

RANCANG BANGUN SISTEM BLOWDOWN ANGIN OTOMATIS PADA MESIN *TIRE CURING*

Eko Purwanto ¹⁾, Imam Hidayat ²⁾*

^{1,2)} Program Studi Teknik Mesin, Universitas Mercu Buana, Jakarta

**Corresponding author:* imam.hidayat@mercubuana.ac.id

ABSTRAK

Angin bertekanan merupakan hal yang penting dalam industri pembuatan ban, salah satunya adalah untuk menjalankan mesin-mesin yang bekerja dengan sistem pneumatic. Kualitas angin erat hubungannya dengan efisiensi penggunaan spare part mesin. Dari data kerusakan spare part di area BTC pada tahun 2023/2024, di mana jumlah Engineering Job order (EJO) pada bulan Sep 23 – Feb 24 dengan total mencapai 372 pcs. Setelah dilakukan analisa dan diketahui penyebabnya yaitu terdapat kandungan air pada angin yang berasal dari compressor di utility. Dengan demikian perlu dibuat rancang bangun tabung kondensat untuk mengkondensasi angin dari air, hal ini untuk meningkatkan kualitas angin bertekanan yang digunakan. Rancang bangun yang dilakukan dengan membuat tabung kondensat beserta sistem perpipaan, penambahan katup solenoid pilot acting sebagai katup buka tutup blow air hasil kondensasi dan penambahan program timer PLC untuk proses kerja katup solenoid pilot acting. Selanjutnya dilakukan uji coba perbandingan banyaknya kandungan air antara sebelum dan sesudah alat dibuat. Juga dilakukan perbandingan data kerusakan sebelum dan sesudah alat dibuat. Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan spare part pneumatik pada mesin terutama katup solenoid, sehingga life time spare part menjadi lebih tinggi dan down time yang diakibatkan akibat penggantian spare part yang rusak yang disebabkan oleh kandungan air dalam angin berkurang.

Kata kunci: *Tabung kondensat, katup solenoid, efisiensi, spare part, life time.*

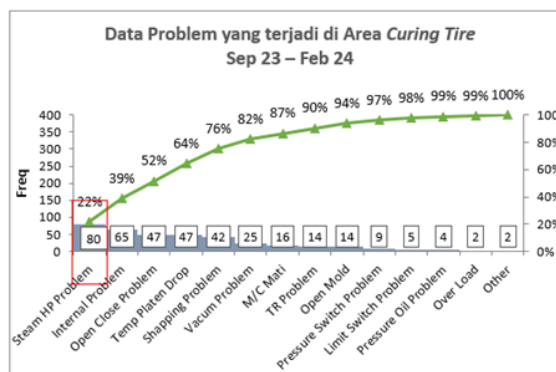
1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

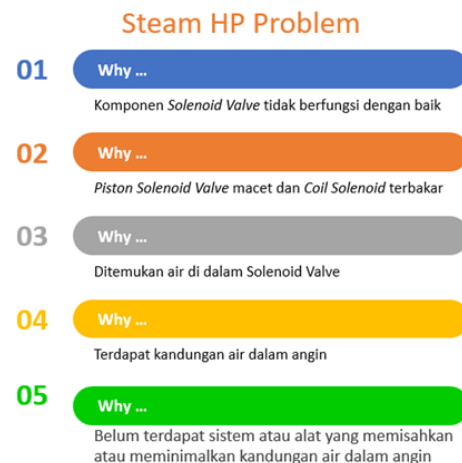
Perusahaan produsen ban memiliki berbagai macam jenis mesin produksi, salah satu jenis mesin produksinya yaitu mesin *Tire Curing*. Mesin *Tire Curing* berfungsi untuk memasak ban muda atau setengah jadi menjadi ban matang atau ban jadi yang dapat dipakai pada kendaraan (Hendra Novriawan, 2017). Untuk mendapatkan ban yang berkualitas, maka diperlukan kualitas bahan yang baik dan bebas kecacatan serta proses pemasakan ban muda atau setengah jadi yang sempurna dan sesuai spesifikasinya agar menghasilkan ban yang lolos uji inspeksi di bagian *Final Inspection* (FI) untuk selanjutnya disalurkan ke distributor sebelum dipakai oleh konsumen, yaitu kendaraan bermotor (Bastian & Nurlela, 2006). Dalam proses curing ban, mesin memiliki peranan yang sangat penting agar ban yang dihasilkan memenuhi standar yang telah ditentukan, yaitu mesin harus berjalan sesuai langkah-langkah yang telah ditentukan. Langkah-langkah tersebut diantaranya langkah *high pressure steam* (HP), *low pressure steam* (LP), *drain*, dan *vacuum*. Ke-

