



Rancang Bangun Alat Pembengkok Pipa (*Pipe Bending Tools*) Untuk Produk *Project Based Learning* Meja dan Kursi

Mochammad Karim Al Amin^{1*}, Dika Anggara², Ruddianto³, Eriek Wahyu Restu Widodo⁴, Haidar Natsir Amrullah⁵, Arif Rachman⁶, Elham Aprilian⁷

^{1,2,3,4,6,7} Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, 60111, Indonesia

⁵ Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, 60111, Indonesia

Abstrak. *Project Based Learning* merupakan metode pembelajaran dengan pembuatan sebuah produk atau layanan jasa sebagai penunjang penguasaan kompetensi. Metode pembelajaran ini sudah dilaksanakan hampir diseluruh jenjang pendidikan, terutama pada Perguruan Tinggi Vokasi. Karena dalam Pendidikan Vokasi diperlukan kompetensi atau *skill* bagi lulusannya agar siap terjun di Industri setelah lulus. Dalam menunjang *Project Based Learning* di PPNS, maka dilakukan Rancang Bangun untuk Alat Pembengkok Pipa. Alat ini nanti akan digunakan untuk proses pembengkokkan bagian-bagian dari kursi dan meja yang merupakan output dari *Project Based Learning* pada mahasiswa semester awal. Perancangan alat pembengkok pipa (*pipe Bending tools*) direncanakan dengan menggunakan tenaga manual dengan fokus pada kemudahan alat untuk dibongkar pasang serta pengerjaan pembengkokkan pipa yang diletakkan pada jalur di alat kemudian ditekan dengan roda pemutar atau *roller* yang bertujuan untuk mendapatkan radius pipa yang diinginkan. Metodologi penelitian untuk perancangan dan pengembangan alat *pipe bending tools* dilakukan dengan studi literatur dan studi lapangan untuk identifikasi dan analisis permasalahan yang ada. Tahap berikutnya adalah pembuatan desain menggunakan AutoCAD kemudian dilakukan proses pembuatan dan perakitan alat. Setelah alat dirakit selanjutnya dilakukan pengujian dengan membengkokkan pipa berdiameter 25 mm dan 22 mm. Penelitian ini menghasilkan alat *pipe bending tools* dengan spesifikasi ukuran roda pemutar untuk variasi pipa ukuran diameter 25 mm dan 22 mm. Alat *pipe bending tools* menghasilkan produk berupa meja dan kursi yang dianalisis menggunakan *software* ANSYS WorkBench dengan menunjukkan hasil produk tersebut aman dengan pemberian gaya sebesar 1962,33 Newton (200 kg).

Katakunci: Pembengkokan, Pipa, *Project Based Learning*

Abstract. *Project Based Learning* is a learning method that involves the creation of a product or service as a means to acquire competencies. This learning method has been implemented in almost all levels of education, especially in Vocational Colleges. In Vocational Education, competencies or skills are required for graduates to be ready to enter the industry after graduation. In supporting *Project-Based Learning* at PPNS (Vocational College of Surabaya), a Design and Construction for a Pipe Bending Tool is carried out. This tool will be used for the Bending process of parts of chairs and tables, which are the outputs of *Project-Based Learning* for early semester students. The design of the pipe Bending tool is planned to be done using manual force, with a focus on the ease of assembly and

disassembly of the tool, as well as the Bending process where the pipe is placed on a track in the tool and then pressed with a rotating wheel or roller to achieve the desired pipe radius. The research methodology for the design and development of a pipe bending tool involves literature review and field studies for problem identification and analysis. The next step is the design process using AutoCAD followed by the fabrication and assembly of the tool. After assembly, the tool undergoes testing by bending pipes with diameters of 25 mm and 22 mm. This research yields a pipe bending tool with specifications for rotating wheel sizes suitable for pipes of diameters 25 mm and 22 mm. "The pipe bending tools produce products such as tables and chairs, which are analyzed using ANSYS Workbench software to demonstrate that the products are safe under a force of 1962.33 Newtons (200 kg)."

Keywords: Bending, Pipe, Project Based Learning

1. Pendahuluan

Project Based Learning (PJBL), merupakan metode pembelajaran dengan menonjolkan pendekatan pembelajaran yang berfokus pada penciptaan dan pengembangan produk barang. Dalam PJBL, peserta didik tidak hanya diberikan materi pembelajaran secara konvensional, tetapi juga melibatkan keaktifan dalam pengaplikasian pengetahuan melalui proyek yang mendorong kreativitas dan pemecahan masalah. Melalui proses pembelajaran ini, peserta didik tidak hanya memperoleh pemahaman teoritis tentang suatu konsep, tetapi juga memiliki kesempatan untuk mengaplikasikan pengetahuan tersebut dalam kegiatan praktek. Dalam konteks PJBL, produk barang atau layanan jasa yang dihasilkan menunjukkan penguasaan kompetensi yang diperoleh peserta didik. Proses ini melibatkan tahapan perencanaan, eksekusi, dan evaluasi, yang semuanya berfokus pada pengembangan keterampilan dan pemahaman.

