

# APLIKASI MESIN PENGELASAN DAN Pengerolan UNTUK INDUSTRI UKIR TEMBAGA DAN KUNINGAN

Seno Darmanto<sup>1</sup>, Adi Nugroho<sup>2</sup>, Yusuf Umardhani<sup>3</sup>, Eko Julianto Sasono<sup>4</sup>

*Program Diploma III Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro<sup>1</sup>  
senodarmanto@gmail.com*

*Fakultas Ilmu dan Politik Universitas Diponegoro<sup>2</sup>*

*Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro<sup>3</sup>*

*Program Diploma III Teknik Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro<sup>4</sup>*

*Kegiatan pengabdian bagi Industri Ukir Kuningan dan Tembaga di Cepogo Boyolali Jawa Tengah telah meningkatkan kualitas produksi berbasis ekspor. Di bagian produksi, beberapa peralatan yang telah disempurnakan meliputi peralatan perancangan (desain) dan gambar (drafting), pengerolan dan pengelasan. Penyempurnaan rancang bangun peralatan rol pipa dilakukan untuk memperbaiki proses pembentukan pipa untuk profil lengkung di industri kuningan dan tembaga. Proses rancang bangun dilakukan di laboratorium dan industri mitra. Metode pelaksanaan rancang bangun peralatan rol pipa terdiri dari penentuan desain, penentuan bahan dan alat ukur, pembuatan, uji unjuk kerja, praktek unjuk kerja di industri dan perawatan. Peralatan rol pipa didesain untuk beberapa ukuran yakni 0,5 inch, 0,75 inc, 1 inch, 1,25 inch, 1,5 inch dan 2 inch. Bahan rol pipa yang berupa mal cetakan terbuat dari besi cor. Selanjutnya pengujian unjuk kerja peralatan rol dengan mengerol pipa menunjukkan bahwa target waktu pengerolan untuk profil lengkung atau profil S membutuhkan waktu 2 – 4 menit dan relatif tergantung dengan keahlian operator. Perawatan peralatan rol pipa relatif sederhana dan lebih banyak difokuskan pada perawatan mesin penggerak. Selanjutnya instalasi las asetelin terdiri dari tabung oksigen, katup pengaturan, tabung asetilen dan katup pengaturan, selang distribusi gas, alat ukur tekanan dan injektor nyala las. Las asetelin di industri ukir tembaga dan kuningan CV Pamungkas dimodifikasi dengan gas LPG.*

*Kata kunci: perancangan, plat, pipa, rol, profil, ukir*

## 1. Pendahuluan

Industri Ukir Tembaga dan Kuningan Pamungkas merupakan salah satu industri tembaga dan kuningan yang masih eksis di Banaran Cepogo Boyolali. Produk utama Industri Ukir Tembaga dan Kuningan Pamungkas adalah benda/perabot ukir tembaga dan kuningan untuk rumah tangga. System produksi menerapkan pola produksi massal dan juga permintaan/pesanan konsumen. Produk ukir tembaga dan kuningan secara massal rata-rata bersifat sederhana, ukuran kecil dan dibuat dengan jumlah terbatas sehubungan dengan terbatasnya permodalan. Produk ukir tembaga dan kuningan meliputi hiasan dinding/kayu penyangga, lampu, guci, mangkok, foto pahlawan, patung, kaligrafi dan produk ukir lainnya.

Produk ukir dengan desain rumit dan ukuran relative besar masih menjadi kendala bagi industri ukir tembaga dan kuningan selevel industri kecil dan menengah di daerah Cepogo. Kesulitan utama industri dalam menghasilkan produk dengan desain yang rumit dan ukuran besar sebenarnya bukan pada penguangan ide/gagasan awal namun lebih banyak terletak pada proses pengerjaan (pembentukan). Gagasan dan inovasi yang baru umumnya akan menemui kendala saat melakukan proses pembentukan di unit produksi. Proses pengerjaan produk yang sederhana dapat ditempa dengan peralatan tangan. Namun untuk desain yang rumit, proses pengerjaan perlu dilakukan dengan bantuan peralatan atau mesin. Proses pengerjaan produk

dengan tingkat kesulitan yang rumit umumnya pada desain produk berbahan baik plat atau pipa (persegi atau lingkaran) yang ada profil lekukan atau belokan meliputi lampu gantung, kap (rumah, teras atau taman), guci ukuran besar, kaligrafi, stupa (masjid, candi,tempat ibadah), hiasan gapura dan produk hiasan luar.