empat langkah tersebut harus bekerja berurutan dan tidak boleh tertinggal satupun agar proses *curing* ban menghasilkan ban yang bebas kecacatan atau gagal masak.

Dari Gambar 1a, menunjukkan data penyebab kerusakan di area *curing* ban pada tahun 2023/2024, di mana jumlah *Engineering Job Order* (EJO) pada bulan September 2023 – Februari 2024 dengan total mencapai 372 pcs. Dimana Steam HP Problem menempati posisi paling tinggi yaitu sebanyak 80 kali kerusakan per 6 bulan. Steam HP Problem adalah problem yang terjadi pada langkah pertama dalam proses *curing* ban, dimana angin dari katup solenoid *high pressure steam* (HP) tidak dapat mengalir ke katup piston *high pressure steam* sehingga *high pressure steam* (HP) tidak dapat masuk ke *brader* saat proses *curing* yang mengakibatkan kecacatan produk yaitu ban yang dihasilkan tidak matang sempurna atau gagal masak.



(a). Penyebab Kerusakan Pada Mesin *Tire Curing*



(b). Analisis 5 *Why*

Gambar 1. Penyebab Kerusakan Pada Mesin *Tire Curing* (a) dan Analisis 5 *Why* (b).

Dari permasalahan tersebut dilakukan analisis 5 *why* seperti pada Gambar 1b untuk mengetahui akar dari permasalahan tersebut (Santoso et al., 2022). Hasil analisisnya yaitu, Steam HP Problem terjadi karena komponen katup solenoid tidak berfungsi dengan baik. Hal ini disebabkan karena belum terdapat sistem atau alat yang memisahkan atau meminimalkan kandungan air dalam angin bertekanan yang dipakai.

Dari analisis 5 *why* yang telah dijabarkan, penulis mempunyai dua pilihan solusi yaitu yang pertama menambahkan alat berupa pengering angin pada saluran input angin mesin, dan yang kedua adalah menambahkan alat untuk mengkondensasi angin untuk selanjutnya dibuang kandungan airnya. Dari kedua pilihan ini penulis memilih solusi yang kedua karena dianggap lebih mudah diterapkan pada setiap mesin karena dapat dibuat sendiri, dan dari segi biaya yang dibutuhkan relatif lebih murah dibandingkan dengan biaya penambahan pengering angin yang harus dibeli dengan harga lebih mahal. Disamping itu pengering angin jika mengalami kerusakan tentu akan memerlukan biaya yang lebih mahal lagi untuk memperbaikinya. Dengan mempertimbangkan biaya dan perawatan maka penulis menetapkan pilihan pada solusi kedua yakni menambahkan alat untuk mengkondensasi angin untuk selanjutnya dibuang kandungan airnya.

Alat untuk mengkondensasi angin ini akan dibuat dengan sistem yang dapat berjalan secara otomatis yang bertujuan agar lebih efisien. Alat ini berupa tabung

kondensat dengan *blowdown* katup solenoid *pilot acting* untuk meminimalisir kandungan air pada angin yang berasal dari *utility*. Katup solenoid *pilot acting* memungkinkan pengaturan yang lebih presisi melalui integrasi dengan program *Programmable Logic Control* (PLC) dan pengaturan skala waktu tertentu untuk pembukaan katup (Ramdhoni & Kiswanta, n.d.). Dengan demikian, rancang bangun alat ini dapat menurunkan kerusakan yang disebabkan Steam HP Problem, mengoptimalkan *life time* katup solenoid pneumatik serta mengurangi *down time* yang diakibatkan saat proses penggantian katup solenoid jika terjadi kerusakan.

