Procedia of Engineering and Life Science Vol. 10 No.1 2026
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Muhammadiyah Sidoarjo

Piston Mount Analysis and Engineering for Optimizing Hydraulic Press Machine Performance in Die Bending Process

Analisis dan Rekayasa Dudukan Piston untuk Optimasi Kinerja Mesin Hydraulic Press pada Proses Die Bending

M. Yongky Aril Pratama1, Edi Widodo2
*Email corresponding author: ediwidodo@umsida.ac.id
Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Abstract. *Hydraulic presses serve as key equipment in die bending processes within metal forming industries, where piston stability directly dictates final product precision. General Background Ensuring smooth piston motion and optimal hydraulic pressure distribution is essential to prevent operational disruptions during metal shaping. Specific Background Imperfections in original piston mounting configurations frequently cause motion misalignment, fluid leakage, and severe performance drop during bending operations. Knowledge Gap Conventional structural setups lack adaptable mounting designs capable of compensating for dimensional variations when replacing worn hydraulic cylinders. Aims This study analyzes initial piston seat conditions and implements mechanical reengineering of the piston mounting to restore machine operational capacity. Results Reengineering the piston mount restored motion alignment, eliminated hydraulic leakage, and generated uniform pressure distribution across the die bending workspace. Novelty This work establishes a modular pin-locked mounting assembly specifically designed to accommodate smaller replacement hydraulic cylinders without compromising vertical press height. Implications Implementing this reengineered mounting configuration provides an accessible, reliable solution to resolve cylinder misalignment and extend overall hydraulic press service life.*
Keywords *Hydraulic Press, Mechanical Reengineering, Piston Mounting, Performance Optimization, Die Bending*

Abstrak. *Press hidrolik berfungsi sebagai peralatan utama dalam proses die bending di industri pembentukan logam, di mana stabilitas piston secara langsung menentukan presisi produk akhir. Latar Belakang Umum Memastikan gerakan piston yang halus dan distribusi tekanan hidrolik yang optimal sangat penting untuk mencegah gangguan operasional selama pembentukan logam. Latar Belakang Spesifik Ketidaksempurnaan pada konfigurasi pemasangan piston asli sering menyebabkan ketidakselarasan gerak, kebocoran fluida, dan penurunan performa parah selama operasi pembengkokan. Celah Pengetahuan Pengaturan struktural konvensional tidak memiliki desain pemasangan yang dapat disesuaikan dan mampu mengimbangi variasi dimensi saat mengganti silinder hidrolik yang aus. Tujuan Studi ini menganalisis kondisi awal dudukan piston dan melakukan rekayasa mekanis pada dudukan piston untuk mengembalikan kapasitas operasional mesin. Hasil Rekayasa ulang dudukan piston mengembalikan penyelarasan gerak, menghilangkan kebocoran hidrolik, dan menghasilkan distribusi tekanan yang merata di seluruh ruang kerja pembengkokan. Keterbaruan Pekerjaan ini menetapkan rakitan pemasangan modular pin-locked yang dirancang khusus untuk mengakomodasi silinder hidrolik pengganti yang lebih kecil tanpa mengorbankan tinggi press vertikal. Implikasi Penerapan konfigurasi pemasangan yang direkayasa ulang ini memberikan solusi yang mudah diakses dan andal untuk mengatasi ketidaksejajaran silinder serta memperpanjang masa pakai press hidrolik secara keseluruhan.*
Kata kunci: *Hydraulic Press, Reengineering Mekanis, Pemasangan Piston, Optimasi Kinerja, Pembengkokan Die*

I. PENDAHULUAN

Mesin *hydraulic press* merupakan peralatan utama yang banyak digunakan dalam industri manufaktur, khususnya pada proses pembentukan logam seperti *die bending* [1]. Prinsip kerja mesin ini memanfaatkan tekanan fluida hidrolik untuk menghasilkan gaya tekan yang besar dan kontinu, sehingga mampu membentuk material logam sesuai dengan bentuk dan sudut yang diinginkan [2]. Keunggulan mesin *hydraulic press* terletak pada kemampuannya menghasilkan gaya tekan yang stabil dan dapat dikontrol, namun kinerja tersebut sangat bergantung pada kondisi sistem hidrolik dan komponen mekanik yang bekerja di dalamnya [3]. Salah satu komponen yang memiliki peran krusial dalam proses ini adalah piston, yang berfungsi sebagai media utama penyalur tekanan dari sistem hidrolik ke perkakas pembentuk (*die*) [4].

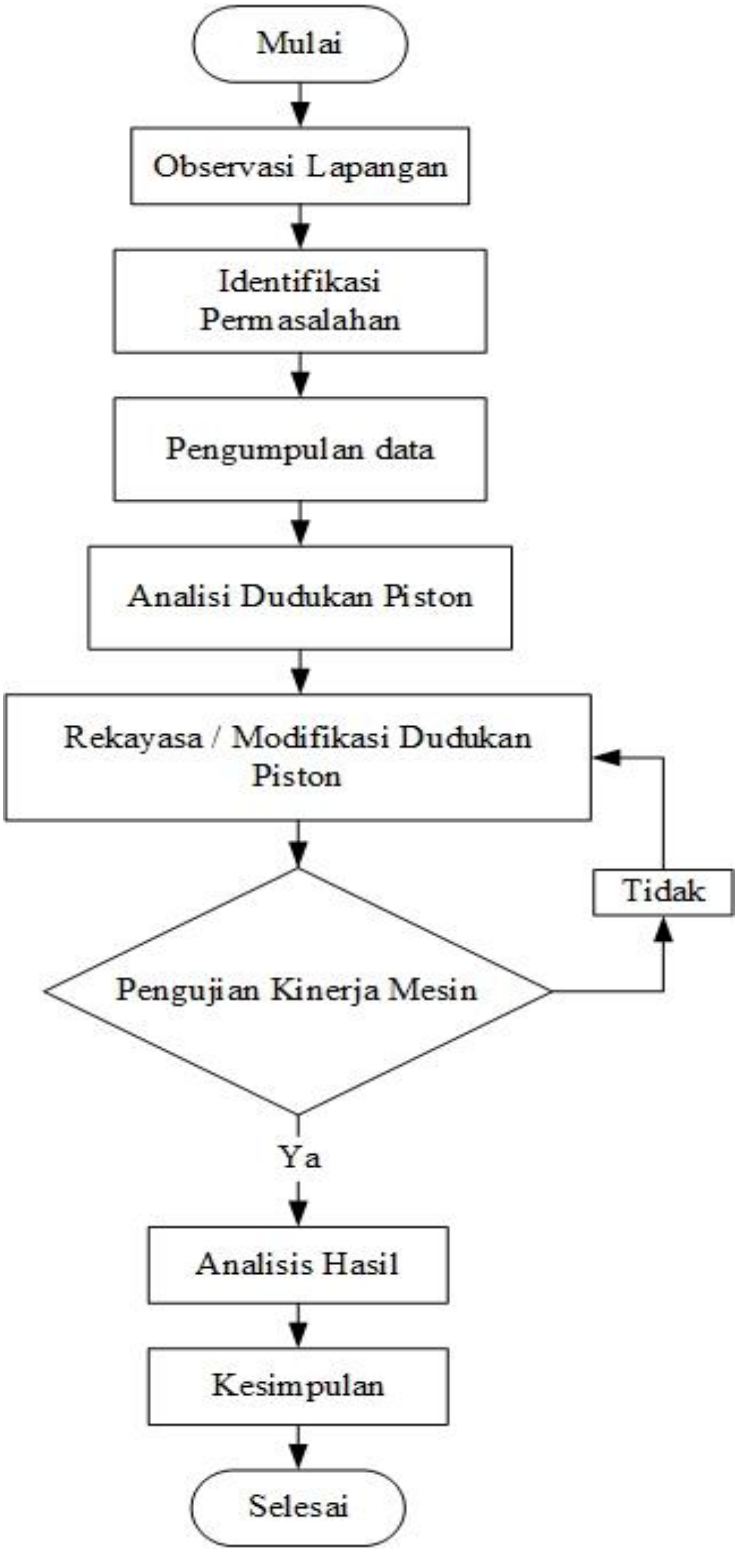
Dalam praktik operasional, berbagai permasalahan sering muncul akibat kondisi dudukan piston yang kurang optimal [5]. Dudukan piston yang tidak presisi, mengalami keausan, atau tidak sesuai dengan karakteristik kerja mesin dapat menyebabkan ketidaksejajaran gerak piston terhadap sumbu tekan [6]. Kondisi ini berpotensi menimbulkan distribusi tekanan yang tidak merata selama proses *die bending*, meningkatkan gesekan antar komponen, serta memperbesar risiko terjadinya kebocoran fluida hidrolik [7]. Dampak lanjutan dari permasalahan tersebut antara lain penurunan efisiensi kerja mesin, berkurangnya ketelitian hasil pembengkokan, meningkatnya frekuensi perawatan, serta berkurangnya umur pakai komponen mesin [8]. Oleh karena itu, diperlukan upaya perbaikan yang tidak hanya bersifat perawatan, tetapi juga mencakup rekayasa mekanik terhadap dudukan piston [9].

