

Desain Analisa Instalasi Pipa Udara Bertekanan dan Gas O₂ di Bengkel Pipa dan Plat Jurusan Teknik Perkapalan

Siswandi B, M. Sidik Purwoko, Edy Haryanto
Politeknik Negeri Bengkalis

Alamat Email: siswandi@polbeng.ac.id¹, m.sidikpurwoko@polbeng.ac.id²,
edyharyanto@polbeng.ac.id³

Abstract

Pipe and plate workshop is a workshop engaged in steel construction, which includes marking work, plate and pipe cutting, plate bending, inspection and NDT, as well as being able to design and produce steel construction work. The work carried out in the pipe and plate workshop cannot be separated from the use of compressed air and O₂ gas, therefore, to increase the effectiveness of activities in the workshop, a layout design is carried out by considering the size of the workshop and the available facilities, then proceed with the design of the compressed air and O₂ gas pipe installation system with selection of inch diameter pipe. Evaluation of flow pressure in the pipe installation system using CFD (Computational Fluid Dynamic) software simulation so that the outlet pressure generated in the compressed air installation system is 4.56 bar and the outlet pressure of the O₂ gas installation system is 4.65 kg/cm².

Keywords : Pipa, Gas, O₂, CFD, pipa udara,

1. PENDAHULUAN

Politeknik Negeri Bengkalis adalah salah satu perguruan tinggi yang ada di pulau Bengkalis yang terdiri dari berbagai jurusan yang memiliki beberapa laboratorium dan bengkel. Bengkel pipa dan plat merupakan bengkel yang bergerak dibidang konstruksi baja, yang mencakup pekerjaan marking, pemotongan plat dan pipa, bending plat, Inspeksi dan NDT, serta mampu mendesain dan memproduksi pekerjaan konstruksi baja. Bengkel ini merupakan salah satu bengkel yang ada di Jurusan Teknik Perkapalan. Bengkel pipa dan plat digunakan sebagai penunjang praktikum pada mata kuliah Praktek kerja Plat I dan II (D3 Prodi Teknik Perkapalan), Praktek Kerja Pipa (D3 Prodi Teknik Perkapalan), Praktek NDT (D3 Prodi Teknik Perkapalan), Praktek Teknik Inspeksi dan NDT (D4 Prodi TMPP), Teknik Instalasi Mesin & Perpipa (D4 Prodi TMPP).

Praktikum yang dilakukan dibengkel pipa dan plat ini tidak terlepas dari penggunaan udara bertekanan dan gas O₂ baik dalam proses pemotongan plat, pengecatan dan proses-proses kerja lainnya. Berikut ini merupakan proses pemotongan plat baja dengan menggunakan gas O₂ dan udara bertekanan digunakan untuk proses pengecatan.



Gambar 1. Kegiatan pemotongan plat baja

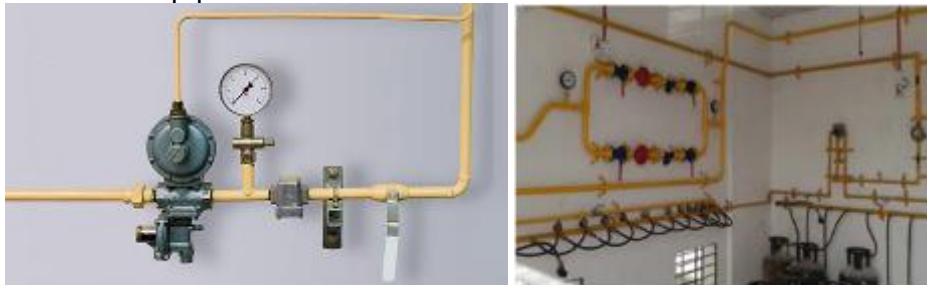
Dari gambar 1 diatas dapat dilihat bahwa untuk melakukan proses pemotongan baik itu pelat baja maupun pipa dengan menggunakan gas maka tabung gas di bawa ke tempat area kerja sehingga zona lokasi area kerja menjadi berkurang. Kemudian resiko kecelakaan dalam memindahkan tabung ke area kerja tersebut juga lebih tinggi. Oleh sebab itu dalam penelitian ini dilakukan perencanaan system instalasi pipa udara bertekanan dan Gas O₂ dan analisa besar tekanan udara dan gas O₂ untuk proses kegiatan di Bengkel Pipa dan Plat.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Sistem Instalasi Pipa

