

PENGARUH VARIASI KECEPATAN PENGELASAN PIPA BAJA KARBON RENDAH TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS MENGGUNAKAN ALAT BANTU OTOMATIS

Riswanda,* Harlian Kadir,* Waluyo Musiono Bintoro

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bandung 40012

*riswanda@polban.ac.id

ABSTRAK

Kecepatan laju pengelasan salah satu parameter yang akan mempengaruhi hasil sambungan logam terhadap sifat mekanis dan sifat fisis terutama pada daerah lasan. Proses pengelasan dengan kecepatan yang stabil akan mengurangi efek negative dari logam yang di sambung. Pada penelitian ini akan dirancang dan dibuat alat bantu pengelasan semi otomatis dengan variasi kecepatan pada proses Gas Metal Arc Welding (GMAW). Alat bantu pengelasan pipa dengan gerak otomatis diharapkan dapat melakukan proses pengelasan dengan stabil, melalui kecepatan penarikan wire atau kawat las serta sudut yang continue. Alat bantu pengelasan yang direncanakan dan dibuat merupakan rekayasa yang selama ini dilakukan secara manual, menjadi gerak otomatis. Penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan efisien, cepat dan ekonomis. Langkah-langkah penelitian yang dilakukan melalui beberapa tahap antar lain: tahap perencanaan dan pembuatan alat bantu proses pengelasan GMAW. Tahap selanjutnya adalah pengujian mesin untuk mendapatkan data kecepatan dan terakhir membuat 3 welding specimen berupa sambungan pipa dengan variasi kecepatan secara otomatis. Variasi kecepatan pada pembuatan welding specimen antara lain: 151, 175 dan 206 mm/menit dengan Amper dan voltage yang konstan serta kecepatan kawat 4 mm/menit pada pipa ukuran Ø4 inci (100 mm) dengan ketebalan 4 mm. Hasil pengamatan secara umum kesetabilan hasil lasan jauh lebih baik dibandingkan dengan menggunakan manual. Hasil uji kekuatan tarik tertinggi terdapat pada proses las kecepatan 175 mm/menit dengan nilai 381 Mpa, dan posisi patahan terjadi di daerah HAZ. Hasil tersebut menunjukkan bahwa proses las dengan kecepatan 175 mm/menit, merupakan hasil yang paling optimal. Alat bantu pengelasan pipa diharapkan memenuhi kualifikasi dan kualitas yang bisa diterima sehingga bisa digunakan serta diproduksi untuk kebutuhan masyarakat.

Katakunci: Variasi kecepatan, sifat fisis dan mekanis, gerak otomatis, las GMAW.

I. PENDAHULUAN

Pengelasan merupakan salah satu teknik penyambungan logam yang banyak dipakai pada konstruksi mesin dan struktur. Pengelasan juga didefinisikan sebagai cara/proses penyambungan dua buah logam atau lebih dengan memberikan panas yang tinggi, sehingga mencapai titik cair logam tersebut dengan atau tanpa logam pengisi. Menurut DIN (deuche industrie normen) pengelasan adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. GMAW (gas metal arc welding) salah satu proses pengelasan yang banyak digunakan dikalangan industri dan kebutuhan masyarakat pada umumnya. Proses pengelasan GMAW dengan alat bantu gerak otomatis dapat mempermudah operator

dan menghasilkan pengelasan cepat, ekonomis serta kualitas hasil yang stabil.

Alat bantu pengelasan yang direncanakan dan dibuat merupakan rekayasa yang selama ini dilakukan secara manual, menjadi gerak otomatis. Alat bantu yang direncanakan dan akan dibuat diharapkan dapat beroperasi dengan mudah pada proses pengelasan GMAW. Alat bantu tersebut di atas juga diharapkan dapat dengan cepat mengidentifikasi kesalahan pada saat proses pengelasan. Proses pengelasan dengan menggunakan alat bantu gerak otomatis tidak memerlukan operator yang ahli tetapi dapat menciptakan hasil pengelasan yang kualitasnya lebih baik.

