

I.4. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut: Memodifikasi *cap ply jointless* mesin *building* DRB O1 untuk mengurangi *scrap jointless*.

1. Menurunkan jumlah *scrap jointless strip* dan *scrap conicity tire*.
2. Mengetahui *payback period* dari modifikasi *cap ply jointless*.

I.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. *Scrap jointless* dan *scrap tire* dapat diturunkan.
2. Memperlancar proses produksi *green tire*.

II. LANDASAN TEORI

II.1. Tire Building

Tire building merupakan proses penyatuan material pembentuk ban kemudian dibentuk menjadi ban setengah jadi (*green tire*) sesuai dengan standar yang ada pada industri [1].

II.2. Cap Ply

Cap ply merupakan bagian dari komponen pembentuk mesin *tire building*. Mesin ini berfungsi sebagai *transferring* material *jointless* pada *BT drum assembly* [1].

II.3. Jointless

Jointless merupakan material pembentuk *green tire*. *Jointless* terbuat dari *nylon* yang dilapisi oleh karet kompon pada kedua sisi kemudian dipotong memanjang sehingga menjadi banyak bagian dengan lebar tertentu [2].

II.4. Sistem Pneumatik

Sistem pneumatik adalah sistem yang memanfaatkan udara yang dimampatkan untuk menggerakkan sistem lainnya. Bagian yang digerakkan disebut dengan aktuator. Aktuator merupakan bagian keluaran yang mengubah energi suplai menjadi energi gerak [2].

II.4.1. Perhitungan Gaya Piston Teoritis

Untuk perhitungan gaya piston teoritis menggunakan rumus [3]:

$$F_t = A \cdot P \quad (2.1)$$

Dimana:

F_t = gaya teoritis (N)

P = tekanan kerja (Pa)

A = luas penampang piston (m^2)

II.4.2. Perhitungan Gaya Piston Efektif

Untuk perhitungan gaya piston teoritis menggunakan rumus [3]:

1. Langkah maju

$$F_{\text{maju}} = A \cdot P - R_r = \left(\frac{\pi}{4} D^2\right) \cdot P - R_r \quad (2.2)$$

2. Langkah mundur

$$F_{\text{mundur}} = A' \cdot P - R_r = \left\{ \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \right\} \cdot P - R_r \quad (2.3)$$

Dimana:

F_{maju} = gaya aktual pada langkah maju (N)

F_{mundur} = gaya aktual pada langkah mundur (N)

A = luas penampang silinder dengan batang torak (m^2)

A' = luas penampang silinder tanpa batang torak (m^2)

P = tekanan kerja (Pa)

D = diameter piston (m)

d = diameter batang piston (m)

R_r = gaya gesek (20%)

II.5. Poros

Poros adalah elemen mesin yang berbentuk silindris memanjang dengan penampang berbentuk lingkaran yang memiliki fungsi sebagai penyalur daya atau tenaga melalui putaran [4].

II.5.1. Perhitungan Torsi Poros

Berikut adalah perhitungan untuk torsi pada poros[4]:

$$T = \frac{1}{16} \times \tau \times d^3 \quad (2.4)$$

Keterangan:

T = torsi pada poros

= tegangan geser yang diizinkan (N/mm^2)

d = diameter poros (mm)

II.6. Kekuatan Bahan

Kekuatan bahan adalah topik yang berkaitan dengan perubahan benda padat akibat tegangan dan regangan [5].

II.7.1. Tegangan Geser Pada Baut

Tegangan geser baut dapat dihitung dengan rumus [5]:

$$W = \frac{\pi}{4} d_c^2 \times \tau \times n \quad (2.5)$$

Keterangan :

W = gaya geser yang ditahan (N)

τ = tegangan geser baut (N/m^2)

d_c = diameter *major* baut (mm)

n = jumlah baut

II.7.2. Tegangan Tarik Pada Baut

Tegangan tarik baut dapat dihitung dengan rumus [5]:

$$W = \frac{\pi}{4} d_c^2 \times \sigma_t \quad (2.6)$$

Keterangan :

W = gaya luar yang bekerja (N)

d_c = diameter dalam baut (m)

σ_t = tegangan tarik ijin baut (N/m^2)

II.7.3. Beban eksentris Sambungan Las

Berikut adalah rumus perhitungan beban eksentris sambungan las [5]:

1. Tegangan normal maksimum

$$t_{(max)} = \frac{\sigma_b}{2} + \frac{1}{2} + \sqrt{(\sigma_b)^2 + 4\tau^2} \quad (2.7)$$

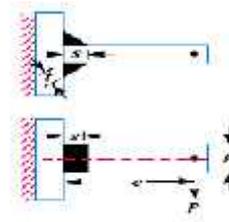
2. Tegangan geser maksimum

$$\tau_{(max)} = \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_b)^2 + 4\tau^2} \quad (2.8)$$