Pipa adalah suatu batang silinder berongga yang dapat berfungsi untuk dilalui atau mengalirkan zat cair, uap, gas ataupun zat padat yang dapat dialirkan, yaitu berjenis serbuk/tepung. Fungsi pipa yaitu sebagai sarana untuk menyalurkan bahan fluida cair, gas maupun uap dari suatu tempat ke tempat tertentu dengan mempertimbangkan efek, temperature dan tekanan fluida yang dialirkan, lokasi serta pengaruh lingkungan sekitar.

Sistem instalasi pipa adalah sebuah system instalasi atau aliran yang terdiri dari susunan pipa-pipa yang berfungsi mengalirkan fluida. Gambar 3. merupakan salah satu contoh system instalasi pipa.



Gambar 2. Contoh sistem instalasi pipa gas
(Sumber: Bewok, 2016 dan gasmedisrumahsakit.com)

Sistem pipa merupakan suatu system yang digunakan untuk mengalirkan fluida ke tempat kerja. Pada system instalasi pipa biasanya terdapat sambungan-sambungan pipa seperti sambungan *elbow 900*, *tee line*, *tee branch*, *reducer*, *ball valve*, aliran cabang. Jenis-jenis sambungan tersebut dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 3. Jenis-jenis sambungan pipa

Jenis-jenis sambungan berfungsi untuk mengarahkan aliran fluida ke bagian area kerja yang membutuhkan aliran fluida dengan tekanan tinggi (Ismail, 2019). Panjang pipa dan sambungan pada pipa dapat mengakibatkan penurunan tekanan pada aliran fluida. Analisis penurunan tekanan fluida pada sistem perpipaan terbagi atas dua yaitu penurunan tekanan secara mayor dan penurunan tekanan secara minor. Penurunan tekanan secara mayor dilakukan untuk menganalisis pengaruh gesekan antara dinding pipa terhadap potensi penurunan dari aliran fluida yang mengalir di dalam sistem pemipaan bertekanan dengan menggunakan persamaan (1):

$$h_{gs} = \frac{L}{D} \times \frac{v^2}{2g} \times f \quad (1)$$

Dimana:

h_{gs} = penurunan tekanan mayor (Pa)
 L = panjang pipa (m)
 D = diameter pipa (m)
 v = kecepatan aliran fluida (m/s)
 g = gaya gravitasi (m/s²)
 f = factor gesekan

Perhitungan penurunan tekanan minor dilakukan untuk menganalisis pengaruh adanya sambungan yang terdapat pada sistem pemipaan terhadap penurunan tekanan aliran udara yang dilakukan dengan menggunakan persamaan (2).

$$h_L = K \times \frac{v^2}{2g} \quad (2)$$

Dimana:

h_L = penurunan tekanan minor (Pa)
 v = kecepatan aliran fluida (m/s)
 g = gaya gravitasi (m/s²)
 K = koefisien kerugian komponen sambungan pipa

2.2. Udara bertekanan dan Gas O₂

Udara bertekanan dan Gas merupakan fluida yang termampatkan. Untuk aliran yang termampatkan mempunyai karakteristik seperti terdapatnya sebuah perubahan di besaran kerapatan massa atau densitas dari suatu fluida di sepanjang alirannya. Menurut rumus dari Hukum Bernoulli yang alirannya termampatkan : (fadillah, 2019)

$$\frac{v^2}{2} + \phi + w = \text{konstan} \quad (3)$$

Dimana:

V = Kecepatan aliran
 Ø = Energi potensial gravitasi per-satuan massa
 w = entalpi fluida per-satuan massa

