

PERANCANGAN *JIG AND FIXTURE* PENGELASAN UNTUK MENCEGAH DISTORSI PADA SAAT PENGELASAN RANGKA DEPAN MAUNG 4X4

Albert Ishac Einstein Simanjuntak¹, Nazaruddin Sinaga²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Soedarto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*Email : albertishacs@gmail.com

Abstrak

Kebutuhan akan proses pengelasan dan perakitan yang efisien merupakan salah satu faktor utama yang dibutuhkan sebuah industri manufaktur rangka kendaraan. Dalam proses perakitan sering terjadi kecacatan fisik berupa distorsi dimana terjadinya perubahan dimensi pada rangka sewaktu pengelasan, maka dari itu dibutuhkan rancangan alat bantu berupa *jig dan fixture* untuk sebagai penahan rangka selama proses perakitan berlangsung. Rancangan *jig dan fixture* dibuat menggunakan *software* CAD dan diuji menggunakan metode elemen hingga kemudian dilanjutkan dengan melakukan evaluasi untuk mengetahui nilai *safety factor* dan melakukan simulasi untuk mendapatkan umur kelelahan (*Life Cycle Fatigue*) dari plat penahan v block. Hasil penelitian ini didapatkan berdasarkan distribusi gaya yang berpengaruh pada plat penahan. Nilai tegangan (*von mises*) pada jenis material plat baja AISI 1030 adalah 1364MPa. Nilai *displacement* pada jenis material plat Baja AISI 1035 adalah 8.68 mm,. Sedangkan nilai *safety factor* pada jenis material plat Baja AISI 1035 adalah 2,07. Sehingga material plat Baja AISI 1035 dapat dikatakan aman untuk digunakan sebagai *fixture* penahan pada rancangan ini karena nilai *safety factor* nya ≥ 1 .

Kata Kunci: *displacement; jig and fixture, safety factor; tegangan von mises*

Abstract

The need for efficient welding and assembly processes is one of the main factors required by the vehicle frame manufacturing industry. In the assembly process physical defects often occur in the form of distortion where the dimensions of the frame change during the welding process, therefore it is necessary to design aids in the form of jigs and fixtures to support the frame during the assembly process. The design of jigs and fixtures was made using CAD software and tested using the finite element method then followed by evaluation to determine the value of the factor of safety and a simulation was carried out to obtain a fatigue life (Life Cycle Fatigue) equal to v of the block retaining plate. The results of this study were obtained based on the distribution of forces affecting the retaining plate. The value of the stress (von mises) on the AISI 1030 type steel plate material is 1364MPa. The displacement value of the AISI 1035 Steel plate material type is 8.68 mm. While the value of the safety factor in the AISI 1035 type steel plate material is 2.07. So that the AISI 1035 Steel Plate material can be said to be safe to use as a retaining fixture in this design because the safety factor value is ≥ 1 .

Keywords: *displacement; jig and fixture; safety factor; von mises stress*

1. Pendahuluan

Saat ini, pengelasan adalah salah satu metode yang paling banyak digunakan dalam perakitan Logam. Kecepatan tinggi dan kekuatan yang dapat diterima adalah beberapa keuntungan dari metode ini. Mirip dengan metode perakitan lainnya, pengelasan memiliki beberapa kelemahan yang harus diperhatikan. Salah satu cacat pengelasan yang paling penting adalah deformasi pengelasan. Proses pengelasan menyebabkan distorsi dan defleksi pada struktur yang dilas. Distorsi ini tidak hanya dapat menyebabkan masalah dimensi tetapi juga menciptakan banyak masalah selama proses perakitan [1].

