

PERBAIKAN PROSES PENGELASAN SEBAGAI UPAYA UNTUK MENINGKATKAN KEKUATAN DAN KEKERASAN HASIL SAMBUNGAN LAS PADA BENGKEL KONSTRUKSI DAN OTOMOTIF DI KECAMATAN LOWOKWARU KOTA MALANG

Nur Subeki ¹⁾, Ahmad Mubin ²⁾

Ringkasan

Peranan Usaha Kecil dan Menengah (UKM) dalam menunjang pembangunan daerah sangat besar. Untuk itu pemberdayaan UKM, termasuk para pemilik bengkel haruslah terus dilakukan dengan cara pembinaan penerapan teknologi, baik teknologi proses maupun desain konstruksi, sehingga dapat meningkatkan kuantitas, kualitas dan daya saingnya.

Teknologi Proses Pengelasan yang digunakan oleh para ahli las pada bengkel konstruksi selama ini masih konvensional, yang diperoleh secara turun-temurun, demikian pula desain konstruksinya belum berorientasi pada kebutuhan masyarakat luas, sehingga kualitas sambungan dan bentuk konstruksi yang dihasilkan kurang memberikan jaminan kekuatan dan kekerasan permukaan konstruksi sambungan.

Pemilihan tempat kegiatan di Bengkel Mobil A di Puro dan Bengkel Las Dalbo terletak di Desa Tlogomas dan Desa Tlogo Indah Kecamatan Lowokwaru Kota Malang, karena dilihat dari posisi kedua bengkel tersebut menempati tempat yang strategis untuk pengembangan usaha dimasa yang akan datang. Hal inilah yang mendorong diadakannya kegiatan pengabdian untuk pengembangan kedua bengkel tersebut agar menjadi lebih maju dan mapan dalam pengembangan jasa perbengkelan.

Keberhasilan penerapan IPTEK yang dilakukan adalah adanya peningkatan kemampuan tukang las dalam hal : 1). Penerapan prosedur pengelasan dengan baik yaitu: meliputi langkah persiapan dengan pembersihan permukaan yang akan dilas, penyusunan kampuh las dengan baik serta menggunakan alat pengaman standar. 2). Pelaksanaan pengelasan sudah ada peningkatan dalam memilih elektrode, arus dan media pendingin yang cocok untuk jenis pengelasan tertentu. 3) Pasca pengelasan diadakan pembersihan permukaan dan juga paniting.

Peningkatan kekerasan hasil penerapan IPTEK dengan sebelumnya adalah sebesar 2,3%. Sedangkan untuk kekuatan tarik meningkat sebesar 5,65 %. Dilihat dari sisi penambahan alat Jig and Fixture dapat meringankan ketelitian dari pergeseran konstruksi sebesar 3-5 cm.

^{1,2)} Staf Pengajar Fak. Teknik UMM

A. ANALISA SITUASI

Jumlah Bengkel Konstruksi dan Otomotif yang merupakan Usaha Kecil Menengah (UKM) di Kota Malang mengalami perkembangan yang pesat, pada tahun 1999 sejumlah 13.125 UKM menjadi 15.000 UKM pada tahun 2001. Hal ini memberikan dampak pada peningkatan penyerapan tenaga kerja dari tahun 1998 sejumlah 66.358 orang tenaga kerja menjadi 180.481 orang pada tahun 2001 atau meningkat 171%.

Usahapengembangan dan pemberdayaan UKM dalam rangka meningkatkan daya saing produknnya banyak mengalami kendala karena beberapa faktor antara lain keterbatasan pemodal, terbatasnya sumber daya manusia yang berkualitas, kurangnya pemahaman dan kemampuan dalam sains dan teknologi, kurangnya kemampuan manajemen terutama manajemen produksi dan pemasaran juga keterbatasan akses kepada sumber teknologi dan akses pasar. Untuk itu usaha-usaha peningkatan dan pemberdayaan UKM selayaknya didasarkan pada tujuan untuk mengatasi faktor-faktor yang selama ini menjadi kendala dalam pengembangan dan pemberdayaan UKM antara lain melalui kegiatan peningkatan kemampuan SDM disertai peningkatan dan penguatan teknologi serta manajemen.

