

# Optimalisasi Desain Clamp pada Industri Alat Berat untuk Peningkatan Efisiensi Operasional

Faturrohman Al Khozi<sup>a,1,\*</sup>, Fabrobi Fazlur Ridha<sup>b,2</sup>, Dani Mardiyana<sup>b,3</sup>

<sup>a,b,c</sup> Nusa Putra University, Jalan Cibolang Kaler No. 21, Sukabumi 43152, Indonesia

<sup>1</sup> [faturrohman.al\\_tm22@nusaputra.ac.id](mailto:faturrohman.al_tm22@nusaputra.ac.id);

\* Corresponding Author

## ABSTRAK

Optimasi desain clamp ini difokuskan pada pengembangan sistem yang mampu menopang dinding plat dengan dimensi *internal* 1400 mm serta *outer* plat 1540 mm dan 1560 mm. *Clamp* dirancang dengan dua mekanisme utama, yaitu *wedge clamp* dan *screw clamp*, untuk memenuhi kebutuhan penyesuaian ketebalan plat. *Wedge clamp* dipilih karena daya cengkramnya yang tinggi dan kemudahan penggunaan, sehingga efektif menjaga kestabilan plat selama proses kerja. *Screw clamp* berfungsi sebagai mekanisme penyesuaian yang mampu mengatasi variasi ketebalan plat serta menahan ketimpangan celah hingga 10 mm pada dinding plat. Penerapan toleransi yang tepat pada setiap komponen memastikan *clearance* yang cukup, meminimalkan risiko gesekan berlebih, macet, dan ketidaksesuaian posisi selama perakitan. Material yang digunakan, yaitu AISI 4140, AISI 4340, dan ASTM A36, dipilih berdasarkan sifat mekanik dan fungsi masing-masing untuk meningkatkan keandalan dan umur pakai clamp. Dengan demikian, desain clamp ini tidak hanya memenuhi standar operasional dan kebutuhan pendimensian, tetapi juga meningkatkan efisiensi serta kemudahan proses pengelasan sesuai kebutuhan industri.

## KEYWORDS

*Wedge Clamp*  
*Screw Clamp*  
Optimasi Desain  
*Manufacturing Process*  
*Design for Manufacturing*

## 1. Pendahuluan

Dalam proses manufaktur, alat penunjang produksi memegang peran krusial sebagai faktor penentu kualitas produk, karena dapat meningkatkan efisiensi operasional dan memastikan konsistensi dan kepresisian [1]. Seiring perkembangan teknologi dan tuntutan pasar, alat pendukung produksi mengalami dinamika, baik melalui modifikasi desain, integrasi sistem otomatisasi, maupun pemanfaatan teknologi digital yang dimaksudkan untuk mengoptimalkan proses produksi, mengurangi *downtime*, dan mengurangi risiko kesalahan manusia, terutama di industri manufaktur alat berat, di mana proses penting seperti pengelasan membutuhkan keandalan dan akurasi sistem yang tinggi [2].

Pada proses pengelasan di industri alat berat, proses pengelasan sangat diperlukan untuk menjaga kekuatan struktural dan kinerja operasional. Namun, pengelasan yang melibatkan ukuran plat yang berbeda dan dilakukan dalam posisi yang tidak optimal dapat meningkatkan risiko terjadinya permukaan las yang tidak merata [3], [4]. Selain itu, ketidaksejajaran sambungan (*mismatch*) sering terjadi akibat pergeseran material selama proses pengelasan, yang dapat menyebabkan penetrasi tidak sempurna dan cacat, yang memengaruhi kekuatan struktural sambungan las [5]. Oleh karena itu, penggunaan alat bantu pengelasan *fixture* seperti jig dan clamp, dapat meningkatkan efisiensi dan keamanan proses produksi [6], [7].

Dengan demikian, rancangan alat penunjang produksi ini diharapkan mampu memberikan solusi yang adaptif dan fleksibel terhadap tantangan pengelasan pada komponen berdimensi besar. Mekanisme yang dirancang diharapkan tidak hanya mempermudah proses penguncian dan penyesuaian material dengan berbagai bentuk dan ukuran, tetapi juga dapat meningkatkan stabilitas dan presisi material selama proses pengelasan [8]. Selain itu, karena desainnya yang modular, alat ini dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan pembuatan clamp di lini produksi serta dapat mempercepat proses pemasangan, mengurangi kesalahan manusia, dan secara konsisten meningkatkan kualitas hasil las [9].

