ANALISA TEGANGAN PIPA *MITER BEND* AKIBAT MOMEN PUNTIR MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

Damrah Afdhalurrahman[1], Santoso Mulyadi[2], Hari Arbiantara Basuki[2], Andi Sanata[2], Dwi Djumhariyanto[2]

[1] Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Unversitas Jember
[2] Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember – Jl. Kalimantan 37 Jember.
*Email: damrahoppo@gmail.com

ABSTRACT

Pipe stress analysis is a way to ensure that the piping system is safe when subjected to loading. A pipe miter bend is a bend in the piping system made of straight pipe pieces that are connected to form a bend. Pipe stress analysis is usually carried out using the finite element method approach using software that is commonly used like ANSYS. This study used ANSYS to analyze stress due to torsion moment with miter angle variation parameters of 11.25°, 15°, and 22.5° on pipe miter bend material SA105 with Thickness Schedule 140. The effect of the miter angle on torsional stress is the greater the miter angle that is formed, the greater torsional stress due to the torsion moment that occurs. The optimal design for the miter bend with the lowest stress is found in miter angle 11.25° variation with a stress of 111.23 Psi.

Keywords: Torsional Stress, Miter Bend, Finite Element Method.

PENDAHULUAN

Sistem perpipaan merupakan salah satu komponen terpenting dalam dunia industri. Sistem perpipaan menjadi media pengaliran dan transportasi untuk mengalirkan sebuah muatan fluida baik cair maupun gas tentunya sistem perpipaan harus dirancang sedemikian rupa sesuai kebutuhan dan keperluan serta keselamatan pada dunia industri [1].

Sistem perpipaan umumnya digunakan secara terus menerus dengan faktor operasi dan kondisi yang tidak jarang masuk kedalam kategori ekstrim oleh karena itu, diperlukan analisa mendalam terhadap sistem perpipaan akibat tegangan yang ditimbulkan oleh beban-beban yang ada guna memastikan jalur perpipaan aman [2].

Analisis tegangan pipa adalah untuk menjamin bahwa saluran pipa ini telah sesuai dengan aturan yang berlaku yaitu dibawah tegangan ijin. Tegangan pipa yang berada dibawah tegangan ijin maka sistem perpipaan dapat bekerja dengan normal dan aman [3]. Salah satu jenis pipa yang paling sering digunakan adalah pipa *carbon steel* yang memiliki ketahanan dan kekuatan yang baik. Namun disamping kekuatan pipa *carbon steel* yang baik, tingkat kekerasan pipa jenis ini juga tinggi sehingga cenderung tidak lentur yang mana akan menimbulkan getaran yang cukup kuat dalam pengaplikasiannya [4].

Tegangan yang terjadi pada material atau komponen struktur tentu akan berbahaya jika diabaikan atau tidak dilakukan analisis mengenai kemampuan material atau komponen struktur tersebut untuk dapat berfungsi secara normal [5]. Kebutuhan akan sistem perpipaan yang efisien maka semakin banyak pula jenis-jenis *fitting* atau instalasi pipa yang berfungsi untuk merubah arah aliran, menyebarkan aliran, membesarkan serta mengecilkan aliran fluida [1].

Miter bend merupakan belokan pada sistem perpipaan yang terbuat dari potongan pipa lurus yang disambung sehingga membentuk suatu belokan [1]. *Miter bend* merupakan belokan pada sistem perpipaan yang terbuat dari potongan-potongan pelat dengan mitering (potongan bersudut) yang disambung sehingga membentuk belokan. *Miter bend* berfungsi untuk membelokkan arah aliran disuatu sistem perpipaan [6].

Jika dua buah potong pipa lurus yang disambung dengan las dimana perubahan arah sudut miter yang terbentuk lebih kecil dari 3°, maka metode desain pipa ini dianggap sama dengan mendesain pipa lurus. Perubahan arah yang kecil ini tidak menyebabkan kenaikan tegangan yang berarti. Lain halnya jika perubahan arah dua potong pipa lurus itu lebih besar dari sudut miter 3°, maka sambungan itu sudah dikategorikan sebagai miter bend. Tentunya jenis fitting ini haruslah dirancang sedemikian rupa guna menciptakan sistem aliran yang efisien dan memprioritaskan keselamatan dalam sistem penggunaannya [1]. Analisis tegangan penting dalam mengetahui tegangan, dan kelelahan (*fatigue*) yang dialami komponen untuk menentukan titik tegangan tertinggi yang biasa dikenal sebagai titik kritis yang mengawali kegagalan. Titik kritis ini adalah salah satu faktor yang dapat menyebabkan *fatigue failure* [7].