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan analisis dan rekayasa dudukan piston sebagai upaya optimasi kinerja mesin *hydraulic press* pada proses *die bending*. Analisis dilakukan untuk mengidentifikasi penyebab utama ketidakstabilan dan penurunan kinerja piston, sedangkan rekayasa dilakukan melalui perancangan ulang dudukan piston yang lebih sesuai dengan kondisi kerja dan kebutuhan proses pembentukan [10]. Evaluasi kinerja mesin sebelum dan

sesudah dilakukan modifikasi digunakan untuk menilai efektivitas rekayasa yang diterapkan [11]. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi dalam meningkatkan kestabilan gerak piston, menghasilkan tekanan yang

lebih seragam, serta meningkatkan kualitas dan konsistensi hasil *die bending*, sehingga mesin *hydraulic press* dapat beroperasi secara lebih optimal dan andal.

II. METODE PENELITIAN



Gambar 1 *Flowchart* Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam studi ini adalah observasi lapangan yang dikombinasikan dengan analisis serta rekayasa mekanik. Tahapan penelitian disusun secara sistematis seperti yang ditunjukkan pada *flowchart* pada **Gambar 1**, yang dimulai dari observasi lapangan, identifikasi permasalahan, pengumpulan data, analisis dudukan

piston, hingga tahap rekayasa atau modifikasi dudukan piston dan pengujian kinerja mesin. Penelitian dilakukan secara langsung pada mesin hydraulic press yang digunakan dalam proses die bending selama kegiatan magang. Berdasarkan hasil observasi awal, ditemukan permasalahan utama berupa silinder piston hidrolik lama yang sering mengalami kebocoran, sehingga kinerjanya menurun dan tidak lagi optimal untuk digunakan dalam proses produksi. Kondisi ini

mendorong perlunya penggantian piston hidrolik lama dengan piston hidrolik baru.

Data teknis piston hidrolik lama dan piston hidrolik pengganti disajikan secara rinci pada **Tabel 1** dan **Tabel 2**. Berdasarkan **Tabel 1**, piston hidrolik lama memiliki dimensi head base dan silinder piston yang relatif lebih besar, baik dari segi panjang, diameter, maupun kapasitas tekanan kerja. Sementara itu, pada **Tabel 2** ditunjukkan bahwa piston hidrolik baru memiliki dimensi yang lebih kecil, terutama pada panjang silinder dan diameter piston, serta kapasitas tekanan yang lebih rendah. Perbedaan dimensi ini menyebabkan piston hidrolik baru tidak dapat langsung dipasang pada mesin, karena mengakibatkan ketidaksesuaian tinggi kerja dan berpotensi mengganggu kestabilan serta keselarasan gerak piston terhadap sumbu tekan mesin hydraulic press.

Berdasarkan permasalahan tersebut, dilakukan analisis teknis terhadap kondisi dudukan piston yang ada, meliputi keselarasan posisi piston terhadap sumbu tekan mesin, kondisi permukaan dudukan, serta pengaruh perbedaan dimensi antara piston lama dan piston baru terhadap kinerja mesin. Hasil analisis ini kemudian digunakan sebagai dasar dalam perancangan ulang dudukan kaki piston hidrolik. Tahap awal perancangan dudukan piston mengacu pada data awal yang disajikan pada **Tabel 3**, yang memuat parameter dimensi kaki dudukan piston, bantalan dasar dudukan, serta pin pengunci. Perancangan ini bertujuan untuk menyesuaikan ketinggian piston hidrolik baru agar setara dengan piston lama, sekaligus menjaga kestabilan struktur dan keselarasan gerak piston selama proses operasi.

Proses perancangan dudukan kaki piston dilakukan menggunakan perangkat lunak *SolidWorks* dengan mempertimbangkan dimensi piston hidrolik baru, kekuatan struktur dudukan, serta kemudahan pemasangan tanpa memerlukan perubahan besar pada konstruksi mesin yang sudah ada. Tahap selanjutnya adalah proses pembuatan dudukan kaki piston sesuai dengan desain yang telah dirancang, yang meliputi pemilihan material, pemotongan bahan, pembentukan, dan perakitan komponen. Setelah dudukan terpasang dan piston hidrolik baru dipasang pada mesin, dilakukan pengujian kinerja mesin *hydraulic press* pada proses *die bending* sebagaimana ditunjukkan pada tahapan pengujian dalam flowchart pada **Gambar 1**. Hasil pengujian tersebut kemudian dianalisis secara deskriptif untuk mengevaluasi pengaruh rekayasa dudukan kaki piston terhadap kesesuaian tinggi kerja, kestabilan gerak piston, serta kinerja mesin *hydraulic press* secara keseluruhan sebelum akhirnya ditarik kesimpulan penelitian.

Tabel 1 Data Piston Hidrolik Press yang Lama

Bagian-Bagian Piston (Parameter)	Ukuran
Head Base (Panjang)	300 mm
Head Base (Lebar)	300 mm
Head Base (Tebal)	50 mm
Silinder Piston (Panjang)	700 mm
Silinder Piston (Diameter)	200 mm
Tekanan Hidrolik	80 – 160 bar (±25 – 50 ton)

Tabel 2 Data Piston Hidrolik Press yang Baru

Bagian-Bagian Piston (Parameter)	Ukuran
Head Base (panjang)	150 mm
Head Base (Lebar)	150 mm
Head Base (Tebal)	50 mm
Silinder Piston (Panjang)	500 mm
Silinder Piston (Diameter)	130 mm
Tekanan Hidrolik	70 – 150 bar (±10 – 20 ton)

Tabel 3 Data Awal Perancangan Rekayasa Dudukan Piston

Bagian Perancangan Dudukan Piston Hidrolik Press (Parameter)	Ukuran (mm)
Kaki Dudukan Piston Hidrolik (Panjang)	150 mm
Kaki Dudukan Piston Hidrolik (Tinggi)	100 mm
Kaki Dudukan Piston Hidrolik (Ketebalan)	30 mm
Kaki Dudukan Piston Hidrolik (Diameter Pin)	25 mm
Bantalan Dasar Dudukan Piston (Panjang)	200 mm
Bantalan Dasar Dudukan Piston (Lebar)	300 mm
Bantalan Dasar Dudukan Piston (Tebal)	30 mm

Pin Pengunci (Panjang)	140 mm
Pin Pengunci (Diameter 1)	25 mm
Pin Pengunci (Diameter 2)	35 mm

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Kondisi Awal Dudukan Piston



Gambar 2 Kondisi Awal Dudukan Piston Mesin Hydraulic Press

Berdasarkan hasil observasi lapangan, kondisi awal sistem hidrolik pada mesin hydraulic press menunjukkan bahwa piston hidrolik lama yang terletak pada bagian bawah rangka mesin (sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 2**) mengalami permasalahan utama pada tabung silinder piston. Tabung silinder tersebut sering mengalami kebocoran fluida hidrolik, meskipun telah dilakukan beberapa kali penambalan. Upaya perbaikan tersebut tidak memberikan hasil yang optimal, sehingga tekanan kerja sistem hidrolik cenderung menurun dan berdampak langsung pada berkurangnya gaya tekan serta hasil pengepresan pada proses die bending. Kondisi ini menyebabkan kinerja mesin tidak stabil dan kurang maksimal saat dioperasikan [12].