### 1.1. Rumusan Masalah

1. Bagaimana standar operasional desain alat bantu clamp untuk industri alat berat?
2. Bagaimana merancang clamp yang andal dan mampu menyesuaikan dengan variasi ketebalan plat untuk menjamin kesejajarannya?

3. Mekanisme seperti apa yang diperlukan pada clamp agar mudah digunakan dan memenuhi kebutuhan operasional?

## 1.2. Tujuan

1. Merumuskan kriteria desain alat bantu clamp yang sesuai dengan standar operasional untuk industri alat berat sesuai kebutuhan.
2. Merancang clamp yang presisi dengan kemampuan adaptasi terhadap variasi ketebalan plat untuk memastikan kesejajarannya.
3. Mengembangkan mekanisme clamp yang mudah dioperasikan sesuai kebutuhan proses pengelasan.

## 2. Metode

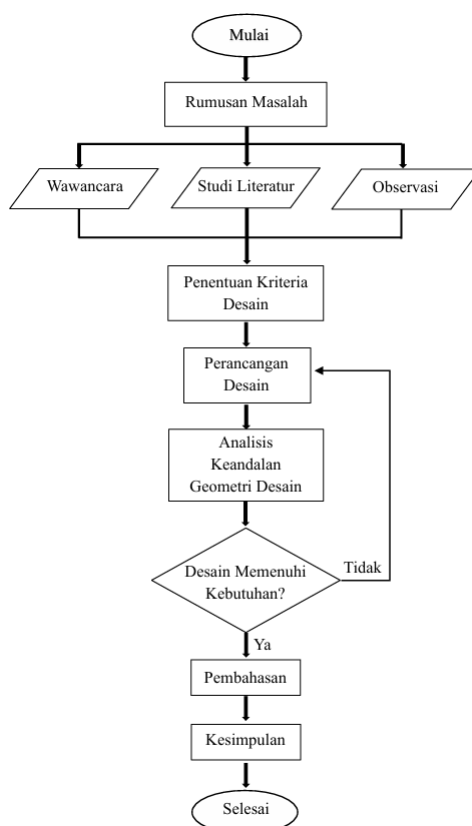


Fig. 1. Flow Chart

Untuk mencapai hasil yang optimal, diagram alir perancangan dengan metode DFM (*Desain for Manufacturing*) melibatkan beberapa tahap yang sistematis (fig. 1), dalam pengaplikasian metode DFM sendiri melibatkan simplifikasi desain berdasarkan referensi, klasifikasi material, dan *manufacturing* proses. Pada proses desain ini dimulai dengan penentuan spesifikasi dan kebutuhan clamp setelah melewati wawancara, studi literatur dan observasi untuk mengetahui *environment* dan dimensi alat yang akan dibuat, serta menentukan kriteria desain (mekanisme) yang sesuai karena adanya perbedaan ketebalan plat pada desain untuk untuk plat yang akan dijepit. Dalam perancangannya, penggunaan clamp harus memenuhi kebutuhan portabilitas tersebut.

### 2.1. Implementasi DFM

*Desain for Manufacturing* (DFM) diimplementasikan untuk menciptakan proses produksi yang efisien, dan berkualitas tinggi dengan mengintegrasikan empat prinsip utama yakni, *constraint* geometri, pemilihan material, dan standarisasi komponen (see fig. 2).

