

ANALISIS KEKUATAN KONSTRUKSI MEKANISME PENCEKAM MESIN BENDING PIPA SEMI OTOMATIS MELALUI SIMULASI STATIS SOLIDWORKS DAN PEHITUNGAN TEORITIS

Puthut Srihardana¹, Fransiska Ayu Nathania², Tean Riztando³, V. Alexander Aditya S.⁴, Cornelius Hendriarto⁵, Fransiska Karlentina H.⁶

^{1,2,3,4,5,6} Program Studi Teknik Perancangan Mekanik dan Mesin, Politeknik ATMI Surakarta

Jl. Mojo No. 1 Karangasem, Laweyan, Surakarta 57145

*Email: puthut.20203021@atmi.ac.id

Abstrak

Mesin bending pipa semi otomatis ini merupakan perangkat penting dalam industri manufaktur, khususnya dalam pembentukan dan penggulangan pipa secara presisi. Mesin bending pipa semi-otomatis menggunakan metode rotary bend draw dengan alat bantu dies untuk membuat tekukan pada pipa. Mekanisme pencekam berperan dalam mengamankan dan memegang pipa selama proses bending untuk mencegah pergeseran atau deformasi yang tidak diinginkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis kekuatan konstruksi mekanisme pencekam untuk memastikan bahwa desainnya mampu menahan beban dan tekanan yang dihasilkan selama proses bending pipa. Simulasi statis dengan menggunakan perangkat lunak SolidWorks digunakan untuk mensimulasikan berbagai kondisi beban yang mungkin terjadi selama proses operasional. Proses analisis dimulai dengan membuat model 3D komponen mekanisme pencekam. Pada tahap simulasi, beban statis yang dianggap merepresentasikan kondisi beban pada mekanisme pencekam diterapkan pada model 3D. Analisis dilakukan pada titik-titik kritis untuk mengidentifikasi potensi kegagalan seperti tegangan maksimum, defleksi, dan faktor keamanan. Hasil analisis menunjukkan bahwa mekanisme pencekam mesin bending pipa semi otomatis ini ..

Kata kunci: *Mesin Bending, Mekanisme Pencekam, Deformasi, Pipa, Beban Statis.*

1. PENDAHULUAN

Mesin bending pipa semi otomatis ini merupakan perangkat penting dalam industri manufaktur, khususnya dalam pembentukan dan penggulangan pipa secara presisi. Mesin bending pipa semi-otomatis menggunakan metode rotary bend draw dengan alat bantu dies untuk membuat tekukan pada pipa. Mekanisme pencekam terdiri dari *fix holder* dan *gripper unit*. Mekanisme pencekam berperan dalam mengamankan dan memegang pipa selama proses bending untuk mencegah pergeseran atau deformasi yang tidak diinginkan.

Kekuatan konstruksi mekanisme pencekam perlu diketahui untuk memastikan bahwa desainnya mampu menahan beban dan tekanan yang dihasilkan selama proses bending pipa. Simulasi statis dengan menggunakan perangkat lunak *SolidWorks* digunakan untuk mensimulasikan berbagai kondisi beban yang mungkin terjadi selama proses operasional. Proses analisis dimulai dengan membuat model 3D komponen mekanisme pencekam. Pada tahap simulasi, beban statis yang dianggap merepresentasikan kondisi beban pada mekanisme pencekam diterapkan pada model 3D. Analisis dilakukan pada titik-titik kritis untuk mengidentifikasi potensi kegagalan seperti tegangan maksimum, defleksi, dan faktor keamanan. Pada perhitungan teoritis digunakan untuk memastikan kekuatan pencekaman pada mesin.

1.1 Tujuan Penelitian

1. Menganalisis kekuatan pencekaman terhadap gaya *statis* dan melalui perhitungan teoritis.

2. Membuktikan hasil analisis rancangan pengecaman tidak melebihi *yield strength*.
3. Membuktikan bahwa desain mekanisme pengecaman aman untuk digunakan.

2. METODOLOGI

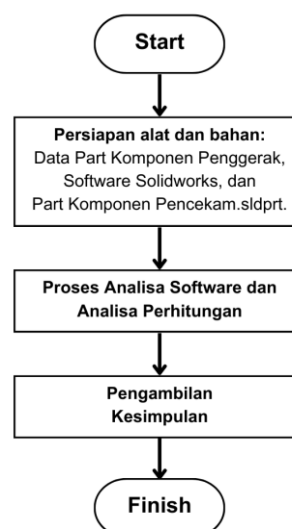
Proses penelitian ini memerlukan beberapa bahan dan peralatan sebagai perlengkapan dalam proses perancangan serta beberapa metode pengumpulan data dan perumusan masalah.