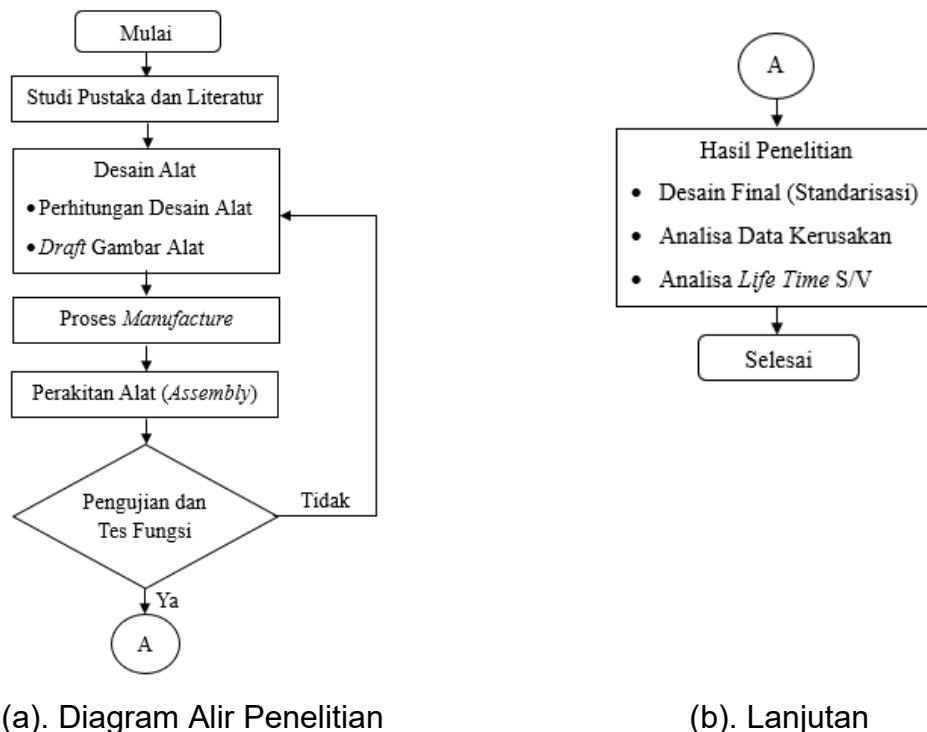
1.2 Tujuan Penelitian

Dari uraian latar belakang diatas, tujuan penelitian ini adalah:

- Merancang bangun alat berupa tabung kondensat untuk menampung angin agar terjadi proses kondensasi, serta menggunakan katup *solenoid pilot acting* sebagai katup buang air hasil kondensasi yang dapat bekerja secara otomatis sesuai dengan waktu yang ditentukan.
- Menganalisis jumlah penurunan kerusakan katup solenoid yang disebabkan Steam HP Problem, dan bertambahnya *life time* katup solenoid pada mesin *Curing Tire*.

2. METODE

Metode dalam penelitian ini diawali dengan proses studi pustaka dan literatur sampai dengan hasil penelitian berupa desain final (standarisasi), analisa data kerusakan, dan analisa life time solenoid valve. Tahapan metode pelaksanaan ditunjukkan dengan diagram alir (flowchart) pada Gambar 2



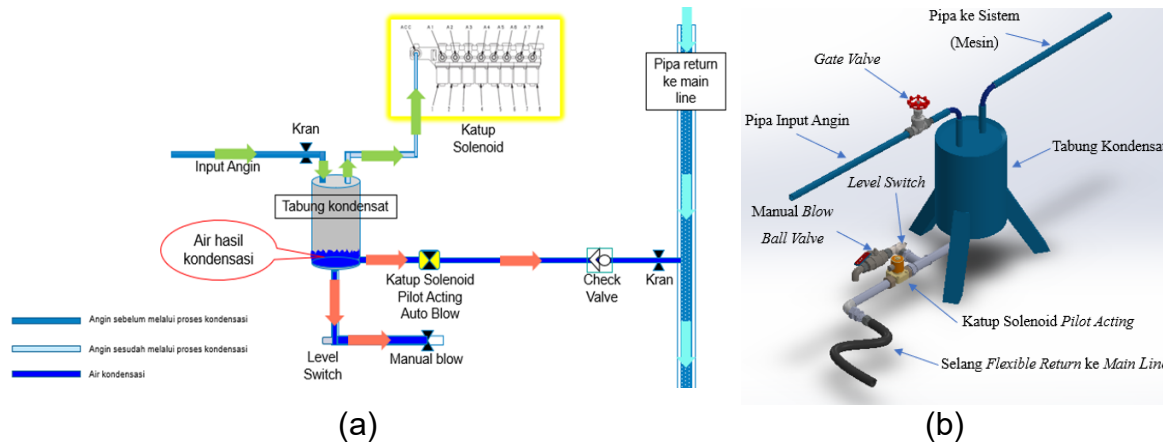
Gambar 2. Diagram Alir Penelitian (a) dan Lanjutan (b)