Selain permasalahan kebocoran, hasil pengamatan juga menunjukkan bahwa desain dudukan piston hidrolik lama kurang efektif dari sisi perawatan dan fleksibilitas pemasangan. Dudukan piston dirancang dengan bantalan dasar yang langsung disambung secara permanen melalui proses pengelasan pada badan piston hidrolik. Konstruksi ini menyebabkan piston hidrolik sulit untuk dilepas apabila terjadi kerusakan atau gangguan operasional, sehingga proses perbaikan dan penggantian komponen menjadi tidak praktis dan memerlukan waktu yang lebih lama. Kondisi tersebut juga berpotensi meningkatkan risiko kerusakan lanjutan pada komponen lain akibat keterbatasan akses saat perawatan [13].

Berdasarkan pertimbangan tersebut, diputuskan untuk mengganti piston hidrolik lama dengan piston hidrolik baru yang memiliki kondisi lebih baik. Namun, piston hidrolik pengganti memiliki dimensi dan tinggi yang berbeda dibandingkan piston sebelumnya, sehingga tidak dapat langsung dipasang pada mesin tanpa melakukan penyesuaian. Oleh karena itu, diperlukan rekayasa dudukan piston baru yang tidak hanya berfungsi untuk menyesuaikan perbedaan dimensi piston, tetapi juga dirancang agar mudah dipasang dan dilepas, serta mampu meningkatkan kestabilan dan keselarasan posisi piston terhadap sumbu tekan mesin. Atas dasar permasalahan tersebut, penelitian ini difokuskan pada perancangan dan pembuatan dudukan piston baru sebagai upaya untuk meningkatkan kinerja dan keandalan mesin hydraulic press pada proses *die bending* [14]**.**

3.2 Perancangan Dudukan Piston

Perancangan dudukan piston dilakukan sebagai tindak lanjut dari hasil analisis kondisi awal sistem hidrolik dan dudukan piston sebelumnya pada mesin *hydraulic press*. Sebagaimana telah dijelaskan pada subbab sebelumnya, piston hidrolik lama mengalami kebocoran pada tabung silinder serta memiliki desain dudukan yang kurang efektif karena terpasang secara permanen melalui proses pengelasan. Selain menyulitkan proses perawatan dan penggantian komponen, kondisi tersebut juga menyebabkan piston pengganti dengan dimensi yang berbeda tidak dapat dipasang secara langsung. Oleh karena itu, perancangan dudukan piston baru difokuskan untuk menyesuaikan dimensi piston hidrolik baru, sekaligus meningkatkan kemudahan pemasangan, kestabilan, dan keselarasan posisi piston terhadap sumbu tekan mesin [15].

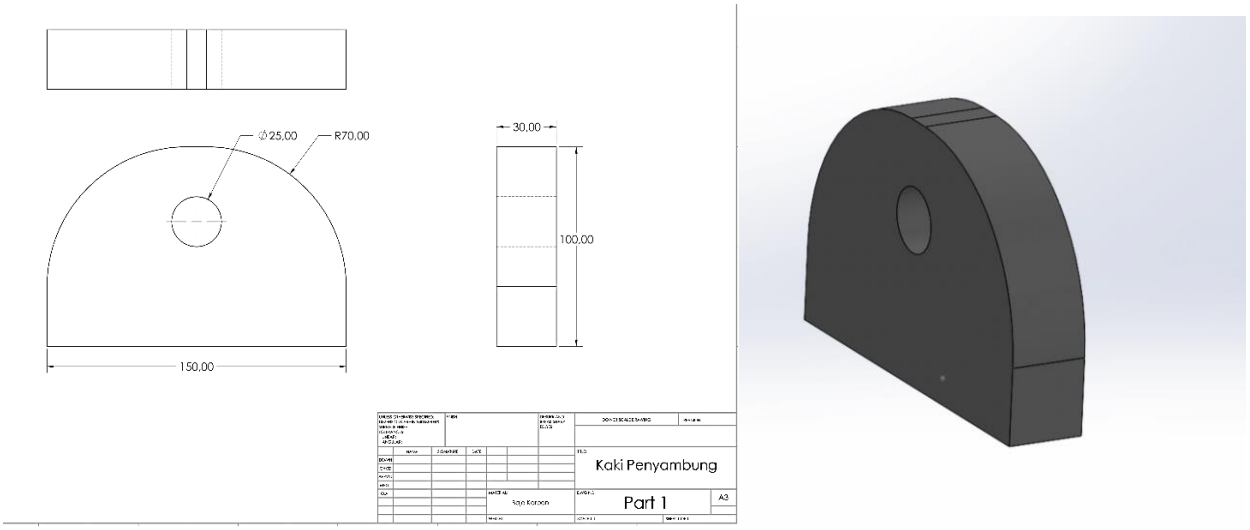
Tahap awal perancangan diawali dengan pengukuran komponen utama, yaitu piston hidrolik baru yang direncanakan sebagai pengganti piston lama. Pengukuran dilakukan terhadap diameter piston, tinggi total piston, serta posisi dudukan piston terhadap struktur rangka mesin. Selain itu, dilakukan pula pengukuran tinggi ruang kerja mesin hydraulic press untuk memastikan bahwa dudukan piston yang dirancang tidak mengganggu sistem kerja mesin maupun

proses die bending [16]. Data dimensi piston hidrolik yang digunakan mengacu pada spesifikasi teknis yang telah disajikan pada bagian metode penelitian.

Selanjutnya, dilakukan pengukuran dan penentuan ketebalan serta jenis material yang akan digunakan sebagai bahan pembuatan dudukan piston. Data ini digunakan sebagai dasar dalam menentukan dimensi dan bentuk dudukan piston agar sesuai dengan kondisi mesin eksisting serta mampu menahan beban kerja selama proses pengepresan [17]. Berdasarkan data hasil pengukuran tersebut, proses perancangan dudukan piston dilakukan menggunakan perangkat lunak *SolidWorks*. Penggunaan perangkat lunak ini bertujuan untuk memvisualisasikan desain secara tiga dimensi, sehingga susunan dan kesesuaian antar komponen dapat diamati secara detail sebelum dilakukan proses manufaktur,

sekaligus meminimalkan potensi kesalahan pada tahap pembuatan dan pemasangan [18]. Perancangan sketsa dudukan piston dibagi ke dalam beberapa tahapan pembuatan komponennya [19].

3.2.1 Tahap Pertama: Perancangan Kaki Dudukan Piston



Gambar 3 Sketsa Kaki Dudukan Piston Hidrolik

Tahap pertama dalam perancangan dudukan piston adalah pembuatan sketsa kaki dudukan piston yang berfungsi sebagai penopang utama piston hidrolik pada mesin hydraulic press. Proses perancangan diawali dengan penyusunan sketsa dua dimensi menggunakan perangkat lunak *SolidWorks*, sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 3**, yang menampilkan tampak depan, samping, serta visualisasi tiga dimensi kaki dudukan piston. Penyusunan sketsa ini didasarkan pada hasil observasi lapangan serta data dimensi piston hidrolik lama (**Tabel 1**), piston hidrolik baru (**Tabel 2**), dan data awal perancangan dudukan piston (**Tabel 3**). Dengan mengacu pada data tersebut, sketsa dirancang agar mampu mengakomodasi perbedaan ukuran antara piston lama dan piston baru, sekaligus tetap sesuai dengan kondisi mesin eksisting serta kebutuhan operasional proses die bending.

