

IBM BENGKEL LAS TEKNIK DALAM UPAYA PENINGKATAN KUALITAS RECTANGULAR PIPE BENDING PROCESS DENGAN DESAIN FLEXIBLE ROLL

R Djoko Andrijono¹, Sufiyanto²

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Merdeka Malang

Email : ¹ djoko.andrijono@unmer.ac.id, ² sufiyanto@unmer.ac.id

ABSTRAK

Penggunaan teknologi pengerolan dengan sistem roll bending sangat dibutuhkan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses produksi dengan berkurangnya waktu proses serta peningkatan kualitas produk dengan berkurangnya resiko cacat produk. Proses bending pipa persegi untuk membuat frame lengkung di bengkel teknik dengan sistem manual menghasilkan cacat tekuk pada sisi dalam, puntiran/distorsi penampang pipa, dan ketidakseragaman radius kelengkungan. Selain itu proses bending manual menghasilkan tingkat produktivitas dan efektivitasnya yang rendah. Secara umum ukuran komponen roll mesin bending pipa menyesuaikan dengan ukuran penampang pipa yang akan dibentuk. Hal ini tentunya memerlukan banyak sekali komponen roll sesuai dengan ukuran penampang pipa. Tujuan program pengabdian masyarakat ini untuk melakukan perbaikan teknologi pembentukan pada proses pengerolan pipa persegi frame lengkung di mitra bengkel teknik. Teknologi tersebut menggunakan proses roll bending dengan mesin roll mekanik yang memiliki desain flexible roll untuk penampang pipa persegi yang memungkinkan dapat digunakan pada proses roll bending dengan berbagai ukuran. Metode yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan diatas adalah perbaikan teknologi dengan membuat konsep desain dan perencanaan mesin roll mekanik yang memiliki desain flexible roll. Hasil yang diperoleh berorientasi meningkatkan efisiensi dan efektivitas proses pengerolan. Hal ini ditentukan oleh tahapan proses pengerolan yang efektif berdasarkan radius kelengkungan yang direncanakan dan jenis material serta dimensi pipa yang akan dilengkungkan. Selain itu cacat tekuk dan keseragaman radius kelengkungan hasil produk dapat dicapai dengan mengontrol tahapan proses pengerolan yang tepat dan efektif. Manfaat lain yang diperoleh dengan adanya mesin roll bending ini adalah peningkatan keuntungan dengan melakukan diversifikasi pekerjaan berupa order pengerolan pipa dari bengkel teknik yang lain.

Kata Kunci : *Roll Bending Pipa Persegi, Desain Roll Flexsible, Produktivitas, Tahapan Proses, Kualitas Produk*

PENDAHULUAN

Analisis Situasi

Rumah tinggal merupakan kebutuhan dasar bagi masyarakat khususnya di wilayah perkotaan. Tingkat urbanisasi di kota cenderung meningkat dari tahun ke tahun, sehingga kebutuhan rumah tinggal akan semakin besar. Sebagai kota wisata dan pendidikan, kota Malang menjadi suatu daya tarik bagi para investor untuk berinvestasi dibidang perumahan dan jasa. Setiap tahun bangunan-bangunan baru didirikan oleh developer atau perorangan untuk memenuhi kebutuhan rumah tinggal, pertokoan (ruko), dan perkantoran.

Seiring dengan meningkatnya jumlah rumah-rumah baru di lokasi-lokasi perumahan yang semakin banyak dibuka di

kota Malang, maka juga mengalami peningkatan kebutuhan pelengkap rumah. Pagar, tralis dan canopy menjadi salah satu kebutuhan pelengkap untuk rumah. Kondisi tersebut menjadi potensi peluang bisnis bagi bengkel-bengkel las teknik untuk melayani pesanan kebutuhan tersebut. Jenis dan spesifikasi produk kebutuhan pelengkap yang dihasilkan menyesuaikan dengan selera, ukuran dan kemampuan konsumen. Walaupun produk yang dihasilkan berdasarkan pesanan tetapi mengingat potensi pertumbuhan rumah baru di kota Malang yang cukup besar, maka bengkel las teknik ini menjadi usaha bisnis yang sangat menjanjikan.

Bengkel las teknik yang menjadi mitra

dalam program pengabdian masyarakat ini adalah **Bengkel Las Teknik Restu** yang beralamatkan di Jl. Cipir 50 RT 04/RW 03 Kedung Kandang, Kota Malang. Bengkel las teknik ini dikelola oleh saudara Suharno dan telah dirintisnya mulai tahun 2018 dengan dibantu oleh 2 orang tenaga kerja.