Proses pengelasan yang baik akan menghasilkan benda kerja las yang tidak terjadi cacat berlebihan, meskipun ada cacat namun masih dalam toleransi yang telah diijinkan. Kecepatan laju pengelasan salah satu parameter yang akan mempengaruhi hasil sambungan logam terhadap sifat mekanis dan sifat fisis terutama pada daerah lasan. Proses pengelasan dengan kecepatan yang stabil akan mengurangi efek negative dari logam yang di sambung. Pada penelitian ini akan dirancang dan dibuat alat bantu pengelasan gerak otomatis dengan variasi kecepatan pada proses Gas Metal Arc Welding (GMAW).

Beberapa tahapan proses yang akan dilakukan antara lain: proses perancangan, pembuatan meja penopang, penentuan letak motor penggerak dan rangkaiannya, pemasangan motor beserta aplikasinya pada meja penopang (assembly). Tahap berikutnya akan dilakukan proses pengujian terhadap alat (running test) yaitu sinkronisasi dengan mesin las yang akan digunakan. Setelah alat berfungsi dengan baik langkah berikutnya adalah pembuatan welding specimen dengan variasi kecepatan pengelasan menggunakan kuat arus dan voltase yang tetap. Terakhir yang akan dilakukan adalah pembuatan dokumen alat bantu pengelasan tersebut agar dapat dipakai sebagai acuan bila akan dilakukan kegiatan perbaikan pada alat bantu tersebut. Alat bantu pengelasan gerak otomatis diharapkan memenuhi kualifikasi dan kualitas yang bisa diterima sehingga bisa diproduksi untuk kebutuhan masyarakat.

II. METODOLOGI

Material

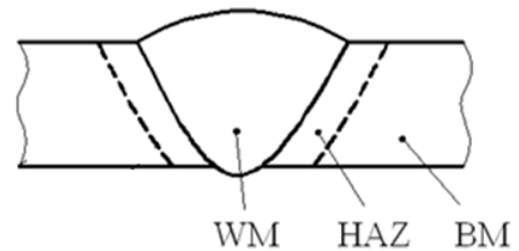
Material yang digunakan yaitu pipa baja karbon rendah diameter 4 inchi, tebal 4 mm, dengan bahan pengisi ER 70S-G/AWS A5.18, diameter 1,2 mm

Proses Pengelasan

Proses yang dilakukan dalam penelitian ini adalah las GMAW menggunakan alat bantu kecepatan otomatis dengan 3 variasi kecepatan pengelasan antara lain: 151, 175 dan 206 mm/menit.

Karakterisasi Mikrostruktur.

Struktur makro dan mikro hasil pengelasan dapat dianalisa dengan pengamatan pada arah transversal. Spesimen disiapkan melalui tahapan sebagai berikut: pemotongan, penggerindaan, pemolesan (*polishing*) dan dietsa, kemudian diamati dengan mikroskop optik. Posisi pemotretan struktur mikro ditunjukkan pada Gambar 1.

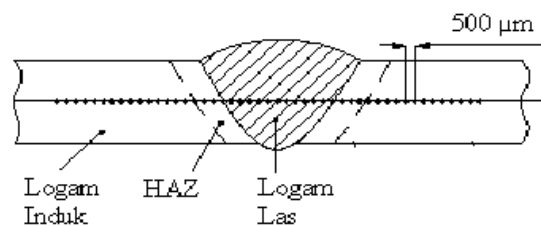


Gambar 1. Posisi pengambilan foto mikro

Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan mikro untuk mengetahui distribusi kekerasan didaerah *base metal (unaffected zone)*, *heat affected zone (HAZ)*, dan *weld metal (WM)* dari masing-masing hasil proses pengelasan, dilakukan dengan metoda pengujian *Vickers* menggunakan beban 100 gr dengan jarak antara titik pengujian 500 μm , ditunjukkan pada Gambar 2. Kekerasan *Vickers* dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 1.

$$1) \quad VHN = \frac{2.P.\sin(\theta/2)}{d^2} = 1,854 \frac{p}{d^2} \left(\frac{kg}{mm^2} \right) \dots$$



Gambar 2. Posisi pengambilan uji kekerasan

Pengujian Tarik

Proses pengujian tarik dilakukan pada arah transversal dan spesimen dibuat sesuai dengan standar *ferrous metal* ASTM 04, seperti terlihat pada Gambar 3. Pengujian dilakukan secara umum untuk melihat perbandingan antara kekuatan tarik dari material awal (logam induk) dan material setelah proses pengelasan. Data hasil pengukuran uji tarik selanjutnya diolah dengan menggunakan persamaan 2 dan 3.

