

Penerapan Mesin Rol Pipa Hidrolis Pada Bengkel Modifikasi Konstruksi Motor Trail

Heru Suryanto^{*1,2}, Aminnudin¹, Sukarni¹, Yanuar. R. A. Pradana¹, Reddy.A. Dharmabintara¹, Muhamad Muhajir², Fakris Muslim³

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang 5 Malang

²Program Magister Teknik Mesin, Sekolah Pascasarjana, Universitas Negeri Malang, Jl. Semarang 5 Malang

³UKM Bengkel “Treil Work”, desa Gadungan, Kec. Wates, Kab. Kediri

*e-mail korespondensi: heru.suryanto.ft@um.ac.id

Abstrak

Penggunaan sepeda motor trail saat ini mulai meningkat, namun untuk sepeda motor trail baru terkendala oleh harga yang cukup mahal sehingga banyak bermunculan bengkel modifikasi motor trail. Dalam melaksanakan proses modifikasi dibutuhkan mesin rol pipa untuk membentuk bengkokan pada frame bodi motor. Oleh karena itu, tujuan penulisan ini adalah memberikan pemaparan tentang desain dan manufaktur serta aplikasi mesin rol pipa pada UKM mitra dibidang modifikasi konstruksi frame motor trail. Metode pelaksanaan yang digunakan meliputi observasi dan wawancara tentang kendala proses rol, mendesain dan membuat mesin rol pipa serta menguji kualitas produk rol pipa dan membandingkan dengan mesin pipa lama yang dipakai. Hasil kegiatan telah menghasilkan mesin rol pipa dengan sistem penggerak hidrolis dengan daya maksimum mencapai 9 ton, dengan kapasitas diameter pipa yang di rol lebih besar yaitu kisaran 0,5-2 inchi. Keunggulan dari mesin yang dibuat adalah rentang aplikasi diameter pipa yang digunakan lebih besar, kebutuhan ruang kerja yang lebih kecil, kebutuhan tenaga lebih sedikit, penggunaan lebih nyaman dan aman, serta hasil yang diperoleh lebih presisi.

Kata kunci— mesin rol pipa, konstruksi motor trail, hidrolis

Abstract

The use of dirt bikes is now starting to increase, but for new bikes is constrained by the price which is quite expensive so many popping up a motor trail modification. In carrying out the modification process, it required a pipe roller machine to form bends in motor body frame. Therefore, the purpose of this paper is to provide exposure to the design and manufacture and application of roller machines on UKM partner in the field of modification of dirt bike frame construction. The implementation methods used include observations and interviews on the constraints of the rolling process, designing and making pipe roller machines as well as testing the quality of roller pipe products and comparing with old piping machines used. The activities have resulted in pipe roller machine with hydraulic drive system with maximum power reaching 9 tons; with the capacity of the diameter of the pipe on the roll larger is the range of 0.5 to 2 inches. The advantages of the machine made are the range of application diameter used a larger pipe, space to work smaller, fewer power requirements, more convenient and safe use, and more precise results.

Keywords— pipe roll machine, trail motor construction, hydraulic

1. PENDAHULUAN

Dalam era globalisasi ini, sangat penting bagi produsen untuk memproduksi barang memiliki keandalan yang tinggi. Bending dan rolling logam umumnya digunakan dalam fabrikasi sebagai metode alternatif untuk pengecoran atau operasi penempaan

[1]. Bending dan rolling pipa adalah dua jenis proses pembentukan logam penting yang digunakan untuk membentuk pipa atau tabung secara permanen untuk berbagai aplikasi konstruksi. Mesin bending digunakan untuk membengkokkan berbagai lengkungan tunggal atau banyak dan untuk membentuk pipa sesuai bentuk yang diinginkan [2].

Sepeda motor merupakan alat transportasi umum di Indonesia dengan jumlah yang sangat banyak. Pada tahun 2017, produksi sepeda motor di Indonesia mencapai 5,88 juta [3]. Dari berbagai jenis sepeda motor, sepeda motor jenis *off road* (motor trail) merupakan salah satu jenis sepeda motor yang sangat banyak penggemarnya. Hal ini didukung dengan angka penjualannya yang cukup tinggi. Sampai kuartal I 2018, penjualan motor trail merk Kawasaki dan Honda mencapai 34.000 dan 21.961 buah dan diperkirakan naik 10% [4]. Peminat sepeda motor *off road* ini terdiri dari segala lapisan, baik golongan ekonomi kuat maupun golongan ekonomi yang lebih rendah. Hal ini dapat dibuktikan dengan banyaknya bengkel-bengkel kecil yang menerima jasa modifikasi motor harian menjadi motor jenis *off road*.