Penjelasan diagram alir:

- a. Studi Pustaka dan Literatur: Melakukan pencarian referensi teori dan penelitian dari buku, jurnal, dan sumber terpercaya lainnya untuk mendukung desain sistem.
- b. Desain Alat: yaitu Perhitungan Desain Alat dan *Draft* Gambar Alat
 - Perhitungan Desain Alat: Melakukan perhitungan manual pada sistem perpipaan, seperti tekanan, densitas, kecepatan aliran, dan lain-lain.
 - *Draft* Gambar Alat: Mendesain sistem *blowdown* menggunakan *software SolidWorks* untuk visualisasi dan simulasi.
- c. Proses *Manufacture*: Merealisasikan desain menjadi komponen fisik, mengumpulkan bagian-bagian dan *spare parts* yang diperlukan, lalu merakitnya menjadi satu kesatuan alat.
- d. Perakitan Alat (*Assembly*): Merakit komponen utama dan komponen pendukung, serta melakukan pemasangan sistem kontrol dan *wiring*. Menambahkan program untuk sistem auto blowdown pada PLC.
- e. Pengujian dan Tes Fungsi: Menguji dan memastikan sistem bekerja sesuai standar dan tujuan, serta melakukan verifikasi fungsional. Jika ditemukan kesalahan, maka akan dilakukan desain ulang.
- f. Hasil Penelitian: hasilnya berupa Desain Final (Standarisasi), Analisa Data Kerusakan, dan Analisa *Life Time* katup solenoid.
 - Desain Final (Standarisasi): Menyusun desain final, spesifikasi, dan standar alat.
 - Analisa Data Kerusakan: Mengukur efektivitas alat dalam mengurangi kerusakan pada mesin.
 - Analisa *Life Time* Katup Solenoid : Menilai umur pakai katup solenoid sebelum dan sesudah pemasangan sistem *blowdown* otomatis.

2.1 Rancangan dan Desain Alat

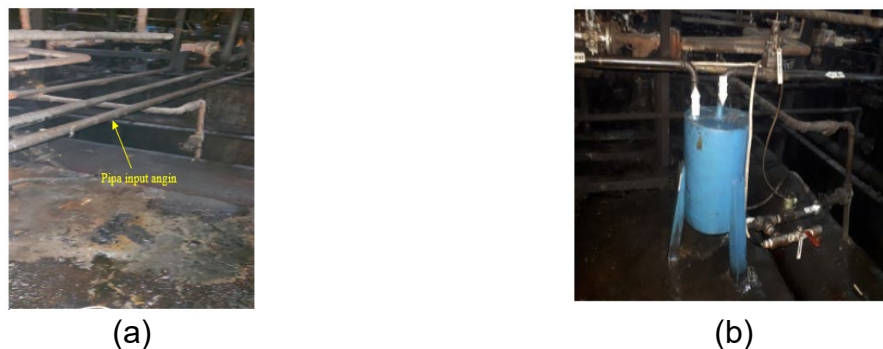
Rancangan dan desain tabung kondensat, perpipaan, dan sistem pendukungnya ditunjukkan pada Gambar 3. Jadi ada penambahan tabung kondensat di input angin sebelum masuk ke sistem katup solenoid. Sistem kerjanya adalah tabung menampung air hasil kondensasi dan membuangnya secara berkala jika *level switch* telah mengenai permukaan air hasil kondensasi dalam tabung dengan waktu yang ditentukan berdasarkan program yang telah diinput pada PLC melalui katup solenoid *pilot acting* ke pipa *return main line*, sehingga tidak akan ada suara bising yang diakibatkan oleh proses *blowdown* ini..



