

MODIFIKASI DAN PERHITUNGAN *LIFETIME* PIPA TEMBAGA TERHADAP SISTEM PNEUMATIK *PLY SERVICE* PADA MESIN *BUILDING ALT E-2*

Yoga Aditya Rolanda¹⁾

Teknik Mesin-Politeknik Gajah Tunggal
ya6200722@gmail.com

Muhammad Ibnu Rusydi²⁾

Teknik Mesin-Politeknik Gajah Tunggal
ibnu.poltekt@gmail.com

Keywords :

*Modification
 Copper Pipe
 PVC Hose
 Lifetime
 Pneumatic*

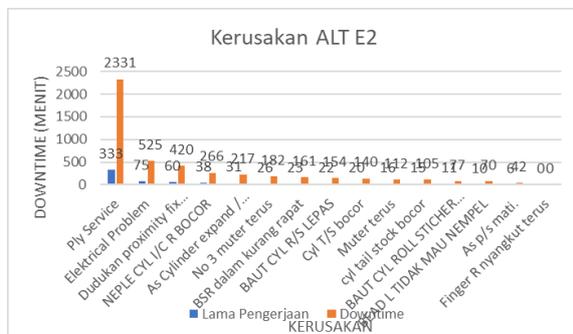
Abstract :

This study aims to modify the ALT E-2 pneumatic system by replacing PVC hoses with copper pipes and calculating the lifespan of the copper pipes. The calculation considers several important factors, such as corrosion, working pressure, pipe wall thickness, and the strength of the copper pipe material used. The results show that copper pipes have a higher lifespan and durability compared to PVC hoses, both in terms of strength and material resistance to pressure. This modification is expected to optimize similar pneumatic systems in the industry. This study is hoped to provide useful guidelines for improving the lifespan and reliability of pneumatic systems through the use of more durable and robust copper pipes

PENDAHULUAN

Dalam industri manufaktur, keandalan dan efisiensi mesin sangat penting untuk menjaga kelangsungan proses produksi dan mencapai target produksi yang optimal. Keandalan yaitu ukuran dari tingkat keberhasilan prestasi suatu objek dalam suatu kondisi operasi yang dibutuhkan [1]. PT ABC, sebuah perusahaan yang bergerak di bidang manufaktur, memiliki mesin building ALT E-2 yang merupakan komponen penting dalam proses ply service. Namun, dalam beberapa bulan terakhir, mesin ini sering mengalami downtime yang tinggi akibat berbagai masalah teknis, yang pada akhirnya berdampak negatif pada produktivitas dan biaya operasional perusahaan.

Tabel diatas merupakan data kerusakan mesin ALT E-2. Dari jenis kerusakan yang terdapat pada tabel 1, terdapat jenis skerusakan yang paling tinggi, yaitu ply service. Permasalahan pada ply service



Gambar 1. Data kerusakan pada mesin ALT E-2

(sumber: hasil kajian penulis, 2024)



gambar 2. Ply service sebeum modifikasi

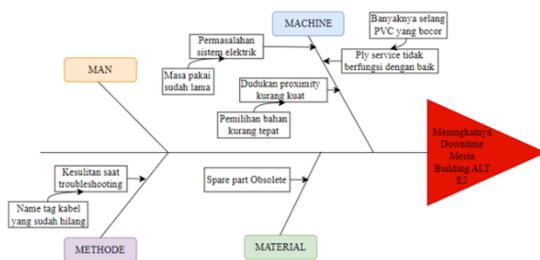
(sumber: hasil kajian penulis, 2024)

Downtime yang tinggi pada mesin building ALT E-2 disebabkan oleh beberapa faktor utama, salah satunya adalah kerusakan pada sistem pneumatik dan fix points. Selang PVC yang digunakan dalam sistem pneumatik sering mengalami kebocoran dan degradasi material seiring waktu,

terutama ketika dioperasikan dalam kondisi tekanan dan suhu yang tinggi. Kebocoran ini menyebabkan penurunan tekanan udara dalam sistem, yang secara langsung mempengaruhi efisiensi dan keandalan mesin. Selain itu, fix points yang rusak juga mengakibatkan masalah mekanis yang memerlukan perhatian dan perbaikan rutin. Semua faktor ini berkontribusi pada peningkatan downtime dan frekuensi kerusakan mesin.