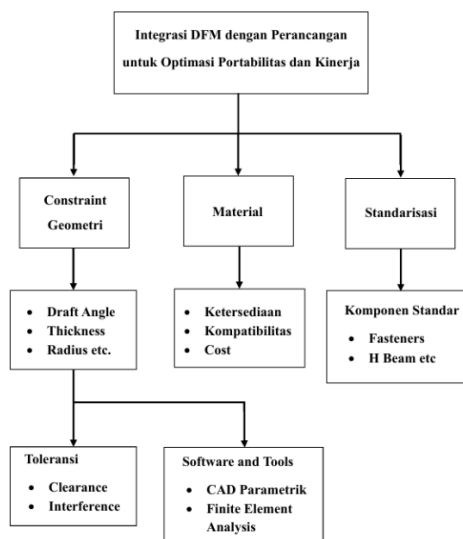


Fig. 2. Parameter Pemodelan Perancangan dalam Implementasi DFM

### 2.1.1. Constraint Geometri

*Constraint* geometri sangat penting dalam desain produk untuk memastikan bahwa bentuk dan dimensi yang dihasilkan memenuhi standar fungsional. *Constraint* seperti *parallel*, *tangent*, dan *coincident* digunakan dalam desain dua dimensi untuk mengatur hubungan antar elemen geometris, yang memudahkan pembuatan sketsa yang presisi. Dalam desain tiga dimensi juga lebih kompleks karena melibatkan ruang tiga dimensi. Keterbatasan seperti konsentrik dan simetri memungkinkan objek terpusat pada satu titik atau simetris terhadap sumbu tertentu. Hal ini sangat bermanfaat selama proses perakitan, di mana bagian harus saling terhubung dan diberi toleransi seperti *clearance* dan *interference* yang tepat untuk mencegah cacat produksi.

### 2.1.2. Material

Pemilihan material sangat penting ketika menggunakan metode desain untuk proses produksi. Ini harus mempertimbangkan ketersediaan, kesesuaian dengan proses produksi, dan efisiensi biaya. Perlu diketahui bahwa plat yang akan dijepit menggunakan material ASTM A36. Oleh karena itu, material *cam* pada *clamp* harus memiliki sifat mekanik yang lebih tinggi daripada ASTM A36 agar struktur *clamp* tidak mengalami deformasi atau kerusakan akibat kekuatan dan kekerasan plat tersebut. Maka, material yang digunakan untuk pembuatan *clamp* terdiri dari AISI 4140, AISI 4340, dan SS400 atau ASTM A36, masing-masing memiliki tujuan spesifik yang sesuai dengan fungsinya dengan material *properties* yang di tunjukan pada tabel 1.

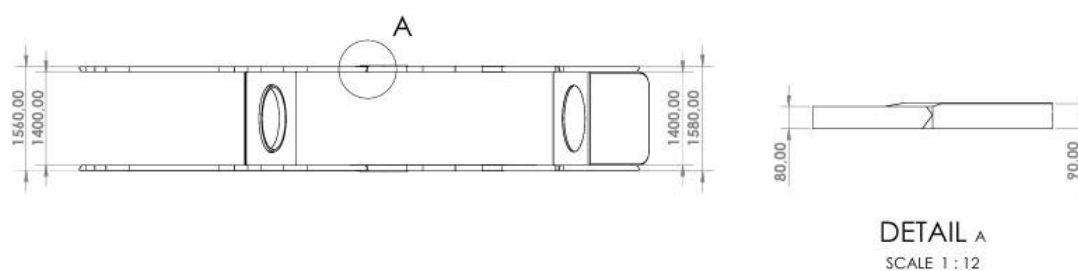
AISI 4140 digunakan untuk *part holder* dan *slide clamp* karena sifat mekaniknya yang kuat dan tahan aus terlebih setelah proses *hadering*. Sementara itu, AISI 4340 diaplikasikan pada *part drive slide clamp* karena memiliki sifat mekanik yang lebih tinggi serta ketangguhan yang baik. Untuk struktur utamanya menggunakan *H-beam*, dengan material SS400 atau ASTM A36 yang lebih ekonomis dengan sifat mekanik yang memadai untuk menopang beban struktural.



## 2.2. Kebutuhan Clamp

Analisis kebutuhan adalah proses identifikasi dan pengumpulan informasi tentang kebutuhan pengguna. Tujuan utama analisis kebutuhan adalah untuk memahami kebutuhan pengguna secara spesifik dan fokus utama pembuatan clamp ini yaitu, mengatasi permasalahan proses pengelasan lewat perancangan clamp yang dapat disesuaikan untuk variasi ketebalan plat dan memberikan kemudahan dalam penggunaan alat bantu clamping.

Untuk pemenuhan kebutuhan tersebut, pada perancangan ini dibutuhkan clamp yang sesuai mulai dari metode gerak dan variabel *size clamp*. Adapun acuan dari perancangan merujuk pada dimensi plat yang ditampilkan pada fig. 4 dengan dimensi utamanya.