Gambar 3. Model Rancangan Alat (a) dan Desain Alat (b).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dibawah ini adalah gambaran sebelum dan sesudah dilakukan rancang bangun alat *blowdown* angin otomatis pada mesin *curing tire*.



Gambar 4. Gambaran Sebelum (a) Dan Sesudah Rancang Bangun Alat (b)

3.1 Perhitungan Kekuatan Pipa

Tekanan desain (*design pressure*) adalah tekanan maksimum yang diizinkan untuk sebuah sistem pipa, atau komponen lainnya dalam kondisi operasi normal. Tekanan ini ditentukan berdasarkan berbagai faktor, termasuk kondisi operasi, jenis fluida, suhu, dan spesifikasi material (Khurmi & Gupta, 2005).

- a. Perhitungan tekanan desain pada pipa *carbon steel* $\phi \frac{1}{2}$ inch

$$P = \frac{2t \cdot S}{D_o} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 137,89}{21,4}$$

$$P = 27,77 \text{ Mpa} / 257,73 \text{ kgf/cm}^2$$

- b. Perhitungan tekanan desain pada pipa *carbon steel* $\phi \frac{3}{4}$ inch

$$P = \frac{2t \cdot S}{D_o} = \frac{2 \cdot 2,3 \cdot 137,89}{26,8}$$

$$P = 23,66 \text{ Mpa} / 236,67 \text{ kgf/cm}^2$$

- c. Perhitungan tekanan desain pada tabung kondensat $\phi 8$ inch

$$P = \frac{2t \cdot S}{D_o} = \frac{2 \cdot 5 \cdot 137,89}{219,1}$$

$$P = 6,29 \text{ Mpa} / 62,93 \text{ kgf/cm}^2$$

Tabel 1. Keamanan Tekanan Pipa

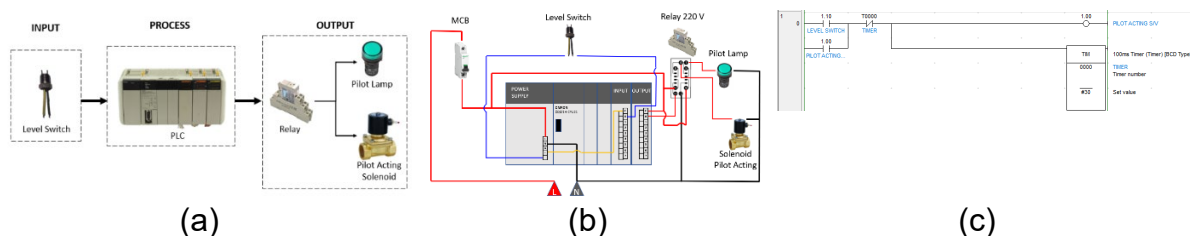
Ukuran Pipa	Tekanan Aktual	Tekanan Yang Diiijinkan	Factor Of Safety	Status
Pipa ½ inch	5 kgf/cm ²	257,73 kgf/cm ²	51	Aman
Pipa ¾ inch	5 kgf/cm ²	236,67 kgf/cm ²	47	Aman
Pipa 8 inch	5 kgf/cm ²	62,93 kgf/cm ²	12	Aman

3.2 Perancangan Sistem Kontrol

Sistem kontrol yang digunakan pada tabung kondensat terdiri dari beberapa komponen diantaranya input, kontroler dan output. Sistem kontrol ini menggunakan PLC sebagai pengontrolnya. Pada sistem kontrol ini digunakan komponen input dan output. Untuk komponen input terdapat *level switch* ketinggian air yang tertampung yang digunakan untuk memberikan sinyal masukan yang akan diproses oleh PLC. Pada komponen output terdiri dari relay yang digunakan untuk mengaktifkan katup solenoid *pilot acting* sehingga proses pembuangan air hasil kondensasi dapat bekerja, disini juga dipasang *pilot lamp* sebagai indikator saat proses *blow* air sedang terjadi. Diagram blok sistem kontrol dapat dilihat pada Gambar 5a.