2.1. Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode analisis perhitungan teoritis dan analisis menggunakan software simulasi, yaitu menggunakan software SOLIDWORKS Simulation dengan mengidentifikasi titik kritis dan besarnya stress ketika diberikan pembebanan statis. Lalu dari hasil identifikasi atau analisis perhitungan dan software tersebut dilakukan proses pengambilan kesimpulan dengan melihat apakah bentuk dan material yang digunakan aman diaplikasikan untuk menopang komponen penggerak pada mesin bending pipa semi-otomatis.

2.2. Proses Penelitian

Metode pengerjaan dilakukan dengan beberapa tahapan yang ditunjukkan pada *flowchart* di gambar 1.



Gambar 1. *Flowchart* Proses Penelitian

2.2.1. Persiapan Alat dan Bahan

1. Laptop/PC

Proses perancangan yang dilakukan membutuhkan *laptop/PC* dengan jenis *processor Inter(R) Core(TM) i5-9300H CPU @2.40GHz (8 CPUs)* dan memori minimal RAM size 8 GB. Laptop ini digunakan untuk operasi analisis dan pembukaan file seperti yang tertera pada **gambar 1**.

2. Software

Proses analisa menggunakan *software SOLIDWORKS* versi 2020 yang dalam paket penginstalannya lengkap atau terdapat *sub-software solidworks simulation*.

2.2.2. Persiapan Data

Persiapan data dilakukan dengan wawancara dan/atau konsultasi dengan *customer* dan pembimbing tugas akhir serta diskusi dengan anggota kelompok tugas akhir, sehingga didapatkan berbagai data yang dapat digunakan dalam penyusunan *input* pada *software*.

Selain melalui wawancara dan/atau konsultasi serta diskusi, data penelitian didapatkan dari jurnal penelitian sebelumnya dan data pendukung lainnya.

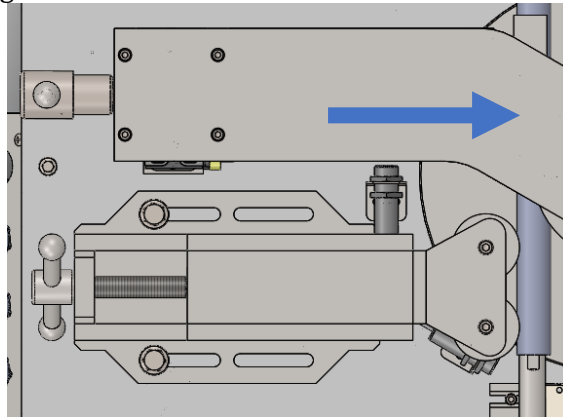
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Komponen yang akan dianalisis menggunakan perhitungan teoritis meliputi perhitungan pengecaman pada *fix holder* dan *gripper*. Sementara itu, untuk menganalisis kekuatan *clamping block* pada *gripper*, digunakan *software Solidworks Simulation* dengan menggunakan material St.37.

Hasil dari analisis ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan dan daerah kritis yang menentukan kualitas sambungan maupun konstruksi penggerak tersebut aman dan dapat digunakan dengan keandalan yang baik.

3.1. Perhitungan Kekuatan Pengecaman *Gripper*

Diketahuinya gaya tangensial yang terjadi makan gaya pengecaman dapat dicari. Gaya pengecam ini bekerja untuk menahan pipa supaya dapat menekuk mengikuti dies. Pada saat proses bending, pipa tidak boleh bergeser dari tempatnya, maka gaya geseknya harus sama dengan gaya tangensial yang diberikan.



Gambar 3.1 *Gripper*

Diketahui :

$$\text{Gaya tangensial (Ft)} = 2255,338 \quad \text{N}$$

$$\text{Koefisien gesek statis } (\mu_s) = 0,15$$

Perhitungan Gaya pada *Gripper*

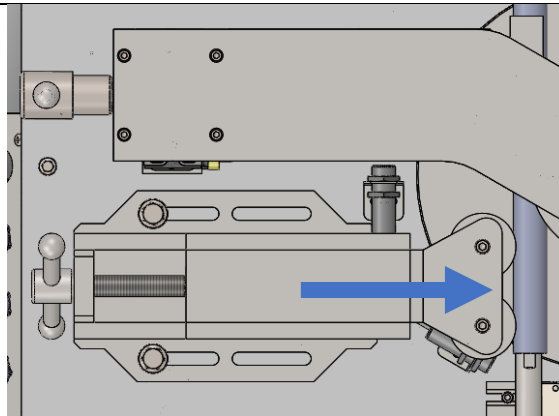
$$F_t = f = \mu_s \times N_1$$

$$2255,338 = 0,15 \times N_1$$

$$N_1 = 15035,586 \quad \text{N}$$

3.2. Perhitungan Kekuatan Pengecaman *Fix Holder*

Fix Holder berfungsi untuk menahan pipa agar tidak bergeser saat proses bending. *Fix holder* tidak ikut berputar saat proses bending berlangsung.