Peranan Usaha Kecil dan Menengah (UKM) dalam menunjang pembangunan daerah adalah sangat besar. Untuk itu, pemberdayaan UKM termasuk para pemilik bengkel haruslah terus dilakukan yaitu dengan cara penerapan teknologi, baik teknologi proses maupun desain konstruksi, sehingga dapat meningkatkan kuantitas, kualitas dan daya saingnya.

Teknologi Proses Pengelasan yang digunakan oleh para ahli las pada bengkel konstruksi selamainimasih konvensional atau secara turun temurun, demikian pula desain konstruksinya belum berorientasi pada kebutuhan masyarakat luas, sehingga kualitas sambungan dan bentuk konstruksi yang dihasilkan tidak mampu memberikan jaminan kekuatan dan kekerasan permukaan konstruksi sambungan.

Ketidakmampuan menghasilkan suatu sambungan konstruksi dikarenakan antarlain kekuatan sambungan yang dihasilkan rendah, pada umumnya tingkat kekerasan sebuah konstruksi tidak diperhitungkan sehingga masyarakat pengguna jasa pengelasan hanya menerima hasil yang kurang memuaskan.

Oleh karena itu, harus dilakukan upaya peningkatan kualitas dari pengelasan tersebut, misalnya dengan melakukan perbaikan proses pengelasan yang lebih berorientasi kepada kebutuhan masyarakat dan meningkatkan hasil produksi pengelasan, misalnya pagar rumah, pembatas jalan, konstruksi otomotif dan lain-lain.

B. IDENTIFIKASI DAN PERUMUSAN MASALAH

Ketidaksesuaian sambungan las dengan bahan dasar antarlain sambungan kalah kuat dengan logam induk, kekerasan permukaan lasan kalah dengan logam induk, mengalami korosi akibat proses finishing yang diduga tidak sesuai yaitu dengan menggunakan media pendinginan yang salah.

Berdasarkan uraian di atas, maka dapat disusun rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana melakukan perbaikan proses pengelasan pada penyambungan

komponen konstruksi logam pada bengkel konstruksi dan otomotif melalui penerapan teknologi pengelasan.

2. Bagaimana meningkatkan kekuatan dan kekerasan permukaan logam sambungan.
3. Bagaimana memilih kuat arus dan media pendingin yang cocok sehingga meningkatkan kekuatan dan kekerasan permukaan logam sambungan.
4. Bagaimana mengembangkan profil lasan yang lebih berorientasi pada kebutuhan masyarakat.

C. TUJUAN PENERAPAN IPTEK

Kegiatan penerapan IPTEK ini sebagai pengabdian kepada masyarakat yang bertujuan agar para tukang dan pemilik bengkel pengelasan mampu:

1. Melakukan perbaikan proses pengelasan logam, baik pengelasan komponen kendaraan, konstruksi bangunan, peralatan rumah tangga dan lainnya melalui penerapan teknologi proses penyambungan logam.
2. Memperoleh hasil pengelasan yang memiliki kekuatan dan kekerasan permukaan yang lebih baik.
3. Memperbaharui dan membuat desain konstruksi yang lebih berorientasi pada kebutuhan masyarakat.

D. MANFAAT PENERAPAN IPTEK

Ditinjau dari segi IPTEK, dengan kegiatan ini diharapkan para pemilik bengkel pengelasan mampu melakukan perbaikan proses, mendapatkan hasil pengelasan yang lebih tahan terhadap pembebanan tarik, geser, tekan maupun goresan atau beban gesek, dan mendapatkan hasil pengelasan yang lebih

berorientasi kepada pasar produk konstruksi.