Tabung kondensat ini sistem kontrolnya dirancang dengan menggunakan *level switch* yang terhubung dengan PLC sebagai pengatur waktu untuk mengaktifkan katup solenoid *pilot acting* serta dirangkai dengan *pilot lamp* sebagai lampu indikator jika katup solenoid *pilot acting* sedang bekerja. Sistem kerja tabung kondensat ini tidak mengubah sistem kerja atau step dari mesin *curing*, angin yang sebelumnya langsung masuk ke dalam katup solenoid pada mesin *curing tire* akan melewati terlebih dahulu tabung kondensat agar terjadi proses kondensasi air pada angin, lalu angin yang sudah minim kandungan air akan masuk ke dalam katup solenoid pada mesin *curing tire*. Selanjutnya jika air yang tertampung telah mengenai *level switch* maka katup solenoid *pilot acting* akan membuang air dengan durasi waktu 3 detik (program PLC). Wiring diagram sistem kontrol dapat dilihat pada Gambar 5b.

Perancangan *ladder* diagram menggunakan *software* CX-One untuk PLC Omron CQM1H. Pada rancang bangun ini, program dibuat dengan menambahkan *ladder* diagram yang sudah ada pada sistem kontrol curing tanpa mengubah langkah kerja dari proses *curing tire*. Program yang ditambahkan hanya dalam satu rung, dimana *level switch* (1.10) sebagai inputan akan menjalankan *timer* (T0000) untuk selanjutnya mengerjakan relay yang terhubung ke *pilot lamp* sebagai indikator dan katup solenoid *pilot acting* (1.00) selama 3 detik. *Ladder* diagram sistem kontrol dapat dilihat pada Gambar 5c.



Gambar 5. Sistem Kontrol (a), Wiring Diagram (b) dan Ladder Diagram (c)

3.3 Analisa Air Yang Dapat Tertampung Tabung Kondensat

Analisa ini dilakukan untuk menguji seberapa efektif tabung kondensat dalam menangkap dan menampung air hasil kondensasi dari angin bertekanan yang akan masuk ke sistem pneumatik pada mesin *curing tire*.

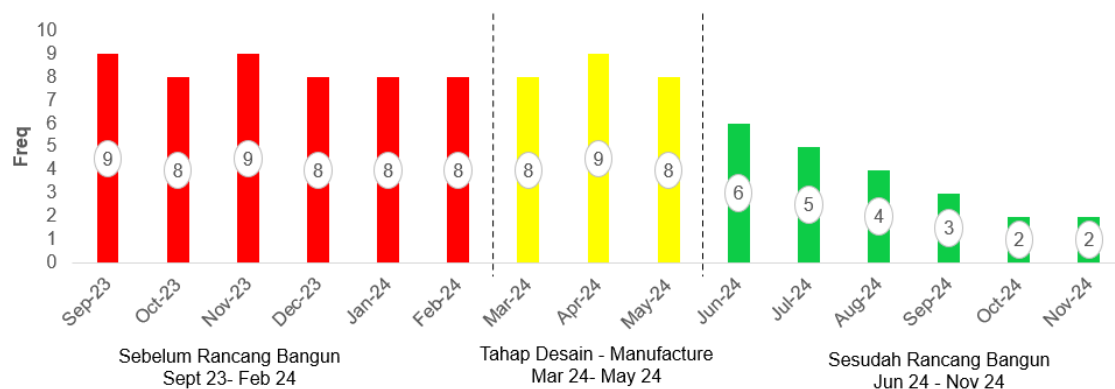
Tabel 2. Sampel 2 Jam (a), Sampel 4 Jam (b), dan Sampel 8 Jam (c)

Sampel	Waktu (Jam)	Air Tertampung (Milliliter)	Sampel	Waktu (Jam)	Air Tertampung (Milliliter)	Sampel	Waktu (Jam)	Air Tertampung (Milliliter)
1	2	30	1	4	59	1	8	115
2		31	2		62	2		117
3		29	3		60	3		116
4		30	4		61	4		114
5		28	5		62	5		115
(a)			(b)			(c)		

Dari data sampel pada Tabel 2, terlihat bahwa tabung kondensat cukup optimal untuk menampung air hasil kondensasi, dan juga hasilnya cukup konsisten menunjukkan hubungan yang sangat signifikan dan kuat antara waktu dan volume.