Sistem pneumatik pada mesin ALT E-2 sangat vital dalam operasional ply service. Pneumatik memastikan bahwa mesin dapat beroperasi dengan efisiensi tinggi dan meminimalisir gangguan operasional. Namun, penggunaan selang PVC dalam sistem pneumatik ini telah terbukti menjadi salah satu titik lemah yang menyebabkan sering terjadinya kebocoran udara. Kebocoran ini tidak hanya menurunkan efisiensi sistem, tetapi juga meningkatkan frekuensi perbaikan dan penggantian selang, yang pada akhirnya menambah biaya operasional dan waktu henti mesin. [2]

Berdasarkan pernyataan tersebut maka penulis menganalisa dengan diagram fishbone



gambar 3. Diagram fishbone

(sumber: hasil kajian penulis, 2024)

Berdasarkan analisa diatas dapat diketahui bahwa masalah yang membuat kerusakan pada mesin building ALT E2 disebabkan oleh beberapa faktor. Yaitu: faktor machine, material, dan metode : yaitu tidak tersedianya spare part dari PLC Mitsubishi Seri A 2US dikarenakan PLC tersebut sudah tidak di produksi kembali, selang pvc getas sehingga menyebabkan kebocoran angin yang kemudian berdampak pada silinder pneumatik ply service, sehingga tidak bisa bekerja secara maksimal, dan ketidakpresisian proximity pada bagian Fix pointss mengakibatkan susah nya operator menemukan sudut saat pemasangan Ply 1,2,3,4,5, dan 6.

Untuk mengatasi masalah ini, penelitian ini mengusulkan modifikasi pada sistem pneumatik mesin building ALT E-2 dengan mengganti selang PVC dengan pipa tembaga. Pipa tembaga memiliki ketahanan yang lebih tinggi terhadap tekanan dan suhu, serta lebih tahan lama dibandingkan dengan

selang PVC. Diharapkan dengan penggunaan pipa tembaga, kebocoran udara dapat dikurangi secara signifikan, sehingga meningkatkan efisiensi sistem pneumatik dan mengurangi frekuensi downtime.

Selain modifikasi pada sistem pneumatik, penelitian ini juga mencakup peningkatan pada sistem kontrol mesin dengan mengganti Programmable Logic Controller (PLC) dari seri Mitsubishi A2US ke Q03UDE. PLC seri terbaru ini menawarkan peningkatan dalam hal keandalan, kecepatan respon, dan kemudahan pemeliharaan. Dengan PLC yang lebih canggih, diharapkan sistem kontrol mesin dapat berfungsi lebih efektif dan efisien, serta memberikan respon yang lebih cepat terhadap perubahan kondisi operasional.

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur dampak dari modifikasi yang dilakukan terhadap kinerja mesin building ALT E-2. Pengukuran ini meliputi penurunan downtime, pengurangan jumlah kerusakan, serta peningkatan efisiensi sistem pneumatik. Data yang dikumpulkan sebelum dan sesudah implementasi modifikasi akan dianalisis untuk menilai efektivitas dari solusi yang diterapkan. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi yang berguna bagi PT ABC dalam upaya meningkatkan produktivitas dan efisiensi operasional mesin.

Dengan latar belakang tersebut, penelitian ini akan fokus pada beberapa aspek penting, yaitu:

1. Menilai Dampak Modifikasi Sistem Pneumatik dan Fix points terhadap Penurunan Downtime: Penelitian ini akan mengevaluasi sejauh mana modifikasi yang dilakukan, termasuk penggantian selang PVC dengan pipa tembaga dan perbaikan fix points, dapat mengurangi downtime mesin. Pengukuran akan dilakukan dengan membandingkan data downtime sebelum dan sesudah implementasi modifikasi.

2. Menghitung Pengaruh Penggantian Selang PVC dengan Pipa Tembaga terhadap Performa Sistem Pneumatik: Penelitian ini akan melakukan perhitungan teknis untuk menentukan peningkatan performa sistem pneumatik setelah penggantian selang PVC dengan pipa tembaga. Pengukuran ini meliputi analisis tekanan udara, aliran udara, dan ketahanan pipa terhadap tekanan dan suhu operasi.

3. Mengukur Peningkatan Efisiensi Operasional Mesin setelah Implementasi PLC Q03UDE: Penelitian ini akan mengevaluasi dampak peningkatan sistem kontrol dengan mengganti PLC dari seri Mitsubishi A2US ke Q03UDE. Pengukuran akan dilakukan untuk menilai peningkatan keandalan, kecepatan respon, dan kemudahan pemeliharaan sistem kontrol mesin.