Material yang digunakan untuk membuat produk pagar, tralis, tangga lingkaran dan canopy terdiri dari besi profil, pipa besi, batang besi cor, plat dan hiasan besi cor sebagai aksesoris. Dalam menentukan harga produk, biasanya diperhitungkan berdasarkan luas, model, dimensi material yang digunakan serta tingkat kerumitan dalam proses pengerjaannya. Kemudian harga ditentukan berdasarkan hitungan harga per m² dikalikan dengan luas pesanan tersebut.

Permasalahan Mitra

Berdasarkan analisis situasi yang telah diuraikan di atas, terdapat beberapa permasalahan yang diperoleh berdasarkan hasil wawancara dan survey yang telah dilakukan dengan mitra usaha Bengkel Las Teknik Restu yaitu :

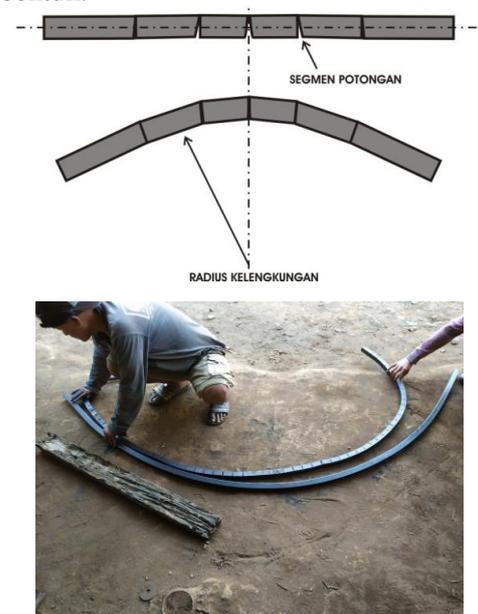
a. Permasalahan produksi

Kendala proses yang dihadapi oleh mitra adalah kesulitan dalam penanganan proses pembentukan material pipa menjadi bentuk kerangka (*frame*) lengkung untuk pagar dan canopy. Secara teknis, kerangka lengkung tersebut dibentuk dengan cara proses *bending*. Sampai saat ini, terdapat dua metode manual yang digunakan oleh bengkel las teknik untuk membentuk kerangka lengkung tersebut.

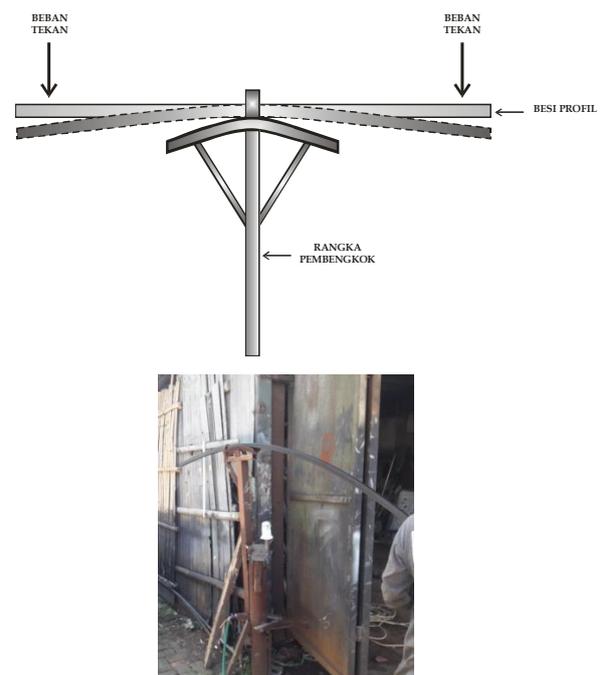
Metode yang pertama adalah **metode segmentasi** (gambar 1) yang dilakukan dengan memotong bagian pipa menjadi segmen-segmen untuk dibuat menjadi bentuk lengkung yang kemudian dilas kembali. Metode ini menghasilkan bentuk kelengkungan dengan radius lengkung yang tidak rata dan kasar. Selain itu, metode ini membutuhkan banyak proses pemotongan dan pengelasan serta pengerjaan akhir (*finishing*) pada bagian yang dilas tersebut sehingga membutuhkan waktu pengerjaan yang lama.