Sebagai penunjang program *Project Based Learning* (PJBL), maka dilakukan pengembangan sebuah alat pembengkok pipa yang diberi nama *pipe Bending tools*. Alat sederhana ini dirancang dan dibuat dengan mempertimbangkan faktor-faktor pendukung untuk memudahkan dan meningkatkan pengalaman peserta didik dalam pembelajaran, khususnya pada pembuatan produk meja dan kursi. Fungsinya yang utama adalah untuk memudahkan proses pembengkokan pipa, sehingga dapat menciptakan produk yang berkualitas dan sesuai dengan kebutuhan serta dapat digunakan sebagai produk pakai. Melalui keberadaan alat *pipe Bending tools* ini, diharapkan peserta didik tidak hanya mendapatkan pemahaman teoritis, tetapi juga terlibat secara langsung dalam aspek praktis dan kreatif dari proses pembuatan produk. Sebagai hasil dari implementasi alat ini, diharapkan peserta didik dapat merasakan penerapan yang realistis dalam sehari-hari serta memperoleh keterampilan yang bermanfaat untuk dunia kerja di masa depan.

Besarnya konsumsi penggunaan material baja menjadi sebuah indikator kemajuan suatu negara. Pada umumnya, material baja diaplikasikan pada industri – industri besar seperti industri mesin dan transportasi. Namun, seiring dengan perkembangan jaman, saat ini material baja telah banyak digunakan pada bidang infrastruktur seperti pembuatan kanopi dan ornamen pagar pada bangunan pemukiman. Dalam pembuatan kanopi dan ornamen pagar, material pipa merupakan material yang paling sering digunakan. Dalam proses pengerjaannya, material pipa yang semula berbentuk lurus diubah menjadi bentuk melingkar, setengah melingkar atau kombinasi bentuk dengan variasi radius tertentu. Proses

pembentukan ini biasa disebut dengan proses pengerolan. Untuk melakukan proses tersebut, dibutuhkan alat bantu khusus yang disebut mesin pengerol pipa (Sirama, S. P, 2021).

Manfaat mesin tekuk pipa ini mampu menghemat waktu kerja dan menghasilkan hasil yang lebih presisi untuk produksi yang praktis, ringkas, dan cepat serta memberikan hasil yang lebih baik dari proses manual. Proses *Bending* (pembengkok) merupakan proses yang mengubah bentuk benda dari yang lurus menjadi lengkungan. Hasil dari proses ini berdampak pada bagian luar dari benda mengalami tarikan dan bagian dalam mengalami tekanan. Aplikasi di masyarakat diantaranya alat atau mesin tekuk pipa (Maimun, 2019; Mustaqim, 2012; Antoni, 2018).

Dalam dunia industri skala kecil maupun besar selalu terjadi persaingan yang ketat, semua pekerjaan diuntut semakin cepat dan tepat. Salah satunya adalah proses pengerolan. Proses pembentukan logam ini merupakan salah satu proses produksi yang ada di dunia industri. Proses ini memerlukan kecepatan serta ketepatan untuk menghasilkan produk yang berkualitas. Pada industri skala kecil umumnya proses ini masih dilakukan secara manual dan berlangsung relatif lama. Selain memakan waktu, proses ini juga menggunakan tenaga lebih untuk pengoperasiannya. Proses pengerolan sendiri yaitu proses manufaktur yang biasanya digunakan untuk pembentukan lengkungan, silinder ataupun bentuk-bentuk lingkaran dari pelat logam ataupun pipa yang disisipkan pada suatu roll yang berputar. Roll tersebut mendorong dan membentuk plat yang berputar secara terus menerus hingga terbentuklah silinder ataupun lengkungan (Diga R N, 2018)

Pada saat ini, keberadaan peralatan pembengkok pipa telah menjadi kunci utama dalam berbagai industri, tak terkecuali baik dalam skala mikro maupun skala makro. Alat ini menjadi pilihan favorit karena mampu memberikan kemudahan serta efisiensi dalam proses produksi. Penggunaan pembengkok pipa telah merambah luas di berbagai sektor industri, khususnya dalam pembuatan beragam produk, seperti meja dan kursi. Mampu memberikan bentuk yang beragam dengan jumlah sambungan yang minimal, roll *Bending* memiliki peran yang signifikan dalam menciptakan produk-produk berkualitas.