Dalam melakukan penelitian ini, metode yang digunakan mencakup pengumpulan data historis terkait downtime dan kerusakan mesin, analisis teknis terhadap sistem pneumatik, serta pengujian dan evaluasi performa mesin setelah implementasi modifikasi. Data yang dikumpulkan akan dianalisis secara kuantitatif untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai dampak dari modifikasi yang dilakukan.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan solusi jangka panjang bagi PT ABC untuk mengatasi masalah downtime pada mesin building ALT E-2 dan meningkatkan kinerja keseluruhan sistem produksi ply service. Selain itu, temuan dari penelitian ini dapat menjadi referensi bagi perusahaan lain yang menghadapi tantangan serupa dalam operasional mesin pneumatik mereka. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya bermanfaat bagi PT ABC, tetapi juga bagi industri manufaktur secara umum dalam upaya meningkatkan efisiensi dan keandalan mesin produksi.

METODOLOGI KAJIAN

Alur Penelitian



Detail alur penelitian

Identifikasi Masalah

Dalam merancang sistem pneumatik dengan menggunakan pipa tembaga, ada beberapa aspek kunci yang perlu diperhatikan untuk memastikan keberhasilan implementasi dan operasional sistem.

Penting untuk memastikan bahwa pipa tembaga dapat diintegrasikan dengan baik ke dalam sistem pneumatik yang ada. Ini mencakup penyesuaian desain pipa dan koneksi agar sesuai dengan spesifikasi sistem, guna menghindari masalah seperti kebocoran atau gangguan aliran udara. Penggunaan pipa tembaga yang tepat harus mampu menahan tekanan dan suhu yang berlaku dalam sistem tanpa mengalami deformasi atau kerusakan. Pemilihan pipa dengan spesifikasi yang sesuai menjadi sangat penting dalam hal ini. Selain itu, pipa tembaga harus memenuhi standar keamanan yang berlaku untuk sistem pneumatik. Ini berarti pipa harus dirancang tidak hanya untuk tahan terhadap kondisi operasi tetapi juga aman dari potensi kebocoran atau risiko lain yang dapat membahayakan keselamatan operasional. Penggunaan pipa tembaga diharapkan dapat meningkatkan efisiensi sistem pneumatik dengan mengurangi kebocoran udara yang sering terjadi pada selang PVC sebelumnya. Evaluasi efisiensi sistem harus dilakukan secara menyeluruh untuk memastikan bahwa pipa tembaga memberikan perbaikan yang signifikan dalam performa sistem.

Identifikasi Solusi

Identifikasi solusi merupakan tahap untuk merumuskan serta menjelaskan tujuan dari penelitian yang dilakukan di bagian material khususnya terhadap desain pipa tembaga.

Studi Pustaka

Pada tahap ini peneliti mencari referensi atau informasi yang dapat membantu peneliti dalam mengatasi masalah pada penelitian ini. Referensi yang menjadi acuan yaitu jurnal yang berhubungan dengan permasalahan yang dihadapi ataupun penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya. Sedangkan tahap studi lapangan peneliti mencari referensi berdasarkan pekerjaan perbaikan yang berhubungan dengan masalah pada penelitian ini. Selain itu pada tahap studi lapangan peneliti juga menjadikan arahan dari teknisi di lapangan sebagai referensi.

Pemilihan dan Pengadaan Komponen

Pilih komponen pipa sesuai dengan kebutuhan yang telah diidentifikasi. Pastikan komponen tersebut memiliki kualitas yang baik, spesifikasi teknis yang cocok, dan kompatibilitas yang baik dengan sistem yang akan dirancang.

Penentuan desain pipa

Penting untuk memeriksa apakah pipa sesuai dengan tabel ketetapan berdasarkan ASME dan ASTM pastikan pemilihan material sesuai dan bisa berfungsi dengan baik dan aman. Ini termasuk memastikan bahwa komponen-komponen tersebut dapat beroperasi dengan efisien, terhubung dengan baik, dan sesuai dengan spesifikasi yang diperlukan

sebelum digunakan secara penuh dalam sistem pneumatik.

