Optimalisasi Proses Manufaktur Pipa Koil Menggunakan Mesin Bubut Konvensional

Mochammad Sholeh^{1*}, Muslimin¹, dan M. Rizki Fadillah¹

¹Program Studi Manufaktur, Jurusan Teknik mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof Dr. G.A. Siwabessy
Kampus UI, Depok, 16425

Artikel info: Diterima 14 Nov 2021 | Disetujui: 25 Nov 2021 | Tersedia online : 30 Nov 2021

Abstrak

Salah satu komponen utama dengan jumlah dan keragaman sangat banyak adalah koil pipa tembaga, banyak digunakan pada industri kecil, menengah maupun besar dalam pembuatan kondensor kulkas, AC mobil, AC Rumah, Tabung destilasi, peralatan fogging dan masih banyak lagi penggunaan dari koil pipa tembaga ini. Dengan banyaknya penggunaan ini mendorong masyarakat untuk bisa turut membuat menggunakan peralatan sederhana yaitu memanfaatkan mesin bubut konvensional sebagai pemintal atau penggerak utamanya. Sering dijumpai proses pembuatan yang kurang memperhitungkan aspek teknis maka muncul kerutan atau wrinkling yang mengurangi kemampuan pengaliran fluida didalamnya. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh antara diameter pipa tembaga dengan ukuran diameter mandrel yang dipergunakan. Dalam penelitian ini variasi yang digunakan ketebalan dan diameter pipa serta diameter mandrel sehingga dapat diketahui optimalisasi proses manufaktur pipa koil menggunakan mesin bubut konvensional. Disini diperoleh kesimpulan bahwa, semakin tipis pipa semakin besar kerutan dan semakin kecil diameter mandrel juga akan makin besar munculnya kerutan atau wrinkling. Penelitian akan memberikan hasil yang lebih baik lagi jika diketahui secara pasti komponen unsur pembentuk pipa tembaga yang dipakai, karena kandungan unsur pembentuk mempengaruhi kemampuan pembentukan coil tembaga itu sendiri.

Kata kunci : Pipa tembaga; Mandrel; kerutan; Mesin bubut konvensional

Abstract

One of the main components widely used and diverse in small, medium and large industries in the manufacture of refrigerator condensers, car air conditioners, home air conditioners, distillation tubes, fogging equipment is copper pipe coil. With these numerous uses, it encourages people to participate in manufacturing using simple equipment, namely the use of a conventional lathe as a spinner or the prime mover. It is often found that the manufacturing process does not consider the technical aspects, resulting in wrinkles that reduce the capacity of the fluid to flow in. This study aims to determine the effect of the diameter of copper pipe on the diameter of the mandrel used. The variations used are the thickness and diameter of the pipe, and the diameter of the mandrel so the optimization of the fabrication process of the pipe coil using a classic lathe can be seen. It is concluded the thinner the pipe, the larger the wrinkling. While the smaller diameter of the mandrel, the greater the appearance of wrinkling. Research will give a better result if the components of copper pipe forming elements used are known, since the content of the forming elements will affect the ability of coil formation.

Keywords: Copper pipe; mandrel; wrinkles; Conventional lathe

* Corresponding author E-mail address: moch.sholeh@mesin.pnj.ac.id

1. PENDAHULUAN

Pada saat ini bentuk pipa koil telah banyak digunakan pada dunia industry, misalnya pada perangkat alat penukar kalor [1], [2] umumnya digunakan untuk keperluan destilasi hingga refrigerasi. Penggunaan pipa koil lebih disukai dibandingkan pipa lurus karena memiliki luas permukaan perpindahan panas yang lebih luas dengan kebutuhan ruangan yang lebih kecil. Hal ini menjadikan perpindahan panas menjadi lebih cepat dan lebih efisien.

Pipa koil adalah pipa panjang yang dibentuk menjadi spiral heliks mirip seperti pegas menggunakan mesin khusus. Pipa koil dapat berupa koil tunggal ataupun koil ganda yang berada di bagian dalam. Pipa koil dapat dibentuk dari berbagai jenis pipa dengan variasi panjang, diameter maupun ketebalan. Diameter koil dan jarak puncak spiral juga dapat disesuaikan dengan kebutuhan. Akan tetapi hanya pipa dari bahan logam lunak yang dapat dibentuk pipa koil seperti tembaga, stainless steel, aluminium dan baja galvanis. Pembentukan pipa koil melalui tahapan proses yang membutuhkan konsistensi operasi yang terkontrol yaitu metode *three-roller bender*, *pitch rolling bender* dan *Two-Disc Coil Bender*. Seluruh peralatan pembuat pipa koil tersebut dioperasikan menggunakan tenaga hidrolik dan dikontrol oleh computer untuk mendapatkan tekukan yang konsisten. Metode tersebut sangat kompleks dengan menggunakan peralatan yang modern dan mahal sehingga sulit untuk dilakukan oleh industry kecil dan menengah yang memiliki keterbatasan peralatan dan modal.