Dimana

σ_b = Tegangan bending,

= Tegangan geser



Gambar 2.1. Beban Eksentris [5]

Dari gambar 2.1, pada salah satu ujungnya dikenai beban eksentris P pada jarak e . Misalkan: l = Panjang las, s = Ukuran las, t = Tebal leher, maka sambungan mendapat dua jenis tegangan [5]:

1. Tegangan geser langsung akibat gaya geser P pada las, dan
2. Tegangan *bending* akibat momen *bending* $P \times e$.

Luas leher las adalah:

$$\begin{aligned} A &= \text{Tebal Leher} \times \text{Panjang Las} \\ &= t.l.2 = 2.t.l \quad (t = s.\cos 45^\circ = 0,707.s) \\ &= 2.0,707.s.l = 1,414.s.l \quad (2.9) \end{aligned}$$

Tegangan geser pada las:

$$\tau = \frac{P}{A} = \frac{P}{1,414 \times s \times l} \quad (2.10)$$

Section modulus dari logam las melalui leher las adalah:

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{t \times l^2}{6} \times 2 \\ &= \frac{0,7 \times s \times l^2}{6} \times 2 = \frac{s \times l^2}{4,2} \quad (2.11) \end{aligned}$$

Momen *bending*,

$$M = P.e \quad (2.12)$$

Tegangan *bending*

$$\sigma_b = \frac{M}{Z} = \frac{P.e.4,2}{s.l^2} \quad (2.13)$$

II.7.4. Faktor Keamanan (*Safety Factor*)

Faktor keamanan yang diberikan agar desain konstruksi dan komponen mesin mempunyai ketahanan terhadap beban yang diterima. Faktor keamanan didefinisikan sebagai berikut [5]:

1. Perbandingan antara tegangan maksimum dan tegangan kerja aktual atau tegangan ijin.

$$FS = \frac{\sigma_m}{\sigma_a} \quad (2.14)$$

2. Perbandingan tegangan tarik *ultimate* dengan tegangan tarik izin.

$$FS = \frac{\text{ultimate}}{\text{allowable}} \quad (2.15)$$

II.8. Bangun Datar

Bangun datar adalah bangun rata yang mempunyai dua dimensi yaitu panjang dan lebar tetapi tidak mempunyai tinggi dan tebal. Fungsi dari penggambaran bangun datar ialah untuk mempermudah perhitungan dimensi [6].

II.8.1. Massa Benda

Untuk mendapatkan massa yang diperlukan, berdasarkan pada hasil kali antara volume benda dan massa jenis material benda tersebut [6].

$$m = v \times \rho \quad (2.18)$$

Keterangan :

m = massa (kg)

v = volume (m³)

ρ = massa jenis (kg/ m³)

II.8.2. Perhitungan Beban Pada Bidang Datar

Untuk menentukan berat dari benda yang berada pada bidang datar dari gaya-gaya yang ada pada benda tersebut dapat menggunakan rumus sebagai berikut [6]:

$$W = m \times g \quad (2.19)$$

Keterangan :

m = massa benda (Kg)

g = gaya gravitasi (m/s²)

II.9. Solidworks

Solidworks adalah *software* digunakan untuk merancang bagian pemesinan atau susunan bagian pemesinan yang berupa penggabungan dengan tampilan 3D untuk merepresentasikan bagian sebelum hasil akhirnya dibuat atau tampilan 2D (*drawing*) untuk gambar proses permesinan [7].

II.10. Programmable Logic Control (PLC)

PLC merupakan sebuah komputer yang dirancang khusus untuk mengontrol suatu proses atau mesin. Proses yang dikontrol dapat berupa regulasi variabel secara kontinu atau hanya melibatkan kontrol dua keadaan aktif (ON) dan non aktif (OFF). Salah satu program yang digunakan untuk mengontrol adalah diagram *ladder* yakni sistem yang menggunakan gambar grafis atau ikon-ikon untuk mewakili perintah-perintah. Pemrograman *ladder* pada umumnya digunakan untuk perlengkapan portabel [8].

II.11. GX-Developer

GX-Developer merupakan *software* yang dikembangkan oleh Mitsubishi. Perangkat lunak ini memiliki instruksi metode program MELSEC seperti Fungsi blok diagram, sekuensial, dan *ladder* [9].