Namun demikian, di industri skala mikro, penggunaan alat pembengkok pipa masih bersifat manual dan membutuhkan banyak tenaga manusia. Proses manual ini tidak hanya memakan waktu, tetapi juga membutuhkan tenaga yang ekstra dalam pengoperasiannya. Seiring dengan perkembangan teknologi, mesin pembengkok pipa menjadi alternatif yang menjanjikan. Mesin ini dapat bekerja secara otomatis, efisien, dan dalam waktu yang lebih singkat. Walaupun mesin tersebut menawarkan efisiensi yang baik tetapi harga dari mesin pembengkok pipa ini masih tergolong tinggi dalam segi harga jual, sehingga masih sulit dijangkau oleh industri skala mikro yang memiliki keterbatasan dana. Hal ini merupakan kendala yang dihadapi oleh industri skala mikro yaitu terbatasnya finansial yang memadai untuk mengadopsi teknologi tersebut. Oleh karena itu, meskipun mesin pembengkok pipa dapat meningkatkan produktivitas dan efisiensi operasional tetapi industri skala mikro memerlukan solusi finansial yang dapat menjembatani kepraktisan produktifitas dengan anggaran terbatas.

Sebagai solusi atas kendala ini dibuatlah sebuah inovasi yaitu penciptaan alat *pipe Bending tools* yang tetap praktis, cepat, mudah digunakan, dan terjangkau secara finansial. Meskipun alat ini masih mengandalkan proses manual dalam pengoperasiannya, namun memiliki keunggulan dalam hal efisiensi karena bentuknya yang tidak terlalu besar serta dapat dibongkar pasang dengan mudah. Keberadaan alat inovatif ini diharapkan dapat mengatasi kendala yang ada serta dapat memenuhi kebutuhan dan permintaan pasar dengan lebih baik. Dengan demikian, industri skala mikro dapat terus berkembang dan tetap bersaing dalam pasar yang semakin kompetitif. Penciptaan *pipe Bending tools* manual yang praktis, cepat, dan terjangkau menunjukkan bahwa inovasi dapat menjadi kunci untuk meningkatkan daya saing industri skala mikro. Kemampuan alat ini untuk mengatasi kendala penggunaan manual dengan efisiensi yang baik dapat memberikan peluang bagi pelaku usaha dalam meningkatkan produktivitas mereka tanpa harus menghadapi beban finansial yang berlebihan. Oleh karena itu, pengembangan dan penerapan solusi inovatif seperti *pipe Bending tools* manual menjadi langkah positif dalam mendukung pertumbuhan dan ketahanan industri skala mikro di tengah dinamika pasar yang terus berkembang.

2. Tinjauan Pustaka

2.1. Proses *Bending*

Proses *Bending* merupakan tahap esensial dalam manufaktur dan proses fabrikasi yang merujuk pada proses penekukan atau pembengkokan suatu material baik itu dilakukan secara manual oleh tenaga manusia maupun menggunakan mesin dengan menggunakan prinsip memberikan tekanan pada bagian tertentu dari material tersebut. Tekanan yang diberikan pada material menyebabkan terjadinya deformasi plastis, yaitu perubahan bentuk permanen yang terjadi ketika material melebihi batas elastisitasnya. Adapun macam-macam proses *Bending* yaitu:

1. *Angle Bending*, merupakan teknik pembentukan sheet metal dengan menekuk bagian tertentu untuk mencapai tekukan yang diinginkan, termasuk membuat lengkungan hingga sudut $\pm 150^\circ$.
2. *Roll Bending*, merupakan teknik *Bending* yang digunakan untuk membentuk silinder atau bentuk melengkung dari sheet metal yang ditempatkan di atas roll yang berputar kemudian mendorong dan membentuk sheet metal secara berkelanjutan hingga membentuk silinder.
3. *Draw Bending*, merupakan proses *Bending* menggunakan pressure die dan bend die untuk membengkokkan pipa.
4. *Roll Forming*, merupakan jenis *Bending* progresif untuk sheet metal yang melibatkan sejumlah roll die dengan bentuk dan ukuran yang berbeda dan bertahap membentuk sheet metal.
5. *Press Brake Bending*, merupakan proses *Bending* menggunakan die berbentuk V yang ditempatkan di atas sheet metal dan ditekan dari atas untuk membentuk sheet sesuai dengan bentuk die yang digunakan.

