

PENINGKATAN KUALITAS SAMBUNGAN LAS PEDAL REM MENGUNAKAN PROSES GMAW

QUALITY IMPROVEMENT OF WELDING BRAKE-ARM CONNECTIONS USING GMAW PROCESS

Surasno

Balai Besar Bahan dan Barang Teknik, Jln Sangkuriang 14 Bandung 40135
Email: Surasno2005@yahoo.co.id

Diterima: 23 April 2013

Direvisi: 20 Mei 2013

Disetujui: 20 Juni 2013

ABSTRAK

Sambungan komponen pedal rem yang dilas menggunakan proses GMAW dengan gas pelindung CO₂100% mengandung cacat-cacat las *spatter*, *weld-bead ripple*, *undercut* dan porositas pada batas level 8,2%. Dengan mengganti gas pelindung CO₂100% dengan gas campuran pelindung Ar75% CO₂25% , cacat las berkurang hingga batas level 0,88% yang didominasi oleh *spatters* sedangkan cacat-cacat las lainnya hampir tidak ada. Cacat las *spatter* dengan gas pelindung CO₂100% menunjukkan level 2,77%. Dengan menggunakan gas campuran pelindung Ar75% CO₂25%, cacat las *spatters* menurun hingga level 1,11%. Oleh karena itu, penggantian gas pelindung pada proses GMAW menyebabkan perbaikan kualitas sambungan las pedal rem hingga 150%. Hal ini akan berdampak terhadap peningkatan daya saing industri komponen pedal rem kendaraan bermotor roda dua.

Kata kunci: pedal rem, *spatter*, process las GMAW, gas pelindung CO₂, gas campuran pelindung Ar75% CO₂25%

ABSTRACT

Connection of brake arm component which are welded using GMAW process with CO₂100% shielding gas containing defects of spatter, weld-bead ripple, undercut and porosity at the level of 8.2% limit. By replacing the CO₂100% with Ar75% CO₂25% gas mixture, disability welding is reduced to the level of 0.88% which shielding is dominated by spatters and the other shielding weld defects almost nothing. Spatter defects of GMAW process using CO₂ 100% shielding gas showed at 2.77% level limit. By using Ar75% CO₂25% shielding gas mixture, spatters defects declined to the level of 1.11%. Therefore the replacement of shielding gas mixture in GMAW process cause the improvement quality of the weld brake-arm up to 150%. This will have an impact in improving the competitiveness of industry brake-arm motor vehicle components.

Keywords: *brake-arm, spatters, GMAW welding process, CO₂25% gas shielding, Ar75% CO₂25 % shielding gas mixture*

PENDAHULUAN

Pembangunan industri nasional yang merupakan bagian dari proses industrialisasi menjadi tantangan bagi sektor industri untuk bersaing ketat, terutama di era globalisasi. Perkembangan kearah perdagangan bebas akan berdampak semakin meningkatnya peluang sekaligus ancaman bagi industri kecil dan menengah di dalam negeri pada tingkat produksi dengan jaminan kualitas produk yang akan dipasarkan harus dipertahankan. Di Industri kecil keunggulan dan kelemahan sangat beragam

karena kurangnya pengetahuan teknologi produksi, pengawasan kualitas dan peningkatan SDM.

Industri Kecil Menengah Jawa Barat mampu memproduksi komponen alat transportasi untuk mendukung perkembangan industri otomotif kendaraan bermotor roda dua khususnya produk pedal rem akan tetapi sebagian produknya masih ditolak karena kurang memenuhi spesifikasi pelanggan [1].

Dari pengamatan hasil uji visual paparan kabut garam (salt spray) produk pedal rem di Balai Besar Bahan dan Barang Teknik Bandung

ditemukan produk berkarat pada sambungan lasnya pada paparan 48 s.d 96 jam pada tingkat karat 1 s.d 20% [2]. Cacat-cacat las berupa, *ripple weld-bead*, *spatter*, porositas dan *undercut* di permukaan sambungan las komponen pedal rem ketika proses pelapisan dilaksanakan hasilnya tidak sempurna sehingga mudah terjadi karat [3]. Oleh karena itu cacat las ini harus dicegah supaya proses pelapisan dapat berlangsung baik dan hasilnya rata pada permukaan bahan induk maupun sambungan las.