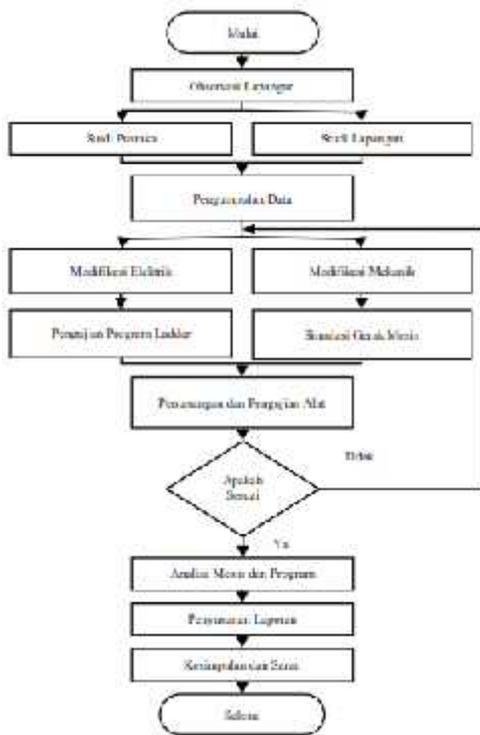
II.12. Payback Period

Payback Period merupakan metode yang digunakan untuk menghitung lama periode yang diperlukan untuk mengembalikan uang yang telah diinvestasikan dari aliran kas masuk (*proceeds*) tahunan yang dihasilkan oleh proyek investasi tersebut. Rumus *payback period* adalah [10]:

$$\text{Payback Period} = \frac{\text{Investasi Kas Bersih}}{\text{Aliran Kas Masuk Bersih Tahunan}} \quad (2.20)$$

III. METODOLOGI PENELITIAN

Berikut adalah alur penelitian yang dilakukan.

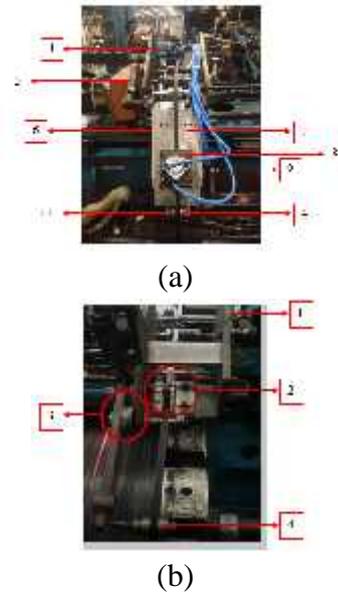


Gambar 3.1. Alur Penelitian

IV. HASIL

IV.1. Gambaran Umum Alat

Pada unit *cap ply jointless* yang ada di lapangan masih menggunakan *bushing* sebagai gerak naik dan turunnya. Berdasarkan penjelasan sebelumnya bahwa *bushing* berpotensi terjadi goyang dalam mekanismenya maka modifikasi yang dilakukan yaitu mengganti *bushing* dengan silinder pneumatik sebagai gerak maju mundur dan mengganti *clamp* material yang awalnya menggunakan bandul pemberat menjadi silinder pneumatik *clamp*.



Gambar 4.1. (a) *Cap ply jointless* sebelum modifikasi. (b) *Cap ply jointless* Sesudah modifikasi.

Berikut nama komponen dan fungsi masing-masing komponen *cap ply jointless* sebelum dan sesudah modifikasi:

Tabel 4.1. Komponen *Cap ply jointless*

No	Komponen	Spesifikasi	Fungsi
1	<i>Body Cap Ply</i>	Pelat ASTM A36 tebal 10 mm	Sebagai Tempat <i>Cap ply jointless</i>
2	<i>Clamp</i>	Pelat ASTM A36 tebal 8 mm	Sebagai penahan <i>jointless</i> agar tidak ketarik ke belakan g
3	<i>Bushing</i>	Material Bronze	Sebagai bantalan poros untuk gerak naik turun <i>cap ply</i>
4	<i>Groove Roll</i>	Silinder pejal AISI 304 diameter 25 mm	Sebagai n penyalur <i>jointless</i>

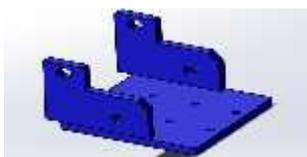
5	<i>Adjuster</i>	Silinder pejal AISI 304 diameter 20 mm dan ulir M8	Sebagai alat <i>setting</i> posisi <i>cap ply</i>
6	Silinder Pneumatik	FESTO DFM 32-125-P-A-GF	Sebagai penggerak <i>base plate</i> maju dan mundur
7	<i>Base Plate</i>	Pelat ASTM A36 tebal 12 mm	Sebagai jalur dari <i>jointless</i>
8	Dudukan Silinder Pneumatik <i>Clamp</i>	Pelat ASTM A36 tebal 10 mm	Sebagai tempat silinder pneumatik <i>Clamp</i>
9	Silinder Pneumatik <i>Clamp</i>	FESTO ADVU-25-15-P-A	Sebagai penahan material <i>jointless</i>
10	Clevis	Pelat ASTM A36 tebal 8 mm	Sebagai dudukan poros untuk <i>groove roll</i>

IV.2. Perhitungan Berat Unit Cap Ply

Perhitungan berat unit *cap ply* menggunakan persamaan 2.18 dan persamaan 2.19

IV.2.1. Dudukan Silinder Pneumatik

Dudukan silinder pneumatik terdiri dari pelat ASTM A36 dengan tebal 8 mm untuk pipi *under base* dan 10 mm untuk *under base*.