Motor trail merupakan hasil proses memodifikasi sepeda motor biasa sehingga dapat digunakan pada kondisi medan *off road*/non-aspal. Minat pengguna motor trail mulai mengalami peningkatan ditandai dengan banyak bermunculan komunitas pengguna motor trail. Pengguna trail tak hanya memanfaatkan untuk pembalap/crosser saja tetapi masyarakat umumnya telah tertarik menggunakan motor trail baik untuk kendaraan keseharian maupun untuk olahraga *off road* yaitu melampiasikan adrenalin di medan yang berat bahkan sekarang dianggap sebagai bagian dari gaya hidup. Dengan banyaknya penggemar motor trail ini maka banyak bengkel modifikasi motor trail bermunculan. Penggemar motor trail dari golongan menengah kebawah yang tidak mempunyai motor trail *built up*, umumnya melakukan modifikasi motor biasa sehingga terlihat dan memiliki kemampuan mirip dengan motor trail *built up*. Beberapa penghobi motor trail melakukan modifikasi mesin, penampilan, merubah suspensinya dan konstruksi bodi sehingga tetap bisa menikmati olahraga ekstrem ini.

Modifikasi motor sebagai salah satu industri kecil dan menengah dalam lingkup cabang sektor industri kreatif yang telah dicanangkan oleh pemerintah, diharapkan tumbuh dan berkembang seiring dengan berkembangnya teknologi yang mendukung dalam proses pengerjaannya. Dalam memodifikasi sebuah motor, tentunya tak terlepas dari faktor-faktor yang kerja manufaktur yang mendukung keberhasilan kerja modifikasi, diantaranya dengan mesin rol pipa.

Proses rol bending merupakan proses penting dalam bidang manufaktur. Mesin bending pipa sebagian besar digunakan dalam industri fabrikasi umumnya menggunakan mesin bending

menghasilkan bentuk U dan bentuk-V [5]. Di bidang otomotif, bahan pipa dan profil banyak dimanfaatkan untuk mengurangi berat kendaraan sehingga kendaraan bergerak dengan kebutuhan bahan bakar yang lebih rendah.

Bending pipa telah menjadi salah satu teknologi manufaktur kunci untuk pembentukan produk ringan. Kemajuan dalam mengeksplorasi masalah dalam pembengkokan pipa menghasilkan pengetahuan masalah umum pembengkokan pipa yaitu karakteristik lentur dan cacat, ketidakstabilan kerutan di intrados, penipisan dinding (retak) pada ekstraksi, fenomena *springback*, deformasi melintang, batas pembentuk dan proses/perkakas desain/optimasi [6]. Pada rol bending pipa, permasalahan lain yang terjadi berupa terjadinya ovalisasi atau diameter pipa tidak bundar dimana diameter terluar dari panjang vertikal memiliki kecenderungan lebih besar dibandingkan dengan panjang horisontalnya serta terjadi tekuk pada pipa berdinding tipis yang menyebabkan timbulnya kerutan dan kegagalan.

Munculnya kerutan pada proses rol bending akan menghasilkan kegagalan proses produksi. Dengan munculnya eksentrisitas, tebal dinding pipa meningkat di bagian dalam lengkungan dan menurun di bagian luar lengkungan. Semakin tipis dinding pipa dan semakin tinggi kekuatan tarik bahan maka kerutan pada pipa akan timbul lebih mudah. Kerutan timbul di daerah dalam tekukan dan di daerah sumbu horisontal. Pada kasus timbulnya kerutan di bagian dalam tekukan maka dinding pipa akan menerima beban tekan dan bila bahan berukuran langsing terbebani secara berlebih dapat menyebabkan terjadinya *buckling*/tekuk [7]. Dengan banyaknya batasan yang dapat menyebabkan kegagalan proses manufaktur rol bending maka diperlukan desain mesin rol bending pipa agar layak digunakan dan terhindar dari batasan-batasan proses rol bending.