Perancangan sistem pipa bertekanan yang tepat mampu meningkatkan efisiensi distribusi aliran fluida bertekanan dan menurunkan persentase kerugian tekanan aliran fluida yang signifikan (Miguel, 2018). Namun pada sistem pipa bertekanan, aliran fluida sering mengalami kondisi penurunan tekanan yang disebabkan karena aliran fluida mengalami gesekan di sepanjang permukaan pipa dengan pengaruh parameter kekasaran permukaan, ukuran dimensi pipa, dan penggunaan sambungan pipa, serta viskositas dari fluida tersebut. Tekanan pada pipa distribusi sangat tergantung pada ukuran dimensi penampang pipa serta total sambungan antar pipa dengan laju aliran tertentu. (Ismail, 2019). Faktor faktor yang mempengaruhi terjadinya kerugian tekanan pada instalasi pipa udara antara lain panjang pipa, jumlah sambungan pipa, diameter pipa. Kerugian-kerugian berupa rugi tekanan dan aliran yang disebabkan oleh instalasi itu sendiri diantara adalah:

Kerugian pada saluran akibat panjang pipa

Pipa yang panjang akan mengakibatkan kehilangan energi akibat gesekan antara fluida dengan dinding pipa yang semakin banyak

$$\Delta P = \frac{\lambda \times l \times v^2 \times \rho}{2d} \quad (4)$$

Dimana:

λ = Koefisien gesek dalam pipa (0,0561/Q^{0,148})

- l = Panjang saluran (m)
 V = Kecepatan aliran pada permukaan saluran (m/s)
 ρ = Densitas udara (1.293 kg/m^3)
 d = diameter pipa dalam (m)

Kerugian akibat belokan

Belokan atau tikungan akan mengakibatkan kehilangan energi sekunder atau minor loss, ini akan mengakibatkan adanya tumbukan antara partikel zat cair dan meningkatnya gesekan karena turbulensi dan pusaran serta tidak seragamnya distribusi kecepatan pada suatu penampang

$$\Delta P = \frac{(\beta \times 90) \times \xi \times V^2 \times \rho}{2} \quad (5)$$

Dimana:

- ξ = koefisien hambatan
 β = sudut lengkung
 ρ = Densitas udara (1.293 kg/m^3)
 V = Kecepatan aliran pada permukaan saluran (m/s)

Kerugian pada katup

Kerugian akibat aliran fluida yang bergesekan dengan katup yang juga dapat menimbulkan turbulensi

$$\Delta P = \frac{\xi \times V^2 \times \rho}{2} \quad (6)$$

Dimana:

- ξ = koefisien hambatan
 ρ = Densitas udara (1.293 kg/m^3)
 V = Kecepatan aliran pada permukaan saluran (m/s)

Kompresor

Kompresor adalah mesin untuk memampatkan udara atau gas. Kompresor udara biasanya menghisap udara atmosfer. Namun ada pula yang menghisap udara atau gas bertekanan lebih tinggi dari tekanan atmosfer. Kompresor bekerja sebagai penguat atau booster, sebaliknya kompresor ada pula yang menghisap gas yang bertekanan lebih rendah daripada tekanan atmosfer. Dalam hal ini kompresor dibuat pompa vakum. Faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja dari sebuah sistem yang menggunakan udara bertekanan antara lain adalah suhu, kelembaban udara, tekanan, bentuk pipa serta aksesoris. Kompresor digunakan sebagai media yang menghasilkan udara bertekanan yang akan dimanfaatkan untuk proses pengecatan.



Gambar 4. Kompresor (Sumber: Bhinneka.com)

Pada umumnya proses pengecatan yang menggunakan udara bertekanan tidak terlepas dari suatu media peralatan yaitu *spray gun*. *Spray gun* merupakan media yang digunakan pada pelapisan sebagai pengabut cat yang sebelumnya cat dan thinner telah dicampur terlebih dahulu sebelum disemprotkan ke permukaan benda kerja. Pengabutan pada *spray gun* dapat terjadi karena udara dan cat bertemu pada tudung *spray gun* sehingga cat dan udara terpecah menjadi sekumpulan partikel yang halus dan lembut. Pada *spray gun* ini jarak dan tekanan udara sangat mempengaruhi hasil dari pelapisan yang dilakukan, jarak *spray* yang terjadi pada umumnya adalah 152,4 mm – 300 mm serta besar tekanan udara yang baik agar *spray gun* dapat beratomasi dengan baik sebesar 2 - 5 bar (Guna. Dkk, 2019)