Metode kedua adalah **metode bending manual** (gambar 2) dengan cara membengkokkan pipa tersebut, dengan menggunakan alat bantu sederhana. Alat

bantu tersebut, adalah sebuah matras atau mal berbentuk busur yang memiliki radius kelengkungan sesuai pipa yang akan dibentuk.



Gambar 1. Metode Segmentasi



Gambar 2. Metode Bending Manual

Beberapa kendala yang terjadi terkait dengan metode *bending* manual yang terjadi antara lain :

- tidak dapat membuat kerangka lengkung dengan radius kelengkungan yang kecil. Hal ini disebabkan kemampuan deformasi pemendekan material yang terbatas dan

tidak merata disepanjang permukaan pipa sisi bagian dalam kelengkungan. Jika radius kelengkungan diperkecil, maka akan terjadi deformasi pengkerutan yang lebih besar sedangkan permukaan pipa sisi bagian dalam tidak mampu lagi memendek akibatnya pipa akan mengalami cacat tekuk (*buckling*) (gambar 3).

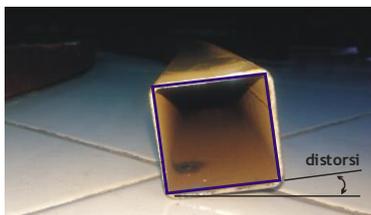
- tingkat kepresisian atau ketelitian radius kelengkungan tidak seragam dan sulit dicapai karena proses *bending* manual dilakukan hanya dengan dasar perkiraan atau pendekatan asalkan kelengkungan mendekati dengan radius kelengkungan yang diinginkan. Hal ini berakibat radius kelengkungan yang dihasilkan satu produk dengan produk yang lainnya tidak akan sama (seragam) meskipun menggunakan ukuran matras yang sama (gambar 4).
- Di samping hal tersebut, juga terjadi puntiran (distorsi) penampang pipa akibat bergesernya titik pusat sumbu antar ujung pipa pada saat dibengkokkan secara manual (gambar 5).



Gambar 3. Cacat Tekuk (*Buckling*)



Gambar 4. Radius Kelengkungan Tidak Rata



Gambar 5. Distorsi Penampang Pipa

b. Masalah manajemen produksi

Beberapa permasalahan yang terkait dengan manajemen produksi yang dihadapi mitra antara lain :

- ☑ Keterbatasan pengetahuan teknologi proses tentang teknik atau cara pengerjaan logam yang berkaitan dengan proses pembentukan logam (*metal forming*) seperti proses *bending*. Penguasaan teknologi proses akan membantu dalam proses pengerjaan yang tepat untuk mengurangi kegagalan suatu produk.
- ☑ Keterbatasan manajemen produksi tentang pengendalian proses untuk membuat perencanaan proses yang akan dilakukan. Tujuan manajemen produksi adalah agar proses produksi yang dilakukan dapat berjalan efisien dan efektif, sehingga dapat menekan biaya atau ongkos produksi. Keberhasilan pelaksanaan manajemen produksi dapat meningkatkan keuntungan usaha.
- ☑ Keterbatasan kontrol kualitas diperlukan untuk menjaga kepercayaan dan tingkat kepuasan konsumen terhadap setiap produk yang dihasilkan. Di samping hal tersebut, peningkatan kualitas akan berpengaruh terhadap daya saing produk sehingga akan selalu dicari oleh konsumen.
- ☑ Pengembangan desain konsep produk untuk produk baru dalam upaya diversifikasi produk yang dihasilkan sebagai upaya pengembangan usaha. Desain konsep produk sangat diperlukan untuk membuat produk yang memiliki inovasi, daya saing, dan kebutuhan khusus.

Kegiatan ini diharapkan menghasilkan **target dan luaran** sebagai berikut :

- Perbaikan teknologi proses pengerolan yang dapat meningkatkan kualitas dan efisiensi produksi bagi bengkel las teknik.
- Pengembangan usaha dengan menyediakan jasa pengerolan pipa sebagai bentuk diversifikasi usaha.
- Melakukan diversifikasi produk yang dihasilkan oleh bengkel las teknik seperti: perabot rumah tangga (meja-kursi, tempat tidur, rak atau lemari penyimpanan dll).
- Peningkatan efisiensi dan efektifitas proses produksi untuk menekan biaya

- produksi sehingga dapat meningkatkan keuntungan bagi mitra bengkel las teknik.
- Dapat meningkatkan daya saing usaha mitra bengkel las teknik dan mengembangkan usaha menjadi bengkel las teknik berskala menengah.