Khalayak sasaran dari kegiatan ini adalah UKM (Usaha Kecil Menengah) bengkel "treilwork" yang berlokasi di Desa Gadungan RT 13 RW 05 Kec Wates Kab. Kediri. Bengkel ini dimiliki oleh alumni Universitas Negeri Malang di program studi S1 Pendidikan Teknik Mesin Universitas Negeri Malang. Bahkan tugas akhir yang dilakukan adalah dengan Analisis kekuatan rancangan rangka sepeda motor jenis trail dengan menggunakan software CATIA, sehingga dari kualitas desain sesuai dengan kaidah yang berlaku di dunia industri, meskipun tidak dilakukan pengujian tetapi dari produk yang telah dihasilkan dapat diterima oleh konsumen. Kelemahan dari UKM bengkel "treil work" ini adalah

terbatasnya sarana produksi yang dimiliki, untuk proses pembentukan dan pembengkokan pipa hanya menggunakan alat yang sederhana. Alat yang cukup baik untuk membentuk pipa sudah dimiliki tetapi hanya dapat melakukan proses pembentukan dengan diameter 1 inci saja padahal untuk proses pembuatan rangka dibutuhkan pipa dengan diameter yang bermacam-macam mulai ukuran ½ inci, 1 inci dan 1 ½ inci. Proses pembentukan pipa dengan diameter ½ dan 1 ½ inci selama ini dilakukan dengan menggunakan alat yang sederhana, sehingga memerlukan waktu yang lebih lama. Oleh karena itu, tujuan kegiatan ini adalah untuk meningkatkan kemampuan proses bending pipa pada bengkel “Treil Work” dengan menggunakan mendesain dan membuat alat bending pipa dengan sumber tenaga dari peralatan hidrolis sehingga dapat membantu mengatasi permasalahan proses bending pipa.

2. METODE

Kegiatan ini bekerjasama dengan UKM “TreilWork” yang berlokasi desa Gadungan, Kec. Wates, Kab. Kediri.

Metode kegiatan yang dilaksanakan, meliputi: (1) Analisis masalah/kebutuhan, dilakukan diskusi dengan UKM tentang potensi pengembangan dan kekurangan selama proses produksi; (2). Perancangan alat, melibatkan penggunaan media gambar untuk konstruksi dan analisis. Rancang bangun mesin pelengkung pipa berdasarkan analisis kebutuhan teknik di UKM mitra; (3) Pembuatan alat, dilakukan pada bengkel manufaktur; (4) Uji coba dan transfer teknologi alat dilakukan pada UKM dengan melakukan pelatihan untuk penggunaan mesin tekuk pipa tersebut. Pemberian pelatihan pada operator mesin dilakukan selain untuk melatih/menyesuaikan ketrampilan operator juga untuk memberi pengetahuan tentang prosedur penggunaan dan perawatan mesin tersebut. Tanpa penggunaan yang benar maka mesin tersebut akan cepat rusak sehingga perlu dilakukan pelatihan tentang penggunaan mesin tekuk pipa tersebut. Perawatan mesin merupakan salah ketrampilan yang harus dimiliki operator tanpa perawatan yang benar maka selain mesin cepat rusak, benda kerja yang dihasilkan juga tidak sesuai dengan yang diharapkan bahkan resiko kerusakan pada benda kerja juga besar. (5) Evaluasi hasil, untuk melihat keberhasilan kegiatan dan pemanfaatan alat secara layak dan bermanfaat.