Penelitian ini merupakan lanjutan dari penelitian tahun sebelumnya dengan hasil metode manufaktur pipa coil menggunakan mesin bubut konvensional yang telah diujicobakan menggunakan beberapa variasi proses permesinan. Tujuan penelitian kali ini adalah untuk optimalisasi proses manufaktur pipa koil menggunakan mesin bubut konvensional, dimana berdasarkan analisa sebelumnya didapatkan bahwa manufaktur pipa coil menggunakan mesin bubut dapat dilakukan dengan ditambahkan beberapa alat bantu, namun pipa coil yang dihasilkan masih terdapat *wrinkling defect* atau kerutan khususnya pada permukaan sisi dalam dari pipa koil. Terjadinya defect tersebut tentunya dapat menyebabkan terbatasnya pemanfaatan metode manufaktur pipa coil menggunakan mesin bubut konvensional ini.

Dengan memperhatikan mekanisme pembentukannya, pipa koil dapat dibuat dengan mesin bubut konvensional. Mesin bubut konvensional adalah mesin yang paling banyak digunakan pada industry manufaktur. Akan tetapi belum banyak dimanfaatkan untuk pembuatan pipa koil. Dengan memanfaatkan mesin bubut konvensional yang ada untuk membuat pipa koil maka proses akan jauh lebih efektif dan efisien karena tidak memerlukan peralatan khusus untuk membuat pipa koil. Dengan demikian, sesungguhnya industry kecil yang hanya memiliki mesin bubut konvensional dapat berperan serta.

Syarat mesin bubut konvensional yang dapat digunakan untuk membuat pipa koil adalah mempunyai feature pemakanan otomatis (*automatic feeding*) dan pembuatan ulir (*threading*). Selain itu, mekanisme perantara penggerak spindle adalah roda gigi. Mekanisme pulley dan belt memiliki resiko slip dan torsi kecil, walau tidak berpengaruh langsung kepada hasil pipa koil.

Agar proses dapat dilakukan maka diperlukan jig and fixture pada mesin bubut. Jig adalah alat bantu pengarah benda kerja, sedangkan fixture adalah alat bantu pencekam benda kerja. Mandrel berfungsi sebagai pembentuk agar keseragaman diameter koil memenuhi standart. Sebagai fixture, dirancang sebuah pencekam di ujung kiri mandrel. Feeder berfungsi sebagai pengarah sehingga dapat digolongkan sebagai jig.

2. REVIEW LITERATUR

Secara teori, proses bending yang terlalu cepat atau mendadak akan menyebabkan crack/patahan atau kegagalan proses lainnya. Material harus diberi waktu untuk berhenti mengalami proses pemuluran agar tidak melewati ultimate strength [3]

Gambar 1. Tegangan Bengkok Pada Balok Lurus.

Manufaktur pipa koil tidak lepas dari proses bending, dimana pada bagian yang mengalami bending ada tiga bagian.

Pertama bagian dalam, kemudian bagian netral yang berada ditengah dan luar. Bagian dalam akan mengalami pembebanan tekan, bagian tengah netral, artinya tidak mengalami pembebanan, sedang bagian luar mengalami beban tarik. Karena pembebanan tekan inilah akan terjadi kerutan dan juga, untuk itu perlu diperhitungkan panjang pipa yang akan dilengkungkan sebagai awal pembengkokan

Gambar 2. Panjang Pipa Yang Dibengkokkan.

Menurut Surya Putra [4] panjang pipa sebelum dibengkokkan minimal $(F + 1,57 R + F) = (2 F + 1,57 R)$ atau $(2D + 1,57 R)$ jika $(D \leq 250 \text{ mm})$

Selain itu perlu pengarah agar proses pembentukan koil bisa berlangsung dengan baik.

Menurut Ronald F. Tressel dalam patentnya menyatakan bahwa proses coiling dengan mempergunakan cairan bertekanan tinggi digunakan untuk mempertahankan tabung agar tidak berubah bentuk. Ujung saluran masuk dipertahankan dengan tekanan tetap dengan pompa dan reservoir atau akumulator untuk cairan bertekanan untuk memastikan kontinuitas tekanan yang diperlukan di seluruh pembentukan koil.