Laporan dan Panduan

Setelah menentukan desain pipa sesuai dan berdasarkan dengan ketentuan tabel internasional ASTM dan ASME, langkah berikutnya adalah menguji sistem dan menganalisis perhitungan desain secara menyeluruh untuk memastikan semua bagian berfungsi dengan baik dan sistem beroperasi dengan stabil dan efisien. Pastikan juga bahwa pipa tembaga berintegrasi dengan baik terhadap sistem pneumatik mesin *building* ALT E-2 untuk mencapai performa yang optimal.[3]

HASIL KAJIAN DAN PEMBAHASAN

Gambaran umum piping sebelum modifikasi

Pada bagian ini membahas tentang kondisi rangkaian pipa sebelum modifikasi, penggunaan pipa pada skema pneumatik pada *break ply service* masih menggunakan selang *pvc* dengan Panjang 2 meter dengan diameter 10 mm. Penggunaan selang *pvc* pada sistem pneumatic sebenarnya masih cukup efektif, namun karena sering terdapat kebocoran pada *break ply service* yang kemudian dilampirkan pada data *downtime* di mesin *alt building*, permasalahan pada sistem *break ply service* yang disebabkan karena kebocoran selang *pvc* masih cukup tinggi. Karena kebocoran tersebut, angin pada *break ply service* yang mengarah kepada silinder rak harus berhenti dan mengakibatkan mesin harus stop. Adapun data *downtime* sebelum modifikasi dan gambaran umum pipa sebelum di modifikasi akan dilampirkan pada gambar dibawah ini.

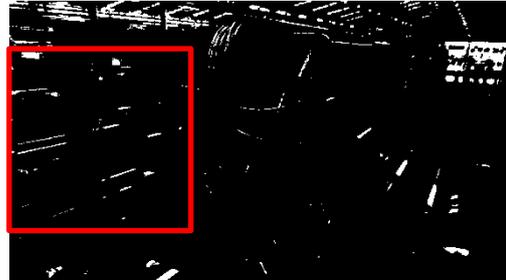


Gambar 1. Gambar *before* modifikasi

Gambaran umum piping sesudah modifikasi

Modifikasi pipa *brake ply servie* dilatari oleh jumlah *downtime* yang cukup tinggi dan terjadi kebocoran pada selang *pvc* yang mengakibatkan pemborosan energi, karena banyaknya energi terbuang terkhususnya energi angin yang disebabkan oleh selang *pvc* yang bocor. Maka dari itu penulis

melakukan modifikasi pada *brake ply service* dengan mengganti selang *pvc* dengan pipa tembaga ASTM B280 yang merupakan tembaga murni c1000. Dengan modifikasi ini penulis berharap dapat menjabarkan bahwa penggunaan pipa tembaga jauh lebih baik, baik dari segi kekuatan ataupun *lifetime* usia. Gambar dibawah ini merupakan gambaran umum pipa setelah dimodifikasi.



Gambar 2. Gambar *after* modifikasi

Perhitungan desain pipa tembaga dan perhitungan *lifetime* pada pipa tembaga

Penentuan spek pipa tembaga berdasarkan ketentuan tabel ASTM B280 dan ASME B3.1(2016)

Pipa jenis ASTM B280 yang digunakan sesuai dengan kapasitas kekuatan Imponen sehingga material tersebut tahan terhadap tekanan, suhu maupun korosi.[4]

Berikut merupakan spesifikasi dari pipa yang digunakan

Material pipa baja tembaga ASTM B280
Ø dalam : 8 mm: 0.591 inch
Ø luar : 9,52 mm: 0,375 inch
Berat : 1.22 kg/m
Batas Korosi yang Diizinkan : 0.03mm
Massa Jenis Pipa: 8960 kg/m ³
Tekanan Operasi: 7kgf/cm ² (0,68 Mpa)
Max. yield strength : 9 ksi
Max. Allowable stress (s) : 10.000 psi
Max. tensile stress (sh) : 30 ksi
Kode Standar Desain : ASTM B280