Gas O₂

Gas O₂ (oksigen) merupakan salah satu gas yang digunakan dalam proses pengelasan dan pemotongan plat baja. Baik pengelasan atau pun pemotongan plat gas yang digunakan diantaranya gas acetylene dan gas O₂. Tabung oksigen mempunyai kapasitas sama dengan tabung gas acetylene. Isi gas dalam tabung berbanding lurus dengan tekanan, makin besar tekanan makin banyak isi di dalamnya. Tabung gas O₂ (oksigen) biasanya diberi tanda dengan warna yaitu berwarna biru.



Gambar 5. Tabung Gas O₂ (Sumber: Lazada.co.id)

Gas O₂ dan gas acetylene merupakan bahan utama dalam proses pemotongan dan pengelasan menggunakan gas. Pada gas cutting machine kedua gas ini akan di salurkan ke mesin potong. Instalasi gas cutting machine dapat dilihat pada gambar 6. (Ade, 2020)



Gambar 6. Gas cutting machine

Untuk pemotongan plat baja yang menggunakan oksigen membutuhkan tekanan kerja tergantung tebal plat baja. Tekanan oksigen yang dipakai untuk proses pemotongan berdasarkan ketebalan plat baja dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Tekanan oksigen

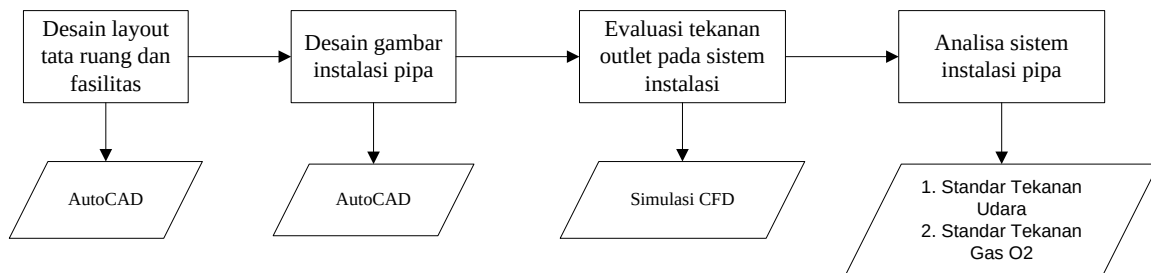
Ketebalan plat (mm)	Tekanan isi (kg/cm ²)	Tekanan kerja (kg/cm ²)	Lebar jarak potong
3	70	1	2
6	70	01.05	2
8	70	2	2
12	70	02.05	2

Sumber: (Ade, 2020)

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini melakukan suatu desain ulang terkait tata letak fasilitas di bengkel pipa dan plat kemudian dilanjutkan dengan desain dan analisa instalasi pipa untuk udara bertekanan dan gas O₂ agar pekerjaan yang dilakukan di bengkel menjadi lebih optimal. Penelitian yang dilakukan berlokasi di daerah Bengkalis yaitu di kampus politeknik negeri bengkalis tepatnya di jurusan teknik perkapalan.

Objek yang diamati pada penelitian ini berupa besar tekanan udara dan gas O₂ yang masuk (*inlet*) dan dikeluarkan (*outlet*) pada tiap-tiap system pipa tersebut agar memenuhi standar tekanan fluida yang dibutuhkan pada masing-masing pekerjaan yang menggunakan udara bertekanan dan gas O₂. Model penelitian yang digunakan dalam bentuk gambar desain yang dievaluasi dengan menggunakan software CFD (*Computational Fluid Dynamic*). Perancangan atau desain system instalasi pipa udara bertekanan dan pipa gas O₂ dilakukan dengan menggunakan software AutoCAD. Prosedur atau tahapan proses yang dilakukan dalam penelitian ini seperti yang terlihat pada gambar 7.