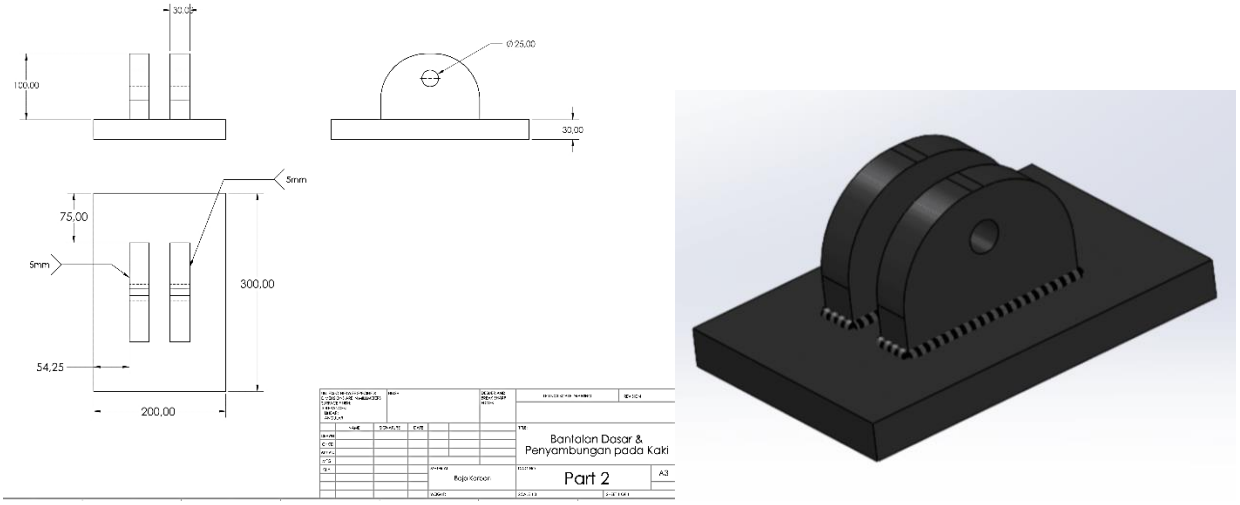
Penentuan dimensi kaki dudukan piston dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa aspek utama, yaitu kesesuaian dimensi dengan piston hidrolik baru, kestabilan struktur dudukan, serta kemudahan pemasangan dan perawatan. Berdasarkan hasil perancangan yang ditunjukkan pada **Gambar 3**, panjang kaki dudukan piston ditetapkan sebesar 150 mm, yang disesuaikan dengan panjang head base piston hidrolik baru. Pemilihan panjang ini bertujuan agar bidang tumpu dudukan mampu menopang piston secara merata, sehingga dapat mengurangi risiko ketidaksejajaran serta meminimalkan konsentrasi beban pada satu sisi dudukan. Selain itu, dimensi panjang tersebut juga disesuaikan dengan ruang yang tersedia pada rangka mesin hydraulic press, sehingga tidak mengganggu keberadaan maupun fungsi komponen lain di sekitarnya.

Tinggi kaki dudukan piston dirancang sebesar 100 mm, yang diperoleh dari hasil penyesuaian terhadap selisih tinggi antara piston hidrolik lama dan piston hidrolik baru. Dimensi tinggi ini dipilih agar posisi kerja piston hidrolik baru tetap berada pada ketinggian yang mendekati kondisi awal mesin, sehingga proses pengepresan dapat berlangsung secara optimal dan konsisten. Sebagaimana terlihat pada **Gambar 3**, tinggi dudukan tersebut juga memberikan kemudahan dalam proses perataan (*leveling*) dan penyetelan posisi piston saat pemasangan, serta menyediakan toleransi yang cukup apabila diperlukan penyesuaian tambahan pada tahap instalasi. Sementara itu, ketebalan kaki dudukan piston ditetapkan sebesar 30 mm, dengan pertimbangan bahwa ketebalan ini dinilai mampu menahan beban tekan dan getaran yang timbul selama proses die bending, sekaligus masih memungkinkan proses pemesinan dan pengelasan dilakukan dengan relatif mudah.

Pada bagian tengah kaki dudukan piston dirancang lubang pemasangan pin pengunci dengan diameter 25 mm, sebagaimana ditunjukkan pada detail sketsa pada **Gambar 3**. Diameter lubang ini dipilih karena telah memenuhi kebutuhan kekuatan mekanis sebagai elemen pengunci, sehingga mampu menahan gaya geser serta beban yang bekerja pada sambungan antara piston dan dudukan. Selain itu, pemilihan ukuran pin tersebut juga mempertimbangkan

ketersediaan material standar di lapangan, sehingga memudahkan proses pembuatan, perakitan, maupun penggantian komponen apabila diperlukan. Setelah sketsa dua dimensi dinyatakan sesuai, desain kemudian dikembangkan menjadi model tiga dimensi untuk memvisualisasikan bentuk kaki dudukan piston secara menyeluruh serta memastikan kesesuaian antar dimensi dan komponen sebelum memasuki tahap perancangan lanjutan dan pembuatan dudukan piston secara keseluruhan.

3.2.2 Tahap Kedua: Perancangan Bantalan Dasar dan Penyambungan Kaki Dudukan Piston



Gambar 4 Sketsa Perancangan Bantalan Dasar dan Penyambungan Kaki Dudukan Piston

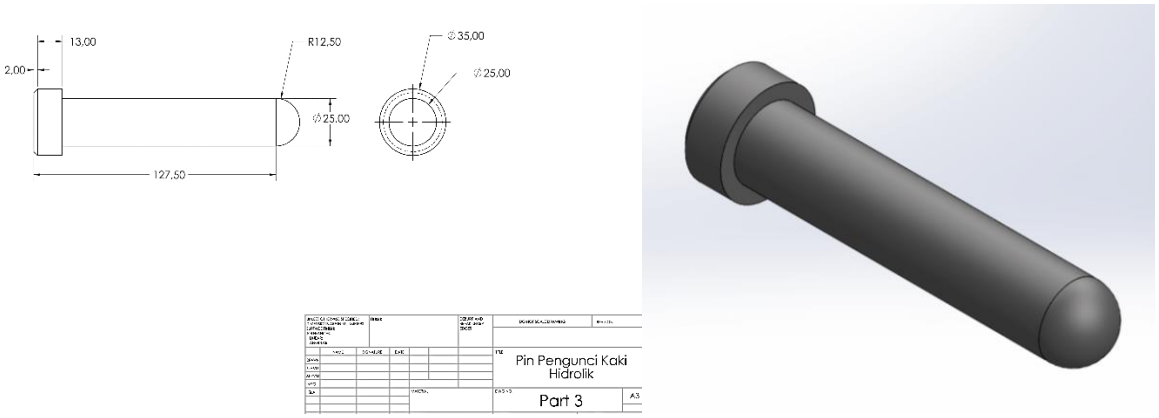
Tahap kedua dalam perancangan dudukan piston adalah perancangan bantalan dasar, yang berfungsi sebagai alas dudukan piston sekaligus sebagai penghubung antara kaki dudukan piston dan rangka mesin *hydraulic press*. Proses perancangan bantalan dasar ini ditunjukkan pada **Gambar 4**, yang menampilkan sketsa dua dimensi serta model tiga dimensi hasil perancangan bantalan dasar beserta penyambungan kaki dudukan piston. Perancangan bantalan dasar mengacu pada data awal perancangan (**Tabel 3**) serta mempertimbangkan kondisi rangka bawah mesin dan konfigurasi pemasangan piston hidrolik yang digunakan. Bentuk bantalan dasar dirancang berupa pelat datar dengan tujuan untuk memperoleh bidang tumpu yang cukup luas, sehingga beban tekan yang diteruskan dari piston hidrolik dapat terdistribusi secara merata selama proses die bending.

Penentuan dimensi bantalan dasar dilakukan dengan mempertimbangkan kesesuaian dengan komponen piston serta kebutuhan kestabilan struktur dudukan secara keseluruhan. Berdasarkan hasil perancangan yang ditunjukkan pada Gambar 4, panjang bantalan dasar ditetapkan sebesar 200 mm, yang disesuaikan dengan jarak antar kaki dudukan piston serta mempertimbangkan dimensi head base piston hidrolik lama yang telah dikurangi agar tidak terlalu panjang namun tetap memberikan kestabilan yang memadai. Lebar bantalan dasar sebesar 300 mm dipilih dengan mengikuti lebar head base piston lama serta disesuaikan dengan dimensi rangka bawah mesin *hydraulic press*. Sementara itu, ketebalan bantalan dasar ditetapkan sebesar 30 mm, dengan pertimbangan penggunaan material yang sama dengan kaki dudukan piston, sehingga diperoleh kekuatan struktur yang cukup tanpa menambah bobot konstruksi secara berlebihan.