Menghitung ketebalan pipa tembaga

Setiap pipa memiliki ketebalan yang berbeda-beda sesuai dengan keadaan sistem perpipaan itu. Menghitung ketebalan pipa adalah langkah penting dalam perancangan sistem perpipaan untuk memastikan bahwa pipa tersebut memiliki kekuatan dan daya tahan yang cukup untuk menahan tekanan dan kondisi operasi yang akan dihadapinya. Berdasarkan data diatas Persamaan yang digunakan untuk mencari ketebalan pipa adalah persamaan :

$$t = \frac{P \times D_o}{2(SE+PY)} + C$$

$$= \frac{0,68 \text{ Mpa} \times 9,52 \text{ mm}}{2(68,94 \times 1 + 0,69 \text{ Mpa} \times 0,4)} + 0,0480 \text{ mm/year}$$

$$= 0,095 \text{ mm}$$

Untuk ketebalan dinding pipa yang tersedia di Gudang *spare part* adalah berdasarkan *katalog* ASTM B280 dengan ketebalan dinding pipa yaitu 0,030 inch/0,76 mm

Menghitung tegangan desain

Tegangan desain adalah tegangan maksimum yang dapat ditahan oleh suatu. Tegangan ini ditentukan berdasarkan material, ketebalan dinding, temperatur operasi, dan faktor keamanan. Menentukan tegangan desain adalah langkah kritis dalam perancangan sistem perpipaan dan keamanan operasional. Rumus yang digunakan untuk mencari tegangan desain ini adalah persamaan.

$$P = \frac{2 \cdot t \cdot S \cdot E}{D - 2 \cdot t \cdot Y}$$

$$P = \frac{2 \times 0,76 \times 68,94 \times 1}{9,52 - 2 \times 0,76 \times 0,4}$$

$$P = \frac{104,788}{8,912} = 11,76 \text{ Mpa}$$

Tekanan desain untuk pipa dengan material ASTM B280, diameter luar 9,52 mm dan ketebalan dinding 0,76 mmd adalah sekitar *Mpa*.

Selanjutnya menghitung tekanan maksimal yang dapat diizinkan dalam material pipa tembaga ASTM B280 dengan niali *factor of safety* adalah 3

$$P = \frac{2 \cdot S \cdot t}{D \cdot F}$$

$$P = \frac{2 \cdot 724,31 \text{ kgf/cm}^2 \cdot 0,76}{9,52 \cdot 3}$$

$$P = 3854,88 \text{ kgf/cm}^2 = 378,16 \text{ Mpa}$$

P	T izin	fos	Status
11,76	378,16 <i>mpa</i>	3	Aman

Tabel 1. Keamanan tekanan pipa tembaga

Menghitung Tegangan Longitudinal

tegangan yang sejajar dengan arah pipa

Tegangan aksial

Perhitungan manual tegangan akibat gaya yang searah dengan sumbu pipa. Rumus yang digunakan adalah persamaan (11).

$$\sigma_{ax} = \frac{F_{ax}}{A_m} = \frac{PA}{\frac{\pi}{4}(d_o^2 - d_i^2)}$$

Perhitungan tegangan *aksial* pada pipa tembaga

$$\begin{aligned} F_{ax} &= P \cdot A \\ &= 7 \text{ kg/cm}^2 \times 0,8 \text{ cm}^2 \\ &= 5,6 \text{ kg} \\ &= 54,96 \text{ N (Gaya aksial dalam pipa)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A_m &= \frac{\pi}{4}(d_o^2 - d_i^2) = \frac{\pi}{4}(9,52^2 - 8^2) \\ &= 0,785 \times (9,52^2 - 8^2) \\ &= 64,89 \text{ mm}^2 \\ &= 0,0006489 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\sigma_{ax} = \frac{F_{ax}}{A_m} = \frac{54,96 \text{ N}}{0,0006489 \text{ m}^2} = 846,971.8 \text{ N/m}^2 = 0,847 \text{ Mpa}$$

Tegangan aksial (longitudinal) pada pipa tembaga dengan tekanan internal 0.68 *Mpa*, diameter luar 9,52 mm, dan ketebalan dinding 0,76 mm adalah sekitar 0,847 *Mpa*

Tegangan tangensial.

Tegangan yang disebabkan oleh fluida yang melewati pipa yang mengakibatkan tekanan dalam pipa. Rumus yang digunakan untuk mencari tegangan ini adalah Persaman.

$$S_n = \frac{P \cdot d_o}{2 \cdot t} = \frac{0,68 \text{ Mpa} \times 9,52 \text{ mm}}{2 \times 0,76 \text{ mm}} = 4,25 \text{ Mpa}$$

Jenis pipa	T longitudinal aksial	T tangensial	T izin	Status
tembaga	0,68 mpa	2,12 mpa	35,163 mpa	aman

Tabel 2. Keamanan tegangan pipa

Tegangan akibat tekanan dalam pipa (internal pressure)

Perhitungan manual tegangan akibat gaya yang searah dengan sumbu pipa. Rumus yang digunakan adalah Persaman .