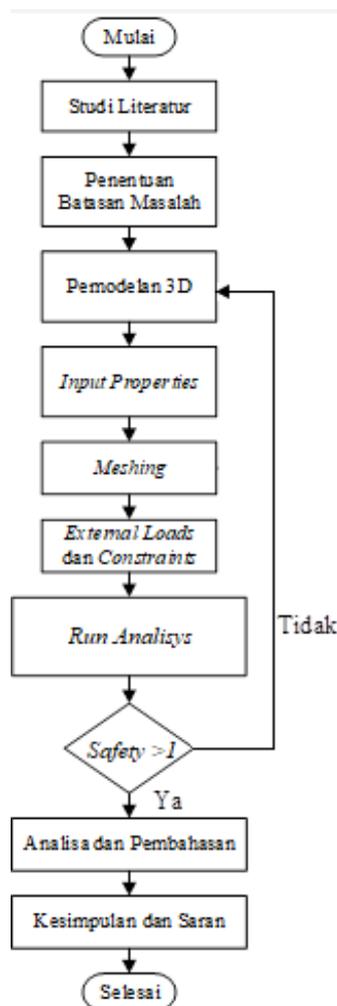
Salah satu cara untuk meningkatkan kualitas operasi pengelasan adalah dengan meningkatkan memperbaiki perangkat yang memegang benda kerja. Penambahan adaptasi pemosisian meningkatkan derajat kebebasan unit, memungkinkan rentang kemungkinan yang lebih besar gerakan. Dengan rancangan penahan yang sesuai, sistem pengelasan dapat bekerja lebih kompleks, sehingga dapat meningkatkan kecepatan produksi [2].

Meskipun banyak kemajuan dan metode produksi, persyaratan dasar memegang benda kerja tetap konstan. Setiap bagian yang diproduksi harus dipegang saat sedang dikerjakan, disambung, diperiksa maupun ada sejumlah operasi lain yang dilakukan di atasnya. benda kerja harus ditempatkan secara akurat dan dipegang dengan aman selama operasi [3].

Penggunaan alat bantu yang kurang tepat membuat proses pengelasan menjadi terhambat karena operator merasakan kesulitan dalam menggunakan alat bantu tersebut. Selain itu, operator merasa kesulitan dalam memosisikan dua buah komponen yang akan dilas agar produk yang dihasilkan tetap presisi dan sesuai. Welding fixture yang digunakan saat ini memerlukan empat orang operator memegang alat bantu selama proses pemasangan berlangsung. Hal ini yang mengakibatkan waktu produksi bertambah. Alat penahan yang digunakan berupa standard fixture yang terdiri dari pelat yang dilir sehingga penahan kurang efektif untuk mengurangi hal tersebut adalah dengan melakukan perancangan dan pemilihan alat bantu kembali agar produk yang dihasilkan lebih baik dan produktivitas meningkat. Penelitian ini akan membahas mengenai perancangan welding fixture proses pengelasan produk Front Frame untuk kendaraan rantis Maung 4x4 dengan tujuan untuk mengurangi waktu set-up, kemudahan pengerjaan dan meningkatkan kecepatan proses produksi\

2. Metodologi Penelitian

Proses Perancangan alat dilakukan dengan memperhitungkan rancangan rangka depan yang ingin ditahan oleh Jig dan Fixture yang digunakan pemilihan material penahan dan alat pengecam adalah faktor utama yang harus dipertimbangkan dalam pembuatan rancangan. Pada analisis ini dibuat diagram alir penyelesaian masalah yang menggambarkan bagaimana pemecahan masalah dari awal sampai akhir berdasarkan hasil dari analisis keseluruhan penelitian. Berikut merupakan diagram alir penyelesaian masalah pada Gambar 1



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Langkah awal proses pemecahan masalah adalah studi literatur, yaitu dengan mempelajari rangka yang akan dipasangkan jig & fixture melalui referensi yang tepat dan relevan seperti mempelajari terkait *Design of Fixture for Welding Assembly* [4]. untuk diterapkan pada rancangan cekam yang akan dibuat, dari mempelajari bagaimana proses pembuatan jig dan fixture hingga bagaimana cara menggunakan jig dan fixture yang baik dan benar. Pada proses perancangan peroduk, peneliti mengacu pada buku *Welding Fixture with Active Position Adapting Funciton* [5] dengan tahapan yang dimulai dari identifikasi masalah hingga pengujian dan evaluasi produk. Identifikasi masalah merupakan tahapan dimana semua hal yang berkaitan dengan perancangan jig dan fixture dikumpulkan lalu dikaji, meliputi alasan mengapa produk tersebut dibuat dan bagaimana target pasarnya, serta apa saja spesifikasi teknis yang harus dipenuhi