Posisi kaki dudukan piston dirancang terpasang secara sejajar dan simetris di atas bantalan dasar, sebagaimana terlihat pada tata letak komponen pada **Gambar 4**. Jarak antar kaki dudukan piston masing-masing ditetapkan sebesar 75 mm dan 54 mm, yang ditentukan berdasarkan titik tengah pemasangan serta disesuaikan dengan dimensi piston hidrolik baru. Pengaturan jarak ini bertujuan untuk menjaga keseimbangan beban serta memastikan keselarasan posisi piston terhadap sumbu tekan mesin selama proses operasi berlangsung. Penyambungan antara kaki dudukan piston dan bantalan dasar dirancang menggunakan metode pengelasan SMAW, karena metode ini memiliki kekuatan sambungan yang baik dan sesuai untuk material baja yang digunakan. Ketebalan las ditetapkan sebesar 5 mm untuk meningkatkan kekakuan konstruksi sambungan serta meminimalkan risiko kegagalan akibat beban tekan berulang selama proses die bending.

Seluruh komponen dudukan piston, termasuk bantalan dasar dan kaki dudukan piston, kemudian digabungkan dalam model tiga dimensi menggunakan perangkat lunak *SolidWorks*, sebagaimana divisualisasikan pada **Gambar 4**. Pemodelan tiga dimensi ini bertujuan untuk memastikan kesesuaian dimensi, posisi, serta hubungan antar komponen sebelum dilanjutkan ke tahap perancangan dan analisis berikutnya, sehingga kesalahan desain dapat diminimalkan sejak tahap awal perancangan.

3.2.3 Tahap Ketiga: Perancangan sketsa pin pengunci



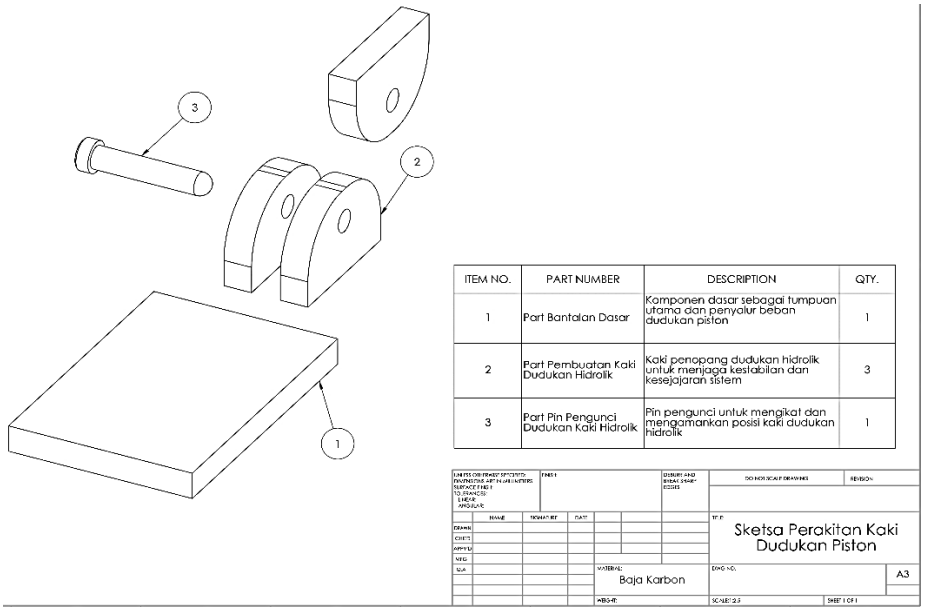
Gambar 5 Sketsa Perancangan Pin Pengunci

Tahap ketiga dalam perancangan dudukan piston adalah perancangan pin pengunci, yang berfungsi sebagai pengikat utama antara kaki dudukan piston dan piston hidrolik. Pin pengunci dirancang untuk menjaga kestabilan sambungan antar komponen serta mencegah terjadinya pergeseran atau pelepasan dudukan piston akibat beban tekan dan getaran selama mesin hydraulic press beroperasi pada proses die bending. Oleh karena itu, pin pengunci memiliki peran penting dalam menjamin keandalan dan keselamatan sistem dudukan piston secara keseluruhan.

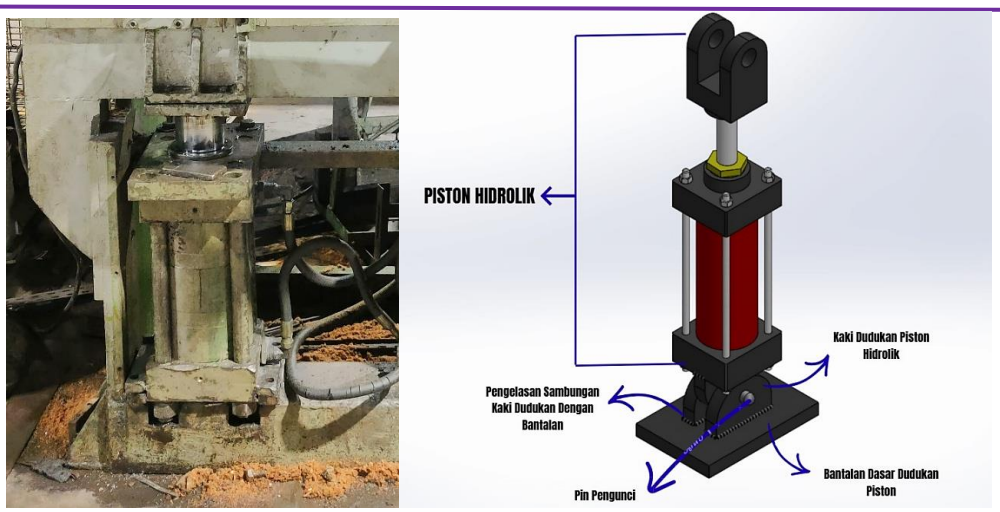
Perancangan pin pengunci dilakukan menggunakan perangkat lunak *SolidWorks*, sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 5**, dengan mengacu pada data awal perancangan (**Tabel 3**) serta ukuran lubang pada kaki dudukan piston. Diameter pin ditetapkan sebesar 25 mm karena dinilai cukup kuat untuk menahan beban kerja dudukan piston sekaligus memudahkan proses pemasangan dan pelepasan. Panjang pin ditentukan sebesar 140 mm, disesuaikan dengan lebar gabungan tiga kaki dudukan piston hidrolik sehingga penguncian dapat terjadi secara optimal dan merata.

Pada salah satu ujung pin dirancang kepala pin dengan diameter 35 mm yang berfungsi sebagai penahan agar pin tidak bergeser atau terlepas saat mesin beroperasi. Seluruh desain pin pengunci kemudian divisualisasikan dalam bentuk model tiga dimensi sebagai acuan pada tahap pembuatan dan perakitan, sehingga sistem dudukan piston dapat terpasang dengan kokoh dan bekerja secara optimal selama proses pengepresan berlangsung.

3.2.4 Tahap Keempat: Penggabungan Seluruh Komponen Dudukan Piston



Gambar 6 Sketsa Penggabungan dari Beberapa Part Pembuatan Dudukan Piston



Gambar 7 Dudukan Piston dari Sebelum dan Sesudah Penggabungan

Tahap keempat merupakan tahap akhir dalam proses perancangan dudukan piston, yaitu penggabungan seluruh komponen yang telah dirancang pada tahap sebelumnya ke dalam satu kesatuan sistem dudukan piston. Proses penggabungan ini ditunjukkan pada **Gambar 6**, yang memperlihatkan sketsa perakitan (*assembly*) dari beberapa komponen utama, meliputi bantalan dasar dudukan piston, kaki dudukan piston hidrolik, pin pengunci, serta piston hidrolik baru. Seluruh komponen tersebut dirakit secara virtual menggunakan perangkat lunak *SolidWorks* untuk

membentuk satu model *assembly* tiga dimensi yang utuh dan terintegrasi.