Spatter (S) adalah loncatan logam filler bersuhu tinggi dari busur nyala elektroda mengenai permukaan sambungan las dan sekitarnya. Disebut cacat karena dapat mengganggu proses pelapisan, *spatter* harus dibersihkan. Cacat ini tumbuh ketika arus tinggi dan *stickout filler wire* tinggi sehingga *wire filler* cair memancar pecah di udara menyentuh kawah las dan sebagian pancaran memantul ke udara biasanya terjadi pada *transfer mode spray* [4]. Logam *spatter* terbuang merupakan kerugian kehilangan berat *wire filler*.

Porositas (P) permukaan adalah lubang secara individu atau berkelompok tumbuh pada permukaan sambungan las, cacat ini dapat disebabkan oleh bahan induk lembab, kotor, minyak atau *grease*. Aliran gas pelindung dari *nozzle torch* sebagai proteksi daerah logam las cair kurang berfungsi baik, seperti *flow gas* tidak stabil, turbulensi, tekanan aliran gas kurang, atau *nozzle torch* tersumbat merupakan penyebab utama gagal porositas [4].

Ripple weld-bead (RWB) permukaan sambungan las tidak rata, cacat ini dapat tumbuh oleh gerakan *torch* tidak stabil atau *welding speed* yang tinggi memunculkan permukaan sambungan las kasar.

Undercut (UC) adalah takikan di antara bahan induk dan logam las umumnya di sisi-sisi lasan. Cacat ini dapat tumbuh oleh energi panas (heat input) tinggi dan tarikan las cepat (welding speed), bahan induk melebur tidak terisi oleh filler yang melebur [4]. *Undercut* di permukaan sambungan las berbentuk takikan akan menyebabkan tebal lapisan khrom & nikel tidak rata dampaknya mudah korosi sehingga kualitas lapisan menjadi rendah [3,4].

Pemakaian gas pelindung CO₂100% sebagai gas reaktif yang umum digunakan untuk mengelas baja karbon tidak sebaik inert gas cenderung tumbuh *spatter*, penetrasi dalam, asap las tebal, efisiensi deposit rendah, permukaan sambungan las tidak rata, potensial ionisasi

tinggi, karakteristik energi panas tinggi berpengaruh terhadap fusi dan penetrasi [5]. Cacat-cacat las itu bilamana terjadi di sambungan las pedal rem akan menyebabkan tebal lapisan khrom & nikel tidak merata [4] atau kualitas pelapisan rendah. Oleh karena itu untuk meningkatkan kualitas proses pelapisan pada pedal rem ini maka kualitas proses penyambungan las juga harus ditingkatkan dari pemakaian gas pelindung CO₂100% diganti oleh gas campuran pelindung Ar75% CO₂25%.

Telah diketahui bahwa pemakaian gas campuran pelindung Ar75% CO₂25% dapat meningkatkan kualitas [5]. Tingkat kegagalan atau cacat las akan turun signifikan, oleh karena itu percobaan proses GMAW dilakukan menggunakan gas campuran pelindung Ar75% CO₂25% pada pengelasan komponen pedal rem. Tujuan penelitian ini adalah pengamatan perbedaan tingkat kualitas proses las GMAW pada penggunaan dua tipe gas pelindung yang memiliki perbedaan karakteristik. Pertama proses las GMAW gas pelindung CO₂100% sebagai awal pengamatan penelitian dan kedua sebagai perbaikan proses las GMAW penggunaan gas campuran pelindung Ar75% CO₂25% untuk peningkatan kualitas sambungan las pada komponen pedal rem sepeda motor di industri kecil.

BAHAN DAN METODE

Bahan-bahan logam yang dipakai untuk percobaan pada penelitian peningkatan mutu sambungan las pedal rem pada proses GMAW gas pelindung CO₂100% dan gas pelindung campuran (Ar75% CO₂25%) adalah bahan pelat dan pipa baja karbon rendah spesifikasi JIS G 3131 SPMC P-Q, STKM 13-AC standar JIS G3445 [6]. Bahan-bahan logam ini dibuat komponen pedal rem terdiri dari: 1. *Brake shoe* (pijakan rem) bahan SPCC, 2. *Arm* (lengan rem) bahan STKM 11C, 3. *Bosh* bahan STKM, 4. *Rod* bahan SPHC, 5. *Rub spring* bahan SPHC, 6. *Return spring* bahan SPHC [7]. Bentuk komponen pedal rem ditunjukkan pada Gambar 1 s.d Gambar 3.