BAHAN DAN METODE

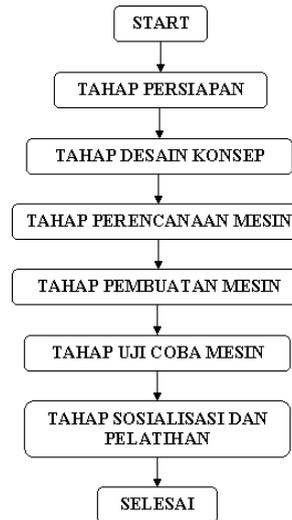
Dengan berlatar belakang masalah yang telah diuraikan di atas, maka solusi permasalahan yang ditawarkan oleh tim pelaksana Program Kemitraan Masyarakat (PKM) sebagai berikut :

- Peningkatan teknologi roll bending pipa.** Dengan dilakukannya peningkatan teknologi *roll bending* untuk membuat kerangka lengkung dengan menggunakan mesin *roll bending*, maka efisiensi dan efektifitas proses serta kualitas produk dapat ditingkatkan.
- Peningkatan teknologi proses dan kontrol kualitas, manajemen produksi serta desain konsep produk** melalui pelatihan teknologi dan manajemen produksi. Upaya tersebut, akan berdampak pada peningkatan efisiensi, keuntungan dan daya saing usaha bengkel las teknik dalam pengembangan produk yang lebih baik dan bermutu. Di samping hal tersebut, usaha bengkel las teknik ini dapat berkembang dari usaha kecil menjadi usaha berskala menengah dengan melakukan diversifikasi produk yang berkualitas.

Adapun urutan langkah-langkah kegiatan yang dilakukan untuk merealisasikan 2 solusi masalah yang telah ditawarkan di atas adalah sebagai berikut :

Solusi pertama : Peningkatan teknologi roll bending pipa.

Beberapa tahapan yang ditempuh seperti terlihat pada diagram alir berikut (gambar 6).



Gambar 6. Tahapan Peningkatan Teknologi Roll Bending Pipa

Adapun uraian kegiatan yang dilakukan pada setiap tahapan peningkatan teknologi *roll bending* pipa adalah sebagai berikut :

▪ Tahap persiapan

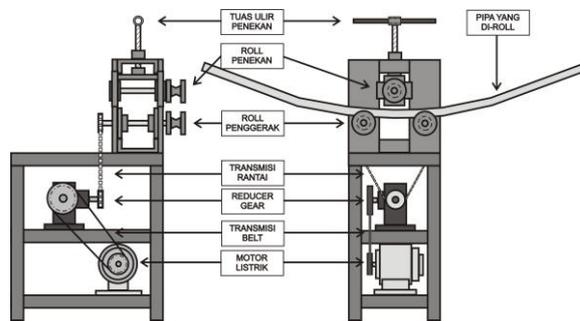
Dalam tahap ini dilakukan survey ke bengkel las teknik mitra PKM untuk mengamati proses pembentukan kerangka lengkung secara manual dan menemukan kendala yang terkait dengan proses tersebut. Selain itu juga untuk mendapatkan data-data teknis yang dibutuhkan dalam perencanaan mesin *roll bending* pipa meliputi bahan dan dimensi pipa yang akan di *roll*.

Di samping itu juga dilakukan diskusi tentang hal-hal yang dibutuhkan dalam proses pengerolan sebagai dasar awal untuk membuat konsep desain mesin *roll bending* yang akan direncanakan. Informasi tersebut antara lain : ketersediaan listrik yang mencukupi dengan adanya rencana pemakaian mesin *roll* pipa, kesiapan tenaga operator yang akan menjalankan mesin *roll*, ketersediaan tempat dan rencana tata letak di bengkel dengan adanya penambahan alat baru.

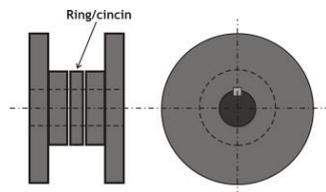
▪ Tahap desain konsep

Informasi data-data teknis yang diperoleh dari hasil diskusi dengan mitra bengkel las teknik pada tahap persiapan sebelumnya, kemudian dilanjutkan dengan mendiskusikan konsep desain mesin *roll* pipa yang direncanakan. Konsep desain yang dihasilkan adalah sebuah *lay out* mesin *roll bending* yang dapat dioperasikan dengan mudah, memiliki metode perawatan yang

tidak rumit dengan bentuk desain yang sederhana (gambar 7). Setelah konsep desain disetujui, maka dilanjutkan dengan tahap perencanaan alat.