Tahap assembly ini bertujuan untuk mengevaluasi kesesuaian dimensi dan keselarasan posisi antar komponen, khususnya hubungan antara kaki dudukan piston dan bantalan dasar melalui sambungan pengelasan, serta mekanisme penguncian menggunakan pin pengunci. Melalui pemodelan tiga dimensi, dapat dianalisis apakah seluruh komponen telah terpasang dengan tepat, tidak saling bertabrakan, serta mampu membentuk struktur dudukan yang kokoh. Selain itu, tahap ini juga digunakan untuk memastikan bahwa dudukan piston hasil rancangan mampu menopang piston hidrolik baru secara stabil, menjaga keselarasan gerak piston terhadap sumbu tekan mesin *hydraulic press*, serta memberikan kemudahan dalam proses pemasangan dan pelepasan komponen apabila diperlukan perawatan atau penggantian di kemudian hari.

Perbandingan kondisi sebelum dan sesudah penggabungan komponen ditunjukkan pada **Gambar 7**. Pada bagian kiri gambar ditampilkan kondisi dudukan piston sebelum dilakukan penggantian, di mana piston hidrolik lama terpasang pada dudukan eksisting yang mengalami keterbatasan akibat perbedaan dimensi dengan piston baru. Sementara itu, pada bagian kanan **Gambar 7** ditampilkan visualisasi rancangan dudukan piston terbaru yang direncanakan untuk dibuat, yang menunjukkan konfigurasi dudukan piston hasil rekayasa dengan penggunaan bantalan dasar, kaki dudukan piston, dan pin pengunci yang telah disesuaikan dengan piston hidrolik baru. Perbandingan ini memberikan gambaran yang jelas mengenai peningkatan desain dudukan piston dari kondisi awal (*before*) menuju rancangan akhir (*after*).

Hasil akhir dari tahap ini berupa model dudukan piston lengkap yang memberikan gambaran visual mengenai bentuk, konfigurasi, serta hubungan antar komponen sebelum direalisasikan dalam bentuk fisik. Dengan adanya model assembly tersebut, dapat dipastikan bahwa rancangan dudukan piston telah memenuhi aspek fungsional, kestabilan struktur, kemudahan perakitan, serta kesiapan manufaktur, sehingga siap untuk dilanjutkan ke tahap pembuatan dan pengujian kinerja pada mesin hydraulic press dalam proses *die bending*.

3.3 Proses Pembuatan Dudukan Piston

Proses pembuatan dudukan piston diawali dengan pemilihan material yang sesuai dengan hasil perancangan dan ukuran yang telah ditentukan pada tahap sebelumnya. Material yang digunakan berupa plat baja karbon dengan ketebalan 30 mm, yang dipilih karena memiliki kekuatan dan ketahanan yang cukup untuk menopang beban kerja piston hidrolik pada mesin *hydraulic press*. Setelah material ditentukan, proses pembuatan dilakukan secara bertahap sesuai dengan urutan pekerjaan yang telah direncanakan.

3.3.1 Tahap Pertama : Pemotongan Plat Baja Karbon

Tahap pertama dalam proses pembuatan adalah pemotongan plat baja karbon menggunakan metode las *oxy-acetylene*, sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 8**. Proses ini bertujuan untuk membentuk bagian kaki dudukan piston dan bantalan dasar sesuai dengan ukuran yang telah direncanakan. Sebelum pemotongan dilakukan, permukaan plat baja dibersihkan dari kotoran dan karat, kemudian diberi tanda garis potong sebagai acuan agar hasil pemotongan lebih presisi. Pemotongan dilakukan dengan mengatur nyala api hingga mencapai kondisi netral, kemudian diarahkan mengikuti garis potong secara perlahan dan stabil untuk memperoleh hasil potongan yang rapi dan meminimalkan distorsi material. Setelah proses pemotongan selesai, bagian hasil potongan diperiksa secara visual untuk memastikan kesesuaian dimensi dan kualitas potongan sebelum dilanjutkan ke tahap pengerjaan berikutnya.



Gambar 8 Proses Pemotongan Plat Baja dengan Menggunakan Las Oxy Acetylene

3.3.2 Tahap Kedua : Proses Pembuatan Dudukan Piston

Tahap kedua dalam proses pembuatan dudukan piston adalah perataan dan perapihan sisi plat baja hasil pemotongan dengan menggunakan mesin frais, sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 9**. Pada gambar sebelah kiri dan tengah terlihat proses perataan permukaan dan sisi plat baja yang dilakukan secara bertahap menggunakan mesin frais, sedangkan pada gambar sebelah kanan ditunjukkan hasil akhir plat baja setelah proses perataan selesai. Tahapan ini bertujuan untuk memastikan setiap sisi plat memiliki tingkat kerataan dan kesikuan yang baik, sehingga dimensi akhir komponen sesuai dengan ukuran yang telah ditetapkan pada tahap perancangan. Kerataan dan kesikuan yang baik sangat diperlukan agar proses perakitan dudukan piston dapat dilakukan dengan presisi dan komponen mampu bekerja secara optimal.

Sebelum proses frais dilakukan, plat baja dipasang dan dikunci dengan kuat pada meja mesin frais menggunakan ragum atau klem penjepit untuk menjaga kestabilan posisi benda kerja. Penguncian ini bertujuan untuk mencegah terjadinya pergeseran selama proses pemesinan yang dapat memengaruhi ketelitian hasil perataan. Selanjutnya, dilakukan penyetelan awal posisi pahat terhadap permukaan benda kerja agar proses pemakanan berlangsung merata pada seluruh sisi yang akan diratakan.

Proses pemakanan dilakukan secara bertahap dengan kedalaman pemakanan yang dijaga relatif konstan sebesar ±0,8 mm pada setiap lintasan. Pemilihan kedalaman pemakanan ini bertujuan untuk menghindari beban pemotongan yang berlebihan, menjaga kondisi pahat tetap optimal, serta menghasilkan permukaan yang lebih halus dan presisi. Pemesinan dilakukan secara berulang hingga seluruh sisi plat mencapai ukuran, kerataan, dan kesikuan yang sesuai dengan spesifikasi rancangan.

Setelah proses perataan selesai, dilakukan pemeriksaan dimensi dan kesikuan menggunakan alat ukur untuk memastikan hasil pemesinan telah memenuhi kebutuhan perancangan. Hasil akhir dari proses ini, sebagaimana ditunjukkan pada **Gambar 9** bagian kanan, menjadi dasar untuk melanjutkan ke tahap pembuatan berikutnya, sehingga dudukan piston yang dihasilkan dapat dirakit dengan baik dan memiliki kestabilan yang memadai saat digunakan pada mesin *hydraulic press.*



Gambar 9 Proses Perataan Sisi Plat Baja dengan Menggunakan Mesin Frais dan Hasil Akhir Setelah Diratakan

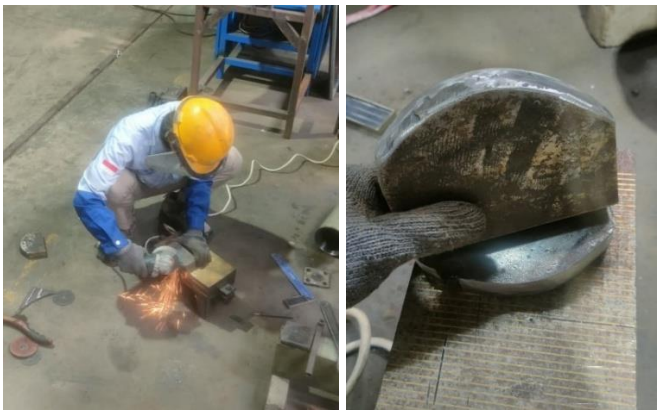
3.3.3 Tahap Ketiga : Proses Perataan

Tahap selanjutnya setelah proses perataan menggunakan mesin frais adalah pembentukan profil setengah

lingkaran pada dudukan piston hidrolik. Tahapan ini bertujuan menyesuaikan kontur dudukan dengan bentuk tabung piston hidrolik, sesuai dengan sketsa dan desain yang telah disusun pada tahap perancangan. Bagian setengah lingkaran tersebut merupakan bidang kontak utama antara dudukan dan piston, sehingga presisi bentuk sangat diperlukan agar piston dapat duduk dengan stabil dan tidak mudah bergeser saat menerima beban.