Gambar 4.2. Dudukan Silinder Pneumatik

VI.2.2. Base Plate

Base plate terdiri dari pelat ASTM A36 dengan tebal 12 mm untuk *base*, 10 mm untuk *flange*, 8 mm untuk *clevis* dan 6 mm untuk siku *flange*.



Gambar 4.3. Base Plate

IV.2.3. Dudukan Silinder Pneumatik Clamp Material

Dudukan silinder pneumatik *clamp* material terdiri dari pelat ASTM A36 dengan tebal 10 mm untuk *base* silinder pneumatik *clamp* material dan pipi dudukan silinder pneumatik *clamp* material.



Gambar 4.4. Dudukan Silinder Pneumatik Clamp Material

IV.2.4. Roller



Gambar 4.5. Roller

IV.2.5. Teflon Clamp

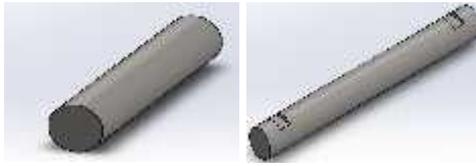


Gambar 4.6. Teflon Clamp

IV.2.6. Poros

Poros pada perancangan alat ini terdiri dari dua poros yaitu poros depan dan poros belakang. Material dari poros adalah AISI 304 *Stainless Steel* dengan diameter 8 mm, memiliki panjang 46 mm

untuk poros depan dan 126 mm untuk poros belakang.



(a) (b)

Gambar 4.7. (a) Poros Depan

(b) Poros Belakang

Dari material pembentuk diatas didapatkan hasil perhitungan sebagai berikut:

Tabel 4.2. Tabel Hasil Perhitungan

Material	m (kg)	W (N)
Pipi Under Base	0,358	3,508
Under Base	1,258	12,328
Base	1,743	17,081
Flange	0,273	2,675
Siku Flange	0,014	0,137
Clevis	0,048	0,470
Base Silinder Pneumatik Clamp Material	0,303	2,969
Pipi Dudukan Silinder Pneumatik Clamp Material	0,100	0,98
Roller	0,048	0,470
Teflon Clamp	0,017	0,166
Poros Depan	0,018	0,176
Poros Belakang	0,153	1,499

IV.3. Perhitungan Pneumatik

Silinder pneumatik merupakan komponen yang digunakan untuk menggerakkan *base plate* maju mundur dalam proses transfer *jointless*.



Gambar 4.8. Silinder Pneumatik Festo tipe DFM

IV.3.1. Total Berat Yang Ditumpu Silinder Pneumatik

Dari perhitungan pada Sub Bab 4.2 maka total berat yang ditumpu silinder pneumatik adalah = 17,081 N + 2,675 N + 0,137 N + 2,969 N + (0,98 x 2) N + 2 N + 0,166 N + (0,47 x 2) N + 0,47 N + 1,499 N + (0,127 x 2) = 28,151 N.

Jadi total berat yang ditumpu silinder pneumatik sebesar 28,151 N.

IV.3.2. Mencari Beban Yang Mampu Ditahan Silinder Pneumatik

Pada perhitungan ini menggunakan indeks *safety factor* 12 dan dihitung menggunakan persamaan 2.15

$$FS = \frac{\sigma_u}{\sigma_i}$$

$$12 = \frac{4}{\sigma_i} \frac{M}{1}$$

$$\sigma_i = \frac{4}{1} \frac{M}{1}$$

$$\sigma_i = 33,33 \text{ MPa} = 33,33 \text{ N/mm}^2$$

Berdasarkan perhitungan di atas maka untuk menghitung beban yang mampu ditahan silinder pneumatik yaitu:

$$\sigma_i = \frac{F}{A}$$

$$F_B = \sigma_i \times \frac{\pi}{4} d^2$$

$$= 33,33 \text{ N/mm}^2 \times \frac{\pi}{4} (20)^2 \text{ mm}^2$$

$$= 33,33 \text{ N/mm}^2 \times 314 \text{ mm}^2$$

$$= 10.465,62 \text{ N}$$

Jadi, beban yang mampu ditahan silinder pneumatik sebesar 10.465,62 N

IV.3.3. Menentukan Tekanan Ideal

Perhitungan didapata dari persamaan 2.2:

$$28,151 \text{ N} = 0,785 \times (0.032)^2 \times P - (5,630 \text{ N})$$

$$33,781 \text{ N} = 8,0384 \times 10^{-4} P$$

$$P = \frac{33,781 \text{ N}}{0,00080384}$$

$$P = 42.024 \text{ N/m}^2 = 0,42024 \text{ bar}$$

IV.3.4. Gaya Maju Silinder

Untuk mencari gaya maju silinder pneumatik dapat menggunakan persamaan 2.1. Berikut adalah perhitungannya:

$$A_1 = \frac{\pi}{4} \times D^2$$

$$A_1 = 0,785 \times (32^2)$$

$$A_1 = 803,84 \text{ mm}^2$$

$$A_1 = 0,00080384 \text{ m}^2, \text{ Maka:}$$

$$F = 0,00080384 \text{ m}^2 \times 42.024 \text{ N/m}^2$$

$$F = 33,78 \text{ N}$$

IV.3.5. Gaya Mundur Silinder

Mencari gaya mundur silinder dapat menggunakan rumus seperti gaya maju sehingga didapatkan hasil:

$$A_2 = 0,0004898 \text{ m}^2 \text{ dengan } F=20,58\text{N}$$

IV.4. Perhitungan Las

Perhitungan kekuatan pengelasan pada base plate yaitu:

$$L = L_1 + (2 \times L_2)$$

$$= 72 \text{ mm} + (2 \times 10) \text{ mm}$$

$$= 92 \text{ mm}$$

$$P = [W \text{ base} + (W \text{ clevis} \times 2) + W \text{ roller} + (W \text{ bearing} \times 2) + W \text{ poros depan} + W \text{ base silinder penekan} + (W \text{ pipi dudukan silinder penekan} \times 2) + W \text{ teflon} + W \text{ pneumatik penekan} + \text{force pneumatic}]$$

$$= [17,081 \text{ N} + (0,47 \times 2) \text{ N} + 0,4 \text{ N} + (0,127 \times 2) \text{ N} + 0,176 \text{ N} + 2,969 \text{ N} + (0,98 \times 2) + 0,166 \text{ N} + 1,96 \text{ N}] = 25,9 \text{ N}$$

Untuk menghitung luas leher las dapat dicari dengan rumus persamaan 2.9, maka tebal leher las :

$$t = s \times \cos 45^\circ$$

$$t = 6 \times \cos 45^\circ$$

$$t = 4,24 \text{ mm}$$

Berdasarkan perhitungan tebal dari leher pengelasan, maka luas leher pengelasan menggunakan persamaan 2.9:

$$A = 2 \cdot t \cdot l$$

$$A = 2 \cdot (4,24 \text{ mm} \times 92 \text{ mm})$$

$$A = 780,16 \text{ mm}^2$$

Section modulus dari logam las melalui leher las adalah:

$$Z = \frac{t \cdot l^2}{6} \times 2$$

$$Z = \frac{0,7 \times 92^2}{6} \times 2$$

$$Z = 1.994,68 \text{ mm}^3$$

Dengan momen *bending*, $M = P \cdot e$ maka tegangan *bending* (σ_b):

$$\sigma_b = \frac{M}{Z}$$

$$= \frac{P \cdot e}{Z}$$

$$= \frac{25,9 \text{ N} \times 1 \text{ m}}{1,9 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3}$$

$$= \frac{25,9 \cdot 10^6 \text{ N}}{1,9 \cdot 10^6 \text{ m}^3}$$

$$= 1,62 \text{ N/mm}^2$$

Beban yang dapat diterima oleh sambungan las dengan *safety of factor* 12 karena adanya beban kejut adalah:

$$P = \sigma_b \times A$$

$$= 1,62 \text{ N/mm}^2 \times 780,16 \text{ mm}^2$$

$$= 1.263,86 \text{ N}$$

$$P_{ijin} = \frac{P}{S}$$

$$= \frac{1.263,86 \text{ N}}{1} = 105,32 \text{ N}$$

Jadi, beban yang diijinkan pada sambungan las adalah 105,32 N.