Gambar 7. Desain Konsep Mesin Roll Bending Pipa Persegi



Gambar 8. Desain Konsep Flexible Roll

Prinsip kerja mesin roll bending pipa persegi ini adalah sebagai berikut :

- Memasang *flexible roll* (gambar 8) dan mengatur ring atau cincin roll sesuai dengan ukuran lebar pipa yang akan di-roll. Setelah itu mengencangkan mur pengunci pada poros agar posisi roll tidak bergeser.
- Roll penekan dinaikkan dengan cara memutar tuas ulir pengatur agar pipa dapat dipasang diantara roll penekan dan roll penggerak.
- Pipa yang akan di roll diposisikan di tengah-tengah antara dua roll penggerak, kemudian roll penekan diturunkan untuk memberikan gaya penekanan pada pipa.
- Motor penggerak dihidupkan, melalui transmisi putaran dan daya diteruskan ke roll penggerak I dan roll penggerak II.
- Langkah di atas diulang setelah posisi roll penekan diturunkan sampai pada tahap dimana radius kelengkungan yang diinginkan tercapai.

▪ Tahap perencanaan alat

Dalam perencanaan alat diperlukan analisa komponen-komponen dari alat tersebut, apakah komponen itu dibuat atau dibeli. Di samping hal tersebut, juga untuk

menentukan kesesuaian antara komponen yang dibeli dan yang dibuat agar tidak terjadi kesalahan dalam proses pemasangan (*assembling*).

Perencanaan dilakukan untuk menentukan dimensi dan bahan komponen yang digunakan pada mesin roll bending. Komponen-komponen yang direncanakan pada mesin roll bending pipa ini meliputi :

- daya motor yang dipakai.
- poros dan bantalan.
- sistem transmisi sabuk (*belt*), rantai (*chain*) dan *reducer gear*.
- flexible roll*

▪ Tahap pembuatan alat

Hasil perencanaan dan detail setiap komponen digunakan sebagai acuan pembuatan mesin roll bending pipa. Pengerjaan mesin ini dilakukan di bengkel dan selama proses pengerjaan tim melakukan pemantauan pembuatan mesin.

▪ Tahap uji coba

Tahap uji coba dilakukan untuk mengetahui unjuk kerja dari mesin. Berdasarkan hasil uji coba tersebut dapat diketahui apakah mesin roll bending tersebut sudah beroperasi sesuai dengan yang direncanakan, atau masih diperlukan modifikasi.

▪ Tahap sosialisasi dan pelatihan mitra

Sosialisasi penggunaan mesin dan sekaligus pelatihan untuk pengoperasian roll bending pipa tersebut, dilakukan agar mitra bengkel las teknik mempunyai kemampuan teknis dalam pengoperasian mesin. Di samping hal tersebut, juga diberikan pelatihan metode perawatan dan perbaikan ataupun penggantian komponen mesin apabila terjadi kerusakan.

Instrumen Pelaksanaan

Indikator keberhasilan yang dicapai pada pelaksanaan PKM ini adalah berdasarkan unjuk kerja atau kemampuan (*performance*) yang dihasilkan pada proses roll bending pipa. Adapun beberapa hal yang dapat dipakai sebagai indikator kinerja mesin roll bending pipa ini adalah :

- Tingkat keseragaman radius kelengkungan
- Jumlah tahapan proses
- Waktu pengerjaan
- Kemudahan proses pengoperasian alat

- e. Tingkat ketersediaan komponen dan perawatan yang mudah

Solusi kedua : Peningkatan Teknologi Proses, Manajemen Produksi dan Kontrol Kualitas Serta Desain Konsep

Kegiatan yang dilakukan disini adalah memberikan pelatihan teknologi dan manajemen kepada mitra bengkel las teknik. Adapun materi pelatihan yang diberikan meliputi :

- Teknologi proses pembentukan logam
 - Manajemen produksi dan kontrol kualitas
- Manajemen produksi yang diberikan terkait dengan :
- a. Pengendalian proses produksi untuk meningkatkan efektifitas dan efisiensi proses serta meningkatkan produktivitasnya.
 - b. Pengendalian kualitas produk agar mutu atau kualitas produk dapat dijaga, sehingga mampu meningkatkan daya saing.
 - c. Pengendalian biaya produksi untuk menekan ongkos produksi.
- Perencanaan desain konsep

Pengembangan konsep desain produk diperlukan untuk menghasilkan suatu desain produk yang inovatif, dan memiliki daya saing yang tinggi. Mitra diharapkan dapat mengembangkan dan melakukan diversifikasi produk selain produk-produk yang dihasilkan kondisi saat ini.