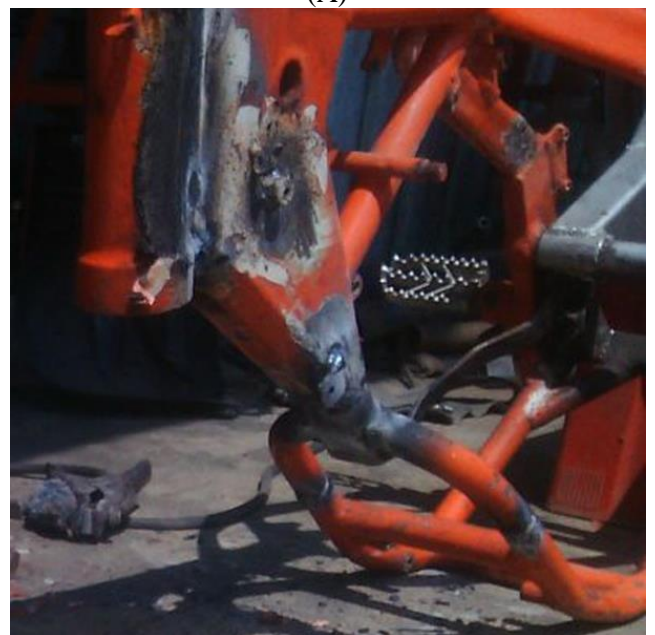
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Analisis kebutuhan

Analisis kebutuhan dilakukan dengan cara observasi ke UKM dan melaksanakan dokumentasi dan wawancara terhadap mitra UKM. Dari hasil analisis tersebut maka diketahui bahwa proses pelaksanaan pengerolan pipa pada bengkel ini dilakukan secara manual dan setiap proses pengerolan dilaksanakan secara manual membutuhkan tenaga kerja sebanyak 2-3 orang tergantung pada diameter dan tebal pipa yang dirol. Kesulitan utama adalah tenaga kerja dan waktu pelaksanaan yang lama serta kenyamanan dan keselamatan kerja yang masih rendah. Adapun peralatan rol yang digunakan bengkel ditunjukkan pada Gambar 1A.



(A)



Gambar 1. (A) Mesin Rol Pipa Manual dan (B) produk modifikasi frame motor trail di UKM mitra.

Rol manual yang digunakan membutuhkan tenaga yang sangat besar untuk menekuk pipa dan kecenderungan dimensi lengkungan sulit dikontrol atau tidak presisi karena dengan proses manual sering terjadi kejadian lengkungan dengan juring yang lebih lebar sehingga terjadi kegagalan produk.

Beberapa tuntutan yang dapat diserap dalam proses ini dan dipertimbangkan dalam desain mesin rol pipa ini yaitu (1) Tenaga penggerak utama tidak lagi menggunakan tenaga manusia; (2) mesin harus mudah dalam perawatan dan pengoperasiannya; (3). mampu memberikan keamanan kerja dari operatornya, (4). mesin rol memiliki ergonomis yang baik.

3.2 Pendekatan Pemecahan Masalah

3.2.1. Kajian Mesin Rol Pipa

Mesin rol pipa merupakan bentuk teknologi tepat guna yang berfungsi untuk melengkungkan atau membengkokkan bentuk pipa yang pada awalnya memiliki bentuk lurus panjang menjadi bentuk melengkung atau bengkok yang mana ukuran kelengkung pipa dapat diatur sesuai dengan kegunaan ataupun kebutuhannya. Mesin rol pipa dapat menggunakan penggerak berupa manual dengan tenaga manusia, atau dengan tenaga hidrolis ataupun dengan memanfaatkan energi listrik melalui motor listrik sebagai penggerak utamanya. Prinsip pelengkungan pipa adalah membutuhkan gaya penekanan pada segmen pipa yang akan dibentuk melengkung. Penekanan ini dibantu oleh rol sebagai pembentuk agar pipa tidak patah.

Secara umum, cara bekerja mesin rol adalah memiliki kemiripan antara berbagai model penggerakannya, baik secara manual ataupun hidrolis, yaitu tetap melalui roller pembentuk. Namun, penggunaan daya hidrolis pada mesin ini sangat membantu meningkatkan daya rol dan memudahkan proses pengerolan karena hanya membutuhkan sedikit tenaga untuk menggerakkan tuas penekanan/penggerak sistem hidrolis. Pada penekan dihubungkan dengan tuas hidrolis sebagai penerus tenaga hidrolisnya. Tuas ini dipasang pada pengungkit hidrolis dan diangkat naik turun secara pelan-pelan saat alat/mesin tuas hidrolis mendorong rol pembentuk. Penekanan pada roller ini akan menentukan bentuk dan ukuran hasil dari pengerolan. Agar diperoleh hasil yang lebih maksimal maka tuas digerakkan secara perlahan dan terus menerus.