IV.5. Perhitungan Baut

Material baut yang digunakan adalah AISI 304, dengan nilai tegangan tarik (σ_t) material 505 Mpa atau setara 505 N/mm². *Factor of safety* yang digunakan adalah 4 karena baut menerima berat *steady load*. Tegangan tarik izin dari material baut tersebut dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 2.14 dengan perhitungan sebagai berikut:

$$4 = \frac{505 \text{ N/mm}^2}{\sigma_{ai}}$$

$$\text{allowable} = \frac{505 \text{ N/mm}^2}{4}$$

$$\text{allowable} = 126,25 \text{ N/mm}^2$$

Berdasarkan spesifikasi material, tegangan geser yang diijinkan (τ) diambil 30% dari batas elastis tarik (σ_{el}), tetapi tidak boleh melebihi 18% tegangan tarik *ultimate* (σ_u). dengan kata lain, tegangan geser yang diijinkan dapat menggunakan persamaan 2.17:

$$\begin{aligned} &= 0,18 \sigma_u \\ &= 0,18 \times 505 \text{ N/mm}^2 \\ &= 90,9 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas diperoleh tegangan geser yang diijinkan yaitu 90,9 N/mm²

IV.5.1. Baut Pada Dudukan Silinder Pneumatik

Baut pada dudukan silinder pneumatik mendapat tegangan geser dari beban yang diterima oleh baut, dengan total baut 2 pcs dengan lubang baut sebesar 12 mm.

Beban total baut = Berat dudukan silinder pneumatik + Berat silinder pneumatik + Berat *base plate* + Berat *clamp* silinder pneumatik + Berat *dudukan clamp* silinder pneumatik + (Berat *roller* x 2) + (Berat poros x 2) + Berat teflon

$$\begin{aligned} \text{Beban total baut} &= 19,344 \text{ N} + 36 \text{ N} + \\ &20,833 \text{ N} + 1,96 \text{ N} + 4,929 \text{ N} + 0,94 + \\ &2,988 + 0,166 = 87,16 \text{ N} \end{aligned}$$

Berdasarkan beban yang diterima oleh baut maka tegangan geser yang terjadi pada baut dapat menggunakan persamaan 2.5:

$$\begin{aligned} W &= \frac{3}{4} \times d^2 \times \tau \times n \\ \frac{87,16 \text{ N}}{4} &= \frac{3}{4} (12 \text{ mm})^2 \times \tau \times 2 \\ \tau &= 0,385 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan di atas didapat tegangan geser pada baut sebesar 0,385 N/mm². Perhitungan tegangan tarik pada baut dapat dihitung dengan persamaan 2.6 sebagai berikut :

$$W = \frac{3}{4} \times d^2 \times \tau_{tarik}$$

$$87,16 \text{ N} = \frac{3,14}{4} \times (12^2) \times \tau_{tarik}$$

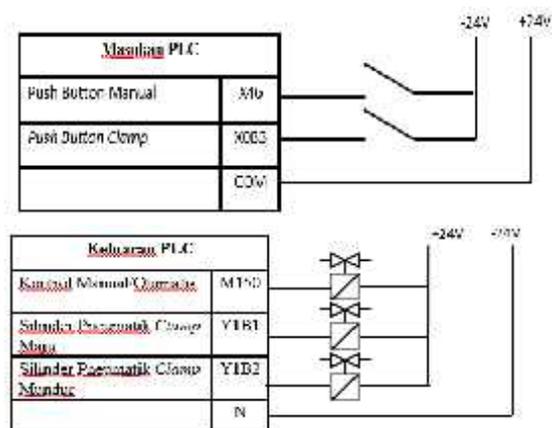
$$\begin{aligned} 87,16 \text{ N} &= 50,24 \times \tau_{tarik} \\ \tau_{tarik} &= 87,16 / 50,24 \\ \tau_{tarik} &= 1,73 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

Berdasarkan perhitungan diatas didapat tegangan tarik pada baut sebesar 1,73 N/mm².

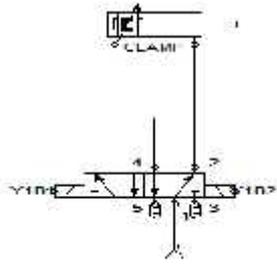
IV.6. Modifikasi *ladder* PLC untuk penambahan kontrol *clamp* silinder penekan *jointless*.

Modifikasi yang dilakukan adalah menambah *ladder* untuk kontrol *clamp* silinder. *Pneumatik clamp* ini berfungsi untuk menahan *jointless* setelah *cap ply* selesai melakukan perintah berurutan logika transfer *jointless*. Pada sistem *clamp* sebelumnya hanya menggunakan pemberat. Kontrol yang dibuat adalah kontrol manual untuk gerak naik dan turun silinder. Hal ini bertujuan agar mempermudah melakukan *trouble shooting* pada unit *cap ply*.