Penyelesaian akhir produk ukir tembaga dan kuningan merupakan tahap penting untuk memunculkan nilai-nilai seni ukir meliputi bentuk, keunikan, keindahan, pancaran sinar/cahaya, kehalusan dan estetika. Pengerjaan produk di tahap penyelesaian akhir secara umum terdiri dari pembetulan bentuk dan ukuran, penghalusan permukaan, pewarnaan dan pemolesan. Pembetulan bentuk dan ukuran dilakukan dengan proses pengelasan, grinding dan polishing. Penghalusan permukaan dikerjakan dengan proses polishing baik polishing manual dengan amplas (berbagai grid) dan polishing mesin. Kemudian pewarnaan dilakukan pada bagian-bagian sambungan, las, pelapis dan bagian-bagian yang belum memancarkan warna tembaga dan kuningan dengan sistem semprot. Logam tembaga dan kuningan sebenarnya sudah memiliki warna yang khas. Dan pemolesan dilakukan untuk menumbuhkan dan memunculkan efek kilau dan cahaya yang khas pada produk ukir. Dalam praktek di industri, ada beberapa peralatan untuk mendukung pengerjaan produk di tahap penyelesaian akhir meliputi peralatan tangan (*hand tool*), gerinda mesin, mesin polishing dan bahan kimia.

Pengerolan merupakan proses pembentukan bahan yang diarahkan pada pengurangan ketebalan yang disertai dengan peningkatan kekuatan akibat regangan yang diterima selama pengerolan. Bahan logam dapat mengalami perubahan bentuk (deformasi) melalui proses pembentukan (*forming*). Bahan mengalami perubahan bentuk jika bahan menerima tegangan yang melebihi tegangan luluh (*yield*) (Vlack, 1981; Juvinall, 1967). *Rolling* merupakan proses deformasi yang berhubungan dengan ketebalan dan dilakukan dengan gaya kompresi oleh roll yang berputar secara berlawanan yang dibebankan pada material (Groover, 1996). Proses pengerolan yang awalnya berhubungan dengan ketebalan berkembang menjadi *flat rolling*, *shape rolling*, *rolling mill* dan operasi pengerolan lain. Kondisi pengerjaanpun berkembang menjadi pengerjaan kondisi panas (*hot rolling*) dan pengerjaan dingin (*cold rolling*). Modifikasi kondisi dan teknik pengerjaan *rolling* difokuskan pada reduksi tegangan sisa (*residual stress*) yang menyebabkan cacat, kekuatan rendah dan patah. Pengerjaan pembentukan dengan pengerolan (*shape rolling*) merupakan pembentukan (*deformed*) bahan menuju profil bentuk yang dikehendaki (Groover, 1996). Tegangan yang terjadi dapat berupa tarik, tekan, geser dan tegangan kombinasi. Adanya penurunan ketebalan, bahan akan lebih mudah dibentuk ke profil yang diinginkan. Jenis-jenis ornamen di permukaan bahan juga dapat dimunculkan secara paksa melalui proses pengerolan. Bentuk permukaan rol silinder akan mempengaruhi permukaan bahan yang dikenai proses pengerolan. Dalam praktek di lapangan atau industri, mekanisme peralatan pengerolan terdiri dari roll yang berputar, transmisi daya, motor penggerak dan panel atau pengatur gerakan roll. Selanjutnya untuk bentuk produk pengerolan tertentu, bentuk roll dapat dimodifikasi sesuai dengan bentuk benda yang akan dirol dan tujuan pengerolan (Khurmi, 1980).