Mekanisme kerja pada mesin ini adalah dilakukan dengan 2 model kecepatan. Tuas kecepatan besar untuk daya yang lebih besar dan cepat dan handle kecepatan rendah untuk pipa yang lebih kecil diameternya. Tahapan proses kerja dalam proses pelengkungan pipa dengan mesin rol ini adalah: (1) Proses mengukur pipa yang akan dikerjakan. Pada proses ini benda kerja direncanakan segmen-segmen yang akan dilengkungkan dengan proses pengerolan. Setelah itu, pada segmen pipa yang akan dilengkungkan diberikan suatu kode/tanda. (2) Proses melengkungkan pipa. Pada proses ini pipa yang sudah diberikan kode/tanda selanjutnya segera dikerjakan proses pengerolannya. (3) Proses pemeriksaan ukuran pipa yang dirol. Pada proses ini, pipa yang sudah dilengkungkan diukur/diperiksa ukuran kelengkungannya untuk memastikan ketepatan ukuran dan apabila belum sesuai maka proses pelengkungan pipa dapat diulang lagi. (4) Proses inspeksi terakhir. Pada proses ini rol yang sudah selesai dilengkungkan akan diperiksa kembali tingkat ketepatan dimensi ataupun pemeriksaan potensi cacat yang terbentuk sehingga dapat dipastikan produk tidak dalam kondisi cacat proses manufaktur.

Hampir semua UKM menargetkan harga produk yang dibuat dapat terjangkau oleh masyarakat ekonomi menengah kebawah. Oleh karena itu, desain mesin yang mampu mengurangi atau meminimalisasi biaya manufaktur dari mesin pengerol pipa, sangat dibutuhkan sehingga tulisan ini bertujuan untuk membuat desain mesin rol pipa yang fleksibel sehingga nantinya dapat mengurangi harga produk sehingga proses produksi yang dihasilkan terjangkau oleh UKM, namun tentunya dengan tidak meninggalkan prinsip kualitas dari mesin dan keamanan dan kenyamanan dalam penggunaannya.

3.2.2 Pembuatan Mesin Rol Pipa Bertenaga Hidrolis

Setelah proses pengamatan di lapangan maka dilaksanakan proses manufaktur mesin sehingga dihasilkan mesin rol pipa bertenaga hidrolis dengan dengan komponen utama berupa sistem tenaga hidrolis, berbagai jenis ukuran rol pembentuk dan rangka mesin sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.

Adapun spesifikasi dari mesin rol pipa tersebut adalah sebagai berikut:

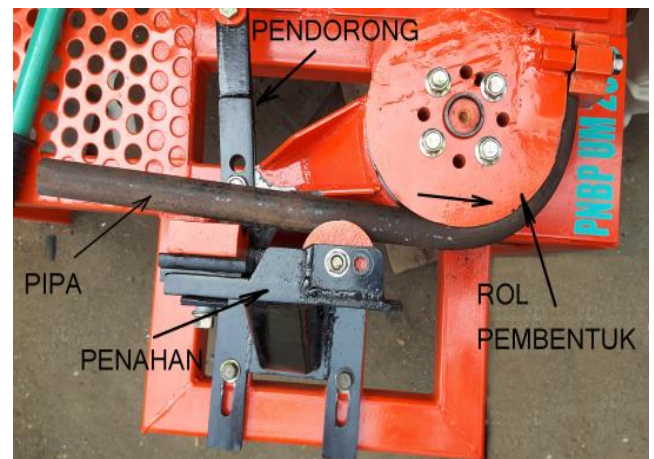
- Daya hidrolis : maksimum 9 Ton
- Panjang langkah hidrolis : 20 cm
- Diameter rol pembentuk : 15 cm, 20 cm
- Bentuk rol pembentuk : bulat dan persegi

- Ketebalan pipa yang dirol : 2.75-4.5 mm
- Diameter pipa yang di rol : 0.5 – 2 inchi
- Ukuran meja : 125x125x125 cm
- Batasan sudut rol : 180°