Perhitungan tegangan pada pipa tembaga

$$\sigma_{ip} = \frac{P d_o}{4t} = \frac{0,68 \text{ Mpa} \times 9,85 \text{ mm}}{4 \times 1,3 \text{ mm}} = 2,12 \text{ Mpa}$$

Menghitung aliran udara dalam pipa

Perhitungan kecepatan aliran pada pipa dapat diketahui pada persamaan. Diketahui debit aliran 0,007 *m*³/*s* dan pada pipa Ø 3/8" diameter dalam pipa 8 mm *m*³/*s*

$$v = \frac{0,007}{\frac{\pi}{4} \times (0,008)^2}$$

$$v = 68,64 \text{ m/s}$$

Bilangan Reynold

Untuk menghitung kerugian tekanan, langkah pertama adalah menentukan Bilangan Reynolds dengan menggunakan viskositas kinematik udara yang diberikan, perhitungan dapat dilakukan pada persamaan.

Diketahui *density fluida* (ρ) = 0,77 *kg m*³

$$Re = \frac{v \times D}{\mu}$$

$$Re = \frac{68,64 \text{ m/s} \times 0,00076 \text{ m}}{77,0 \times 10^{-6}}$$

Re= 671,38 > 2000 (Aliran laminar)
 Jadi, aliran laminarnya adalah 671,38.

Menghitung lifetime pipa tembaga

Secara umum, semua jenis pipa memiliki standar reparasi yang seragam. Standar ini ditentukan berdasarkan ketebalan material, di mana kedalaman korosi yang terjadi tidak boleh melebihi ketebalan dinding pipa yang telah ditetapkan.[5] Jika ketebalan sisa material tersebut kurang dari ketebalan awalnya, maka material tersebut harus diganti dengan yang baru. Dalam menghitung umur pakai material, digunakan standar API 570 poin 7.2.[6]

$$Lifetime = \frac{Tacc - Tm}{cr}$$

- Dimana,
 Tacc = Actual thickness (mm)
 Tm = minimum wall thickness (mm)
 CR = corrosion rate (mm/y)

Sebelum perhitungan *lifetime* dibutuhkan *treq* dimana dapat dilihat pada persamaan berikut

Parameter	Symb ol	Nilai	Satuan	Code/standar
Design pressure	P	10	psi	Data perusahaan
Outside diameter	DO	0,375	in	ASTM B28
ALLOWABL E STRESS	S	10.30	psi	ASTM B28
Quality factor	E	1	-	ASME B31.1 (2016)
Coeffisient	Y	0,4	-	ASME B31.3 (2016)

gambar 3. Data *treq lifetime*

$$Treq = \frac{pxd}{2(SE+PY)}$$

$$= \frac{10 \times 0,375}{2(10.300 \times 1 + 10 \times 0,4)}$$

$$= 3,3528 \text{ mm}$$

Hasil perhitungan *lifetime* berdasarkan katalog ASTM B280 dan ASME B31.1(2016)

Terhadap kekuatan pipa tembaga, maka ditemukan:

- Diketahui,
 Tacc : 0,76 mm
 Treq : 3,3528 mm
 CR : 0,03 mm/year
 $Lifetime = \frac{3,3528 - 0,76}{0,03} = 86,426 \text{ year}$

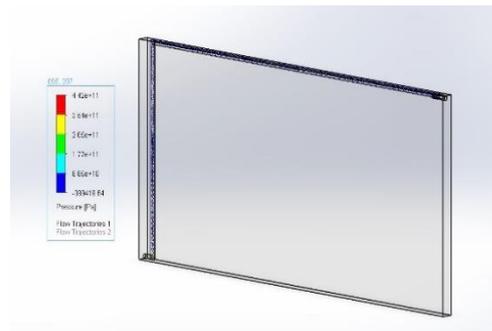
Maka perbandingan pipa tembaga dengan selang *pvc* berdasarkan *lifetime* dapat dilihat dari tabel dibawah ini.

Pipa tembaga	21 tahun	Perhitungan manual
Selang pvc	+ - 6 bulan	Data perusahaan

Tabel 3. Data perbandingan *lifetime*

Analisis perbandingan selang PVC dan pipa tembaga menggunakan software design.