Pada **Gambar 10**, tersaji proses pengamplasan menggunakan gerinda tangan serta hasil akhir permukaan setelah proses pembentukan. Gambar pertama menunjukkan operator sedang melakukan pengikisan material secara hati-hati, di mana percikan api terlihat saat gerinda menyentuh permukaan benda kerja. Hal ini menggambarkan bahwa proses pengikisan dilakukan secara intensif namun tetap terkontrol. Gambar kedua memperlihatkan bentuk dudukan yang telah terbentuk menyerupai setengah lingkaran, dengan permukaan yang sudah lebih rapi setelah melalui tahap pengamplasan.

Proses pembentukan dilakukan menggunakan gerinda tangan dengan mata amplas, yang diarahkan secara bertahap untuk mengikis material hingga membentuk profil setengah lingkaran yang diinginkan. Pengikisan dilakukan perlahan dan merata untuk menjaga keseragaman bentuk serta menghindari pengurangan material yang berlebihan, karena hal tersebut dapat mempengaruhi akurasi ukuran. Selama proses berlangsung, dilakukan pengecekan berkala dengan mencocokkan hasil bentuk dudukan terhadap ukuran piston hidrolik. Langkah ini memastikan bahwa profil yang terbentuk benar-benar sesuai dengan rancangan dan mampu menopang piston dengan baik. Setelah bentuk yang diinginkan dicapai, permukaan hasil pengikisan kembali dirapikan agar lebih halus sebelum dilanjutkan ke tahap pembuatan berikutnya..



Gambar 10 Proses Pengamplasan Bagian Setengah Lingkaran dengan Gerinda Tangan dan Hasil Akhir Setelah Pengamplasan

3.3.4 Tahap Keempat : Proses Pengeboran Lubang pada Kaki-Kaki Dudukan Piston dan Pembuatan Pin Pengunci

Tahap berikutnya adalah proses pengeboran lubang pada kaki dudukan piston hidrolik, yang berfungsi sebagai tempat pemasangan pin pengunci. Pada **Gambar 11**, terlihat urutan proses yang dilakukan selama tahap ini. Gambar pertama memperlihatkan operator sedang memasang dan menyesuaikan mata bor berdiameter 25 mm pada mesin frais. Penyetelan mata bor ini dilakukan dengan hati-hati untuk memastikan posisi dan kedalaman pengeboran sesuai dengan titik yang telah ditentukan sebelumnya. Setelah proses pengeboran dilakukan, gambar tengah menunjukkan hasil lubang yang telah terbentuk, di mana permukaan dan diameter lubang tampak presisi sesuai ukuran pin pengunci yang direncanakan.

Sebelum pengeboran dimulai, posisi lubang pada kaki dudukan ditandai terlebih dahulu untuk memastikan keselarasan antara kedua sisi dudukan piston. Benda kerja kemudian diklem dengan kuat pada meja mesin frais untuk menghindari pergeseran selama proses pemakanan. Pengeboran dilakukan secara bertahap dengan kecepatan dan tekanan pemotongan yang dikontrol agar diperoleh lubang yang tegak lurus dan memiliki kualitas permukaan yang baik. Setelah pengeboran selesai, diameter dan posisi lubang diperiksa kembali menggunakan alat ukur guna memastikan kesesuaian dengan rancangan.

Tahap berikutnya ditunjukkan pada gambar paling kanan, yaitu proses pembuatan pin pengunci menggunakan mesin bubut. Bahan pin dibentuk melalui pembubutan hingga mencapai diameter dan panjang yang sesuai dengan lubang 25 mm pada kaki dudukan piston. Pada salah satu ujung pin dibuat kepala pengunci untuk menjaga pin tetap berada pada posisinya selama penggunaan. Pembubutan dilakukan secara bertahap untuk menghasilkan dimensi yang

akurat serta permukaan yang halus. Setelah pin selesai dibuat, dilakukan proses pencocokan terhadap lubang dudukan untuk memastikan sistem penguncian dapat bekerja dengan baik dan memberikan kestabilan saat *hydraulic press* dioperasikan..



Gambar 11 Proses Pengeboran Bagian Kaki Dudukan Pistok Hidrolik dengan Menggunakan Mesin Frais dan Proses Pembuatan Pin Pengunci

3.3.5 Tahap Terakhir : Proses Perakitan dan Penyambungan Seluruh Komponen

Tahap terakhir dalam proses pembuatan dudukan piston adalah perakitan dan penyambungan seluruh komponen yang telah dikerjakan pada tahap sebelumnya. Pada **Gambar 12**, terlihat dua kondisi penting dari proses ini. Gambar pertama menampilkan hasil pengelasan kaki dudukan dengan bantalan dasar. Bagian kaki dudukan diposisikan sesuai hasil perancangan, kemudian disambungkan menggunakan metode pengelasan SMAW. Bead las yang tampak pada gambar memperlihatkan proses penyatuan berlangsung merata di sepanjang titik sambungan untuk menghasilkan struktur yang kuat dan stabil. Pengelasan ini berfungsi untuk membentuk satu unit dudukan piston yang kokoh, serta memastikan kedudukan komponen tetap sejajar dengan sumbu tekan mesin hydraulic press.

Setelah proses pengelasan selesai, dilakukan pemeriksaan visual untuk memastikan tidak terdapat cacat seperti porositas, undercut, atau ketidakteraturan pada jalur las yang dapat mempengaruhi kekuatan konstruksi. Selanjutnya,

seperti terlihat pada gambar kedua, pin pengunci dipasang pada lubang yang telah dibuat sebelumnya di kaki dudukan. Pada gambar tersebut tampak pin telah terpasang dan mengunci posisi dudukan piston pada sistem penjepit mesin. Pemasangan pin ini bertujuan untuk menahan posisi piston hidrolik agar tidak bergeser selama proses kerja berlangsung. Kesesuaian diameter pin dengan lubang juga dicek kembali untuk memastikan pemasangan berjalan lancar dan menghasilkan kekuatan ikat yang optimal.

Tahap akhir yaitu pemasangan dudukan piston yang telah dirakit pada piston hidrolik, kemudian diposisikan pada mesin hydraulic press. Dudukan diselaraskan dengan struktur mesin agar kontak antara piston dan dudukan benar-benar stabil saat menerima beban kerja. Setelah seluruh komponen tersambung, dilakukan pengecekan menyeluruh terhadap keselarasan, kekokohan, serta kestabilan dudukan piston. Dengan selesainya rangkaian proses ini, dudukan piston siap digunakan pada operasi die bending dan berfungsi sebagai elemen pendukung yang meningkatkan kinerja serta keamanan mesin *hydraulic press.*



Gambar 12 Hasil Pengelasan Kaki Dudukan pada Bantalan Dasar dan Dipasangkan Pin Pengunci, Lalu Dipasang Pada Piston Hidrolik pada Mesin Press Hidrolik

3.4 Evaluasi Kinerja Mesin Setelah Rekayasa

Evaluasi kinerja mesin *hydraulic press* dilakukan setelah dudukan piston hasil rekayasa dipasang dan mesin kembali dioperasikan. Evaluasi ini bertujuan untuk melihat perubahan kondisi mesin dibandingkan dengan keadaan sebelum dilakukan perbaikan, khususnya pada stabilitas kerja piston dan hasil proses *die bending*. Penilaian dilakukan

melalui pengamatan langsung selama mesin digunakan dalam proses kerja. Berdasarkan hasil pengamatan, mesin *hydraulic press* yang sebelumnya tidak dapat digunakan secara optimal kini sudah dapat beroperasi kembali dengan baik. Dudukan piston yang baru mampu menopang piston hidrolik dengan lebih stabil dan posisi kerja piston menjadi lebih sejajar terhadap arah tekan mesin. Kondisi ini membuat gerakan piston menjadi lebih terkontrol dan tidak mengalami penyimpangan seperti pada kondisi awal. Pada proses *die bending*, hasil pembengkokan yang diperoleh menunjukkan peningkatan yang cukup signifikan. Pembentukan material dapat dilakukan dengan lebih presisi dan hasil bending sesuai dengan standar yang diharapkan. Selain itu, setelah pemasangan dudukan piston yang baru, tidak ditemukan lagi kebocoran pada piston hidrolik seperti yang terjadi sebelumnya, sehingga tekanan kerja mesin dapat dipertahankan dengan baik selama proses berlangsung.