Gambar 2. Peralatan Rol Pipa Hasil Rancangan

Adapun cara kerja dari rol pipa seperti ditunjukkan pada Gambar 3A, yaitu pipa lurus dengan diameter tertentu di ikat pada ujungnya pada rol dengan pengikat baut dengan kuat selanjutnya penahan rol diatur sehingga tidak memberikan celah pada saat dirol. Proses pelengkungan dengan rol dilakukan dengan menurunkan tuas hidrolis dengan kecepatan tertentu sehingga mendorong rol pembentuk yang terhubung dengan lengan torsi dan memutar rol tersebut. Pipa yang telah terikat pada rol mulai terbentuk mengikuti radius dari rol pembentuk. Sudut lengkungan pipa yang dibentuk menyesuaikan dengan kebutuhan, namun maksimum sudut yang mampu dibentuk untuk sekali proses adalah 90°. Apabila diinginkan sudut kelengkungan rol maka proses dilanjutkan dimulai dari proses awal sehingga maksimum pelengkungan pipa yang dapat dilakukan sampai dengan 180°, sebagaimana produk pelengkungan yang ditunjukkan pada Gambar 3(B).



(A)



(B)

Gambar 3. (A) Proses Kerja Mesin Pembengkok Pipa; (B) Produk Pipa Hasil Proses Rol

3.2.3 Evaluasi Hasil Mesin Rol Pipa Hidrolis

Pada uji kinerja rol pipa, dilakukan dengan berbagai diameter rol pipa untuk melihat karakteristik dari alat rol tersebut. Kinerja proses pelaksanaan pembengkokan meliputi waktu proses pengerolan, kualitas hasil proses, penggunaan tenaga dan rentang aplikasi yang dapat dipakai. Uji kinerja mesin rol dibandingkan dengan kinerja mesin rol yang sebelumnya berdasarkan dari hasil wawancara dengan pengguna teknologi selanjutnya dibandingkan dengan hasil ditunjukkan pada Tabel 1.

Kendala yang masih ada pada alat ini adalah untuk diameter rol kecil (0,5 inchi), masih terjadi *springback* pada pipa berkisar antara 1-2°. Setelah dilakukan uji coba berlanjut maka problem tersebut dapat diatasi dengan menambah panjang pipa yang di rol sebesar 1 cm. Untuk pipa diameter lebih besar, fenomena *springback* ini tidak terjadi.

Tabel 1. Dampak Penggunaan Mesin Rol Pipa Hidrolis

No	Komponen	Kondisi pra penerapan teknologi	Kondisi pasca penerapan teknologi
1	Tenaga kerja	2-3 orang	1 orang
2	Lama proses rol	10 menit	10 menit
3	Sumber tenaga	Manual	Hidrolis
4	Rentang pipa yang di rol	0,5 – 1,5 inchi	0,5 – 2 inchi
5	Kualitas hasil	kurang presisi	Presisi
6	Efisiensi penggunaan ruang	Perlu ruang besar	Ruang alat kecil
7	Ergonomi	kurang nyaman	Nyaman
8	Keselamatan kerja	Kurang baik	Lebih baik

Pada kegiatan ini, proses yang paling lama dilakukan adalah tahapan pembuatan peralatan. Secara teknik, pembebanan peralatan cukup besar sehingga daya hidrolis yang digunakan mencapai 9 ton. Mekanisme pembengkokan dengan rol dilakukan dengan 2 mode langkah yang dikendalikan oleh dua tuas hidrolis yang berbeda, yaitu langkah panjang untuk pipa dengan diameter besar dan langkah pendek. Hal ini karena untuk menghindari proses variasi ketebalan pipa berlebihan pada pipa diameter kecil apabila dirol dengan kecepatan yang tinggi sehingga cenderung menghasilkan kegagalan. Variasi ketebalan dinding adalah hasil dari tekanan yang berbeda diinduksikan selama proses lentur oleh gaya aksial di dalam dan luar pipa. pipa dalam dan luar mengalami tegangan tekan dan tegangan tarik, masing-masing. Ini menghasilkan penipisan dinding tabung di bagian luar (ekstrados) dan penebalan dinding tabung di bagian dalam (intrados) [8].