Dalam setiap pelaksanaan program di atas, bengkel las teknik selalu dilibatkan secara aktif agar hasil yang dicapai pada pelaksanaan program ini dapat berhasil dengan baik dan maksimal.

HASIL DAN DISKUSI

Proses Pembuatan Mesin Roll Bending Pipa Persegi

Setelah melalui tahap desain, maka dilakukan proses pembuatan mesin *roll bending* pipa persegi. Pembuatan mesin ini dilakukan di bengkel teknik yang telah bekerja sama dengan tim pelaksana PKM. Adapun hasil akhir proses pembuatan mesin *roll bending* pipa persegi dengan desain *flexible roll* dapat dilihat pada seharusnya gambar 9.

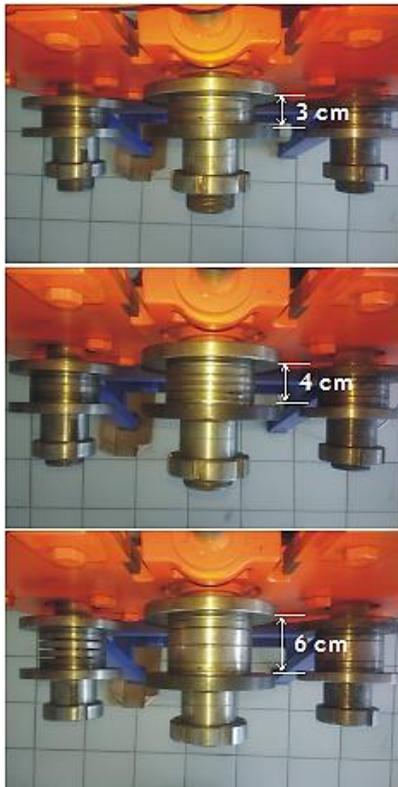


Gambar 9. Mesin *Roll Bending* Pipa Persegi

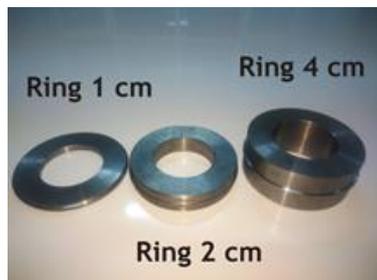
Adapun spesifikasi dari mesin *roll bending* pipa persegi ini adalah :

- Motor penggerak : 1,5 KW/ 2 HP, 220 Volt, *single phase induction motor*, 1400 rpm.
- Jenis transmisi : *belt transmission* dengan rasio kecepatan $i = 1$.
- Rasio *gear box* : 1 : 80.
- Kontrol arah putaran roll penggerak : *clock wise* dan *counter clockwise*.

Mesin *roll bending* pipa persegi ini mempunyai desain *roll flexible* yang dapat diatur lebar celahnya menjadi 3 cm, 4 cm, dan 6 cm (gambar 8). Metode ini diterapkan agar *roll* dapat digunakan untuk proses *roll bending* dengan ukuran lebar pipa kotak yang bervariasi antara 3 cm s/d 6 cm. Cara pengaturan lebar celah *roll* ini dilakukan dengan memasang ring/cincin ukuran 1 cm, 2 cm, dan 4 cm (gambar 9), sehingga diperoleh lebar celah *roll* menjadi 3 cm, 4 cm serta 6 cm.



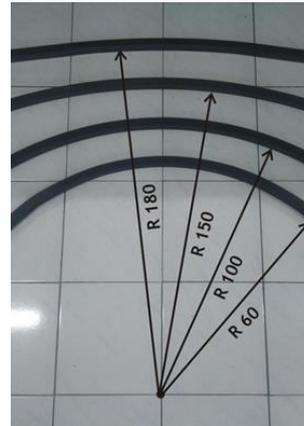
Gambar 10. Pengaturan Lebar *Flexible Roll*