Gambar 1. Komponen Pedal Rem Sebelum Dilas



Gambar 2. Pedal Rem Setelah Dilas



Gambar 3. Pedal Rem Setelah Pelapisan



Gambar 4. Permukaan Sambungan Las Pedal Rem



Gambar 5. Proses Las GMAW

Proses pembentukan komponen pedal rem melibatkan proses *embossing* pembuatan alur kartelan pada *brake shoe*, *blanking* pembuatan

rod, *piercing* pembuatan lubang pada *rod* dan *arm*, *bending* pembuatan lengkungan *arm* dan *cutting* untuk pemotongan ujung lengan dari bahan tebal 4,5 mm. Proses pembuatan pedal rem dimulai dari penyiapan bahan baku hingga menjadi produk jadi dengan tahapan proses operasi sebagai berikut: *cutting-forming-piercing-embossing-welding-plating* [7].

Komponen pedal rem (*brake shoes*, *arm*, *bosh*, *rod*, *hub spring* dan *return spring*) melalui tahapan perakitan, pengelasan (Gambar 5) dan pelapisan (*electroplating*).

Metoda penelitian menggunakan las GMAW gas pelindung CO₂100% dan las GMAW gas campuran pelindung Ar75% CO₂25%. Dengan parameter sebagai berikut: 1 mesin las yang digunakan teknologi proses GMAW *semiautomatic*, 2 merk Varstroj, 3 *welding current* 70-280 *amper*, 4 *voltage operation* 20-30 Volt, 5 *open-circuit voltage machine* 50 volt, 6 *polarity* DCEP. Kebutuhan energi panas (*heat input*) pengelasan (J/cm) berdasarkan pada rumus $60 EI/V$ adalah 4,5 s.d 6 kJ/min. Dimana E (volt), I (arus) dan V (*welding speed*) cm/min [5]. Parameter energi panas optimal yang digunakan harus mencukupi kebutuhan energi panas untuk peleburan *wire filler* dan logam induk.

Sebelum melakukan pengelasan pedal rem, mesin las GMAW yang akan digunakan harus dalam keadaan siap pakai. Pemeriksaan diutamakan pada bagian-bagian yang berhubungan dengan saluran aliran gas dari tabung ke *nozzle torch*, *regulator* instrumen *flow rate* terpasang di sisi bagian sisi kanan tabung gas difungsikan untuk mengatur aliran tekanan *gas outlet*, *regulator* tekanan tabung untuk mengukur volume gas dalam tabung. Mesin las GMAW yang diperbaiki meliputi: penggantian *regulator* dan pembersihan *nozzle torch* gun agar laju alir gas pelindung lancar untuk mencegah gagal produk. Dua tipe gas pelindung yang digunakan yaitu: tipe A gas pelindung CO₂ laju alir (*flow rate*): 20-30 l/min dan tipe B adalah gas pelindung campuran Ar75% CO₂25% dengan *flow rate*: 25-30 l/min.

Persiapan Prosedur Las

Untuk menghasilkan sambungan las yang sesuai standar keberterimaan dibuat *welding procedure specification* (WPS) proses las GMAW *semiautomatic* [8]. Bahan logam yang dipakai pelat baja karbon dan pipa baja karbon untuk pembuatan pedal rem. Tipe desain

sambungan las *butt joint*, *bevel square*, tipe sambungan *Partial Joint Penetration*, *welding position flate*, gas pelindung CO₂100%, dan gas campuran pelindung Ar75% CO₂25%, *wire filler* A 5.18 (E70S.6), permukaan sambungan yang akan dilas diyakinkan bersih dari lemak, korosi dan atau pengotor lain. Parameter pengelasan: 1) arus 120–145A, 2) tegangan $V = 0,05I + 20$ (I arus yang dipakai) 20 s.d 26 V, 3) *flow rate* pemakaian gas pelindung CO₂100% 20-30 l/min disebut tipe A, 4) *flow rate* gas campuran pelindung Ar75% CO₂25% 25-30 l/min disebut tipe B, 5) polaritas DCEP, 6) teknik mengelas tarikan (*stringer*), 7) tipe *wire feeder transfer mode spray* kearah *transfer mode globular*. Selama proses pengelasan *flow rate* gas pelindung dan *stick-out* kawat *filler* harus terkontrol dalam kondisi stabil sehingga cacat-cacat las dapat dihindari.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengamatan dilakukan terhadap 10 buah contoh dari populasi 200 buah pedal rem (Tabel 1). Pengelasan pedal rem memakai gas pelindung