Selain itu dari hasil uji coba dihasilkan nilai *springback* sebesar 1 – 2 %. Proses ini terjadi setelah proses rolling selesai dan peralatan rol dilepas dan pipa yang bengkok sedikit kembali karena sifat elastis dari bahan tabung. Ini disebut *springback* atau pemulihan elastis tabung. Selama proses pembengkokan tekanan internal dikembangkan dalam tabung dan setelah unloading, tekanan internal tidak menghilang. Setelah membengkokkan pipa, ekstrados dikenakan tegangan tarik residual dan intrados dikenakan tegangan tekan sisa. Residual ini tekanan menghasilkan momen lentur internal yang menyebabkan *springback*. Tabung terus mengalami

springback hingga momen lentur internal turun menjadi nol. Sudut *springback* tergantung pada sudut tikungan, bahan tabung, ukuran tabung, mandrel, mesin dan perkakas [9].

Selain dari sisi teknis, hal yang menguntungkan dari peralatan ini adalah dalam penggunaan tenaga kerja, dimana dengan alat ini proses rol bending pipa dapat dilakukan oleh 1 orang dengan tingkat ketelitian yang lebih baik dan rentang diameter pipa yang dikerjakan lebih besar.

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat ditarik setelah dilaksanakan serangkaian kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini adalah sebagai berikut: (1). Semua tahap kegiatan mulai dari tahap desain, produksi, ujicoba, dan evaluasi kinerja alat sudah dilakukan dengan baik, (2) Mesin rol pipa sudah digunakan untuk operasional oleh UKM mitra dengan hasil yang cukup baik, (3) Dampak langsung yang dirasakan dengan adanya mesin ini adalah efektifitas proses produksi.

5. SARAN

Bagi LP2M UM, agar hasil kegiatan ini lebih bermanfaat perlu ditindaklanjuti dengan analisis kekuatan dari pipa setelah diproses rol sehingga diperoleh proses optimum agar pipa tidak mengalami gagal saat digunakan. Selain itu, perlu dilakukan kegiatan berikutnya berupa usaha-usaha yang terkait dengan teknologi pengelasan dalam merakit frame motor dari pipa hasil proses pelengkungan yang masih banyak kendala, sedangkan bagi UKM mitra disarankan untuk dapat merawat dan menggunakan mesin yang telah dihibahkan, serta dapat mengoptimalkan penggunaan peralatan tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada LP2M Universitas Negeri Malang yang telah mendukung kegiatan ini dengan dana PNPB dengan kontrak no: 2.3.259/UN32.14/PM/2018.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Nikam, R. Kamble, N. Vhanmane, S. Sargar, and M. Shaikh, 2017, Semi-Automatic Roller Bender, *Imp. J. Interdiscip. Res.*, vol.

- 3, no. 9, hal. 2454–1362.
- [2] T. V Rohit, P. S. Ashutosh, K. V Shriraj, P. P. Akash, and P. G. Shivam, 2017, Design and Fabrication of Pipe Bending and Pipe Rolling Machine, *Int. J. Adv. Res. Ideas Innov. Technol.*, vol. 3, no. 2, hal. 561–565, 2017.
- [3] R. Rahadiansyah, 2018, 5,8 Juta Motor Baru Beredar di Indonesia Selama 2017, *detikOto*, 2018. [Online]. <https://oto.detik.com/motor/d-3805784/58-juta-motor-baru-beredar-di-indonesia-selama-2017>. [diakses: 11-Jul-2018].
- [4] A. Hidayat, 2018, Bisnis motor trail berpeluang tumbuh 10%,” *kontan.co.id*, 2018. [Online]. <https://industri.kontan.co.id/news/bisnis-motor-trail-berpeluang-tumbuh-10>. [diakses: 11-Jul-2018].
- [5] C. Chavan, A. Dhamale, S. Gaikwad, G. Jawale, and S. G. Chitnis, 2018, Design of Pipe Bending Machine, *IOSR J. Mech. Civ. Eng.*, hal. 52–56.
- [6] H. Yang, H. Li, Z. Zhang, M. Zhan, J. Liu, and G. Li, 2012, Advances and Trends on Tube Bending Forming Technologies,” *Chinese J. Aeronaut.*, vol. 25, no. 1, hal. 1–12.
- [7] S. Iswahyudi, 2011, Mekanisme pembentukan kerutan pada proses penekukan pipa, *Pros. Semin. Nas. Sains dan Teknol. ke-2*, no. 39, hal. 65–69.
-