Ditinjau dari segi ekonomi, dengan diperolehnya proses pengelasan yang benar, maka tidak ditemui lagi penggunaan jenis elektrode yang salah, penentuan kuat arus yang cocok dan media pendingin disesuaikan dengan jenis konstruksi yang di las, sehingga tidak banyak mengeluarkan biaya yang sia-sia.

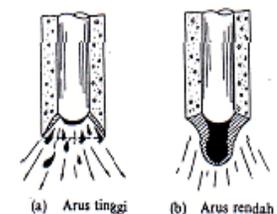
E. TINJAUAN PUSTAKA

Saat ini banyak cara-cara pengklasifikasian yang digunakan dalam bidang las. Secara konvensional cara-cara pengklasifikasian tersebut dapat di bagi dalam dua golongan, yaitu klasifikasi berdasarkan cara kerja dan klasifikasi berdasarkan energi yang digunakan (Ilman :3)

a. Las Elektroda Terbungkus

Proses pemindahan logam elektroda terjadi pada saat ujung elektroda mencair dan membentuk butir-butir yang terbawa oleh arus busur listrik yang terjadi. Bila digunakan arus listrik yang besar maka butiran logam cair yang terbawa menjadi halus seperti terlihat pada Gbr 1(a), sebaliknya bila arusnya kecil maka butirannya menjadi besar seperti tampak dalam Gbr 1(b).

Gambar 1. Pemindahan logam cair



Sumber : Toshie Okumura, "Teknologi Pengelasan Logam" hal 9

Secara umum dapat dikatakan bahwa logam mempunyai sifat mampu las tinggi bila pemindahan terjadi dengan butir-butan yang halus, sedangkan pola pemindahan cairan dipengaruhi oleh besar kecilnya arus, juga oleh komposisi dari bahan fluks yang digunakan. Selama proses pengelasan bahan fluks yang digunakan untuk membungkus elektroda mencair dan membentuk terak yang kemudian menutupi logam cair yang terkumpul di tempat sambungan dan bekerja sebagai penghalang oksidasi. Dalam beberapa fluks bahannya tidak dapat terbakar, tetapi berubah menjadi gas yang juga menjadi pelindung dari logam cair terhadap oksidasi dan memantapkan busur (Okumura :9).

Bahan fluks

Di dalam las elektroda terbungkus fluks memegang peranan penting karena fluks dapat bertindak sebagai :

1. Pemantap busur dan kelancaran pemindahan butir-butir cairan logam.
2. Sumber terak atau gas pelindung logam cair terhadap udara di sekitarnya.
3. Pengatur penggunaan.
4. Sumber unsur-unsur paduan.

Busur listrik dan Mesin Las.

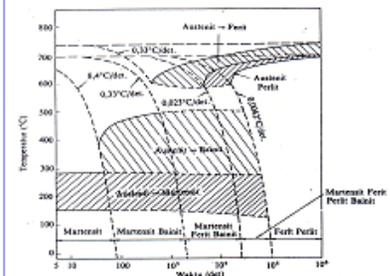
Dalam las elektroda, busurnya ditimbulkan dengan menggunakan listrik arus bolak balik (AC) atau listrik arus searah (direct current) atau listrik DC. Tetapi karena pertimbangan harga mudahnya penggunaan dan sederhananya perawatan, maka listrik AC lebih banyak dipergunakan .