Dari latar belakang ini, penting untuk menganalisis miter bend untuk memastikan bahwa pipa aman menggunakan metode analisis elemen hingga (*FEA*). Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh sudut miter terhadap tegangan akibat moment torsi dan desain yang optimal berdasarkan tegangan terendah yang terjadi pada *miter bend*.

.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah metode komputasional, yaitu suatu metode pengamatan eksperimen secara langsung menggunakan komputer. Dalam metode ini digunakan dalam menguji nilai tegangan yang dihasilkan dari perbedaan variasi ketebalan pipa dan *miter angle*. Besar nilai tegangan yang dihasilkan akan dibandingkan dengan besar nilai tegangan *allowable stress material*. Material yang digunakan adalah baja karbon SA105. Peralatan, bahan, Prosedur penelitian dan Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

a. Peralatan
   1) Laptop atau Komputer
   2) *Software Solidworks 2021*
   3) *Software ANSYS Student 2021*

b. Bahan
   Material yang digunakan adalah baja karbon SA105, SA105 adalah material baja karbon yang paling umum digunakan yang digunakan untuk memproduksi komponen perpipaan tempa seperti *flens* dan *fitting*. Kelas bahan baja karbon ini digunakan untuk layanan suhu sekitar dan suhu yang lebih tinggi dalam sistem tekanan [8].

c. Prosedur Penelitian
   1) Studi pustaka dengan mengumpulkan teori dan refensi pendukung.
   2) Melakukan perancangan model sistem perpipaan menggunakan *software Solidwork 2021*.
   3) Melakukan simulasi perpipaan menggunakan *software ANSYS 2022*.
   4) Melakukan perhitungan simulasi dan manual kemudian menganalisa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Spesifikasi Kondisi Pipa

Untuk data kondisi miter bend pada penelitian ini dapat dilihat sebagai berikut:

1) *Material*: Baja Karbon SA105
2) *Nominal Pipe Size*: 10 Inch
3) *Outside Diameter* (OD): 10,750 Inch
4) *Inside Diameter* (ID): 9.750 Inch
5) *Pipe Radius*: 19,68 Inch (500 mm)
6) *Pipe Thickness* (T): Sch 140 (1 inch)
7) *Pipe Length* (L): 30,921 in
8) *Miter Angle*: 22,5º (3 Segmen), 15º (4 Segmen), 11,25º (5 Segmen)

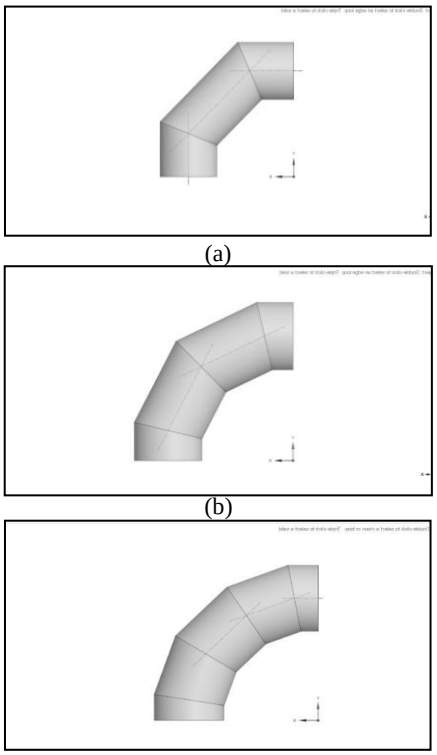
2. Spesifikasi Baja Karbon SA105

Adapun spesifikasi material yang digunakan. seperti berikut:

1) *Tensile Yield Strength*: 36000 Psi.
2) *Tensile Ultimate Strength*: 70000 Psi.
3) *Moudulus Young*: 27.1 x 106 Psi
4) *Poission's Ratio*: 0.3
5) *Density*: 0.284 lb/in^3

3. Perancangan Miter Bend

Perancangaan dari pipa *miter bend* dapat dilihat pada gambar berikut.



(a) (b) (c)

Gambar 1. (a) 3 segmen, (b) 4 segmen, (c) 5 segmen

4. Perhitungan Beban Pipa

Perhitungan pada berat pipa miter bend itu sendiri dapat dapat dikalkulasikan sebagai berikut:

a. Perhitungan luas penampang *miter bend*.

$$Am = \frac{\pi(Do^2 - Di^2)}{4}$$

$$Am = \frac{3{,}14(10{,}750^2 - 9{,}750^2)}{4}$$

$$Am = 16{,}101 \text{ in}^2$$

b. Perhitungan volume pipa *miter bend*.
   V = (Luas Penampang) x (Panjang pipa)
   V = (16,101 in^2) x (30,921 in)
   V = 497,859 in^3

c. Perhitungan massa pipa *miter bend*.
   m = (Volume) x (Massa jenis pipa)
   m = (497,859 in^3) x (0.284 lb/in^3)
   m = 141,3919 lb

d. Perhitungan berat pipa *miter bend.*
   w = (Massa) x (Gravitasi)
   w = (141,3919 lb) x (32.17 ft/s^2)
   w = 4546,035 lb.ft/ s^2 = 141,2951 lbf