3.4 Analisa Kerusakan Sebelum Dan Sesudah Rancang Bangun Alat

Analisa kerusakan yang terjadi sebelum dan sesudah rancang bangun alat dilakukan dengan membandingkan data sebelum dan sesudah rancang bangun. Data yang digunakan merupakan data jumlah kerusakan katup solenoid yang disebabkan oleh Steam HP Problem yang menjadi latar belakang permasalahan dari rancang bangun tabung kondensat ini. Data sebelumnya diambil pada September 2023 – Februari 2024, data setelah rancang bangun diambil pada Juni 2024 – November 2024, atau bisa diartikan data diambil dalam kurun waktu 6 bulan sebelum dan sesudah rancang bangun. Perbandingan data kerusakan yang disebabkan oleh Steam HP Problem sebelum dan sesudah dapat dilihat pada Gambar 6.

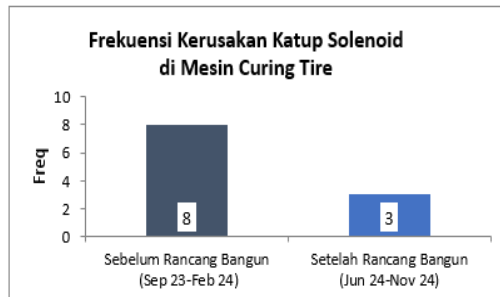


Gambar 6. *Running Chart* Jumlah Kerusakan Katup Solenoid Sept 23-Nov 24

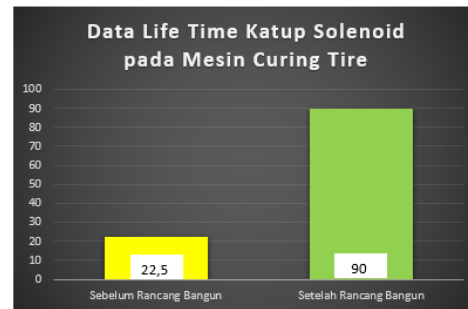
Untuk rata-rata kerusakan per 6 bulan yang sebelumnya 8 pcs, kini dapat turun sampai 2 kali kerusakan, atau dengan rata-rata 3 kali kerusakan per 6 bulan seperti terlihat pada Gambar 7a. Jadi, total kerusakan katup solenoid yang terjadi pada mesin *curing tire* sebelum rancang bangun adalah 50 pcs per 6 bulan, dan total kerusakan katup solenoid pada mesin *curing tire* setelah rancang bangun adalah 22 pcs. Terjadi

penurunan jumlah kerusakan katup solenoid sebanyak 28 pcs yang terjadi pada mesin *curing tire* setelah dilakukan rancang bangun sistem *auto blowdown* angin ini.

Dari segi *life time* katup solenoid untuk rata-rata kerusakan per 6 bulan yang sebelumnya 8 pcs didapatkan *life time* rata-rata 22,5 hari, kini *life time* katup solenoid dapat naik sampai 90 hari karena rata-rata kerusakan turun menjadi 2 kali kerusakan per 6 bulan. Untuk *life time* katup solenoid dapat dilihat pada Gambar 7b.



(a)



(b)

Gambar 7. Perbandingan Rata-rata kerusakan (a) Dan Perbandingan *Life Time* Katup Solenoid Pada Mesin *Curing Tire*(b)

Untuk downtime saat proses penggantian *spare part* (katup solenoid) juga terjadi penurunan. Sebelum dilakukan rancang bangun alat, terjadi kerusakan sebanyak 50 kali kerusakan per 6 bulan, dan setelah dilakukan rancang bangun alat kerusakan turun menjadi 22 kali per 6 bulan. Jika rata-rata waktu penggantian katup solenoid saat terjadi kerusakan adalah 30 menit, maka:

- Downtime sebelum rancang bangun
Downtime= jumlah kerusakan x waktu pengerjaan
= 50 kali kerusakan x 30 menit = 1500 menit
- Downtime setelah rancang bangun
Downtime= jumlah kerusakan x waktu pengerjaan
= 22 kali kerusakan x 30 menit = 660 menit