Simulasi pipa tembaga pada tekanan operasi 68,64 m/s, sesuai dengan tekanan operasi pabrik.

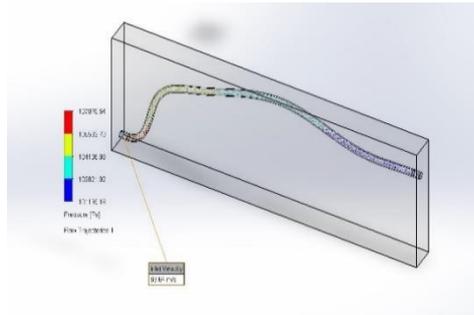


Pada gambar diatas hasil simulasi menunjukkan bahwa tekanan angin pada kecepatan 68,64 m/s dapat ditampung dengan baik oleh pipa tembaga, digambarkan pada hasil bahwa tekanan angin yang ditampung oleh pipa tembaga pada kecepatan 68,64 m/s berwarna biru yang menunjukkan bahwa tekanan 68,64 m/s aman beroperasi pada material pipa tembaga berjenis ASTM B280. Adapun hasil simulasi akan dijelaskan pada persamaan berikut

Parameter	Nilai	Satuan
Density	5068359.69	Kg/m ³
Pressure	44200000000	Pa
temperature	300.00	K
Velocity	254948.110	m/s
Shear stress	1.9400000000	Pa

Tabel 4. Data hasil simulasi

Simulasi selang *pvc* pada tekanan operasi 68,64 m/s, sesuai dengan tekanan operasi pabrik



<i>Parameter</i>	<i>Nilai</i>	<i>Satuan</i>
<i>Density</i>	1.52	Kg/m ³
<i>Pressur</i>	107078.54	Pa
<i>temperatur e</i>	295.18	K
<i>Velocity</i>	90.786	m/s
<i>Shear strees</i>	39.97	Pa

Tabel 5. Data hasil simulasi selang pvc

KESIMPULAN

Modifikasi sistem perpipaan pada *ply service* deengan mengganti selang pvc terhadap pipa tembaga memiliki keunggulan, baik dari segi perbandingan kedua material atau dari segi lifetime material, namun keakuratan perhitungan lifetime itu tidak dapat diukur hanya dari segi kekuatan material saja dan banyak faktor yang perlu di perhatikan baik dalam kondisi lingkungan, kondisi suhu dan kondisi tekanan aktual yang ada dalam sitem kerja pipa dan penggunaan pipa tembaga hanya dapat di aplikasikan terhadap komponen mesin dengan sifat statis atau tetap, unuk penggunaan terhadap komponen atau part mesin dengan sifat yang fleksible hanya bisa meggunakan selang pvc.

DAFTAR PUSTAKA

N. Dwi, A. Asmoro, and W. Widiasih, “ANALISIS KEANDALAN MESIN UNTUK MENINGKATKAN KINERJA PADA MESIN EXTRUDER DI PT. RAPINDO PLASTAMA,” 2022.

J. V. Tuapetel and R. Narwalutama, “STRING (Satuan Tulisan Riset dan Inovasi Teknologi) PERENCANAAN SISTEM PNEUMATIK SEBAGAI PENGGERAK PADA PINTU GERBONG KERETA.”

Copper Development Assosiation, *Guide Specification for Copper and Copper Alloy Building Piping Systems*. 2014. [Online]. Available: www.copper.org

N. Edition, “The Plumbers Handbook Ninth Edition,” no. March, 2016.

N. Fahdillah, L. Adhani, and A. Nuraliyah, “Pengaruh suhu , waktu perendaman , dan inhibitor alami terhadap laju korosi pada pipa tembaga di lingkungan asam HCL 0 , 1 N,” vol. 1, no. 1, pp. 1–14, 2024.

A. A. Prabowo, *Studi Perbandingan Ekonomis dan Lifetime Pipa Underground NKL-1061 Dengan Variasi Proteksi, pH Dan Suhu*. 2020. [Online]. Available: <http://repository.ppns.ac.id/id/eprint/3020%0Ahttp://repository.ppns.ac.id/3020/1/0816040041> - Arizal Agung Prabowo - Studi Perbandingan Ekonomis dan i Lifetime _i Pipa i Underground _i NKL-1061 dengan Variasi Proteksi%2C pH dan Suhu.pdf