5. Perhitungan Beban Moment Torsi

Perhitungan momen pipa yang terdapat pada *miter bend* digunakan untuk mengetahui pembebanan pipa sehingga tegangan akibat torsi dapat diketahui dari momen yang diberikan oleh pembebanan tersebut. Perhitungan momen torsi pada pipa dapat dikalkulasikan sebagai berikut:

Mt = (Berat total pipa) x (Panjang Pipa)
Mt = (141,3978) x (30,921)
Mt = 4372,161 lbf.in

Kemudian diketahui bahwa pembeban momen torsi yang terjadi pada pipa *miter bend* sebesar 4372,161 lbf.in

6. Perancangan Diskretisasi (*Meshing*)

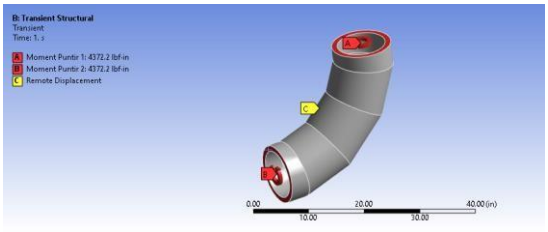
Setelah dilakukannya penginputan produk, kemudian langkah selanjutnya dilakukan meshing pada modelling pipa untuk dilakukannya analisa seperti pada table berikut.

Tabel 1. Perancangan Diskretisasi

No	Kondisi Diskretisasi	Keterangan
1	*Type Mesh*	*Tetrahedral*
2	*Sizing*	0.02 m

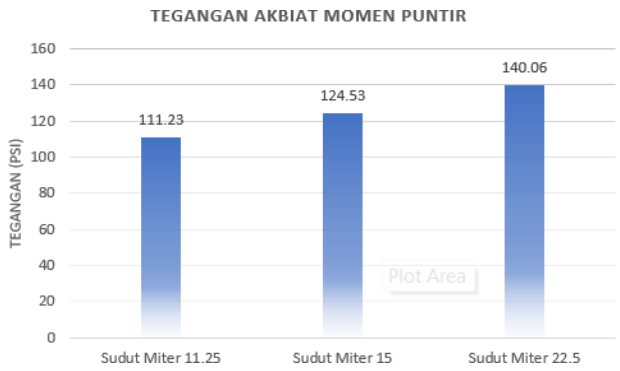
7. Kondisi Pembebanan

Setelah dilakukan meshing dan mendapatkan momen torsi, kemudian dilakukan pembebanan momen puntir seperti pada gambar berikut:



Gambar 2. Kondisi Pembebanan Moment Puntir

8. Pembahasan



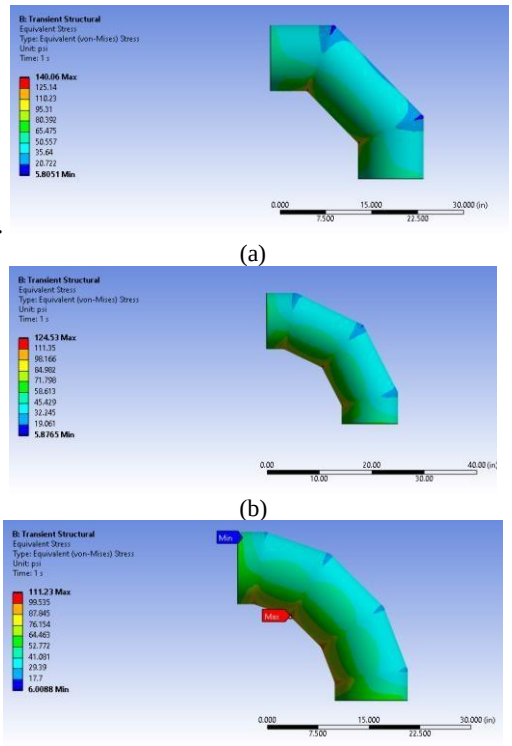
Gambar 3. Grafik Data Tegangan Akibat Moment Puntir

a. Pengaruh Sudut Miter Terhadap Tegangan Akibat Momen Puntir.