Gambar Error! No text of specified style in document..1 Fix Holder

Diketahui :

Torsi = 216512,526 Nmm
 Jarak (r) = 85 mm

Perhitungan Gaya pada Fix Holder

$$T = N_2 \times r$$

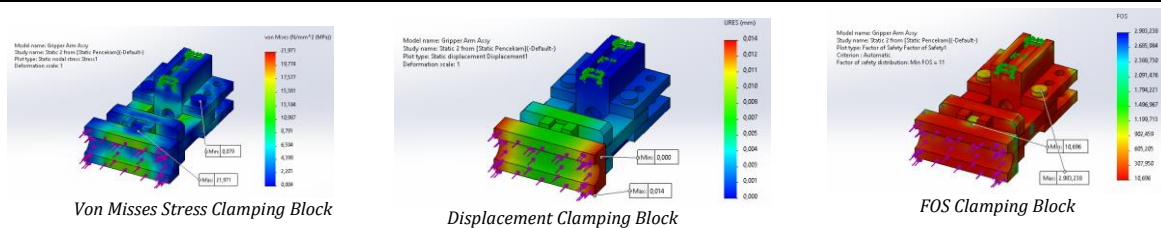
$$216512,526 = N_2 \times 85$$

$$N_2 = 216512,526 / 85$$

$$= 2547,206 \text{ N}$$

3.3. Hasil Analisis Software

Clamping block adalah bagian dalam gripper unit yang berfungsi untuk mengamankan dan memegang pipa secara stabil selama proses bending. Tanpa mekanisme pencekaman yang tepat, pipa dapat bergeser atau bergulung saat dikenakan tekanan, menyebabkan hasil yang tidak akurat dan cacat pada pipa yang dibentuk. Clamping block menggunakan material St.37 dan telah dilakukan analisis dengan diberi pembebanan tegak lurus terhadap sisi muka sebesar 2.700 N. Pada Tabel 1 akan dipaparkan hasil dari analisis yang sudah dilakukan.



Tabel 1. Hasil Analisis Clamping Block menggunakan SOLIDWORKS Simulation

Stress dan Yield Strength

Tabel 2. Perbandingan Hasil Analisis Stress dengan Yield Strength.

Nama Part	Stress (N/mm ²)	Yield Strength (N/mm ²)
Clamping Block	21,971	235

Dari Tabel 2 diatas disimpulkan bahwa Clamping Block yang menjadi perhatian adalah hasilnya jauh dari yield strength sehingga aman.

KESIMPULAN

Setelah melakukan analisis menggunakan perhitungan teoritis dan bantuan *Software SOLIDWORKS Simulation* maka dapat disimpulkan bahwa konstruksi mekanisme pencekam mulai dari *fix holder* dan *gripper unit* memiliki hasil analisis sebagai berikut : gaya pada *gripper* sebesar 15035,586 N, gaya pada *fix holder* sebesar 2547,206 N, dan dari hasil simulasi tersebut, nilai yang didapatkan pada *clamping block* tidak melebihi nilai yang diizinkan sehingga aman dan dapat digunakan.

DAFTAR PUSTAKA

- Zhu, X., & Sutherland, J. W. (2015). Effects of clamping force on pipe bending quality in rotary draw bending process. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 80(9-12), 1741-1749.
- Wibowo, A., Koç, M., & Wärmefjord, K. (2017). Finite element analysis of clamping force effects on pipe bending process. *Procedia CIRP*, 66, 10-15.
- Hwang, Y. H., Lee, J. W., & Park, H. S. (2019). Experimental investigation on the effects of clamping force on the bending deformation of a large diameter pipe in the rotary draw bending process. *International Journal of Mechanical Sciences*, 158, 308-318.
- Reddy, M. M., & Raju, R. K. (2019). Effect of clamping force on spring back in bending of pipes. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 520(1), 012092.
- Çelik, N., & Günay, M. E. (2020). Experimental and numerical analysis of the effect of clamping force on bending deformation in pipe bending process. *Materials Testing*, 62(3), 253-257.
- Esmailpour, R., Fataei, S., & Mahdavian, M. (2021). Investigation of clamping force effects on wrinkling during bending of thin-walled pipes. *International Journal of Mechanical Sciences*, 201, 106218.
- Ngaile, G., Yarrapareddy, E., & Macchiavello, P. (2021). Experimental and numerical investigation of clamping force effect on thin-walled tube bending. *Journal of Materials Processing Technology*, 292, 117066.
- Singh, N., Kumar, A., & Singh, S. (2021). Parametric optimization and experimental validation of clamping force during rotary draw bending of mild steel pipe. *Materials Today: Proceedings*, 48(6), 5443-5448.
- Yu, C., & Xie, H. (2022). Numerical simulation of clamping force influence on thin-walled tube bending with a modified constitutive model. *Journal of Materials Research and Technology*, 15, 2061-2072.
- Han, L., Li, H., Xu, L., & Cui, Z. (2022). Study on clamping force control strategy for tube bending process based on support vector machine. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 119(1-4), 441-454.