**Fig. 4.** *Size Plat* untuk Kebutuhan Perancangan Clamp

### 2.2.1. Dimensi Desain

Dalam perancangan clamp, sistem harus mampu menopang *side wall* plat dengan dimensi internal plat 1400 mm dan outer plat 1540 mm dan 1560 mm. Oleh karena itu, clamp yang digunakan harus dapat menyesuaikan gap 10 mm pada kedua sisi plat (*see Fig. 4*).

### 2.2.2. Mekanisme Grip Clamp

Untuk memenuhi kebutuhan penyesuaian ketebalan plat, clamp dirancang dengan dua mekanisme gerak utama, yaitu wedge clamp dan screw clamp. Wedge clamp memiliki kemampuan cengkaman yang tinggi serta mudah digunakan, sehingga efektif dalam menjaga kestabilan plat. Sementara itu, screw clamp berfungsi sebagai komponen penyesuaian ketebalan plat yang diharapkan mampu memenuhi dan menahan ketimpangan celah 10 mm pada dinding plat. Kombinasi kedua mekanisme ini memungkinkan clamp bekerja secara optimal dalam berbagai kondisi penggunaannya.

### 2.2.3. Keandalan Clamp

Dalam perancangan clamp keandalan kinerja menjadi fokus utamanya, presisi dan akurasi perancangan menjadi faktor kritis untuk memastikan fungsi penjepitan yang optimal. Pertimbangan geometri seperti toleransi dimensi, sudut kontak, dan distribusi gaya harus dirancang secara detail agar clamp dapat menahan benda kerja tanpa deformasi atau slip.

## 2.3 Validasi Dimensi

Dimensi sliding clamp yang dirancang disesuaikan dengan dimensi housing sliding cam 85 x 60 x 125 mm dan tanpa reduksi beban kerja pada sudut tertentu. Maka dimensi dasar dari part drive side clamp dengan penyesuaian ruang dimensi housing adalah.

- Panjang : 85 mm
- Lebar : 60 mm
- Tinggi : 85 mm (referensi diagram cam fig. 3. (b))
- Initial Stroke: < 10 (3 mm)
- Final Stroke : 20 mm
- Vertikal *Movement* : 40 mm (125 mm – 85 mm)

- Horizontal Movement : 17 mm

Maka sudut kemiringan yang diperlukannya:

$$\Delta x = \Delta y \cdot \cot(\theta) \quad [1]$$

$$\cot(\theta) = \frac{17}{40} = 0.425 \quad [2]$$

$$\tan(\theta) = \frac{1}{\cot(\theta)} = \frac{1}{0.425} = 2.353 \quad [3]$$

$$\theta = \arctan(2.353) = 66.97^\circ \approx 67^\circ \quad [4]$$

Jadi, derajat kemiringan cam yang diperlukan adalah  $\theta \approx 67^\circ$ .

- Panjang bidang miring cam

Panjang bidang miring cam (L) harus cukup untuk menampung pergerakan titik kontak selama *slider* bergerak naik 40 mm dan cam bergerak horizontal 17 mm. Panjang ini dihitung menggunakan rumus jarak *Euclidean*, yang di tunjukan pada persamaan 5 dibawah.

$$L = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2} = \sqrt{(17)^2 + (40)^2} = 43.46 \text{ mm} \quad [5]$$

Panjang minimal bidang miring cam adalah 43.46 mm diambil sebagai panjang ideal agar mekanisme bekerja dengan baik.

### 2.3.1. Penetapan Spesifikasi Desain

Spesifikasi dasar desain clamp yang akan di buat untuk memenuhi kebutuhan sesuai dengan referensi fig. 3 dan maksimum processing stroke 20 mm yang mengacu pada teknis untuk komponen mekanisnya.

| Penentuan Spesifikasi Dimensi Desain |            |
|--------------------------------------|------------|
| Vertikal Movement                    | 40 mm      |
| Horizontal Movement                  | 17 mm      |
| Sudut kemiringan ( $\theta$ )        | $67^\circ$ |
| Maksimum Stroke                      | 20 mm      |
| Minimum Stroke                       | 3 mm       |

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Clamp Positioning

Pada posisi clamp yang pertama / untuk plat dengan ketebalan 90 mm ditunjukan pada fig. 5, dimana ukuran internal plat di 1400 mm dan outer plat 1580 mm, sedangkan untuk fig. 6 menunjukan mengenai posisi clamp pada penjepitan plat 80 mm dengan ukuran *internal* penjepitan plat di 1400 mm dan *outer* plat 1560 mm sesuai dengan dimensi kebutuhan perancangan pada fig. 4.