Pada pipa *miter bend* memiliki nilai tegangan yang berbeda pada setiap sudut miter dimana pada sudut miter 11.25º memiliki nilai sebesar 11.23 Psi, kemudian mengalami kenaikan pada sudut miter 15º memiliki tegangan sebesar 124.53 Psi, dan mengalami kenaikan lagi pada sudut miter 22.5º tegangan sebesar 140.06 Psi. Berdasarkan data tersebut dapat disimpulkan bahwa pengaruh sudut miter sangat signifikan dan berbanding lurus dimana semakin besar sudut miter maka semakin besar juga tegangan yang terjadi akibat momen puntir, begitu juga sebaliknya semakin kecil sudut miter maka semakin kecil tegangan yang terjadi akibat momen puntir.

b. Desain Optimal Pada Tegangan Akibat Momen Puntir

Berdasarkan grafik dapat dilihat dimana pada sudut miter 11.25º memiliki tegangan paling kecil sebesar 111.23 Psi dan pada sudut miter 22.5º memiliki tegangan terbesar sebesar 140.06 Psi. Jadi bisa disimpulkan bahwa sudut miter dengan variasi 11.25º memiliki desain yang paling optimal dikarenakan memiliki tegangan terendah dibandingkan dengan lainya. Untuk distribusi tegangan yang terjadi akbat momen puntir dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3. (a) 3 segmen, (b) 4 segmen, (c) 5 segmen

KESIMPULAN

Berdasarkan analisis yang telah dipaparkan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan bahwa pengaruh sudut miter sangat signifikan dan berbanding lurus dimana semakin besar sudut miter maka semakin besar juga tegangan yang terjadi akibat momen puntir, begitu juga sebaliknya semakin kecil sudut miter maka semakin kecil tegangan yang terjadi akibat momen puntir. Berdasarkan data analisis juga dapat dilihat dimana pada sudut miter 11.25º memiliki tegangan paling kecil sebesar 111.23 Psi dan pada sudut miter 22.5º memiliki tegangan terbesar sebesar 140.06 Psi. Jadi bisa disimpulkan bahwa sudut miter dengan variasi 11.25º memiliki desain yang paling optimal dikarenakan memiliki tegangan terendah dibandingkan dengan lainya.

Ucapan Terima Kasih

Terimakasih kepada Bapak Ir.Santoso Mulyadi S.T., M.T., dan Bapak Ir.Hari Arbiantara Basuki S.T., M.T. yang sudah membimbing, mengarahkan, dan membantu penulis dalam mengerjakan karya tulis ilmiah ini. Terimakasih juga kepada Bapak Ir.Franciscus Xaverius Kristianta M.Eng.,IPM., dan Bapak Dr. Ir.Andi Sanata S.T., M.T yang telah membantu dalam memberi saran dan masukkan sehingga karya tulis ini menjadi lebih baik serta ucapan terimakasih kepada semua pihak yang sudah turut andil.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Sihombing, A. W., (2017). Analisa Kekuatan Pipa Miter Bend Dengan Variasi Sudut Akibat Beban Momen Bending. Teknik Perkapalan Journal, 774-779

[2] Al-qardhawi, M. Y., (2022). Analisa Tegangan Pada Pipa Main Steamline Output Steam Header Menggunakan Software Bentley Autopipe. Prosiding Seminar Nasional Teknik Mesin, 776-784.

[3] Fahrudin, H. T., Yudo, H., & Amiruddin, W. (2020). Analisa Tegangan Pada Saluran Pipa Transmisi Gas Bawah Tanah PT. Citra Panji Manunggal Dengan Menggunakan Software Berbasis Elemen. Teknik Perkapalan Journal, 8(3), 282-289.

[4] Wicaksono, F., & Subekti, S., (2021). Analisis Pengaruh Penyumbatan Aliran Fluida pada Pipa dengan Metode Fast Fourier Transform. Dinamika Vokasional Teknik Mesin Journal, 6(1), 77-83.

[5] Permana, A. Prediksi Nilai Faktor Intensitas Tegangan dan Perambatan Retak. Paradigma Journal: Journal of Multidisipliner Mahasiswa Pascasarjana Indonesia, 1(2).

[6] Widi, A. P., Projek, P. S., & Nopem, A. (2018, December). Analisa Pengaruh Variasi Radius Miter Bend Terhadap Nilai Laju Erosi Aliran Dua Fase (Udara-Partikel Fly Ash). In Proceedings of National Conference on Piping Engineering and Its Application (Vol. 3, No. 1, pp. 319-324).

[7] Budiman, F. A., Septiyanto, A., Sudiyono, S., Musyono, A. D. N. I., & Setiadi, R. (2021). Analisis Tegangan von Mises dan Safety Factor pada Chassis Kendaraan Listrik Tipe In-Wheel. *Jurnal Rekayasa Mesin*, *16*(1), 100-108.

[8] Double Eagle Alloys. ASME SA-105 https://doubleeaglealloys.com/products/header-plugs-gaskets/asme-sa-105sa-350-grade-lf2-steel/ [diakses pada 30 Juni 2023].