Tegangan Teknik (*Engineering Stress*):

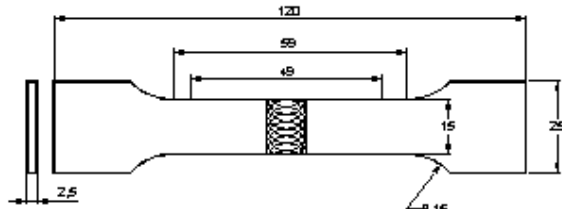
$$\sigma = \frac{F}{A_0} \dots\dots\dots 2)$$

Regangan Teknik (*Engineering Strain*):

$$\epsilon = \frac{L-L_0}{L_0} = \frac{\Delta L}{L_0} \dots\dots\dots 3)$$

dimana:

- σ = Tegangan tarik (MPa)
- ε = Regangan (%)
- F = Beban (N)
- A_0 = Luas penampang mula-mula (mm²)
- L_0 = Panjang spesimen mula-mula (mm)
- L = Panjang spesimen setelah pengujian (mm)



Gambar 3. Spesimen uji tarik standar ASTM 04 [1]

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian alat dilakukan untuk mengetahui kesetabilan dan variasi kecepatan yang dihasilkan melalui besaran frekuensi inverter yang menggerakkan motor kemudian dilengkapi dengan gear box penggerak chuck 3 rahang sebagai pemegang benda uji dengan gerak putar yang dikonversi menjadi gerak linier. Data pengujian didapat melalui pengukuran gerak linier dalam mm terhadap waktu tempuh dalam menit.

Tabel 1. Hasil uji kecepatan spindel

No	Frekuensi	Kecepatan (mm/min)	Pembulatan (mm/min)
		Pengujian	
1	2	57,2	57
2	3	90,2	90
3	4	120,8	121
4	5	151	151
5	6	175,3	175
6	7	207,5	206
7	8	250,1	250
8	9	271,3	271
9	10	302,8	303
10	11	331,1	331
11	12	356,7	357
12	13	380,7	381
13	14	415,3	415
14	15	448,1	448

Analisa secara visual

Berdasarkan referensi kecepatan pengelasan 30 cm/menit dengan arus 250 A (Pranowo S, 2011), maka dengan pendekatan tersebut serta tabel diatas 3 variasi kecepatan adalah frekuensi 5, 6 dan 7 Hz

dengan kisaran kecepatan antara lain: 151, 175 dan 206 mm/menit. Gambar 4

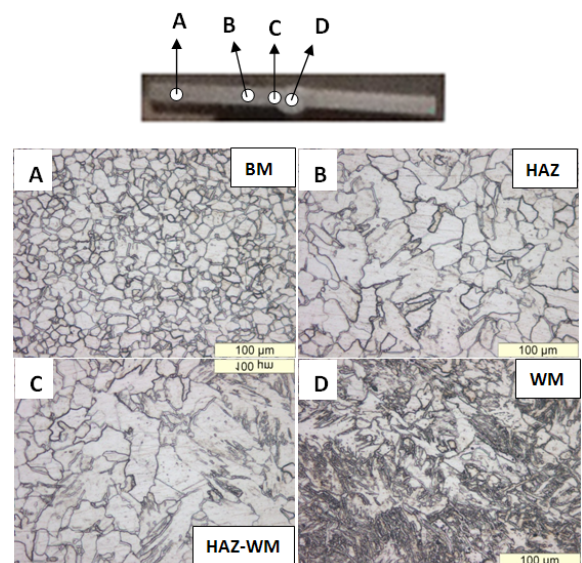


Gambar 4. Spesimen uji kecepatan 151, 175 dan 206 mm/menit

Hasil pengamatan visual Gambar 4 terlihat perbedaan bentuk alur dan jumlah deposit (penambahan), kecepatan 206 mm/menit indikasi terlalu cepat sehingga dihasilkan tali las kecil dan terjadi *undercut*. Kecepatan 151 mm/menit kampuh las melebar serta terlihat hitam ini terindikasi *over heat*, atau *heat input* terlalu besar. Hasil pengamatan visual kecepatan 175 mm/menit yang paling dapat diterima sekalipun masih belum sempurna antara lain masih terlihat ada titik-titik bulat (terdapat spatter) pada penampang las indikasi tersebut gun terlalu jauh.