Jadi dengan rancang bangun alat ini dapat mengurangi downtime saat penggantian katup solenoid sebanyak:

$$\begin{aligned}\text{Penurunan Downtime} &= \text{Downtime sebelum} - \text{Downtime sesudah} \\ &= 1500 \text{ menit} - 660 \text{ menit} \\ &= 840 \text{ menit}\end{aligned}$$

Dari data downtime dapat dicari *lost* produk yang diakibatkan oleh kerusakan yang terjadi. Jika diasumsikan rata-rata 1 *cycle time* saat proses *curing* ban adalah 10 menit, maka *lost* produk yang terjadi adalah:

$$\begin{aligned}\text{Lost produk} &= \text{Total downtime} : 1 \text{ cycle time} \\ &= 840 : 10 \\ &= 84\end{aligned}$$

Karena pada mesin *curing tire* dalam satu mesin memiliki 2 *press mold*, atau bisa diartikan satu kali proses *curing* menghasilkan 2 pcs ban, maka total *lost* produk adalah $84 \times 2 = 168$ pcs ban.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan pada penelitian ini adalah:

- a. Rancang bangun tabung kondensat dan sistem kontrolnya dengan menggunakan katup *solenoid pilot acting* sebagai katup *blowdown* air, *level switch* sebagai sensor inputan, dan *Programmable Logic Control* (PLC) sebagai media kontroler proses *blowdown* dapat bekerja dengan baik dan dapat digunakan dengan aman sebagai alat kondensasi angin bertekanan pada mesin *curing tire*.
- b. Jumlah kerusakan katup solenoid yang disebabkan oleh Steam HP Problem setelah rancang bangun mengalami penurunan sebanyak 28 pcs. Untuk *life time* katup solenoid sebelumnya dengan rata-rata kerusakan per 6 bulan sebanyak 8 pcs dan didapatkan *life time* rata-rata 22,5 hari, kini *life time* katup solenoid dapat naik sampai 90 hari karena rata-rata kerusakan turun menjadi 2 kali kerusakan per 6 bulan. Rancang bangun alat ini juga dapat mengurangi *downtime* saat penggantian katup solenoid selama 840 menit, serta secara tidak langsung dapat menghindari *lost* produk (ban) sebanyak 164 pcs ban.

DAFTAR PUSTAKA

- Azwinur, & Muhazir. (2019). Pengaruh Jenis Elektroda Pengelasan SMAW Terhadap Sifat Mekanik Material SS400. *Jurnal Polimesin*, 17(1), 19–25.
- Bastian, B., & Nurlela. (2006). Akuntansi Biaya : Kajian Teori dan Aplikasi (Edisi Pertama). Graha Ilmu
- Hendra Noviawan, K. (2017). Penerapan Sistem Kontrol Fluida Untuk Meningkatkan Efektifitas Pada Proses Pemotongan Tread. Swiss German University.
- Husen, A., Cholis, N., Setiadi, A. N., Nasional, D. T., Selatan, J., Studi, P., Mesin, T., Pembangunan, U., Veteran, N. ", & Jakarta, ". (2018). Analisis Tegangan Pipa Pada Sistem Instalasi Perpipaan Geothermal Di Proyek X. *Bina Teknika*, 14, 63–77.
- Khurmi, R. S., & Gupta, J. K. (2005). A Textbook Of Machine Design. In Engg. Services.
- Nurcholis, L. (2006). Perhitungan Laju Aliran Fluida Pada Jaringan Pipa. *Traksi*, 7, 19–31.
- Ramdhoni, F., & Kiswanta. (n.d.). Rancang Bangun Panel Kontrol Selenoid Valve Sistem Terbuka Berbasis Program Dan Manual Pada Untai Uji Beta (UUB). *Journal Of Electrical Power, Instrumentation and Control (EPIC)*, 1–10.
- Santoso, S., Sarnadi, & Apriasty, I. (2022). Penerapan Metode Fishbone Diagram And 5 Wyh's Analysis Untuk Meningkatkan Kualitas Produk Pakaian Jadi. *VISIONIDA*, 8, 27–41. <https://www.ukmindonesia.id/baca->