Gambar 7. Prosedur penelitian

4. HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

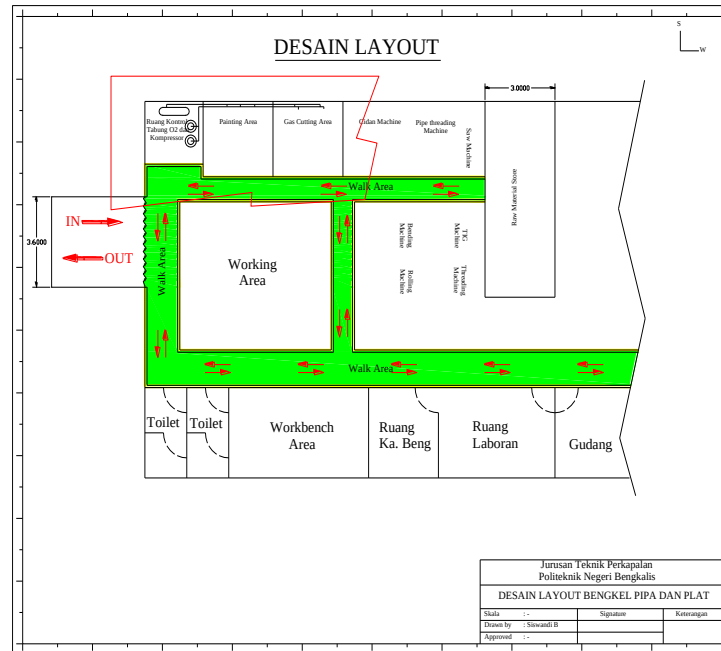
4.1. Desain Layout dan Sistem Instalasi Pipa Udara Bertekanan dan O₂

Bengkel pipa dan plat jurusan teknik perkapalan memiliki luas gedung ± 264 m² dimana semua jenis pekerjaan-pekerjaan produksi dan repair berbahan dasar baja dilakukan di dalam bengkel tersebut. Dalam segi penataan tata letak fasilitas bengkel belum tertata dengan baik, gambar tata letak dan susunan fasilitas yang ada di bengkel pipa dan plat saat ini dapat dilihat pada gambar 8.



Gambar 8. a) Kondisi bengkel pipa dan b) Plat saat ini

Dengan pertimbangan-pertimbangan terkait ukuran bengkel dan fasilitas yang tersedia dibengkel pipa dan plat maka dilakukan perencanaan ulang tata ruang dan tata letak fasilitas. Sehingga hasil desain layout dan tata letak fasilitas pada bengkel dapat dilihat gambar 9.



Gambar 9. Desain layout bengkel pipa dan plat

Keterkaitan antara desain layout tata letak dengan perencanaan instalasi pipa adalah agar mudah menempatkan posisi ruang control tabung udara bertekanan dan tabung gas O₂ dengan ukuran 2.5 x 2.5 meter serta menempatkan sistem instalasi pipa ke zona kerja.

4.2. Analisa tekanan udara pada sistem instalasi pipa menggunakan CFD

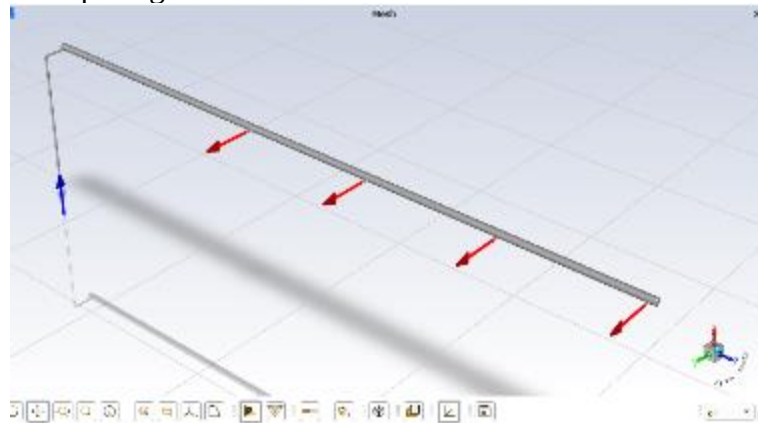
System instalasi pipa udara bertekanan di pasang pada dua area kerja yaitu dari ruang control menuju ke lokasi painting area dan gas cutting area. Panjang pipa yang di install pada sistem instalasi udara bertekanan adalah 5 meter. Adapun ukuran pipa yang dievaluasi adalah pipa berukuran ½ inch kemudian pada bagian inlet dan outlet dipasang selang berukuran 5/8 inch. Adapun evaluasi ini bertujuan untuk mendapatkan besar tekanan yang pada outlet sesuai standar pekerjaan. Bentuk model dari system pipa udara bertekanan sekaligus gambar meshing model dapat dilihat pada gambar 13. Proses meshing atau gridding pada model merupakan salah satu faktor yang sangat penting dalam menentukan kualitas hasil simulasi CFD. Proses ini secara umum menghabiskan waktu 70-80% dari keseluruhan proses pembuatan model CFD (Wiratama, 2019).