2.2. Alat *Bending* Pipa

Pada proses pemBendingan diperlukan alat bantu agar sebuah sistem dapat bekerja dengan baik. Jenis-jenis alat *Bending* pipa adalah sebagai berikut:

1. Alat *Bending* Pipa Manual, Mesin ini menggunakan tenaga manusia dengan bantuan gagang penekan, tanpa memerlukan daya listrik, sehingga murah dan hemat biaya operasionalnya. Namun, cocok hanya untuk mem*Bending* pipa dengan ketebalan tipis.
2. Mesin *Bending* Pipa Hidrolik, Mesin ini menekuk benda kerja berbentuk silinder dengan bantuan hidrolik, mengurangi ketergantungan pada tenaga manusia.
3. Mesin *Bending* Pipa Mekanikal, Mesin ini menggunakan motor listrik dengan gearbox untuk meningkatkan tenaganya. Kecepatan dan kekuatannya tinggi namun membutuhkan lebih banyak listrik dan menghasilkan suara berisik.

2.3 Dasar Pemilihan Bahan

Pada proses *Bending* terdapat beberapa faktor yang perlu dipertimbangkan dalam pembuatan alat *Bending* yaitu diameter pipa, metode *Bending*, ukuran material, dan lain-lain. Dalam merencanakan suatu alat pemilihan bahan yang tepat berdasarkan kebutuhan dimensi, ukuran, serta sifat dan karakteristik bahan sangat penting untuk kesuksesan perencanaan.

3. Metode

Penelitian yang dilakukan terdiri dari beberapa tahap, meliputi studi lapangan, studi literatur, pembuatan desain, pembuatan dan perakitan alat, pengujian alat, serta pengujian produk dengan metode elemen hingga.

3.1. Studi Literatur dan Studi Lapangan

Proses studi literatur yang meliputi pengumpulan beragam sumber referensi, contoh produk, dan informasi terkait menjadi langkah awal yang krusial dalam menyiapkan fondasi yang kokoh bagi pelaksanaan sebuah penelitian. Dalam konteks ini, studi literatur tidak hanya sekedar mengoleksi referensi, namun juga melibatkan analisis mendalam terhadap berbagai jenis sumber daya informasi untuk merumuskan strategi penelitian yang tepat. Di antara aspek yang diteliti adalah jenis material yang akan diaplikasikan serta tahapan proses yang terlibat dalam merancang dan merakit alat yang akan menjadi fokus utama dalam penelitian.

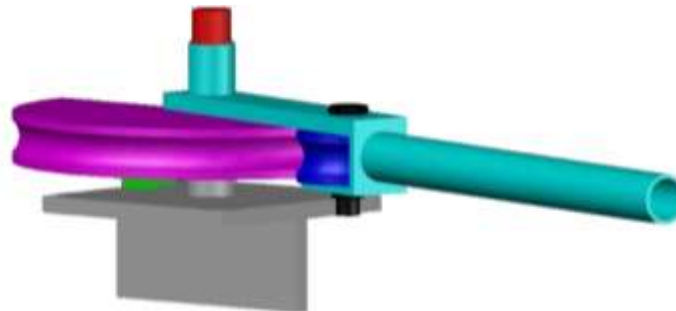
Sementara itu, studi lapangan menjadi fase berikutnya yang dilaksanakan sesuai dengan tujuan penelitian yang telah ditetapkan. Proses ini tidak hanya sebatas pada eksplorasi langsung pada lapangan, namun juga melibatkan identifikasi secara seksama terhadap kebutuhan pasar yang akan menjadi landasan utama dari perencanaan produk yang dihasilkan. Dengan demikian, melalui studi lapangan, peneliti dapat memperoleh wawasan yang lebih mendalam tentang dinamika pasar, kebutuhan konsumen, serta preferensi yang dapat dijadikan panduan dalam mengarahkan proses penelitian agar menghasilkan produk yang sesuai dengan tuntutan dan permintaan yang ada.

3.2. Pembuatan Desain

Langkah awal dalam penelitian ini adalah proses pembuatan desain yang menjadi fondasi utama dari keseluruhan proyek. Proses ini dilakukan melalui penggunaan perangkat lunak AutoCAD, di mana beberapa konsep desain dibuat menjadi beberapa sampel. Setiap sampel desain yang dihasilkan melalui perangkat lunak tersebut kemudian dipilah dengan teliti guna menentukan desain yang paling sesuai dan optimal untuk digunakan dalam pengembangan alat roll *Bending* yang direncanakan.