produk meliputi batasan serta kriteria. Perancangan alat merupakan tahapan dimana jig dan fixture mulai dirancang berdasarkan spesifikasi teknis yang telah dikaji pada tahapan sebelumnya. Pengujian alat dilakukan untuk mengetahui tingkat *safety factor* rancangan yang dibuat. Pengujian alat dilakukan melalui software *Solidworks 2018* melalui stress analysis. Evaluasi berguna untuk mengetahui kekurangan yang ada pada produk, dan kemampuan produk menahan beban berdasarkan material yang dibuat sehingga dari evaluasi produk dapat diperbaiki serta dikembangkan menjadi lebih baik lagi. Evaluasi dilakukan dengan membandingkan hasil simulasi dengan jurnal-jurnal terkait, untuk memastikan kondisi alat mumpuni untuk diproduksi, komponen yang digunakan disesuaikan dengan ketersediaan dipasar dimana berdasarkan rancangan dapat dibuat alat yang siap untuk diproduksi.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Identifikasi Kebutuhan Alat

Tingginya permintaan akan kendaraan dengan presisi tinggi menuntut industri kendaraan untuk memaksimalkan efisiensi produksi dari segi waktu, hasil dan tenaga kerja yang dibutuhkan. Dalam industri rangka kendaraan, pengelasan merupakan salah satu metode penyambungan yang paling sering digunakan. Pada dasarnya pengelasan secara manual tanpa alat bantu akan menghasilkan *error/cacat* produk yang tinggi, penggunaan Jig dan Fixture Untuk memaksimalkan kinerja serta mengurangi kebutuhan tenaga kerja merupakan salah satu solusi utama dalam pengelasan karena dalam proses pengelasan dibutuhkan kondisi benda kerja yang tetap dan kaku sehingga sambungan yang dihasilkan akan presisi dan memiliki kualitas yang baik.

3.2. Spesifikasi Teknis

Berdasarkan hasil survei produk *jig & fixture* yang sudah ada dipasaran dan digunakan pada lokasi penelitian, serta melihat mahalanya keperluan produksi dan tenaga kerja dalam prosesnya, diperlukan sebuah alat bantu pengelasan yang memiliki harga cukup terjangkau, selain itu produk juga harus memiliki fitur yang sama atau mendekati fitur produk serupa yang ada dipasaran agar produk yang dikembangkan bisa bersaing di pasaran dengan tingkat keamanan penggunaan yang sesuai sehingga tidak membahayakan pekerja dalam pengoperasiannya

Penentuan spesifikasi komponen dihitung melalui perhitungan clamping force yang dibutuhkan. Untuk menghitung besarnya holding force yang diperlukan untuk menahan benda kerja berupa pipa baja tubular dengan spesifikasi Panjang 350 mm dengan *thickness* 5 mm maka digunakan rumus :

$$F_c \times D_t = F_a \times l$$

Keterangan :

F_c = Clamping Force
 D_t = Tube Diameter
 F_a = Axial Stress
 l = Tube Length

Dengan Menghitung Axial Force yang dimiliki tabung dengan menggunakan rumus :

$$\sigma_L = \frac{F}{A} = \frac{Pd^2}{(d + 2t)^2 - d^2}$$

σ_L – cylinder axial stress in Pa
 P – internal pressure in Pa
 d – cylinder inside diameter in m
 t – wall thickness in m

Berdasarkan material yang dicekam berupa pipa tubular Baja Aisi 1030 dengan dimensi Panjang 374mm dengan ketebalan 5mm didapatkan :

Massa : 3024 g maka W/F = 6887,233 Lbs

Luas Permukaan : 141,371 in²

Maka didapatkan nilai dari axial stress: 30,78483776 lbs Sehingga :

$$F_c \times D_t = F_a \times l$$

$$F_c \times 1.57in = 30,785 lbs \times 29.52$$

$$F_c = 577,215708 Psi$$

Maka dibutuhkan toggle clamp dengan kekuatan *clamping force* minimal sebesar 600psi

Clamp dan dan v block dipasangkan dengan *fixture* menggunakan mur dan baut. Adapun mur dan baut yang digunakan dengan spesifikasi mur dan baut hexagonal M12. Perhitungan mur baut didapatkan berdasarkan rumus dengan menghitung axial force dari *tube*. Adapun rumus mencari diameter Baut yang digunakan adalah:

$$F_c = F_a \times c \times D_b$$

Keterangan :

F_c = Clamping Force

D_b = Bolt Diameter

F_a = Axial Force

C = Coefficient (Steel:0.2)