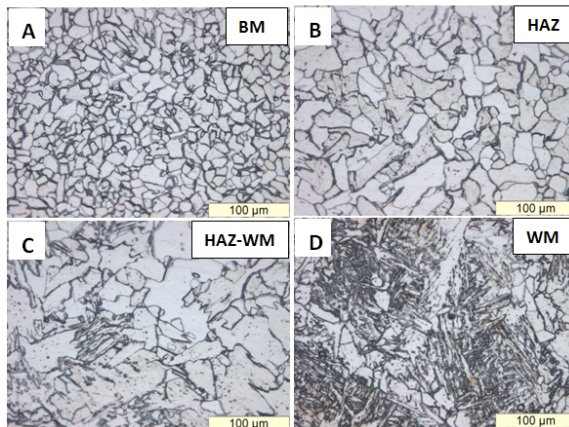
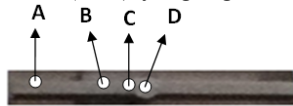
Analisa struktur mikro

Struktur mikro akan menggambarkan perubahan struktur akibat pengaruh proses las secara detail. Pemeriksaan struktur mikro hasil pengelasan dilakukan pada daerah *base metal* (BM), *heat affected zone* (HAZ), *fusion line* (WM-HAZ) dan *weld metal* (WM), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5 s/d 7. Guna memudahkan analisis, keempat daerah pengamatan dibedakan menjadi A = daerah *base metal* (BM), B = daerah *heat affected zone* (HAZ), C = daerah *fusion line* (WM-HAZ), dan D = daerah *weld metal* (WM)



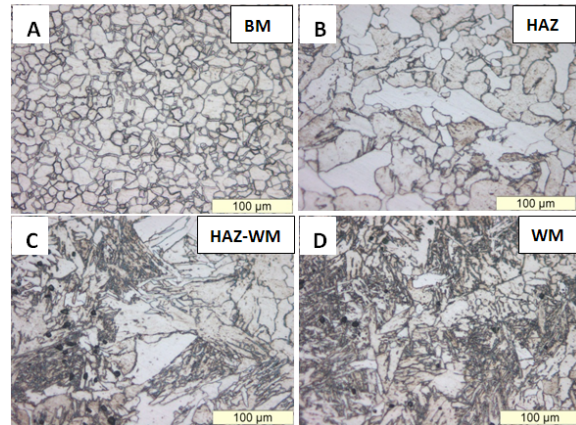
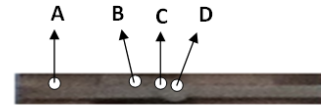
Gambar 5. Struktur mikro kecepatan 151 mm/menit Struktur mikro hasil pengelasan dengan kecepatan

151 mm/menit diamati pada empat daerah atau titik pengamatan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. Daerah base metal (A) struktur mikro terdiri dari fasa *equiaxial ferrite* dengan ukuran butir relatif lebih kecil dari daerah HAZ. Pada daerah HAZ (B), terjadi pembesaran ukuran butir, hal tersebut akibat pengaruh panas saat proses pengelasan sehingga pada daerah tersebut mengalami penurunan sifat mekanik (kekuatan tarik dan kekerasan). Daerah *fusin line* (C) terdiri dari jenis butir dengan pola yang berbeda, bentuk tersebut menunjukkan batas antara *heat affected zone* dan *weld metal* (C), sedangkan daerah *weld metal* (D) terdiri dari struktur atau fasa *widmanstatten ferrite* dan *acicular ferrite* pada daerah ini menunjukkan bentuk yang jauh berbeda dengan struktur lainnya, hal tersebut menunjukkan 100% logam bahan tambah (*wire*) yang digunakan.