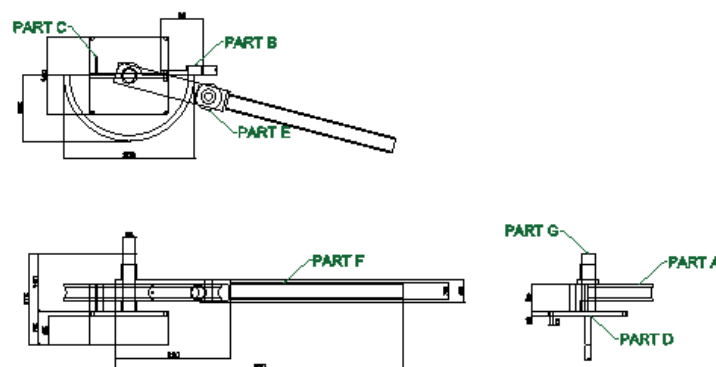
Perancangan desain menjadi kunci karena akan menentukan kemampuan alat dalam melakukan roll *Bending* terhadap pipa-pipa dengan ukuran tertentu. Desain yang dihasilkan harus mampu mengakomodasi pipa dengan dimensi 25 mm dan 22 mm secara efisien dan

presisi. Ini berarti bahwa dalam proses pembuatan desain, berbagai pertimbangan teknis, seperti toleransi, kemampuan alat, serta efisiensi proses pembengkokan pipa, harus dipertimbangkan secara seksama. Desain ini nantinya akan menjadi panduan utama dalam proses produksi *pipe Bending tools* untuk memastikan bahwa alat yang dihasilkan mampu menjalankan fungsinya dengan baik sesuai dengan spesifikasi yang ditargetkan. Untuk gambar desain terpilih dapat dilihat pada Gambar 1.

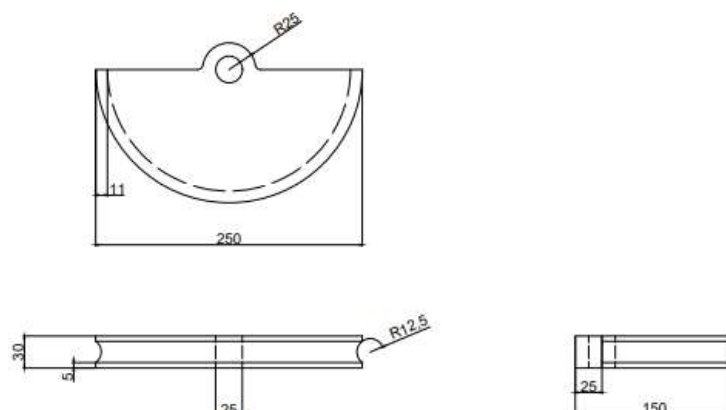


Gambar 1 Desain Terpilih

Dimensi dari desain alat tersebut dapat dengan jelas dan rinci dilihat pada detail gambar 2D di bawah ini. Detail gambar tersebut memberikan informasi mengenai ukuran, proporsi, dan spesifikasi teknis dari alat tersebut untuk memudahkan setiap pihak yang terlibat dalam proses penelitian untuk memahami rancangan dan implementasi dari alat tersebut. Oleh karena itu rujukan detail gambar ini sebagai panduan dalam melaksanakan segala tahapan terkait dengan alat tersebut yang dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Detail Drawing 2D



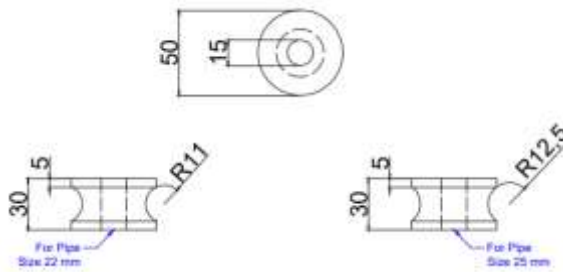
Gambar 3 Detail A Drawing 2D



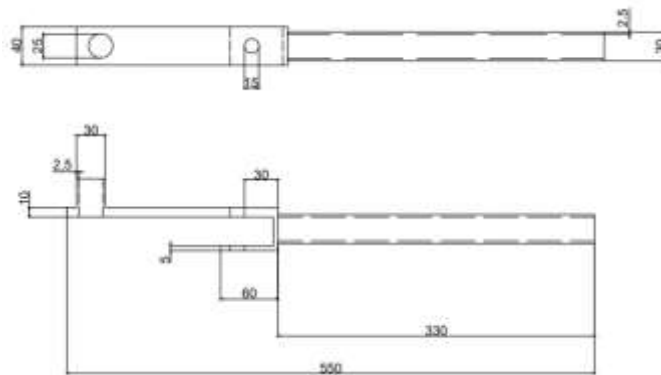
Gambar 4 *Detail B Drawing 2D*



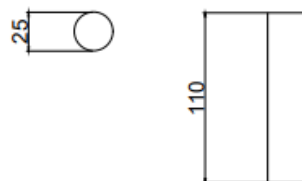
Gambar 5 *Detail C Drawing 2D*



Gambar 7 *Detail E Drawing 2D*



Gambar 8 *Detail F Drawing 2D*



Gambar 9 *Detail G Drawing 2D*

3.3. Pembuatan dan Perakitan Alat

Dalam pembuatan *pipe Bending tools*, material utama yang digunakan adalah plat yang kemudian dipotong dan dibentuk sedemikian rupa sehingga membentuk setengah lingkaran yang akan menjadi basis dari alat tersebut. Bagian ketebalan plat dibubut ukuran radius 12,5

mm sehingga menciptakan tempat yang sesuai untuk pergerakan pipa pada saat proses pembengkokan pipa.