Berdasarkan Clamping force yang dibutuhkan yaitu sebesar 577,215 Psi, maka didapatkan diameter dari baut yang digunakan:

$$\begin{aligned} F_c &= F_a \times c \times D_b \\ 577,215 \text{ psi} &= 30,78483776 \times 0,2 \times D_b \\ D_b &= 0,470567049 \text{ in} \\ D_b &= 11,95240303 \text{ mm} \end{aligned}$$

Maka didapatkan diameter baut minimal yang dibutuhkan adalah sebesar 12mm atau baut M12 Adapun hasil perhitungan dari rangka depan kendaraan berdasarkan data dimensi yang dimiliki didapatkan data pada tabel 1 sebagai berikut.

| Tube | Length (In) | Length ² | Surface Area (In ²) | Diameter (in) | Mass (lb) | Coefficient | Axial Pressure (lb/in ²) |
|------|-----------------|---------------------|---------------------------------|---------------|---------------|-------------|--------------------------------------|
| 1 | 29,52756 | 871,8767996 | 141,37 | 1,5748032 | 6887,233 | 0,2 | 7,899318899 |
| 2 | 27,559056 | 759,5015676 | 129,87 | 1,5748032 | 6805,662 | 0,2 | 8,960695053 |
| 3 | 27,322835 52 | 746,5373409 | 128,76 | 1,5748032 | 6364,737 9 | 0,2 | 8,525679282 |

| Tube | Axial Force (lbs) | Bolt Dia (in) | Bolt Dia (mm) | Clamp Holding Force |
|------|-------------------|---------------|---------------|---------------------|
| 1 | 30,78483776 | 0,408296592 | 10,37073343 | 577,215708 |
| 2 | 34,9211808 | 0,470567049 | 11,95240303 | 611,120664 |
| 3 | 33,22585869 | 0,447722384 | 11,37214856 | 576,4686483 |

3.3. Alternatif Konsep

Dalam hal ini sebuah konsep produk yang memungkinkan dikembangkan ada dua konsep. Pertama yaitu *jig and fixture* yang dengan desain permanen pada lantai dimana penggunaannya untuk produksi jangka panjang dan fleksibilitas yang rendah, Kelebihan konsep pertama adalah menghemat biaya dan waktu produksi alat yang singkat serta sifatnya kaku dan setelan yang tetap. Konsep yang kedua yaitu *welding table* dengan fitur cekam yang fleksibel dengan menyediakan titik-titik cekam yang dapat dipindahkan sesuai kebutuhan produksi.

3.4. Konsep Terpilih

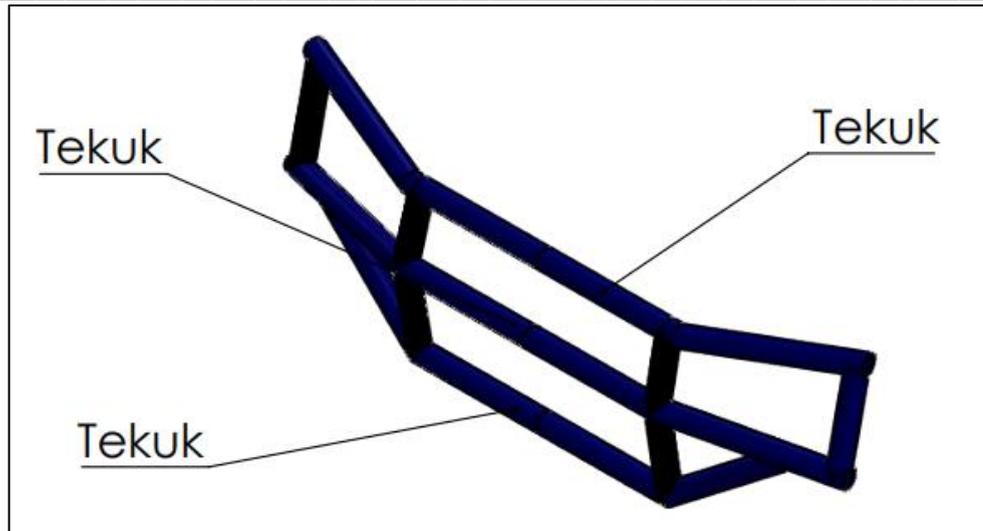
Dalam hal ini sebuah konsep produk dengan desain permanen dimana biaya produksi yang dibutuhkan cenderung lebih rendah dan komponen yang dibutuhkan lebih sedikit. Dalam hal fleksibilitas tidak terlalu dibutuhkan pada rancangan karena desain rangka kendaraan yang digunakan cenderung lebih minim perubahan dan digunakan dalam jangka panjang, Rangka yang dibutuhkan juga tidak memerlukan maintain atau kalibrasi khusus secara rutin.