Gambar 6. Struktur mikro kecepatan 175 mm/men

Daerah base metal (A) tidak jauh berbeda dengan kecepatan 151 mm/menit antara lain: struktur mikro terdiri dari fasa *equiaxial ferrite* dengan ukuran butir relatif lebih kecil dari daerah HAZ. Pada daerah HAZ (B), juga terjadi pembesaran ukuran butir, bentuk butiran pada hasil pengelasan ini agak berbeda yaitu bentuk sedikit memanjang, hal tersebut indikasi proses pendinginan sedikit lebih cepat dibandingkan dengan proses las dengan kecepatan 151 mm/menit. Daerah *fusin line* (C) terdiri dari jenis butir dengan pola yang berbeda, bentuk tersebut menunjukkan batas antara *heat affected zone* dan *weld metal*, sedangkan daerah *weld metal* (D) terdiri dari struktur atau fasa *widmanstatten ferrite* dan sedikit *acicular ferrite* pada daerah ini menunjukkan bentuk yang jauh berbeda dengan struktur lainnya, hal tersebut menunjukkan 100% logam bahan tambah (*wire*).

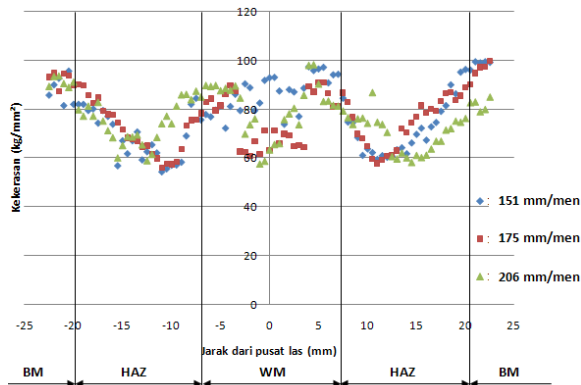


Gambar 7. Struktur mikro kecepatan 206 mm/men

Daerah base metal (A) hampir sama dengan kecepatan 151 mm/menit dan kecepatan 175 mm/menit yaitu struktur mikro terdiri dari fasa *equiaxial ferrite* dengan ukuran butir relatif lebih kecil dari daerah HAZ. Pada daerah HAZ (B), juga terjadi pembesaran ukuran butir, bentuk butiran pada hasil pengelasan ini berbeda yaitu bentuk memanjang, hal tersebut indikasi proses pendinginan lebih cepat dibandingkan dengan proses las dengan kecepatan 151 mm/menit dan 175 mm/menit. Daerah *fusin line* (C) terdiri dari jenis butir dengan pola yang berbeda, daerah ini juga teramati adanya porositas kearah *weld metal*, dan bentuk butiran yang memanjang kearah *heat affected zone* (B). Daerah *weld metal* (D) juga terjadi porositas indikasi tersebut akibat proses terlalu cepat sehingga proses *solidification* tidak sempurna adapun struktur atau fasa berupa *widmanstatten ferrite* dan sedikit *acicular ferrite* pada daerah ini menunjukkan bentuk yang jauh berbeda dengan struktur lainnya, hal tersebut menunjukkan 100% logam bahan tambah (*wire*).

Analisa hasil uji kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan metode micro vickers dengan beban 100 gram. Posisi titik pengujian berada pada titik tengah dari ketebalan pelat, dengan titik awal pengujian dimulai dari bagian tengah dari *base metal* (Gambar 8).

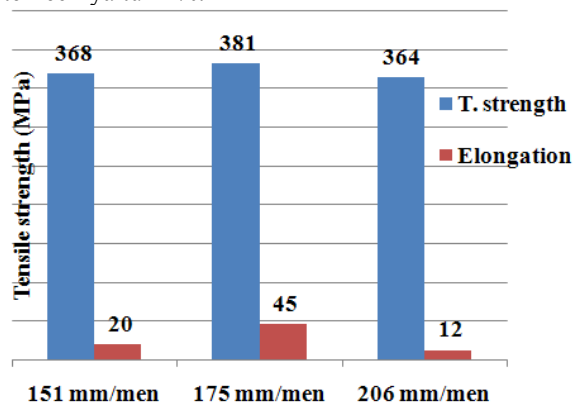


Gambar 8. Distribusi hasil uji kekerasan

Distribusi kekerasan Gambar 8, secara umum berbentuk profil “W” dengan kekerasan dibagian tengah logam las (weld metal) terlihat acak. Hal tersebut indikasi terdapat tegangan dalam berupa tarik akibat penyusutan. Faktor lain adalah akibat proses pendinginan cepat sehingga terjadi transformasi fasa yang tak beraturan ke arah lebar *welding specimen* (Kou S 2003). Kekerasan di daerah HAZ cenderung rendah di kedua sisi ini menunjukkan konsistensi terhadap bentuk struktur mikro yang kasar pada daerah HAZ. Hasil tersebut akibat efek panas pada saat proses las berlangsung.