Gambar 3. Sistem Koiling Menurut Patent US No. 3739615, 19 Juni 1973

3. METODE PENELITIAN

Desain pengarah mengadopsi Surya Putra dan Ronald F. Tressel, sehingga dibentuk desain seperti gambar dibawah ini.

Gambar 4. Desain sistem pengarah

Menurut Surya Putra [4] panjang pipa sebelum dibengkokkan minimal $(F + 1,57 R + F) = (2 F + 1,57 R)$ atau $(2D + 1,57 R)$ jika $(D \leq 250 \text{ mm})$, maka ditentukan jarak antara sumbu mandrel dengan rol terdekat sebesar X.

$$X = 2 \times 10 + \left(1,57 \times \frac{62}{2}\right) = 68,67 \text{ mm}$$

Untuk diameter mandrel 77 mm, diameter pipa 10 mm, jarak X adalah

$$X = 2 \times 10 + \left(1,57 \times \frac{77}{2}\right) = 80,445 \text{ mm}$$

Untuk diameter mandrel 88,9 mm, diameter pipa 12,7 mm jarak X adalah

$$X = 2 \times 12,7 + \left(1,57 \times \frac{88,9}{2}\right) = 95,7865 \text{ mm}$$

Untuk itu agar bisa dengan baik dipergunakan dalam pengujian ini adalah 95,79 mm

jarak X dibulatkan menjadi 100 mm

Penelitian ini membuat koil pipa menggunakan mesin bubut dengan material pipa tembaga Ø 8 mm tebal 1,5 mm panjang 1000 mm, menggunakan *mandrel* berdiameter Ø 62 mm dan Ø 77 mm, masing-masing 3 koil. Selanjutnya dilakukan pengamatan dan pengukuran, apakah terjadi kerutan, ataukah perubahan ukuran secara signifikan. Hal yang sama dilakukan untuk ukuran pipa tembaga Ø 10 mm tebal 1 mm panjang 1000 mm dan pipa tembaga Ø 12,0 mm, menggunakan *mandrel* berdiameter Ø 62 mm dan Ø 77 mm, sama dengan yang sebelumnya, dilakukan pengamatan dan pengukuran, apakah terjadi kerutan, ataukah perubahan ukuran secara signifikan.

Untuk pembandingan juga dilakukan koiling menggunakan mandrel Ø 88,9 mm untuk 3 koil masing-masing pipa tembaga Ø 8 mm tebal 1,5 mm; pipa tembaga Ø 10 mm tebal 1 mm; dan khusus berdiameter 12,7 mm tebal 1 mm dilakukan pengisian pasir besi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 5. Hasil koiling pipa tembaga Ø 8 mm ketebalan 1,5 mm dengan mandrel Ø62 mm dan Ø77 mm

Pada pengujian ini dilakukan menggunakan kecepatan putar spinder 24 Rpm, pitch atau kisar 15,63 mm. Kerutan tidak nampak pada hasil koiling dengan menggunakan mandrel Ø 62 mm ataupun Ø77 mm. Karena itu pengukuran penampang pipa terhadap sumbu x dan sumbu y memiliki nilai yang sama tidak terjadi pengecilan dan atau pembesaran.

Gambar 6. Hasil koiling pipa tembaga Ø 10 mm ketebalan 1,0 mm dengan mandrel Ø62 mm dan Ø77 mm

Pada pengujian ini dilakukan menggunakan kecepatan putar spinder 24 Rpm, pitch atau kisar 15,63 mm. Kerutan nampak pada hasil koiling ini baik menggunakan mandrel Ø 62 mm ataupun Ø77 mm. Karena itu perlu dilakukan pengukuran penampang pipa terhadap sumbu x dan sumbu y memiliki nilai yang berbeda, terjadi pengecilan dan atau pembesaran.