1. Komponen yang dibutuhkan dalam rancangan :

- Plat Besi
- V-Block
- Toggle Clamp
- Mur dan Baut
- Pelumas
- Alat Bantu Produksi

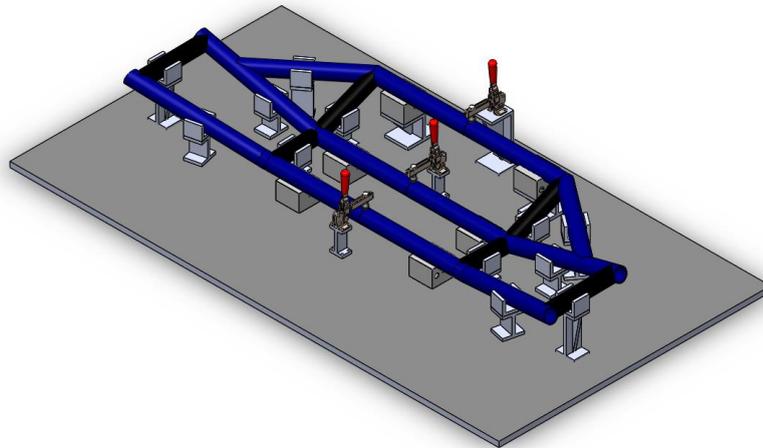
2. Desain Alat

Berdasarkan hasil diskusi mengenai alternatif konsep, berikut adalah desain yang paling cocok untuk menjadi *jig and fixture* tahap pengembangan awal. Gambar 2 gambar desain CAD Rangka yang akan dibuatkan *jig and fixture*.



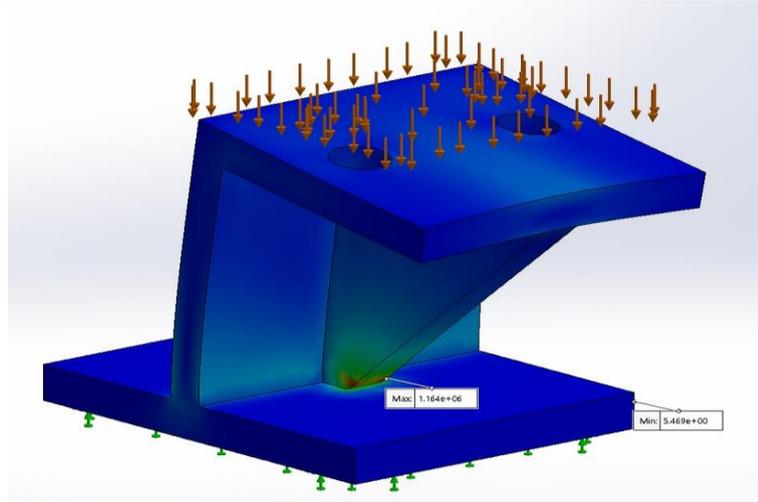
Gambar 2 Desain Rangka

Pewarnaan pada tube dibedakan untuk menampilkan bagian yang dilakukan proses pengelasan. Rangka depan terdiri dari 9 buah baja turbular yang dihubungkan melalui pengelasan. Tingkat kerumitan pengelasan pada desain jig awal menghasilkan penempatan jig yang terlalu kaku dan posisi pengelasan yang terlalu terbatas, maka dari itu perlu pengklasifikasian kembali prosedur urutan pengelasan dengan memisah tahapan pengelasan turbular yang memiliki ruang kebebasan yang lebih tinggi dan pengkhususan bagian rangka yang lebih rumit. Berdasarkan geometri pada desain rangka maka dibuat rancangan jig dan fixture. Gambar 3 menampilkan desain jig dan fixture yang dibuat.