Pengelasan merupakan penyambungan dua bahan atau lebih yang didasarkan pada prinsip-prinsip proses difusi, sehingga terjadi penyatuan bagian bahan yang disambung. Pengelasan juga didefinisikan sebagai proses penyambungan logam menggunakan tekanan, panas, atau busur listrik. Pada proses pengelasan, logam pengisi (*filler metal*) dan benda kerja dipanaskan dengan busur listrik atau gas sehingga mencair dan membeku bersama. Kemajuan ilmu pengetahuan di bidang elektronik melalui penelitian yang melihat karakteristik atom, mempunyai kontribusi yang sangat besar terhadap penemuan material baru dan sekaligus bagaimana menyambungnya. Pemanasan logam yang akan disambung dapat berasal dari

pembakaran gas atau arus listrik. Beberapa gas dapat digunakan, tetapi yang sangat populer adalah gas acetylene yang lebih dikenal dengan gas karbit. Selama pengelasan, gas acetylene dicampur dengan gas oksigen murni. Kombinasi campuran gas tersebut memproduksi panas yang relatif lebih tinggi di antara campuran gas lain. Di sisi lain, pencairan logam saat pengelasan menyebabkan adanya perubahan fasa logam dari padat hingga mencair. Ketika logam cair mulai membeku akibat pendinginan cepat, maka akan terjadi perubahan struktur mikro dalam deposit logam las dan logam dasar yang terkena pengaruh panas (*heat affected zone/HAZ*). Selanjutnya setiap logam yang dipanaskan mengalami pemuaian dan ketika pendinginan akan mengalami penyusutan. Fenomena ini menyebabkan adanya ekspansi dan kontraksi pada logam yang dilas. Ekspansi dan kontraksi pada logam yang dilas ini menurut istilah metalurgi dinamakan distorsi. Dan penyatuan dua logam akan membentuk beberapa bentuk dasar sambungan las meliputi butt joint, fillet joint, lap joint edge joint, dan out-side corner joint

Kegiatan pengabdian bagi Industri Ukir Kuningan dan Tembaga di Cepogo Boyolali Jawa Tengah dilakukan untuk meningkatkan kualitas produksi dan manajemen berbasis ekspor. Dan untuk mencapai kapasitas dan kualitas produk ukir tembaga dan kuningan, tim pengabdian telah menyusun langkah kerja atau kegiatan pengabdian terutama pendalaman akan perbaikan dan penyempurnaan unit produksi terutama di tahap pengerjaan pengelasan dan pengerolan dan merumuskan indikator keberhasilan.

## 2. Metode

Material ukir pada saat sebelum pengerjaan (bahan baku) berbentuk plat lembaran dan pipa (lubang dan pejal). Jenis bahan plat dan pipa dapat menggunakan tembaga, kuningan dan aluminium. Khusus bahan plat tembaga, industri ukir umumnya menggunakan plat tembaga tebal 0,4 mm - 0,6 mm. Pengerjaan produk pada prinsipnya dilakukan dengan pembuatan sampel untuk mendapatkan persetujuan dari konsumen/pembeli. Selanjutnya di tahap proses produksi, pada prinsipnya ada 6 (enam) tahapan pengerjaan meliputi pembuatan gambar kerja atau MAL, pemotongan plat tembaga (bedahi plat), proses menyambung plat tembaga, proses membuat bentuk dan motif (bentuk dan babar), proses merangkai bagian bagian meja dan proses finishing dan pewarnaan. Pembuatan mal berbahan dari kertas karton atau triplek. Selanjutnya pemotongan plat tembaga atau dalam istilah sehari-hari “mbedahi plat”,

dilakukan dengan menyesuaikan ukuran mal yang telah dibuat dari kertas karton atau triplek di atas. Proses selanjutnya adalah pengerjaan penyambungan yang sebagian besar dilakukan dengan menggunakan mesin las. Dan pengerjaan selanjutnya merupakan proses membuat bentuk dan motif (bentuk dan babar). Proses ini dilakukan dengan memukul plat tembaga dengan martil. Tahapan pengerjaan selanjutnya adalah merangkai bagian bagian meja. Proses ini dilakukan dengan menggunakan patri parat (sejenis solder/tenol). Dan tahapan akhir pengerjaan produk adalah proses finishing dan pewarnaan. Finishing merupakan tahapan pembersihan dan menghilangkan bekas martil pada proses membuat profil. Selanjutnya pewarnaan merupakan pengerjaan memberikan tampilan warna permukaan sesuai dengan pesanan.