Adapun terkait mekanisme clamp dapat dilihat pada fig. 5 (bagian detail c, dan d) dan fig. 6 (detail f). Dalam detailing gambar tersebut stroke memulai penjepitan di 10 mm untuk menjepit plat 90 mm (terukur dari housing) dan maksimum stroke di 20 mm untuk penjepitan plat dengan dimensi 80 mm. Dengan begitu dapat dipastikan bahwa clamp memenuhi kebutuhan dimensi utama untuk proses penjepitan.

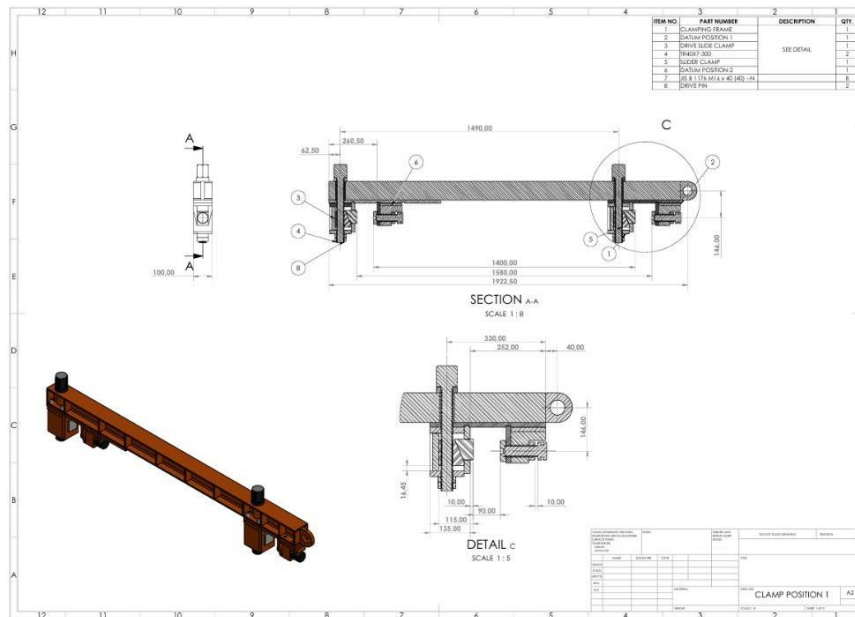


Fig. 5. Dimensi dan Posisi Clamp 1

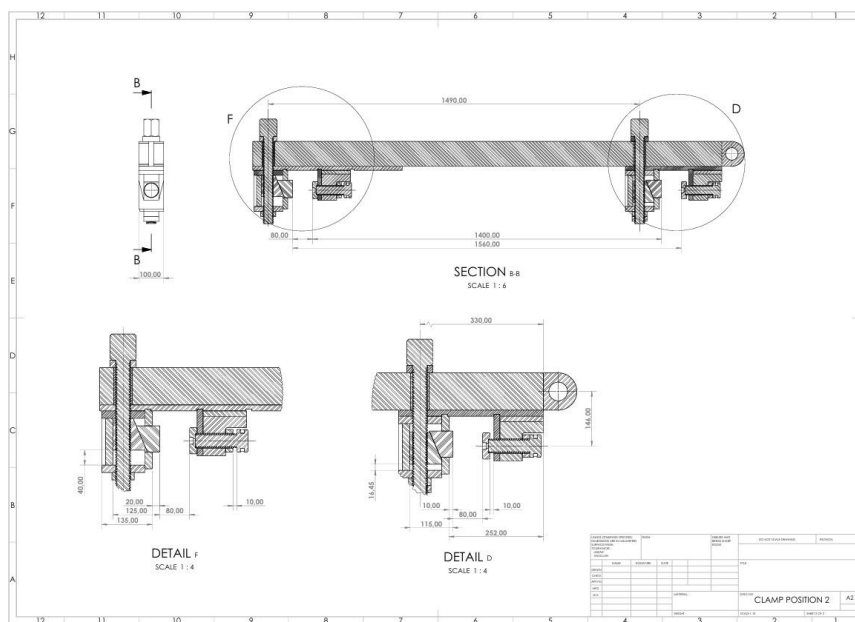


Fig. 6. Dimensi dan Posisi Clamp 2

### 3.2. Detailing Result Clamp

Fig. 7-10 menunjukkan dimensi detail dari setiap *sub-assembly* bersama dengan toleransi yang diterapkan pada masing-masing komponen. Untuk memastikan *clearance* yang cukup untuk setiap komponen agar bergerak dengan lancar selama proses perakitan. Adanya toleransi yang tepat dapat mengurangi kemungkinan gesekan berlebih, macet, atau ketidaksesuaian posisi bagian. Hal ini meningkatkan efisiensi dan keandalan proses assembly secara keseluruhan dan meningkatkan efisiensi sistem gerak dan membantu menjaga kualitas serta umur pakai clamp, sehingga sistem dapat berfungsi dengan baik.