Berikut gambar *wiring diagram* kontrol manual silinder pneumatik *clamp* pada PLC dan *wiring diagram* pneumatik :



Gambar 4.9. *Wiring Diagram* Masukan dan Keluaran PLC



Gambar 4.10. Wiring sistem pneumatic

IV.2. Perhitungan Data Scrap

Data *scrap jointless strip* dan *scrap conicity tire* diambil di mesin DRB - O1 selama 20 hari sebelum modifikasi dan 20 hari setelah modifikasi. Data diambil dan diambil pada departemen *Industrial Engineering*. Data jumlah *scrap* sebelum modifikasi terdapat 41,16 kg dan data jumlah setelah modifikasi menjadi 35,86. Berikut adalah perhitungan scrap:

1. Perhitungan Scrap Jointless Strip

Berdasarkan data *scrap strip jointless* sebelum dan setelah modifikasi, penurunan *scrap jointless strip* dapat dihitung sebagai berikut:

Penurunan *scrap* = *scrap* sebelum modifikasi – *scrap* setelah modifikasi.

Penurunan scrap = 41,16 kg – 35,86 kg = 5,3 kg atau 6,9 %

2. Perhitungan Scrap Conicity

Berdasarkan data *scrap conicity* sebelum dan setelah modifikasi, penurunan *scrap conicity* dapat dihitung sebagai berikut:

Penurunan *scrap* = *scrap* sebelum modifikasi – *scrap* setelah modifikasi.

Penurunan scrap = 60 *tire* – 22 *tire* = 38 *tire* atau 46,3 %

IV.3. Payback Period

Payback period merupakan estimasi waktu yang diperlukan untuk mengembalikan uang yang telah diinvestasikan. Biaya yang diperhitungkan dalam penelitian ini adalah biaya komponen/alat dan biaya

konsumsi pemakaian energi listrik untuk pembuatan alat

IV.3.1. Biaya Total Modifikasi

Berdasarkan sumber data yang telah diolah maka didapatkan data total biaya komponen untuk modifikasi *cap ply jointless* adalah Rp14.850.881,- dan biaya konsumsi energi listrik selama pembuatan alat sebesar Rp108.085,-.

Dari data total perhitungan diatas maka biaya yang dikeluarkan pada modifikasi *cap ply jointless* sebesar:

Biaya Total = Biaya komponen + Biaya konsumsi energi listrik

= Rp14.850.881,- + Rp108.085,-

= Rp14.958.966,-

IV.3.4. Payback Period

Berdasarkan data produksi sebelum dilakukan modifikasi terdapat 60 *scrap conicity tire* dan 41,16 kg *scrap material jointless*. Setelah dilakukan modifikasi terdapat 22 *scrap conicity tire* dan 35,86 kg *scrap material jointless*. Modifikasi ini akan menghasilkan penghematan sebesar 38 *scrap conicity tire* dan 5,3 kg *scrap material jointless*. Berdasarkan Data Departemen *Industrial Engineering Plant D* diketahui harga sebuah satu *tire* adalah Rp447.165,- dan satu kg material *jointless* adalah Rp1.655,-. Keuntungan yang didapatkan perusahaan adalah 38 *tire* x Rp447.165,- + 5,3 kg x Rp1.655,- = Rp 17.001.041,- dan total biaya modifikasi sebesar Rp14.958.966,-. Sehingga *payback period* dapat diketahui sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 P &= \frac{\text{Biaya Modifikasi}}{\text{Harga Scrap}} \\
 P &= \frac{\text{Rp14.958.966,00}}{\text{Rp17.001.041,00}} \\
 &= 0,88 \text{ bulan/27hari}
 \end{aligned}$$

V. PEMBAHASAN DAN ANALISA

V.1. Analisa Perhitungan

V.1.1. Analisa Silinder Pneumatik

Berdasarkan perhitungan pada BAB IV, *rod* silinder pneumatik dengan material ASTM A36 yang memiliki tegangan *ultimate* (σ_u) sebesar 400 MPa dan *safety of factor* yang digunakan adalah 12 karena adanya beban kejutan diperoleh beban yang mampu ditahan silinder sebesar 10.465,62 N, sedangkan beban aktual yang ditahan silinder sebesar 28,151 N. Jadi, silinder pneumatik dengan diameter *rod* 20 mm dinyatakan aman karena beban aktual lebih kecil dari beban yang diijinkan ($28,151 \text{ N} < 10.465,62 \text{ N}$).

V.1.2. Analisa Sambungan Las

Jenis sambungan las yang digunakan untuk menghubungkan *base* dan *flange* yaitu dengan sambungan las beban eksentris. Dari hasil yang telah didapatkan bahwa beban yang diijinkan pada sambungan las adalah 105,32 N sedangkan beban aktual pada sambungan las adalah 25,9 N. Karena $P_a < P_i$ berarti dalam pengelasan tersebut bisa dikategorikan aman.