CO₂100% dan gas campuran pelindung Ar75% CO₂25%, pengelasan dilakukan oleh *welder* A. Dari pengamatan visual sambungan las produk pedal rem terhadap kecembungan dan kecekungan indikasi penetrasi terdapat sedikit perbedaan. Pada pengamatan indikasi penetrasi las, perbedaannya tidak signifikan. Pengelasan dengan menggunakan gas pelindung CO₂100% cenderung dalam sedangkan pengelasan menggunakan gas campuran pelindung Ar75% CO₂25% penetrasi cukup, *bead* las tampak lebih menonjol ke permukaan, terkesan deposit las tinggi. Pengamatan visual permukaan sambungan las gas campuran pelindung Ar75% CO₂25% lebih halus daripada permukaan las gas pelindung CO₂100%. Dari pengamatan *spatter*, dengan menggunakan gas pelindung CO₂100% didapat 7 buah cacat *spatter* yang masih bisa dibersihkan menggunakan sikat baja dengan kategori dapat diterima (Acc). Hanya 1 buah yang sulit dibersihkan dengan kategori ditolak (Rjc). Untuk dapat diterima biasanya harus digerinda halus tetapi produk menjadi cacat. Pengelasan menggunakan pelindung gas campuran pelindung Ar75% CO₂25% tidak memperoleh produk gagal.

Tabel 1. Uji Visual Keberterimaan Pedal Rem

No Contoh	Gas pelindung CO ₂ 100%					Gas campuran pelindung Ar75%+CO ₂ 25%				
	S	P	WBR	UC	Permukaan las	S	P	WBK	UC	Permukaan las
1	Acc	Acc	Acc	Acc	Cekung	Acc	Acc	Acc	Acc	Rata
2	Acc	Acc	Acc	Acc	Rata	Acc	Acc	Acc	Acc	Rata
3	Acc	Acc	Acc	Acc	Rata	Acc	Acc	Acc	Acc	Cembung
4	Acc	Acc	Acc	Acc	Rata	Acc	Acc	Acc	Acc	Rata
5	Acc	Acc	Acc	Acc	Cekung	Acc	Acc	Acc	Acc	Rata
6	Acc	Acc	Acc	Acc	cekung	Acc	Acc	Acc	Acc	Rata
7	Rjc	Acc	Acc	Acc	Rata	Acc	Acc	Acc	Acc	Rata
8	Acc	Acc	Acc	Acc	Cekung	Acc	Acc	Acc	Acc	Rata
9	Acc	Acc	Acc	Acc	Rata	Acc	Acc	Acc	Acc	Rata
10	Acc	Acc	Acc	Acc	Rata	Acc	Acc	Acc	Acc	Rata

Pengamatan terhadap 5 buah contoh yang berasal dari populasi 200 buah pedal rem yang dilakukan oleh *welder* A, ternyata pengelasan dengan menggunakan gas pelindung CO₂100% umumnya cacat las berbentuk *spatter*, sedangkan

cacat lain *undercut* 1 mm dan 2 mm. Dengan pengelasan menggunakan gas pelindung campuran Ar75% CO₂25% itu, tidak ditemukan cacat *spatter* sebagaimana yang ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Visual Cacat Pedal Rem

Nomor contoh	S	P	UC	RWB	Indikasi penetrasi
Gas pelindung CO ₂					
1	5 titik	Tidak ada	2 mm	Cukup	Penetrasi dalam
2	3 titik	Tidak ada	Tidak ada	Sedang	Penetrasi dalam
3	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	Cukup	Penetrasi dalam
4	2 titik	Tidak ada	1 mm	Baik	Penetrasi dalam
5	2 titik	Tidak ada	Tidak ada	Baik	Penetrasi dalam
Gas pelindung campuran Ar75%CO ₂ 25%					
1	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	Baik	Penetrasi cukup
2	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	Baik	Penetrasi cukup
3	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	Baik	Penetrasi cukup
4	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	Baik	Penetrasi cukup
5	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	Baik	Penetrasi cukup