Rancang bangun peralatan pengelasan asetilen pada prinsipnya terdiri dari gas asetilen, gas oksigen, katup pengaturan, selang distribusi gas, alat ukur tekanan dan injektor nyala las. Dan tahapan rancang bangun mesin las adalah penyempurnaan dan rancang bangun yang disesuaikan dengan spesifikasi, bahan dan ukuran peralatan, menyiapkan gambar susunan dan rinci (teknik) pengelasan, dan menentukan langkah kerja. Analogi dengan rancang bangun peralatan las, aplikasi mesin pengerolan untuk bahan plat dan pipa di industri ukir tembaga/kuningan pada prinsipnya juga dilakukan dengan menyiapkan dan menyempurnakan model mesin, gambar susunan dan rinci, dan prosedur pengerjaan. Komponen mesin pengerolan pipa pada prinsipnya meliputi roller, poros berulir, transmisi tenaga, reduser dan penggerak. Penyempurnaan dan rancang bangun disesuaikan dengan bahan dan ukuran plat/pipa. Gambar teknik memberikan gambaran secara tiga dimensi detail dari instalasi mesin pengelasan dan pengerolan pipa tersebut. Dan langkah kerja memberikan tahapan-tahapan pengerjaan dan penyusunan peralatan las dan pengerolan pipa.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Di bagian produksi, beberapa peralatan produksi yang perlu dimodifikasi atau disempurnakan meliputi peralatan perancangan (desain) dan gambar (drafting), pengerolan, pengelasan, pelapisan dan pembubutan. Realisasi peralatan las diarahkan pada las jenis asetelin yang terdiri injektor, tabung asetelin, tabung oksigen, regulator, selang gas asetelin, selang oksigen, percabangan dan alat ukur (tekanan dan temperatur) dan rangka. Selanjutnya peralatan pengerolan pipa didesain sederhana yang terdiri dari frame plat besi, penahan pipa, penggerak hidrolik, mal cetakan dan tuas pengungkit.

Proses pengelasan di industri ukir tembaga dan kuningan secara umum digunakan untuk pemanasan, pemotongan, penyambungan, penambalan, pembengkokan dan pelubangan. Dalam praktek pengelasan sehari-hari di industri tembaga dan kuningan, instalasi las asetelin dimodifikasi dengan mengganti tabung asetelin dengan tabung gas LPG. Ada beberapa pertimbangan industri atau CV Pamungkas menggunakan gas LPG yakni penyesuaian kebutuhan pengerjaan, harga murah, tersedia secara luas, distributor gas dekat dan kemampuan pengelasan yang bersaing terhadap las asetelin. Proses pengelasan di industri ukir tembaga dan kuningan secara umum digunakan untuk pembersihan, pemanasan, pemotongan, pembengkokan dan pelubangan. Aplikasi bahan bakar LPG menekan biaya opsional cukup tinggi sehubungan harga bahan bakar LPG jauh lebih murah dari pada gas asetelin. Penurunan biaya akan maksimal apabila menggunakan tabung LPG bersubsidi kapasitas 3 kg. Dalam pengamatan dan analisa pengelasan di industri, menunjukkan bahwa beberapa tahapan pengerjaan meliputi pembersihan, pemanasan, pemotongan, pembengkokan dan pelubangan mampu dikerjakan secara baik dengan las LPG.



Gambar 1. Instalasi las asetelin yang dimodifikasi dengan tabung LPG.

Peralatan pengerolan pipa secara umum terdiri dari komponen utama dan komponen pendukung. Komponen utama peralatan pengerolan pipa terdiri dari frame plat besi, penahan pipa, penggerak hidrolik, mal cetakan dan tuas pengungkit. Selanjutnya komponen pendukung peralatan pengerolan pipa terdiri dari pasak (jenis poros), ring, baut dan roda. Mesin pengerolan ditunjukkan di gambar 2.