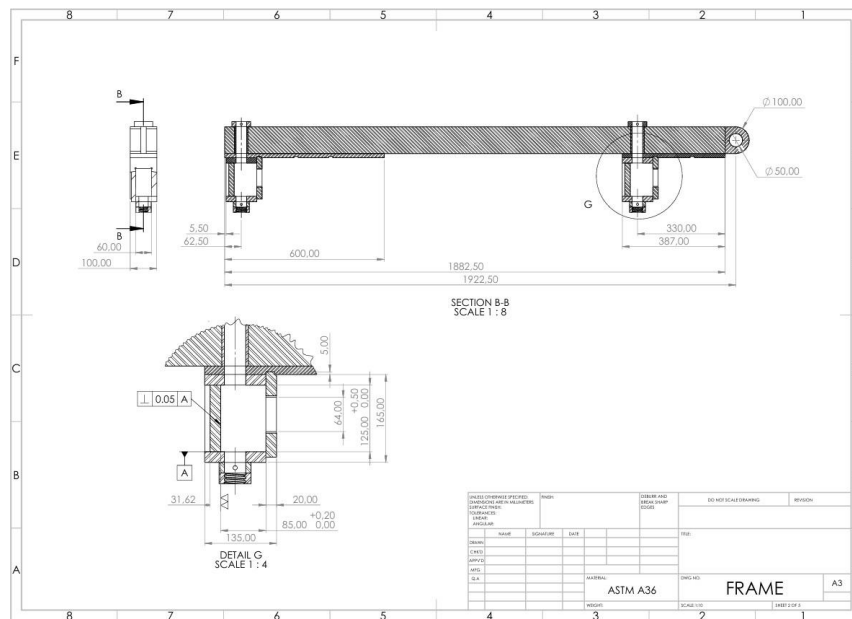


Fig. 7. Dimensi Frame dan Housing

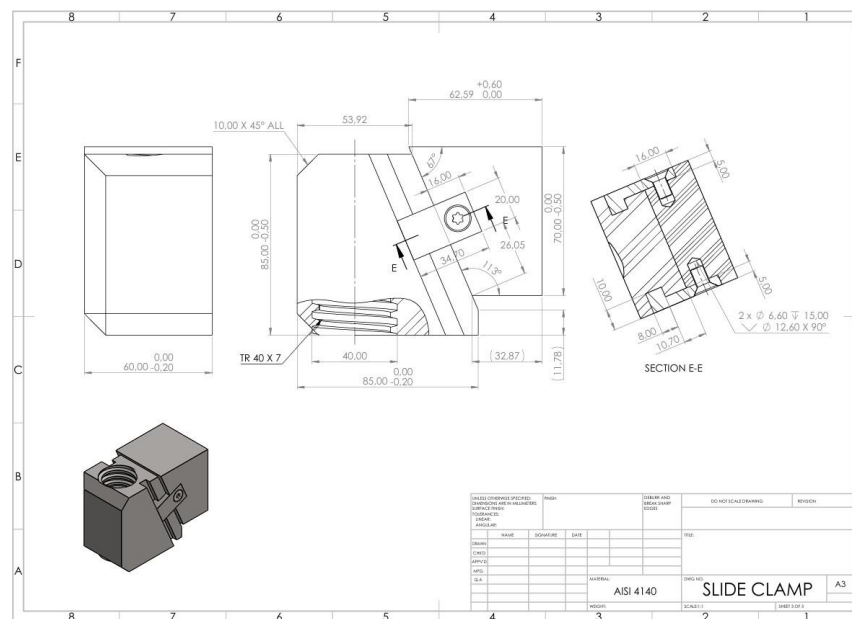


Fig. 8. Dimensi Slide Clamp

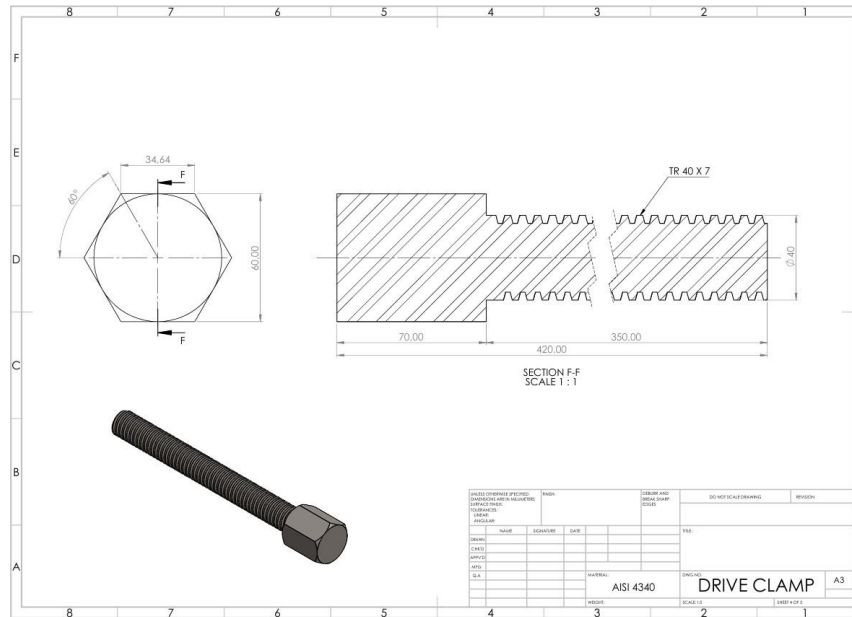


Fig. 9. Dimensi Drive Slide Clamp

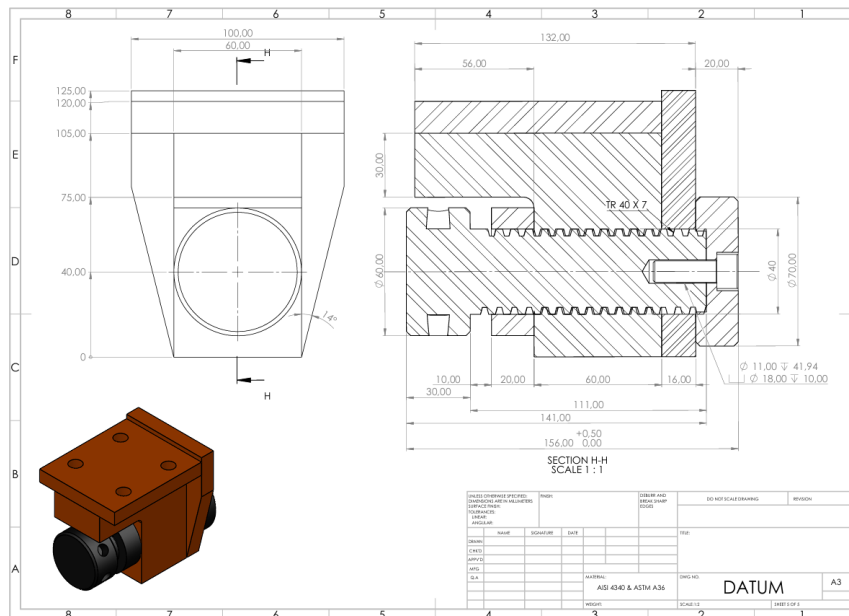


Fig. 10. Dimensi Datum

#### 4. Kesimpulan

Pada optimalisasi desain clamp ini, kriteria desain clamp yang dikembangkan menekankan pada kemampuan sistem untuk menopang dinding plat dengan dimensi internal 1400 mm serta *outer* plat 1540 mm dan 1560 mm. Untuk memenuhi kebutuhan penyesuaian ketebalan plat, clamp dirancang dengan dua mekanisme utama, yaitu *wedge clamp* dan *screw clamp*. *Wedge clamp* dipilih karena memiliki daya cengkeram tinggi dan kemudahan penggunaan, sehingga efektif menjaga kestabilan plat selama proses kerja. Sementara itu, *screw clamp* berperan sebagai mekanisme penyesuaian yang mampu mengatasi variasi ketebalan plat dan menahan ketimpangan celah hingga 10 mm pada dinding plat. Penerapan toleransi yang tepat juga pada setiap komponen memastikan adanya *clearance* yang

cukup, sehingga pergerakan komponen selama perakitan berjalan lancar, mengurangi risiko gesekan berlebih, macet, atau ketidaksesuaian posisi.