b. Struktur Mikro dan Sifat-Sifat Mekanik pada Lasan

Pada umumnya struktur micro dari baja tergantung dari kecepatan pendinginannya dari suhu daerah austenit sampai ke suhu

kamar Dengan perubahan struktur ini, dengan sendirinya sifat-sifat mekanik yang dimiliki juga berubah. Hubungan antara kecepatan pendinginan dan struktur micro yang terbentuk biasanya digambarkan dalam diagram yang berhubungan dengan waktu, suhu dan transformasi (Continuous Cooling Transformation) atau CCT. Dari gambar 2. dapat dilihat bahwa kecepatan pendinginan naik yang berarti waktu pendinginan dari suhu austenit turun, struktur akhir yang terjadi berubah dari campuran ferrit-pearlit-bainit-martensit menjadi ferrit-bainit-martensit, kemudian bainit-martensit dan akhirnya pada kecepatan yang tinggi sekali struktur akhirnya adalah martensit. Kekuatan baja ferrit-pearlit batas luhurnya sangat tergantung pada ukuran butir ferrit. Hubungan ini oleh Hall-Petch dirumuskan dalam persamaan:

Gambar 2. Diagram Pendinginan Kontinue atau diagram CCT



$$\sigma_y = \sigma_0 + K.D^{-1/2}$$

Sumber : Toshie Okumura, "Teknologi Pengelasan Logam" hal 44

Di samping berhubungan dengan kekuatan, ternyata besar butir juga mempengaruhi energi patah dan perambatan retak. Penelitian-penelitian sebelumnya

menunjukkan bahwa makin halus butir-butir kristal makin rendah suhu transisi ulet-getasnya. Karena itu memperhalus butir adalah sangat tepat dalam usaha memperbaiki kekuatan dan ketangguhan (Ilman : 45)

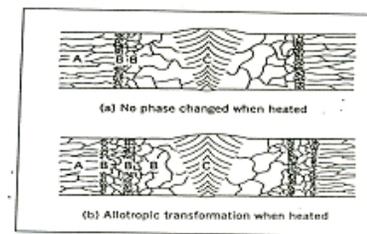
c. Siklus Termal Daerah Lasan

Dareah lasan terdiri dari 3 bagian yaitu logam lasan, daerah pengaruh panas HAZ (Heat Affected Zone) seperti pada gambar 2.4. Logam lasan adalah bagian logam yang pada waktu pengelasan mencair dan kemudian membeku. Daerah pengaruh panas atau daerah HAZ adalah logam dasar yang bersebelahan dengan logam las yang selama proses pengelasan mengalami siklus termal pemanasan dan pendinginan cepat. Logam induk tak terpengaruh adalah bagian logam dasar dimana panas dan suhu pengelasan tidak menyebabkan terjadinya perubahan-perubahan struktur dan sifat.

d. Pembekuan dan Struktur Logam Las

Cacat terbentuk dalam logam las, pemisahan atau segregasi, lubang halus dan retak. Banyaknya cacat yang terjadi tergantung dari pada kecepatan pembekuan.

Gambar 3. Perubahan Struktur Micro



Sumber : Messler, "Principle of Welding" hal 520

Pada gambar 3. ditunjukkan secara skematik proses pertumbuhan dari kristal-kristal logam las yang berbentuk pilar. Titik ini tumbuh menjadi garis lebur dengan arah yang sama dengan gerakan sumber panas. Pada garis lebur sebagian dari logam dasar turut mencair dan selama proses pembekuan logam las tumbuh pada butir-butir logam induk dengan sumbu kristal yang sama (Mesler 520)

F. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bengkel mobil Adi Puro dan Bengkel Las Dalbo terletak Di Desa Tlogomas dan Desa Tlogom Indah Kecamatan Lowokwaru Kota Malang. Dilihat dari posisi kedua bengkel tersebut menunjukkan tempat yang strategis untuk pengembangan usaha dimasa yang akan datang. Hal inilah yang mendorong diadakannya kegiatan pengabdian untuk pengembangan kedua bengkel tersebut agar menjadi lebih maju dan mapan dalam pengembangan jasa perbengkelan. Harapan lebih jauh lagi bisa menjadi perusahaan yang menghasilkan produk konstruksi yang dibutuhkan masyarakat luas.