Gambar 2. Peralatan pengerolan pipa untuk pembentukan profil lengkung

Pengujian mesin rol pipa dilakukan dengan mengerol pipa secara langsung di laboratorium. Pengerolan pipa dilakukan dalam beberapa ukuran pipa meliputi 0.5 inch, 0.75 inch, 1.0 inch, 1.5 inch, 1.75 inch dan 2.0 inch. Pengerolan pertama dilakukan pada pipa dengan ukuran 0.5 inch. Prosedur pengujian dilakukan sebagai berikut:

- Siapkan pipa diameter 0.5 dengan panjang 60 cm.
- Lepas dan buka frame plat besi atas dengan memutar ke atas.
- Ambil mal cetakan ukuran 0.5 dan pasang di ujung poros penggerak.
- Letakkan dan pasang pipa tersebut di antara mal cetakan dan penahan pipa.
- Kembalikan frame plat besi atas pada posisi semula
- Ambil tuas pengungkit dan masukkan di lubang pengungkit.
- Tekan secara berulang-ulang untuk menggerakkan mal cetakan arah maju atau mengerol pipa. Teruskan gaya penekanan hingga sudut atau radius belokan pipa sesuai dengan yang diinginkan.
- Lakukan ulang langkah di atas dengan mengatur pipa kembali untuk profil lain. Misal profil bentuk S. Dan hasil pengujian pengerolan pipa ditunjukkan di gambar 3.



Gambar 3. Uji pengerolan dengan profil S.

#### 4. Kesimpulan

Proses pengelasan di industri ukir tembaga dan kuningan digunakan untuk pemanasan, pemotongan, penyambungan, penambalan, pembengkakan dan pelubangan. Instalasi las asetelin dimodifikasi dengan mengganti gas asetelin dengan gas LPG pada pengelasan di industri tembaga dan kuningan. Peralatan pengerolan pipa secara umum terdiri dari frame plat besi, penahan pipa, penggerak hidrolik, mal cetakan dan tuas pengungkit. Selanjutnya komponen pendukung peralatan pengerolan pipa terdiri dari pasak (jenis poros), ring, baut dan roda.

#### Ucapan Terima Kasih

Kami dari hati yang paling dalam mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah terlibat dalam pengabdian ini terutama mahasiswa, teknisi dan PSD III Teknik Mesin FT Undip. Terima kasih kepada DP2M DIKTI melalui Skim Iptek bagi Produk Ekspor yang telah mendanai kegiatan pengabdian melalui Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (Ditlitabmas) Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi (Ditjen Dikti) Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Tahun Anggaran 2014, melalui DIPA UNDIP Nomor DIPA: 023.04.02.189185/2014 tanggal 05 Desember 2013

#### Daftar Pustaka

- Brown, J, 1998, "Advanced Machining Technology Handbook", McGraw-Hill.
- Groover, M.P., 1996, "Fundamentals of Modern Manufacturing: Material, Process and Systems", Prentice-Hall, Inc, Asimon & Schuller Company.
- Juvinall, R.C, 1967, "Stress, Strain and Strength", McGraw-Will Book Company New York.
- Khurmi, R.S., 1980, "A Text Book Machine Design", Eurasia Publising House. Ltd, New Delhi.

- NN, 2003, ''Roundo Angle Bending Rolls Double-Pinch Type Model R1 Through R6'', Comeq, Inc. , [www.comeq.com](http://www.comeq.com).
- NN, 1984, ''Pipe and Tube Rolling & Bending'', Jorgenson Metal Rolling and Forming, [www.jorgensonrolling.com](http://www.jorgensonrolling.com).
- NN, 2006, ''Mesin Pengerolan Pipa'', Kontraktor.com.
- Sumanto, 2013, ''Album Produk Ukir Tembaga dan Kuningan CV Pamungkas'', CV Pamungkas Cepogo Boyolali.
- Sumanto, 2013, ''Industri Ukir Tembaga dan Kuningan CV Pamungkas di Cepogo'', Survey langsung di CV Pamungkas Cepogo Boyolali.