Gambar 11. Ring atau Cincin *Flexible Roll*

Setelah pembuatan mesin *roll bending* selesai, maka dilakukan uji coba untuk mengetahui unjuk kerjanya. Uji coba proses *roll bending* menggunakan pipa persegi ukuran 3 cm x 3 cm dengan tebal 1.8 mm dan panjang 1.5 m. Untuk membentuk kerangka lengkung dengan radius kelengkungan 60 cm (gambar 12) diperlukan 4 tahapan pengerollan dengan lama waktu \pm 4 menit. Waktu 4 menit tersebut, sudah termasuk waktu yang dibutuhkan untuk memutar tuas ulir yang harus dilakukan untuk menurunkan posisi *roll* penekan pada setiap tahapan. Jumlah tahapan pengerollan yang dibutuhkan semakin banyak menyesuaikan dengan radius kelengkungan kerangka yang dibentuk. Semakin kecil radius kelengkungannya, maka

semakin banyak tahapan proses yang diperlukan.



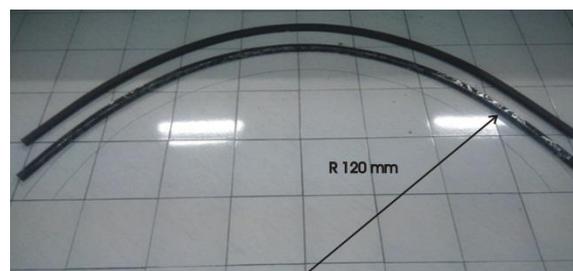
Gambar 12. Hasil Tahapan Proses *Roll Bending* Pipa Persegi

Perbandingan Hasil Proses Manual dan Proses *Roll Bending* Pipa Persegi

Untuk membentuk kerangka lengkung pipa persegi yang dilakukan oleh bengkel las teknik selama ini menggunakan metode *bending* manual dan metode segmentasi. Perbandingan produk yang dihasilkan proses manual dan *roll bending* pipa persegi dapat dilihat pada gambar 13.

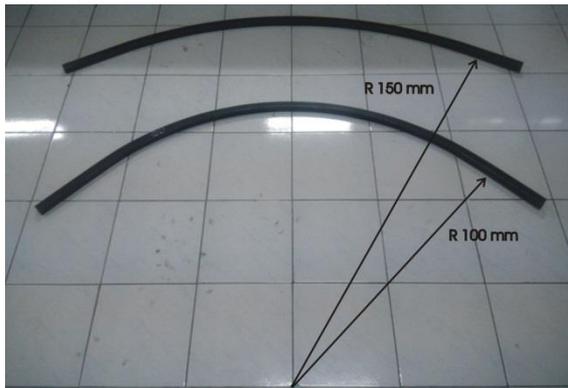
Pada proses *bending* manual, keseragaman radius kelengkungan kerangka antar produk satu dengan yang lain sulit dicapai. Radius kelengkungan yang mampu dicapai juga terbatas karena apabila terlalu kecil mengakibatkan cacat tekuk (*buckling*). Di samping hal tersebut, juga dimungkinkan terjadi puntiran (distorsi) penampang pipa antar ujung yang satu dengan ujung yang lainnya.

Pada metode segmentasi, proses pembuatan frame lengkung memerlukan proses pengerjaan yang lama dan juga dari segi kekuatan kerangka menjadi berkurang karena pipa sudah mengalami pemotongan dan penyambungan kembali dengan las.



a. Hasil Metode *Bending* Manual dan

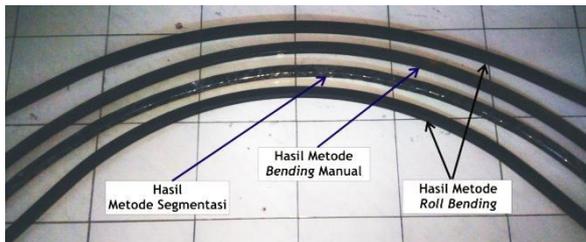
Segmentasi



b. Hasil Metode *Roll Bending* dengan Mesin

Gambar 13. Bentuk Kerangka Lengkung Yang Dihasilkan dengan Metode Segmentasi, Metode *Bending Manual*, dan Metode *Roll Bending*

Untuk membandingkan keseragaman radius kelengkungan secara keseluruhan produk yang dihasilkan dengan proses manual dan proses *roll bending* dapat dilihat pada gambar 14.