Dilihat dari sisi pengelolannya kedua bengkel tersebut sangat sederhana dan konvensional, belum tersentuh teori teknologi dan manajemen yang baik, sehingga bisa dikategorikan usaha kecil dan menengah (UKM), yang semestinya mendapat perhatian dari pemerintah, dikarenakan mampu menampung tenaga kerja dengan ketrampilan yang rendah, misalnya bengkel A di Pura memiliki karyawan sekitar 15 orang dan bengkel Las Dalbo memiliki karyawan 10 orang.

Dilihat dari sisi kemampuan yang dimiliki karyawan, terutama dibidang pengelasan dari kedua bengkel tersebut rata-rata masih konvensional, yaitu belum banyak

mengetahui tentang teori dasar pengelasan yang benar dan bagus, biasanya kemampuan yang dimiliki karena mengikuti secara alamiah yaitu bekerja mulai dari serabutan sampai memiliki kemampuan mengelas sendiri. Dari sisi pendidikan tukang las umumnya masih SD dan SMP, dari situ terlihat bahwa tukang las yang dimiliki bengkel kurang memahami proses pengelasan yang baik dan benar baik untuk meningkatkan kekerasan, kekuatan dan bagaimana membuat permukaan yang baik dan halus yang mampu mengurangi laju korosi belum terpenuhi dengan baik apalagi sampai mendekati standart AWS (American Welding Standart).

Pertama kali sebelum penerapan IPTEK dilakukan, maka diadakan pendataan dan survey ke lapangan untuk mengetahui kondisi bengkel dan masalah-masalah yang dihadapi atau yang bisa dikembangkan terutama yang berhubungan dengan proses pengelasan, baik persiapan, pelaksanaan dan perlakuan setelah pengelasan. Pemilik bengkel sangat mendukung kegiatan pengabdian ini dan selalu menyediakan waktu untuk setiap kali diadakan wawancara. Hal ini memudahkan untuk menumuskan masalah-masalah yang ada di bengkel tersebut.

Kegiatan ini dimulai bulan Juni dengan pengumpulan data-data yang diperlukan, dari data itu dibuat spesimen benda uji di laboratorium Proses Produksi dan di uji di laboratorium Metalurgi Universitas Muhammadiyah Malang. Dari hasil pengujian terlihat bahwa dengan perubahan kuat arus yang lebih tinggi pada tegangan yang sama didapatkan hasil peningkatan kekuatan, kekerasan dan laju aliran elektroda juga meningkat. Dari sisi penggunaan media pendingin yang dibuat dari oli, minyak tanah,

udara, air dan air garam menghasilkan kekerasan permukaan yang meningkat. Dari situ disusunlah materi penyuluhan hasil peningkatan mutu pengelasan.

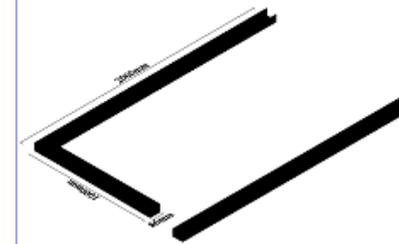
Langkah-langkah pengelasan yang dilaksanakan dengan prosedur pengelasan yang benar diantaranya adalah jadwal pembuatan, proses pembuatan, alat-alat yang diperlukan, bahan-bahan yang dipakai, urutan pelaksanaan pengelasan, persiapan pengelasan, perlakuan setelah pengelasan, dan pengaturan pekerjaan.

Proses pengelasan disesuaikan dengan bahan, yaitu tebal tipisnya plat, penentuan urutan pengelasan, type pengelasan yang digunakan, pembuatan kampuh yang cocok, pembersihan kampuh, jenis elektroda yang dipakai termasuk diameternya disesuaikan dengan kampuh, pemanasan awal untuk plat tebal, alat bantu Jig and Figure, media pendingin yang cocok dan perlakuan setelah pengelasan.

Dalam memilih proses pengelasan dititik beratkan pada proses yang paling sesuai untuk tiap-tiap sambungan las yang ada pada konstruksi. Dalam hal ini tentu dasarnya adalah efisiensi yang tinggi, biaya yang murah, penghematan tenaga dan penghematan energi sehemat mungkin.