Selain itu, dengan material yang digunakan untuk pembuatan clamp yang meliputi AISI 4140, AISI 4340, dan ASTM A36 dengan *properties* masing-masing yang dipilih sesuai dengan fungsi dan sifat mekaniknya. Dengan demikian, desain clamp yang dihasilkan tidak hanya memenuhi standar operasional dari pendimensionian kebutuhan, tetapi juga meningkatkan efisiensi, keandalan, serta diharapkan dapat meningkatkan umur pakai sistem, dan memudahkan proses pengelasan sesuai kebutuhan industri.

### Referensi

- [1] I. Setiawan, R. Setiawan, R. Zahabiyah, T. D. Lestari, and V. Wahyu, “Penerapan Jig & Fixture pada Produksi Massal di Industri Manufaktur Application of Jig & Fixture in Mass Production in the Manufacturing Industry”, doi: 10.35194/jmtsi.v7i2.3165.
- [2] E. Roso *et al.*, “Transformasi Digital di Industri Manufaktur : Dampak pada Efisiensi Operasional,” vol. 14, no. 02, pp. 203–211, 2024.
- [3] M. Sarjito Joko Sisworo, “PENGARUH PERBEDAAN POSISI PENGELASAN TERHADAP KEKUATAN SAMBUNGAN T-Joint PENGELASAN FILLET DENGAN LAS FCAW PADA PLAT MILD STEEL”.
- [4] H. Rizka, M. Matahelumual, M. T. Noer, and G. Heryana, “Jurnal Mekanik Terapan Redesain Alat Pencekam Plat dalam Konteks Jig and Fixture Pada Proses Pengelasan di Meja Kerja,” vol. 05, no. 02, pp. 113–120, 2024, doi: 10.32722/jmt.v5i5.6545.
- [5] H. Wibowo, “OPTIMALISASI METODE CLAMPING SEBAGAI UPAYA MEREDUKSI DISTORSI PENGELASAN PADA PLAT BAJA KARBON RENDAH,” pp. 138–148.
- [6] M. E. Muhammad Lutfi Huzaini, Budi Basuki, S.T, “PERANCANGAN WELDING JIG PADA BRACKET SERIES PINGUIN DUMP TRUCK,” pp. 8–9, 2024.
- [7] I. LAILIYAH, “ANALISIS PERBANDINGAN PROSES PENGELASAN SAW DAN FCAW PADA MATERIAL ASTM A 36,” 2017.
- [8] W. A. K. Geoffrey Boothroyd, Peter Dewhurst, *Product Design for Manufacture and Assembly*, 3rd Editio. CRC Press, 2010. doi: <https://doi.org/10.1201/9781420089288>.
- [9] K. T. Ulrich, S. D. Eppinger, K. T. Ulrich, and S. D. Eppinger, “Product Design and Development Sixth Edition About the Authors”.
- [10] I. Muhammad, , Husaini, N. Ali, A. Rauzatul, and T. Putra, “Failure Analysis of the Short Drive Shaft in a Screw Press Machine,” *Key Eng. Mater.*, vol. 892, pp. 74–80, 2021, doi: 10.4028/www.scientific.net/KEM.892.74.
- [11] S. Suryo and A. Farras, *DESIGN OPTIMIZATION OF CRANE HOOK GS 20 CARBON CLASS PUSING TOOL SHAPE OPTIMIZATION ANSYS*. 2020. doi: 10.13140/RG.2.2.30174.87367.
- [12] F. Sari, A. Muhammad Saleh, and Arifuddin, “Experimental Test of Tensile Strength of Barge Deck Plate Welded Joints,” vol. 2, pp. 9–17, Dec. 2022.
- [13] Misumi, “STANDARD COMPONENTS FOR PRESS DIE 2007-2008 CONTENT,” 2008, p. 518.