Gambar 10. Meshing pipa udara bertekanan

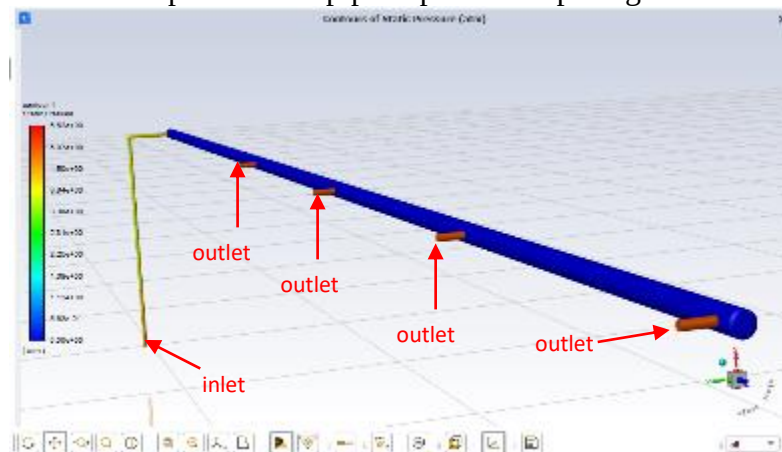
Pada proses meshing ini nilai ukuran elemen mengikuti nilai standar yang tersedia di aplikasi CFD (nilai default). kemudian proses pengaturan *boundary condition* untuk menentukan arah *inlet* dan *outlet* serta besar tekanan yang diberikan pada bagian inlet.

Inputan besar tekanan udara yang diatur adalah sebesar 5 atm. Tampilan gambar *boundary condition* dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11. Arah inlet dan outlet pipa udara bertekanan

Dari gambar 11 dapat dilihat arah udara bertekanan yang mengalir pada sistem instalasi pipa ditunjukkan oleh panah berwarna biru yang berarti arah udara masuk (*inlet*) dan panah berwarna merah menunjukkan arah udara keluar (*outlet*). Kemudian proses evaluasi oleh *software* dijalankan (*running*) sehingga gambar hasil *running* dari *software* CFD untuk mengevaluasi tekanan aliran pada sistem pipa dapat dilihat pada gambar 12.