Dari sisi desain konstruksi, untuk membuat profil yang dapat meningkatkan ketelitian dibuatlah Jig and Figure sebagai profil landasan untuk membuat bentuk konstruksi yang diinginkan lebih presisi, misalnya untuk pembuatan Pagar, Tralis dan Pintu. Hal ini sangat berbahaya ketika dipasang ukuran bergeser atau miring. Jig and Figure dibuat dari besi profil U dengan ukuran lebar dalam 8 cm dan tebal 3 mm dengan model

segi tiga yang memiliki panjang 2 meter dan lebar 1 meter, dan yang lain dibuat lurus dengan panjang 1 meter.



Gambar 4. Jig and Figure

Dari hasil monitoring terhadap keberhasilan penerapan Iptek didapatkan peningkatan kemampuan dan pengetahuan tukang las, misalnya; sudah digunakannya prosedur standar pengelasan oleh tukang las yang meliputi langkah persiapan dengan pembersihan permukaan yang akan dilas, penyusunan kampuh las dengan baik, menggunakan alat pengamanan ketika melakukan pengelasan. Langkah pelaksanaan pengelasan sudah ada peningkatan memilih elektrode, arus dan media pendingin yang cocok untuk jenis pengelasan tertentu. Setelah pengelasan diadakan pembersihan permukaan dan juga pengecatan.

Peningkatan Kekerasan hasil penerapan Iptek dengan sebelumnya ada peningkatan sebesar 2,3 % sedangkan untuk Kekuatan tarik meningkat sebesar 5,65 %. Dilihat dari sisi penambahan alat Jig and Figure dapat meningkatkan ketelitian dari pergeseran konstruksi sebesar 3-5 cm.

Respon yang kurang nyata oleh obyek disebabkan karena kedua bengkel ini hanya mengandalkan jasa pelanggan yang belum pasti, maka tingkat keberhasilan terhadap

peningkatan pelanggan tidak bisa diukur secara pasti, karena respon pelanggan terhadap hasil dari peningkatan kemampuan pengelasan relatif lama atau tahunan. Namun dari pantauan di lapangan pelanggan dari bengkel Dalbo meningkat 5 %

DATA HASIL PENINGKATAN PENERAPAN IPTEK

Tabel hasil pengujian kekerasan (HRc) sebelum dan sesudah ada penerapan Iptek

Tabel Kekuatan (Kg/mm²) sebelum ada perbaikan proses pengelasan

| Arus Ampere | Ulangan | | | Total | Rata-rata |
|-------------|---------|-------|-------|--------|-----------|
| | I | II | III | | |
| 100 | 70,4 | 69,23 | 68,45 | 208,08 | 69,34 |
| 150 | 71,25 | 73,54 | 74,99 | 219,78 | 73,24 |
| 200 | 75,55 | 74,18 | 75,33 | 225,04 | 75,05 |

Tabel Kekerasan (HRc) sebelum ada perbaikan proses pengelasan

| Arus Ampere | Ulangan | | | Total | Rata-rata |
|-------------|---------|----|-----|-------|-----------|
| | I | II | III | | |
| 75 | 39 | 44 | 45 | 128 | 42,67 |
| 90 | 41 | 45 | 44 | 130 | 43 |
| 105 | 43 | 44 | 50 | 137 | 45,67 |
| 122,5 | 47 | 45 | 51 | 143 | 47,67 |
| 140 | 50 | 48 | 44 | 142 | 47 |
| 160 | 51 | 50 | 48 | 149 | 49,67 |
| 180 | 52 | 49 | 50 | 151 | 50,33 |
| 197,5 | 53 | 52 | 49 | 154 | 51,33 |