Selain itu, sebagai pendukung fungsi alat, pembuatan housing roda pemutar menjadi perhatian berikutnya. Bagian ini akan digabungkan dengan pipa sebagai pegangan, menciptakan sebuah sistem yang membuat pergerakan pipa dapat terkontrol saat proses *bending*-an. Keunggulan dari alat ini adalah adanya dua opsi roda pemutar yang disediakan, sesuai dengan ukuran pipa yang akan diproses, yaitu untuk pipa berukuran 25 mm dan 22 mm. Hasil dari alat yang sudah dirakit bisa dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10 *Pipe Bending Tools*

3.4. Pengujian Alat

Proses pengujian alat merupakan langkah terakhir dalam penelitian ini yang dilakukan dengan menggunakan kedua ukuran pipa yang berbeda, yaitu pipa berukuran 25 mm dan 22 mm. Proses pengujian ini melibatkan serangkaian tahap untuk memastikan kinerja dan kemampuan alat secara menyeluruh. Pertama-tama, alat tersebut dipasang pada ragum agar stabil dan handal saat proses pengujian berlangsung.

Langkah berikutnya adalah memasukkan pipa ke dalam jalur yang telah disediakan dalam alat. Saat proses pembentukan pipa, roda pemutar yang telah dihubungkan dengan housing yang memiliki pegangan dari pipa menjadi elemen penting dalam mem*Bending* pipa sesuai yang diinginkan. Setelah dilakukan pengujian dengan prosedur yang telah diikuti sebelumnya, alat *pipe Bending tools* mampu membengkokkan pipa dengan ukuran 22 mm dan 25 mm dengan akurat. Hasil pengujian ini membuktikan bahwa alat ini dapat diandalkan dalam aplikasi praktis untuk proses pembengkokan pipa dengan variasi ukuran yang dibutuhkan. Proses pengujian dapat dilihat pada Gambar 11.



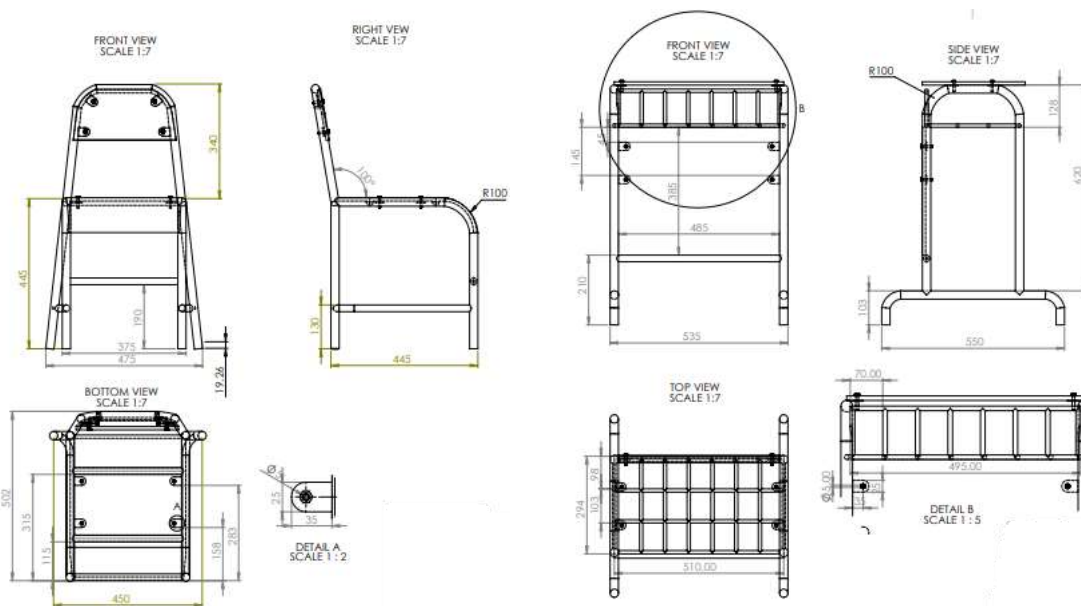
Gambar 11 Proses Pengujian Alat

Rancang Bangun Alat Pembengkok Pipa (*Pipe Bending Tools*) Untuk Produk *Project Based Learning* Meja dan Kursi