V.1.3. Analisa Baut

Berdasarkan perhitungan pada BAB IV, material yang digunakan baut M12 yaitu AISI 304 *stainless steel* dengan jumlah 2. Baut yang digunakan untuk menahan beban dari dudukan silinder pneumatik, silinder pneumatik, *base plate*, dudukan *clamp* silinder pneumatik, *clamp* silinder pneumatik, teflon, *roller* dan poros. Total beban yang diterima dari baut sebesar 87,16 N, sehingga tegangan geser yang diterima setiap baut sebesar $0,385 \text{ N/mm}^2$. Berarti tegangan geser pada baut *cap ply jointless* dikategorikan aman, karena tegangan geser yang diizinkan sebesar $90,9 \text{ N/mm}^2$.

V.2. Analisa Perhitungan Scrap

Perhitungan *scrap* dilakukan untuk mengetahui perbandingan jumlah *scrap jointless strip* dan *scrap conicity tire* yang terjadi sebelum dan setelah modifikasi *cap ply jointless*. Jumlah *scrap* dapat diturunkan dari 41,16 kg menjadi 35,86 kg dengan selisih sebesar 5,3 kg atau 6,9 % untuk *scrap jointless strip* dan dari 60 *tire* menjadi 22 *tire* dengan selisih 38 *tire* atau 46,3 % untuk *scrap conicity tire*.

V.3. Analisa Payback Period

Berdasarkan perhitungan pada BAB IV, didapatkan hasil penurunan *scrap jointless strip* sebesar 5,3 kg dan *scrap conicity tire* sebanyak 38 *tire*. Harga untuk satu *tire* yaitu Rp447.165,- dan satu kg *scrap jointless strip* sejumlah Rp1.655,-. Keuntungan yang diperoleh dari penurunan hasil *scrap* yaitu $\text{Rp}447.165,- \times 38 \text{ tire} + \text{Rp}1.655,- \times 5,3 \text{ kg} = \text{Rp}17.001.041,-$. Biaya untuk modifikasi sebesar Rp14.958.966,- sehingga *payback period* dapat diperoleh dalam jangka waktu 0,88 bulan atau sama dengan 27 hari.

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

VI.1. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Modifikasi yang dilakukan menggunakan silinder pneumatik sebagai pengganti *bushing* untuk menggerakkan *body cap ply jointless* maju mundur. Tipe silinder pneumatik yang digunakan yaitu Festo DFM-32-125-P-A-GF dengan diameter *bore* silinder pneumatik sebesar 32 mm, diameter *rod* 20 mm dan *stroke* 125 mm.

2. *Scrap jointless strip* dapat diturunkan dari 41,16 kg menjadi 35,86 kg dengan selisih sebesar 5,3 kg atau 6,9 % dan *scrap conicity tire* dari 60 *tire* menjadi 22 *tire* dengan selisih 38 *tire* atau 46,3 %.
3. *Payback period* dengan biaya modifikasi sebesar Rp14.958.966,- dan keuntungan hasil penurunan *scrap jointless strip*, *conicity tire* sebesar Rp17.001.041,- dapat tercapai dalam kurun waktu selama 27 hari.

VI.2. Saran

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan saran yaitu:

1. Modifikasi *cap ply jointless* agar dapat diterapkan di semua mesin *building Plant* PCR PT. D.
2. Penelitian selanjutnya agar dapat menentukan perawatan untuk *cap ply jointless*

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Allen-Bradley Company. *Rockwell Software*. Rockwell Automation, 2013.
- [2] Continental Tyre. *Tyre Basics - Passenger Car Tyres*. Majalah. Continental Reifen Deutschland, German, 2013
- [3] Wirawan dan Pramono. *Bahan Ajar Pneumatik-Hidrolik*, Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang, Semarang 2010.
- [4] Agustinus Purna Irawan. *Diktat Elemen Mesin*. Modul Bahan Ajar. Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Tarumanegara, Jakarta, 2009.
- [5] Robert L Mott. *Elemen – Elemen Mesin Dalam Perancangan Mekanis*. Buku. Penerbit: Andi, Yogyakarta, 2004.
- [6] Sularso dan Kiyokatsu Suga. *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Buku. Penerbit: Pradnya Paramita, Jakarta, 1991.
- [7] Solidwork. *Introducing Solidworks Dassault Systemes Solidworks Corporation*. Modul. United States of America, 1995-2005.
- [8] Iwan Setiawan. *Programmable Logic Controller (PLC) dan Teknik Perancangan Sistem Kontrol*. Buku. Penerbit: C.V. Andi Offset, Yogyakarta, 2006.
- [9] Mitsubishi. *Melsec System Programmable Logic Controller. Manual Training*. GX IEC Developer.
- [10] Heri Prastowo, Resa Taruna. *Perbandingan Kelayakan Pembelian Dan Sewa Mobil Untuk Kendaraan Operasional Di PT Panarub Industri*. Skripsi. Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Industri, Universitas Mercu Buana Negeri, Jakarta