Gambar 7. Pengukuran penampang pipa terhadap sumbu x (kiri) dan sumbu y (kanan)

Gambar 8. Persiapan Coiling pipa Ø 12,7 tebal 1 mm isi pasir besi, Mandrel Ø 88,9 mm

Gambar 9. Persiapan Coiling pipa Ø 12,7 tebal 1 mm isi pasir besi, Mandrel Ø 88,9 mm

Hasil Pengukuran Mandrel Ø 62 mm, Pipa Ø 10 mm, tebal 1 mm

Gambar 10. Grafik Hasil Pengukuran Mandrel Ø 62 mm, pipa Ø10 mm, tebal 1 mm, sumbu x

Dari grafik terlihat bahwa ukuran pipa yang semula berdiameter 10 mm mengalami perubahan, terbesar menjadi 6,35 mm dan terkecil tetap 10 mm. Kecenderungan rata-rata adalah 8,213 mm, pengecilan sebesar $(10 - 8,213) = 1,787$ mm

Gambar 11. Grafik. Hasil Pengukuran Mandrel Ø62 mm, pipa Ø10 mm, tebal 1 mm, sumbu y

Dari grafik terlihat bahwa ukuran pipa yang semula berdiameter 10 mm berubah, terbesar 11,1 mm dan terkecil tetap 10 mm. Kecenderungan rata-rata adalah 10,546 mm, pembesaran = $(10,546 - 10) = 0,546$ mm

Gambar 12. Grafik Perbandingan perubahan antara sumbu x dan y ,mandrel Ø 62 mm untuk pipa Ø 10 mm ketebalan 1mm

Dari grafik terlihat bahwa untuk mandrel Ø 62 mm untuk pipa Ø 10 mm ketebalan 1mm perubahan terhadap sumbu x berbanding lurus dengan perubahan terhadap sumbu y

Hasil Pengukuran Mandrel Ø 77 mm, Pipa Ø 10 mm, tebal 1 mm

Gambar 13. Grafik Hasil Pengukuran Mandrel Ø 77 mm, pipa Ø10 mm, tebal 1 mm, sumbu x

Dari grafik terlihat bahwa ukuran pipa yang semula berdiameter 10 mm mengalami perubahan, terbesar menjadi 10 mm dan terkecil tetap 6,85 mm. Kecenderungan rata-rata adalah 8,39 mm, pengecilan sebesar $(10 - 8,397) = 1,603$ mm

Gambar 14. Grafik Hasil Pengukuran Mandrel Ø77 mm, pipa Ø10 mm, tebal 1 mm, sumbu y

Gambar 15. Grafik Perbandingan perubahan antara sumbu x dan y, mandrel Ø 77 mm untuk pipa Ø 10 mm ketebalan 1mm

Dari grafik terlihat bahwa untuk mandrel Ø 77 mm untuk pipa Ø 10 mm ketebalan 1mm perubahan terhadap sumbu x berbanding lurus dengan perubahan terhadap sumbu y

5. KESIMPULAN.

1. Guider Roller yang dibuat memenuhi persyaratan sehingga bisa menghasilkan coiling yang bagus.
2. Semakin kecil ukuran mandrel akan menghasilkan kerutan lebih besar
3. Semakin tipis pipa kerutan yang terjadi akan membesar
4. Penggunaan isian pasir besi pada pipa mampu menghilangkan terjadinya kerutan pada proses coiling pipa karena tekanan merata, ukuran kearah sumbu y lebih besar dari ukuran kearah sumbu x atau bentuk cenderung kearah ellips
5. Perubahan penampang kearah sumbu x sebanding dengan perubahan penampang kearah sumbu y

REFERENSI

- 1 H. Ju, Z. Huang, Y. Xu, B. Duan, Y. Yu, Hydraulic performance of small bending radius helical coil-pipe, J. Nucl. Sci. Technol. 38 (2001) 826–831. <https://doi.org/10.1080/18811248.2001.9715102>.

2. SHI Zhi-hui, FAN Jia, XU Li, LIU Yuan-wei, Mechanical Study of Bending Coiled Tubing on Reel, J. Dalian Jiaotong Univ. 5 (2011).
3. S. Tong, D. Gao, Elastic–Plastic Limit Load of Coiled Tubing Under Complex Stress State, Arab. J. Sci. Eng. 43 (2018) 6595–6607.
<https://doi.org/10.1007/s13369-018-3410-0>.
4. S.L. Wang, S. Lei, J. Zhou, H. Xiao, Y. Yang, Z.H. Feng, Theory of springback and numerical simulation of helical springs after cold coiling, J. Cent. South Univ. (Science Technol. 42 (2011) 373–378.
5. R.S. Khurmi, J.K. Gupta, Machine Design, Eurasia Publishing House (PVT) Ltd, Ram Nagar, New Delhi-110055, 2005
6. <https://suryaputra2009.wordpress.com/2012/03/03/perhitungan-kelonggaran-pembengkokkan-plat-pipa/>
7. Tressel.Ronald F.,Method Of Making Wrinkle-Free Thin-Walled Coiled Tubing, United States Patent-3739615, June 19, 1973