Dengan demikian, langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian pada tahap berikutnya yaitu realisasi pembuatan produk berupa meja dan kursi dengan desain yang telah dibuat. Pengujian ini dilakukan untuk membuktikan kemampuan alat dalam hasil nyata serta memastikan bahwa alat ini dapat menghasilkan bentukan pipa yang sesuai dengan spesifikasi desain yang diinginkan. Dengan percobaan pada pembuatan produk berupa meja dan kursi pengujian ini diharapkan dapat memberikan gambaran tentang kehandalan alat *pipe Bending tools* dalam menghadapi tuntutan produktifitas. Hasilnya nanti akan menjadi dasar evaluasi untuk memastikan bahwa alat ini dapat menjadi solusi yang efektif dan efisien dalam mencapai hasil akhir yang memenuhi standar kualitas dan desain yang diinginkan. Desain produk dapat dilihat pada Gambar 12.

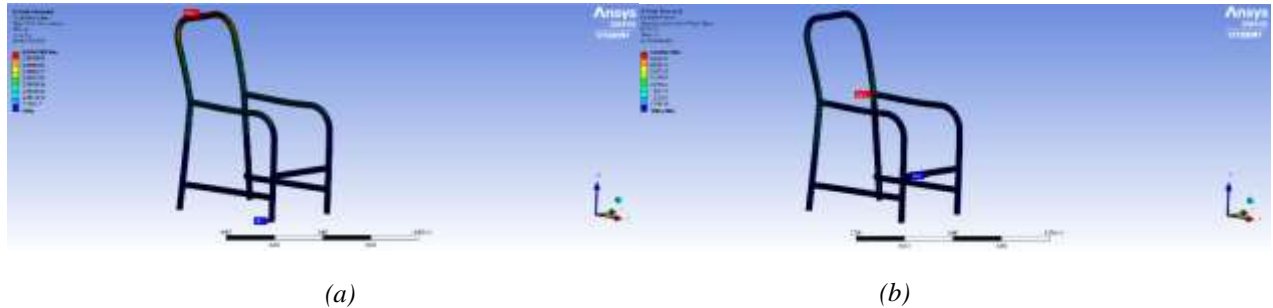


Gambar 12 Desain Produk



Gambar 13 Detail Desain Produk

Sebelum direalisasikan menjadi produk, terlebih dahulu desain dianalisis menggunakan *Finite Element Method* untuk memastikan keamanan dari produk. Analisis dilakukan dengan sampel produk kursi menggunakan pemilihan material *structural steel* dengan kekasaran *mesh* 10 mm dan diberikan gaya sebesar 980,655 Newton (100 kg) kemudian dianalisis untuk stress yang terjadi dan deformasi total yang terjadi. Dari hasil analisis perubahan deformasi dan stress masih berwarna biru yang menunjukkan bahwa kondisi produk adalah aman, seperti yang terlihat pada Gambar 14.



Gambar 14 (a) *Total Deformation*; (b) *Total Maximum Stress*

4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Prinsip Kerja Alat

Alat ini dirancang dan dikembangkan untuk memfasilitasi proses pemBendingan pipa dengan memanfaatkan tenaga manusia. Dalam konsep desainnya, alat ini mengusung konsep penggunaan roda pemutar sebagai sebuah perangkat bantu dalam membantu proses pembengkokan pipa. Struktur dasar alat ini terdiri dari base yang membentuk setengah lingkaran yang dirancang khusus sebagai jalur tempat pipa ditempatkan saat proses pemBendingan.

Adapun prinsip kerja dari alat ini: pertama-tama, pipa yang akan dibentuk dimasukkan ke jalur yang tersedia pada alat. Selanjutnya, roda pemutar memiliki peran utama sebagai alat bantu dalam membentuk pipa tersebut. Dalam proses ini, roda pemutar bekerja seiring dengan aplikasi tenaga manusia pada pegangan dan housing yang terhubung secara langsung dengan roda tersebut. Pengguna alat akan menggerakkan roda pemutar melalui pegangan dengan tenaga manual, dan dalam seketika, alat ini akan mengubah bentuk pipa sesuai dengan kebutuhan.