Tabel Kekerasan (HRc) Sesudah ada perbaikan proses pengelasan

| Ams Ampere | Ukuran | | Tebal | Rakwah | |
|---------------|--------|----|-------|--------|--------|
| | I | II | | | |
| 75 | 44 | 45 | 42 | 132 | 44 |
| 90 | 44 | 43 | 47 | 134 | 45,33 |
| 105 | 51 | 48 | 45 | 139 | 44,33 |
| 122,5 | 48 | 51 | 47 | 144 | 48,447 |
| 140 | 50 | 50 | 48 | 148 | 49,33 |
| 140 | 48 | 51 | 50 | 149 | 49,447 |
| 180 | 53 | 51 | 52 | 154 | 52 |
| 197,5 | 52 | 54 | 48 | 154 | 51,33 |

Tabel Kekuatan (Kg/mm2) sesudah ada perbaikan proses pengelasan

| Ams Ampere | Ukuran | | | Tebal | Rakwah |
|---------------|--------|-------|-------|--------|--------|
| | I | II | III | | |
| 100 | 75,5 | 73,45 | 75,28 | 224,23 | 74,74 |
| 150 | 74,2 | 78,99 | 74,99 | 230,18 | 74,73 |
| 200 | 82,5 | 74,18 | 78,7 | 235,38 | 78,44 |

G. KESIMPULAN DAN SARAN

a. Kesimpulan

Dari hasil pemantauan, pelaksanaan Iptek ini cukup berhasil, hal ini bisa dilihat dari:

1. Proses pengelasan sudah menggunakan cara-cara penerapan Iptek yang benar.
2. Telah menghasilkan peningkatan kekerasan permukaan hasil lasan 2,3 %
3. Telah menghasilkan peningkatan kekuatan hasil lasan 5,65 %
4. Telah menghasilkan peningkatan ketelitian posisi profil 3-5 cm
5. Respon pemilik dan tukang las untuk mengetahui cara mengelas dan

permasalahan yang biasanya muncul dalam pengelasan cukup tinggi.

b. Saran

1. Untuk kegiatan selanjutnya adalah bagaimana membuat mesin inverter yang hemat energi dengan harga yang lebih murah.
2. Membuat Jig and Fixture yang bisa digunakan pada arah vertikal dan dapat disetel.
3. Susunan jaringan kerja yang meningkatkan efisiensi dan produktifitas karyawan dengankualitas hasil yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

Cary Howard B, "Modern Welding Technology" Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey Q7632, USA, 1994.

Messler R.W, Jr, "Principles of Welding" John Wiley & Sons, Inc. USA, 1999.

Lancaster J.F, "Metallurgy of Welding" Abington Publishing, Cambridge, England, 1999

Smith, Dave (date), "Welding Skills and Technology", by Mc. Graw Hill International Edition, Singapore, 1989.

Toshie Okumura Prof. Dr. , "Teknologi Pengelasan Logam", PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 1996.

Smith W.F, " Principles of Materials Science and Engineering" Mc. Graw Hill, 1996

Van Wlack, Sriati Djapri, "Ilmu dan Teknologi Bahan", Erlangga, 1983.

Kalpakjian Serope, "Manufakturing Engineering and Technology",

Addison-Wesly Publisng Company, New York, 1989.

Alexander W.O, "Dasar Metalurgi Untuk Rekayasawan" PT Gramedis Pustaka Utama, Jakarta, 1991

Walpole, R. E. & Raymond H. M (Terjemahan R.K. Sembiring dan Tetet Sutomo), "Ilmu Peluang dan Statistika untuk Insinyur dan Ilmuwan" ITB, Bandung, 1995

W.O. Alexander PhD, Ceng, FIM " Dasar - Dasar Metalurgi Untuk Rekayasawan" PT. Gremedia Pustaka Utama, Jakarta 1991

Ilman Nur, PhD. " Teknik Pengelasan Logam" Diktat Kuliah, UGM, Yogyakarta, 2002

Subekhi Nur, ST, Daryono I, MT "Elemen Mesin I" Malang Oktober 2002