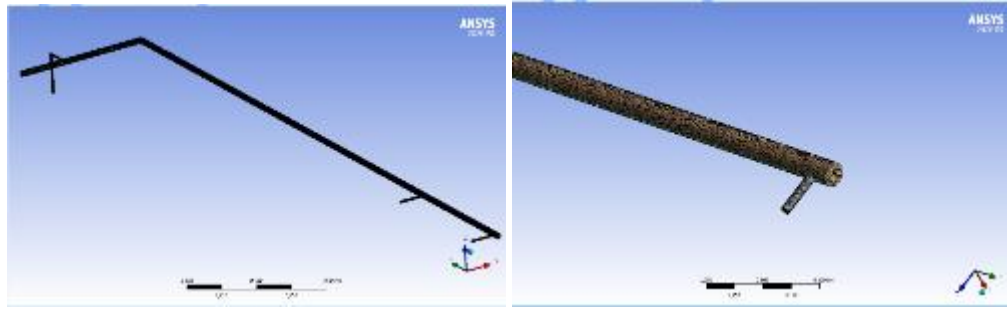


Gambar 12. Hasil evaluasi tekanan udara pada pipa ½ inch

Berdasarkan gambar 12 dapat diketahui bahwa dengan tekanan *inlet* yang diatur sebesar 5 atm, maka nilai tekanan aliran udara pada *outlet* diperkirakan sebesar ± 4.5 atm atau 4.56 bar. Hal ini diketahui berdasarkan warna kontur yang terbaca pada bagian *static pressure* yang disesuaikan dengan warna kontur yang terlihat pada bagian *outlet*. Berdasarkan hasil evaluasi tersebut maka tekanan kerja yang dihasilkan pada sistem instalasi pipa udara bertekanan memenuhi kriteria tekanan kerja yaitu kisaran 2 – 5 bar.

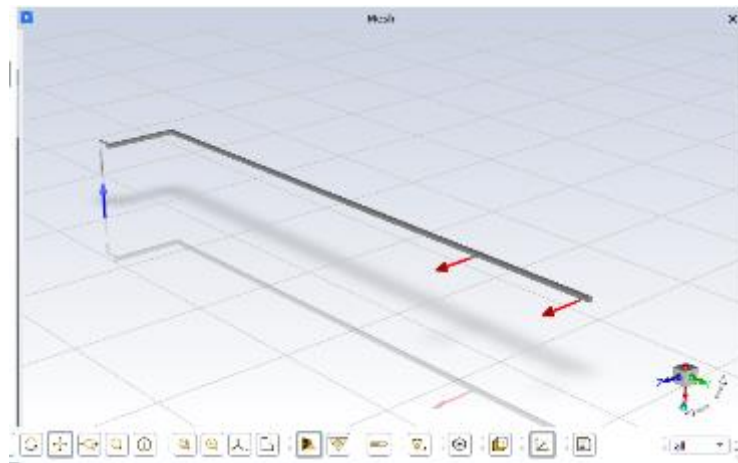
4.3. Analisa tekanan gas O₂ pada sistem instalasi pipa menggunakan CFD

Demikian juga halnya dengan sistem instalasi pipa gas O₂, dimana sistem perpipaan di pasang pada area kerja yang membutuhkan gas O₂ yaitu dipasang dari ruang control menuju ke lokasi gas cutting area. Panjang pipa yang di desain pada sistem instalasi adalah 5.5 meter. Evaluasi tekanan aliran gas O₂ yang dilakukan pada model pipa ½ inch. kemudian pada bagian inlet dan outlet dipasang selang berukuran 5/8 inch. Bentuk model dari system pipa gas O₂ dan gambar meshing dapat dilihat pada gambar 13.



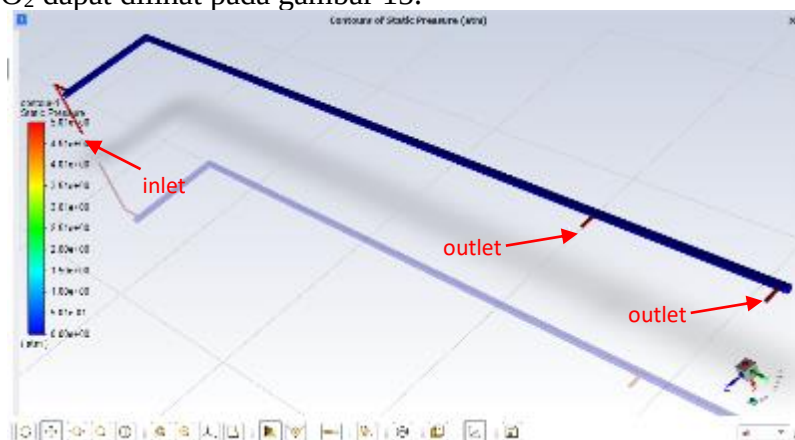
Gambar 13. Meshing pipa gas O_2

Proses meshing ini juga mengikuti nilai standar yang tersedia di aplikasi CFD (nilai default). Kemudian dilanjutkan dengan pengaturan *boundary condition* untuk menentukan arah inlet dan outlet serta besar tekanan yang diberikan pada bagian inlet. Inputan besar tekanan gas O_2 yang diatur sebesar 5 atm. Tampilan gambar *boundary condition* dapat dilihat pada gambar 14.