4.2. Hasil Produk

Produksi produk yang dihasilkan dimulai dari proses perencanaan desain, pembuatan dan perakitan alat, dan pengujian alat. Proses perancangan desain untuk peralatan *bending* dihasilkan bahwa peralatan *bending* tersebut harus dapat menekuk pipa dengan dimensi 25 mm dan 22 mm yang menghasilkan sudut bending 90°, 180°, dan 270°, sedangkan untuk ketebalan plat yang digunakan untuk produk ini adalah dengan radius 12.5 mm. Tahap selanjutnya adalah analisis desain dengan menggunakan *Finite Element Method*, yang mana analisis ini bertujuan untuk memastikan keamanan produk. Berdasarkan analisis yang dilakukan dengan *Finite Element Method* dihasilkan untuk pemilihan material yang tepat adalah baja struktural dengan kekerasan *mesh* 100 mm dan dapat menahan beban sebesar 1962.33 N atau 200 kg. Selanjutnya analisis dilakukan untuk perubahan deformasi dan *stress*

ketika diberi beban, yang mana diperoleh bahwa bagian yang diberi beban masih berwarna biru yang menunjukkan bahwa kondisi produk tersebut aman untuk menerima beban yang diberikan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan riset dan percobaan yang telah dilakukan, dari alat *Pipe Bending Tools* untuk diameter pipa 25 mm dan 22 mm keduanya dapat menghasilkan beberapa variasi sudut bending yaitu 90 derajat, 180 derajat dan 270 derajat. Dari hasil bending pipa yang telah dilakukan, kemudian dirakit menjadi meja dan kursi yang dianalisis menggunakan ANSYS WorkBench dengan menunjukkan hasil produk tersebut aman dengan pemberian gaya sebesar sebesar 1962,33 Newton (200 kg).

Ucapan terima kasih

1. Dana DIPA Penelitian Tahun Anggaran 2023, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

Daftar Pustaka

- Ahmad Fadila, J. M. (2022). Rancang Bangun. Pengembangan Mesin Roll Pada Besi Hollow. A. Tangkemandi, A. H. Rasak, F. Febriyanto, F. Renaldy, and M. Erfin, "Rancang Bangun Mesin Rol *Bending* Pipa Besi," J. Tek. Mesin Sinergi, vol. 19, no. 1, p. 97, 2021, doi: 10.31963/sinergi.v19i1.2764. <https://doi.org/10.31963/sinergi.v19i1.2764>
- Budha Maryanti, F. J. (2019). Perancangan Alat Pengerol Pipa 1 ¼ Inchi Dengan Pengoperasian Manual dan Sistem Hidrolik. 62-71.
- Diga Rahmat Novandra, T. T. (n.d.) (2018). Rancang Bangun . Roll *Bending* Machine With Hydraulic Assist.
- Muhammad Yanis, G. R. (2021). Perancangan dan Pembuatan Mesin *Bending* dan Notching. 1-6. <https://doi.org/10.36706/jrm.v21i1.72>
- Muh. Tri Agus Khadafid, dkk 2017. "alat roll hollow logam multi fungsi" Politeknik Bosowa.
- Mustaqim, Ahmad. 2012. Perancangan Alat Pengerol Pipa. Yogyakarta : Universitas Negeri Yogyakarta.
- Shafiq Nurdin, R. N. (2021). Rancang Bangun. Perancangan dan Uji Konstruksi Mesin Pembengkok Rol (Roll *Bending* Machine) Untuk Pipa Galvanis. <https://doi.org/10.21067/jtst.v3i4.6358>
- Sirama, S. P. (2021). Rancang Bangun. Mesin Pengerolan Pipa 1,5 Inchi Menggunakan Motor Listrik Sebagai Penggerak dan Dongkrak 2 Ton Sebagai Penekan Pipa. <https://doi.org/10.35970/infotekmesin.v12i2.730>
- Sulistyo, Aris. (2014). *Bending*. Makalah *Bending*. Teknik Mesin S1. Yogyakarta.
- Sunarto, S. A. (2018). Rancang Bangun Mesin Roll *Bending* Pipa Evaporator Freezer Kapal Dengan Motor Listrik 1 HP. 1-4. <https://doi.org/10.32497/rm.v13i3.1280>
- Tyas Ari Wibowo, W. P. (2014). Perancangan dan Analisis Kekuatan Konstruksi Mesin Tekuk Pelat Hidrolik. *Mekanika*, 1-8.
- Tri Ernita, I. (2018). Rancang Bangun. Meja dan Kursi Belajar Secara Ergonomi Di Bengkel

Rancang Bangun Alat Pembengkok Pipa (*Pipe Bending Tools*) Untuk Produk *Project Based Learning* Meja dan Kursi

Las Nuansa Teknik Lubuk Buaya Padang. <https://doi.org/10.36275/stsp.v18i1.90>

Wiyogo, S. R. (2022). Rancang Bangun Alat *Bending* Kaki Kursi Material Pipa Diameter 1/2 Inch. 1-10. <https://doi.org/10.53026/sntem.v2i1.891>

Yunus. 2015. Rancang Bangun Mesin Pengerol Plat Bergelombang. Surabaya: Jurnal Rekayasa Mesin. Vol. 02, No. 02: 52-56.