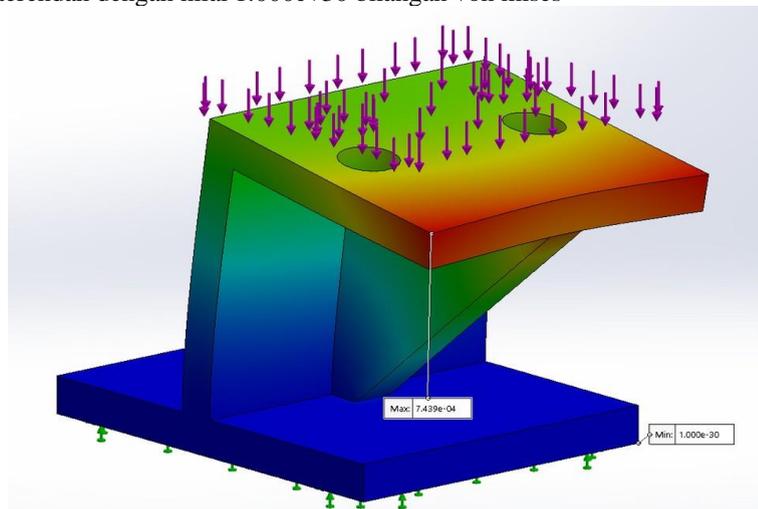
Gambar 3. Desain Jig and fixture

3. *Stress Analysis* komponen Jig dan Fixture
 1. *Stress Analysis* yang menampilkan titik persebaran Stress dengan nilai tertinggi pada tumpuan sebesar $\pm 1.164e+06$ bilangan von mises dan terendah dengan nilai $5.469e+00$ bilangan von mises. Tegangan von mises merupakan Nilai tegangan yang menentukan apakah bahan yang diberikan akan luluh atau patah akibat Tegangan Von Mises. Kriteria untuk luluh menyatakan bahwa bahan akan luluh atau patah di bawah beban yang diberikan ketika tegangan Von Mises bahan melebihi tegangan Von Mises bahan tersebut pada batas elastis di bawah tegangan sederhana.



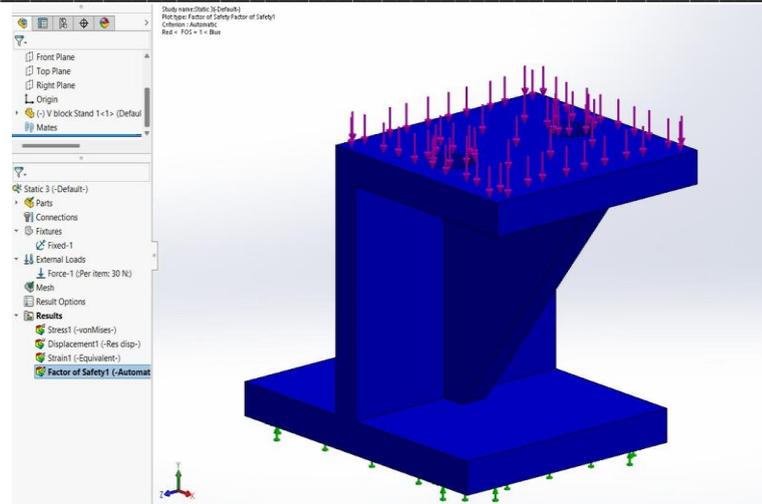
Gambar 4. Strees Analysis

2. Hasil Simulasi menampilkan displacement dengan nilai tertinggi pada tumpuan sebesar $\pm 7.439e+04$ bilangan von mises dan terendah dengan nilai $1.000e+30$ bilangan von mises



Gambar 5. Component Displacement

3. *Factor-of-Safety* dalam desain dan rekayasa mendefinisikan seberapa aman suatu desain atau produk dari spesifikasi yang diperlukan. Dalam bahasa awam, Faktor Keamanan adalah rasio kapasitas aktual dan nilai permintaan. Nilai Faktor Keamanan tergantung pada penggunaan akhir suatu produk. Hasil Simulasi menampilkan safety factor diatas angka 1 dengan indikasi warna biru yang menampilkan bahwa komponen mampu menahan beban yang diberikan



Gambar 6. Safety Factor

3.5. Ketentuan Penggunaan

Untuk mencapai hasil yang maksimal maka standar operasi perlu dibuat sehingga alat dapat digunakan sesuai dengan fungsinya, Berdasarkan ketentuan yang ada dan pengujian dampak waktu pencekaman (Gharip.R,dkk) dapat dibuat standard operasi yaitu :

- Urutan Pengelasan harus sesuai dengan ketentuan gambar, tidak boleh mendahului maupun melewati tahapan pengelasan. Urutan pada gambar ditampilkan pada angka dan warna;
- Ketika melakukan pengelasan, bagian turbular dipastikan sudah dicekam menggunakan *clamp* dengan baik;
- Pengecekan baut secara berkala diperlukan untuk mencegah *clamp* bergerak akibat baut yang longgar;
- Setelah melakukan pengelasan maka perlu mendinginkan benda kerja pada *fixture* hingga mencapai suhu ruangan (*cold release mode*) dimana dapat menurunkan 70% distorsi yang diakibatkan oleh *hot release mode*).