Gambar 14. Perbandingan Keseragaman Radius Kelengkungan Antara Metode Segmentasi, Metode *Bending Manual*, dan Metode *Roll Bending*

Workshop Teknologi Roll Bending

Untuk memberikan pengetahuan teknis dan kemampuan operasional proses pembuatan frame lengkung dengan menggunakan mesin *roll bending*, maka diberikan *workshop* teknologi *roll bending* kepada mitra bengkel las teknik. Teknis operasional, metode perawatan, perbaikan mesin sangat dibutuhkan mitra untuk menunjang tercapainya efektivitas dan efisiensi proses *roll bending* serta menghindari terjadinya cacat produk. Materi *workshop* tersebut, disampaikan oleh praktisi yang mempunyai kemampuan teknis dalam mengoperasikan mesin *roll bending*.



Gambar 15. *Workshop Teknologi Roll Bending*

Pelatihan Teknologi Proses, Manajemen Produksi dan Kontrol Kualitas serta Desain Konsep

Dalam upaya pengembangan usaha yang lebih besar dan mempunyai daya saing, maka diperlukan peningkatan pengetahuan tentang teknologi proses yang terkait dengan pengembangan produk. Di samping hal tersebut, juga dibutuhkan kemampuan untuk melakukan diversifikasi produk yang dihasilkan.

Peningkatan produktivitas dan kualitas produk sangat diperlukan dalam pengembangan usaha yang dilakukan. Hal ini membutuhkan kemampuan tentang manajemen produksi dan kontrol kualitas yang baik.

Untuk menunjang kebutuhan mitra bengkel las teknik mendapatkan kemampuan yang dibutuhkan di atas, maka tim pelaksana program memberikan pelatihan teknologi proses, manajemen produksi dan kontrol kualitas serta desain konsep (gambar 16).



Gambar 16. Pelatihan Teknologi Proses, Manajemen Produksi dan Kontrol Kualitas serta Desain Konsep

KESIMPULAN

Secara teknis, hasil perencanaan mesin *roll bending* telah sesuai dengan konsep desain yang dibuat oleh tim pelaksana. Penerapan teknologi tepat guna yang telah dilakukan oleh tim pelaksana bertujuan untuk meningkatkan daya saing dan kemampuan usaha mitra bengkel las teknik.

Peningkatan teknologi proses, manajemen produksi dan kontrol kualitas yang baik dan tepat diperlukan dalam pengembangan usaha yang lebih besar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (DP2M) Ristek DIKTI yang telah mendanai Program Kemitraan Masyarakat (PKM) yang kami usulkan.

DAFTAR PUSTAKA/RUJUKAN

Agarwal, Rohit, 2004, *Tube Bending With Axial Pull And Internal Pressure*, A Thesis, Bangalore University, India

Divyesh D. Panchal, Alpesh M. Patel, 2016, *Experimental Investigations in Pipe Bending Methods: A Literature Review*, International Journal of Advanced Research Volume 4, Issue 4, 77-81, S'ad Vidya Mandal Institute of Technology-Bharuch, Gujarat Technological University, (India)

Donnel, David, 2010, <http://www.thefabricator.com/article/bending/a-rundown-on-rolling-machines>, diakses 15 September 2016

Ktari, Ahmed, et. all, 2012, *Modeling And Computation Of The Three-Roller Bending Process Of Steel Sheets*, Journal of Mechanical Science and Technology, DOI: 10.1007/s12206-011-0936-4

Podany, K, et. all, 2010, *Mechanics Of Square Tubes Bending And Cross Section Distorsion*, MM Science Journal, Brno University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering, Institute of Manufacturing Technology, Dept. of Metal Forming and Plastics, Brno, Czech Republic

Shengle Ren, Yinan Lai, et. All, 2011, *Intelligent Prediction of Process Parameters for Bending Forming*, The Open Mechanical Engineering Journal, School of Mechanical and Power Engineering, Harbin University of Science and Technology, Harbin 150001, China

Smith, Bill and Mark King, 2002, *Bending Square and Rectangular Tubing*, The Tube & Pipe Journal

Suthar, Dhaval T., et. All, 2015, *Final Working of Rolling Pipe Bending Machine*, IJRMET Vol. 5, Issue 1, November 2014 - April 2015, ISSN : 2249-5762 (Online) | ISSN : 2249-5770 (Print)

V. Thorave Rohit, et. All, 2017, *Design and Fabrication of Pipe Bending and Pipe Rolling*, Machine International Journal of Advance Research, Ideas and Innovations in Technology, Volume 3 - Issue 2, ISSN: 2454-132X.