Analisa hasil uji kekuatan tarik

Hasil uji kekuatan tarik menunjukkan perbedaan dari masing-masing proses seperti diperlihatkan pada Gambar 9. Hasil uji kekuatan tarik tertinggi terdapat pada proses las kecepatan 175 mm/menit dengan nilai 381 Mpa, dan posisi patahan terjadi di daerah HAZ. Hasil tersebut menunjukkan bahwa proses las dengan kecepatan 175 mm/menit merupakan hasil yang paling optimal. Kekuatan tarik terendah yaitu 364 Mpa pada proses las dengan kecepatan 206 mm/menit, dan patahan terjadi pada daerah lasan serta terjadi patah getas dengan nilai elongation terkecil yaitu 12%.



Gambar 9. Grafik kekuatan tarik

Hasil uji kekuatan tarik dari masing-masing proses menunjukkan keterkaitan terhadap hasil uji visual antara lain untuk kecepatan 175 mm/menit dengan bentuk lasan yang jauh lebih sempurna dibandingkan dengan proses yang lainnya. Melalui hasil uji visual proses dengan kecepatan 206 mm/menit, menunjukkan penetrasi yang kurang sehingga terjadi patahan pada posisi lasan, seperti terlihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Posisi patahan hasil uji tarik

IV. KESIMPULAN

Hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa proses menggunakan las GMAW dengan alat bantu gerak otomatis antara lain:

- Dari pemeriksaan struktur mikro hasil pengelasan dengan variasi kecepatan 151, 175, dan 206 mm/menit perbedaan struktur atau fasa pada masing-masing daerah pengamatan tidak signifikan, hampir sama (WM, WM-HAZ, HAZ, dan BM). Porositas yang terjadi di daerah WM pada kecepatan 206 mm/menit, hal tersebut akibat proses *solidification* tidak sempurna. Porositas pada weld metal dapat menurunkan kekuatan mekanik.
- Hasil pengujian kekerasan juga menunjukkan bahwa spesimen hasil ketiga kecepatan pengelasan menggunakan alat bantu (variasi kecepatan 151, 175, dan 206 mm/menit) tidak terjadi perbedaan kekerasan yang signifikan pada masing-masing daerah WM, HAZ, dan BM. Hal ini memperkuat hasil yang ditunjukkan pada pemeriksaan struktur mikro spesimen, di mana sebelumnya disimpulkan bahwa pada masing-masing daerah WM, HAZ, dan BM tidak terdapat perbedaan struktur atau fasa.
- Hasil uji kekuatan tarik tertinggi terdapat pada proses las kecepatan 175 mm/menit dengan nilai 381 Mpa, dan posisi patahan terjadi di daerah HAZ. Hasil tersebut menunjukkan bahwa proses las dengan kecepatan 175 mm/menit, merupakan hasil yang paling optimal.

DAFTAR PUSTAKA

1. Mohammad Khairul Azhar Abdul Razab, "Variant analysis of coarse grain heat affected zone (HAZ) of low carbon steel, IOP conf: material science and engineering 238(2017),doi:1088/1757-899X/238/1/012016.
2. Moh.Jufri, Nur Subeki,Arizal Asfat,"Efek kecepatan pengelasan terhadap sifat mekanik hasil pengelasan FCAW pada pelat baja A 36, SENTRA(2017).
3. SantoshPrasad,Prof.Subodh Kumar,"Optimition of MIG welding parameter for improving strength, IJRD,vol.5,issue 06,2017
4. Edna Margarita Moncoyo Torres,"Parameter optimizationin GMAW process with solid and metal cored wires, ABCM symposium series a mechatronic, vol.6,2014
5. Singla M, dkk 2010, "Parametric Optimization of Gas Metal Arc Welding Processes by Using Factorial Design Approach" Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering, Vol. 9, No, 4 pp. 353-363.
6. Chandresh.N.patel,SJ.Chaudary," A Review on optimization of mechanical propertiesof AISI 1020 on MIG welding, IJAERS/vol.II/issue – I/2012/97-99.
7. Tarum Patel, Prof.Saumil.C.Patel," The effect of process parameter on weld depth in GMAW welding process", IJRST/Vol.1/issue 11,april 2015/2349-6010.