4. Kesimpulan

Pengelasan biasanya melibatkan pemanasan bahan pada sambungan untuk menyatukannya. Panas ini menciptakan ekspansi dan kontraksi. Jika pemanasan dan pendinginan tidak merata, distorsi dapat terjadi. Distorsi ini berasal dari tegangan sisa yang dihasilkan pada proses pengelasan. *Jig and fixture* adalah salah satu metode yang dapat dilakukan untuk mengurangi tingkat distorsi sebelum pengelasan. Perlengkapan ini menahan benda kerja agar tidak bergerak pada saat proses pengelasan terjadi sehingga dimensi dan distorsi dapat dijaga dengan baik.

Berdasarkan data geometri dapat dibuat rancangan jig, komponen penyangga pada jig kemudian disimulasikan untuk menguji kekuatan komponen terhadap pembebanan yang diberikan. Berdasarkan pengujian didapat :

- Hasil Stress Analysis menampilkan titik persbaran Stress dengan nilai tertinggi pada tumpuan sebesar $\pm 1.164e+06$ bilangan von mises dan terendah dengan nilai $5.469e+00$ bilangan von mises
- Hasil Simulasi menampilkan displacement dengan nilai tertinggi pada tumpuan sebesar $\pm 7.439e+04$ bilangan von mises dan terendah dengan nilai $1.000e+30$ bilangan von mises
- Hasil Simulasi menampilkan safety factor diatas angka 1 dengan indikasi warna biru yang menampilkan bahwa komponen mampu menahan beban yang diberikan

5. Daftar Pustaka

- [1]. Gharib A. R. dkk. (2018). *Experimental and numerical investigation of fixture time on distortion of welded part*. London: Springer-Verlag.
- [2]. Madden. Jeffrey dkk. (2007). *Welding Fixture with Active Position Adapting Function*. Wuhan Project Center
- [3]. Hoffman Edward G. 2012 *Jig and fixture Design 5th Edition*. Cengage Learning.
- [4]. Suraj S, dkk. (2016). *Design of Fixture for Welding Assembly of Switch Board*. Volume-2, Issue-2, India: IJARIEE.
- [5]. Madden J, dkk. (2007). *Welding Fixture with Active Position Adapting Funciton*, Wuhan: Wuhan Project Center (WPI).
- [6]. Elahe Ashek. (2017). *Design of welding fixture for sample parts and user manual for Motoman XRC welding robot*. Thesis: HAMK UNIVERSITY
- [7]. UNIVERSAL TECHNICAL INSTITUTE. (2019). GMAW WELDING. Dapat diakses melalui: <https://www.uti.edu/blog/welding/gmaw-mig-welding>
- [8]. Darmawan Tofiq, Priadyatama Ilham & Herdiman Lobes. (2018). *Conceptual design of modular fixture for frame welding and drilling process integration case study: Student chair in UNS industrial engineering integrated practicum*. Surakarta: AIP Conference Proceedings

-
- [9]. Gharib A. R. dkk. (2018). *Experimental and numerical investigation of fixture time on distortion of welded part*. London: Springer-Verlag
- [10]. Vural. M, H.F. Muzafferoglu. & U.C. Tapici. (2007). *The Effect of Welding Fixtures on Welding Distorsions*. Istanbul: International OCSCO World Press
- [11]. The Engineering Post. (2020). *Jigs And Fixtures: Types, Parts, Advantages, Applications*. Dapat diakses melalui: <https://www.theengineerspost.com/jigs-and-fixtures/>
- [12]. Spogel (2014). Mini project on Jigs and Fixtures [Online] <http://files.spogel.com/miniprojectsinnmech/p-0027-Jigs-and-Fixtures.pdf>