Gambar 14. Arah inlet dan outlet pipa gas O_2

Gambar 14 dapat dilihat arah aliran pada sistem instalasi pipa gas O_2 dimana panah berwarna biru menunjukkan arah gas O_2 masuk (*inlet*) dan panah berwarna merah menunjukkan arah gas O_2 keluar (*outlet*). Kemudian proses evaluasi oleh software dijalankan (*running*) sehingga hasil *running* dari software CFD untuk mengevaluasi tekanan aliran gas O_2 dapat dilihat pada gambar 15.



Gambar 15. Hasil evaluasi tekanan gas O_2 pada pipa $\frac{1}{2}$ inch

Pada gambar 15 dapat dilihat bahwa dengan tekanan inlet sebesar 5 atm maka tekanan aliran gas O_2 pada pipa $\frac{1}{2}$ inch diperkirakan sebesar ± 4.51 atm hal ini diketahui berdasarkan

warna kontur yang ditunjukkan oleh *static pressure* yang disesuaikan dengan warna kontur pada bagian *outlet*. Dari hasil evaluasi tekanan kerja yang di dapatkan maka nilai tekanan outlet pada sistem instalasi gas O₂ memenuhi standar kriteria tekanan kerja.

5. KESIMPULAN DAN SARAN

KESIMPULAN

Pada desain sistem instalasi pipa udara bertekanan dan gas O₂ menggunakan pipa berdiameter ½ inch. Evaluasi tekanan aliran pada sistem instalasi pipa menggunakan simulasi software CFD sehingga tekanan *outlet* yang dihasilkan pada sistem instalasi udara bertekanan sebesar 4.56 bar dan tekanan *outlet* sistem instalasi gas O₂ sebesar 4.65 kg/cm².

SARAN

Pada penelitian ini masih banyak terdapat kekurangan dalam evaluasi aliran pada sistem instalasi pipa sehingga untuk kedaepannya evaluasi dapat dilakukan dengan menggunakan software-software CFD lainnya untuk dapat membandingkan dan memvalidasi hasil evaluasinya agar menjadi lebih baik.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Anonym, 2008. Buku Petunjuk Praktikum Mesin Fluida. Tim laboratorium mesin fluida dan system, Teknik Sistem Perkapalan FTK – ITS: Surabaya,
- Bewok, 2016, Instalasi Pipa Sistem Terbuka dan Tertutup, diakses tanggal, 28 april 2021, <http://www.artikel-indonesia.com/instalasi-pipa-sistem-terbuka-dan-tertutup/>,.
- Fadillah. S.F, (2019), Belajar Hukum Bernoulli : Rumus, Bunyi, Contoh Soal dan Pembahasannya, diakses tanggal 28 april 2021, <https://www.nesabamedia.com/hukum-bernoulli/>.
- Miguel A.F., (2018). Constructal branching design for fluid flow and heat transfer. International Journal Heat and Mass Transfer Vol.122, pp.204-211.
- Ismail., Pane. Erlanda A., Suyitno. Budi M., Yudhanto. Febrian D, (2019), Analisis Penurunan Tekanan Aliran Udara Pada Pipa Bertekanan, Flywheel: Jurnal Teknik Mesin Untirta Vol. V No. 2, Oktober 2019, hal. 13 – 20
- Guna. H.P.,Darsin, Mahros., Rosyadi. A.A, (2019), Optimasi kekilapan pada pengecatan pelat St37 dengan metode respon permukaan, Jurnal polimesin, Vol. 17, No. 2, Hal. 91-98.
- Tauvana, A.I dan Widodo, (2020), Analisis pemotongan logam ST-37 dengan mesin potong menggunakan gas oxy-LPG, Jurnal TURBO, Vol 9, No 1.
- Wiratama, Caesar. (2019), Dasar-dasar meshing pada Computational Fluid Dynamics (CFD), diakses tanggal 25 Agustus 2021, <https://www.aeroengineering.co.id/2019/04/dasar-dasar-meshing-pada-computational-fluid-dynamics-cfd/>.