Dari segi konstruksi, ukuran dan bentuk kaki dudukan piston yang dirancang mampu memberikan kekuatan dan kestabilan yang lebih baik. Dudukan piston dapat menahan beban kerja mesin dengan baik dan diperkirakan memiliki umur pakai yang cukup lama. Meskipun demikian, perawatan dan pemeriksaan rutin tetap diperlukan agar kinerja mesin tetap terjaga dan risiko kerusakan dapat diminimalkan di kemudian hari.Secara keseluruhan, rekayasa dudukan piston hidrolik memberikan dampak positif terhadap kinerja mesin *hydraulic press*. Mesin yang sebelumnya mengalami gangguan operasional kini dapat digunakan kembali secara optimal dan mendukung kelancaran proses *die bending*.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis, perancangan, dan proses pembuatan yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa rekayasa dudukan piston hidrolik memberikan pengaruh yang signifikan terhadap peningkatan kinerja mesin *hydraulic press* pada proses *die bending*. Dudukan piston yang dirancang mampu mengatasi permasalahan awal pada mesin, khususnya terkait kestabilan piston dan keterbatasan tinggi kerja yang sebelumnya menyebabkan hasil pembengkokan kurang optimal. Perancangan dudukan piston dilakukan dengan menyesuaikan kondisi mesin dan spesifikasi piston hidrolik yang digunakan. Proses pembuatan yang meliputi pemotongan material, perataan dengan mesin frais, pembentukan dudukan piston, pengeboran, pengelasan, hingga perakitan akhir menghasilkan konstruksi dudukan piston yang kokoh dan sesuai dengan kebutuhan kerja mesin. Hasil pemasangan menunjukkan bahwa dudukan piston mampu menopang piston dengan baik dan menjaga keselarasan selama mesin beroperasi. Hasil evaluasi kinerja menunjukkan bahwa mesin *hydraulic press* yang sebelumnya tidak dapat digunakan secara optimal kini sudah dapat beroperasi dengan baik. Proses *die bending* dapat dilakukan sesuai dengan standar yang diharapkan, baik dari segi ketepatan maupun kestabilan hasil. Selain itu, kondisi piston hidrolik setelah dilakukan rekayasa tidak menunjukkan adanya kebocoran seperti sebelumnya, sehingga tekanan kerja mesin dapat dipertahankan secara lebih stabil. Secara keseluruhan, rekayasa dudukan piston hidrolik ini dapat dijadikan sebagai solusi perbaikan pada mesin *hydraulic press* yang mengalami kendala serupa. Meskipun demikian, kegiatan perawatan dan pemeriksaan secara berkala tetap perlu dilakukan agar kinerja mesin dapat dipertahankan dalam jangka waktu yang lebih lama.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan penuh rasa syukur, penulis menyampaikan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah memberikan dukungan, arahan, dan bantuan sehingga artikel berjudul “Analisis dan Rekayasa Dudukan Piston untuk Optimasi Kinerja Mesin Hydraulic Press pada Proses Die Bending” ini dapat diselesaikan dengan baik. Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Universitas Muhammadiyah Sidoarjo atas kesempatan melaksanakan kegiatan magang, kepada dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan ilmiah dan masukan konstruktif, serta kepada pihak perusahaan tempat magang—khususnya HRD, bagian teknik, operator mesin, dan pembimbing lapangan—atas izin, fasilitas, serta penjelasan teknis yang diberikan selama proses observasi dan pengambilan data. Penulis juga berterima kasih kepada semua pihak yang telah membantu, baik secara langsung maupun tidak langsung, dan semoga segala bentuk dukungan yang telah diberikan mendapat balasan yang setimpal.

REFERENSI

[1] E. W. Saputra and Y. Burhanuddin, “Perancangan Ulang Mesin Press Hidrolik sebagai Alat Penunjang Praktikum,” *Mechanical: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol. 11, no. 1, pp. 29–35, 2020.

[2] S. Ninien et al., “Pembuatan Mesin Tekuk Pelat Sistem Hidrolik Manual,” *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, vol. 7, no. 2, pp. 95–102, 2022.

[3] J. Watton, *Fundamentals of Fluid Power Control*. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 2009.

[4] A. Esposito, *Fluid Power with Applications*, 7th ed. Upper Saddle River, NJ, USA: Pearson, 2013.

[5] A. Kurniawan and D. Setiawan, “Pengaruh Ketidaksejajaran Piston terhadap Kinerja Mesin Press,” *Jurnal Teknologi dan Manufaktur*, vol. 12, no. 2, pp. 101–108, 2022.

[6] R. Hidayat and S. Arifin, “Analisis Performa Sistem Hidrolik pada Mesin Press,” *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 14, no. 3, pp. 963–978, 2023.

[7] J. Lin, D. Balint, and T. A. Dean, “Analysis of Sheet Metal Bending,” *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 209, no. 2, pp. 112–123, 2009.

[8] F. Rahman et al., “Evaluasi Kinerja Mesin Press Hidrolik pada Proses Pembentukan Logam,” *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, vol. 22, no. 1, pp. 56–63, 2023.

[9] I. Maulana and R. Firmansyah, “Perancangan Dudukan Komponen Mesin Berbasis Analisis Beban Statis,” *Jurnal Teknik Mesin ITS*, vol. 11, no. 1, pp. 33–39, 2023.

[10] A. Amsal et al., “Perancangan Alat Press Hidrolik Kapasitas 20 Ton,” *Jurnal Teknik Industri Terintegrasi*, vol. 7, no. 1, pp. 558–563, 2024.

[11] S. Kalpakjian and S. R. Schmid, *Manufacturing Engineering and Technology*, 7th ed. Boston, MA, USA: Pearson, 2014.

[12] M. H. Kurniawan and K. K. Ayuningtiyas, "The Influence of Seal Kit Performance on the Pressure of Hydraulic Press Part Roll Cylinder in the Paper Industry," *Journal of Mechanical Xplore (JTMMX)*, vol. 4, no. 1, pp. 1–12, 2023. doi: 10.36805/jtmmx.v4i1.5494.

[13] R. F. Armas, H. Purwono, T. Junaedi, A. Alfauzi, and L. F. Santosa, "Development of a Special Service Tool for Hydraulic Piston Maintenance on Excavator PC210-10M0," *Sintek: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, vol. 18, no. 2, pp. 45–52, Dec. 2024.

[14] W. Arrozi, A. Widyianto, Y. G. Sampurno, et al., "Design and Analysis of Telescopic Hydraulic Cylinder on Mobile Hydraulic Press Machine," *Journal of Automotive Vocational Education*, vol. 7, no. 2, pp. 66–81, May 2025. doi: 10.21831/jpvo.v7i2.84015.

[15] R. S. Taufik, S. Hirmanto, A. Hambali, and A. A. Tajul, "Design of Jigs and Fixtures for Hydraulic Press Machine," *Industrial Engineering Journal*, vol. 1, no. 1, pp. 19–24, 2012.

[16] H. Y. Wang, G. H. Han, X. M. Jiang, and H. Wang, "The Parametric Design for Hydraulic Cylinder Based on SolidWorks," *Applied Mechanics and Materials*, vols. 380–384, pp. 132–135, Aug. 2013. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.380-384.132.

[17] G. Wang and P. Huang, "Innovative Design of a Hydraulic Press Mobile Station Based on TRIZ Theory," *Engineering Proceedings*, vol. 24, no. 1, p. 10, 2022. doi: 10.3390/IECMA2022-12889.

[18] H. Liu, "Fixturing Technology and System for Thin-Walled Parts Machining," *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 70, no. 1–4, pp. 79–96, 2022.

[19] A. A. Newaz and R. Jahan, "Design and Implementation of Fixtures for Milling, Shaping and Drilling Operations," *arXiv Preprint*, Mar. 2025.