Pengamatan cacat las terhadap 1.135 buah pedal rem dengan menggunakan teknologi las GMAW dan gas pelindung CO₂100%, ternyata didominasi oleh cacat *spatter* sebanyak 76 buah (6,70%), cacat porositas 2 buah (0,18%), *undercut* 10 buah (0,9%), cacat rigi-rigi 27 buah (2,37%). Jumlah cacat secara total adalah 93 buah (8,2%). Cacat-cacat las yang ditimbulkan oleh kelemahan aliran gas pelindung mesin las GMAW *semiautomatic* yang kurang mampu menahan tekanan semburan angin kencang dari samping cacat, terjadi sebanyak 2 buah [5]. Ujung *wire filler* nyala busur di antara logam induk dan kontak tip ujung membentuk logam

cair, diikuti pembekuan kawah las dan diproteksi oleh gas pelindung yang berfungsi untuk menghindari cacat-cacat las berbentuk porositas. Oleh karena gas pelindung CO₂100% merupakan gas reaktif sehingga akan membentuk cacat *spatter* yang mendominasi cacat las di sambungan las. Pelindung gas CO₂100% dalam bentuk *transfer mode spray* hasilnya cukup baik untuk mengelas pelat tebal karena arus pengelasan dapat disesuaikan dengan bahan, sedangkan pedal rem didesain dari logam tipis sehingga tidak sesuai untuk pengaturan arus pengelasan karena mudah membentuk cacat *spatter* [5,8].

Tabel 3. Pengamatan Cacat Las Memakai Gas Pelindung CO₂100%

St.	Jumlah produk	Process Las	<i>Spatter</i>		Porositas		<i>Undercut</i>		<i>RWB</i>		TOTAL	
			PCS	%	PCS	%	PCS	%	PCS	%	PCS	%
30	330	XC-281	10	3	0	0	2	0,6	3	0,9	15	4,5
30	130	XC-281	4	3,1	0	0	0	0	6	4,6	10	7,7
30	320	XC-281	18	5,6	1	0,3	3	0,9	7	2,2	29	9,1
30	210	XC-281	10	4,8	1	0,1	2	1	3	1,4	16	7,3
30	145*)	XC-281	8	5,1	0	0	3	2,1	8	5,5	19	13,0

*) *welder* berbeda

Pengamatan visual cacat (*spatter*, porositas, *undercut* dan *ripple weld-bead*) didapatkan pada proses GMAW menggunakan gas campuran pelindung Ar75% CO₂25%. Dari sejumlah produk 1145 buah pedal rem diperoleh cacat *spatter* 9 buah (0,79%) paling tinggi, cacat *ripple weld-bead* 1 buah (0,08%), jumlah total cacat 10 buah (0,88%). Cacat-cacat las turun signifikan dibandingkan pengelasan proses GMAW dengan pelindung gas CO₂100%.

Teknologi las proses GMAW dengan menggunakan gas pelindung campuran Ar75% CO₂25% sesuai untuk diterapkan pada logam tipis dan hasil pengelasan dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengamatan Cacat Las Penggunaan Gas Campuran Pelindung Ar75% CO₂25%

St	Jumlah	Process Las	Spatter		Porositas		Undercut		WBK		TOTAL	
			PCS	%	PCS	%	PCS	%	PCS	%	PCS	%
30	320	XC-281	3	0,93	0	0	0	0	1	0,31	4	1,24
30	150	XC-281	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	310	XC-281	2	0,64	0	0	0	0	0	0	2	0,64
30	195	XC-281	2	1,03	0	0	0	0	0	0	2	1,03
30	165	XC-281	2	1,2	0	0	0	0	0	0	2	1,2

Pada kondisi yang lain, ada perbedaan output pada penggunaan gas pelindung CO₂ 100%, yaitu 26 buah atau 2,77% sedangkan dengan menggunakan gas pelindung campuran Ar75% CO₂25% outputnya 11 buah atau 1,11%. Jumlah cacat atau prosentasi kegagalan menurun. Penurunan jumlah cacat disebabkan oleh peningkatan ketrampilan welder dan pemakaian campuran gas pelindung Ar75% CO₂25%, sehingga meningkatkan kualitas sambungan las pedal rem hingga 150%.

Pada proses GMAW *semiautomatic* penggunaan gas pelindung CO₂100%, *metal transfer mode* transisi dari *transfer mode spray* ke *transfer mode globular* tidak terjadi, *dropping metal transfer* menjadi halus (perpindahan logam filler ke kawah las kecil-kecil) sebagaimana penurunan arus. *Spatter* lebih banyak daripada penggunaan gas campuran pelindung Ar75% CO₂25% tingkat *spatter* turun, juga dengan mengatur ujung tip elektroda dan lokasi busur pada kapasitas rendah dari permukaan logam induk akan menurunkan *spatter* [5,8].

Tabel 5. Pengamatan Khusus Gagal Spatter

Pengamatan	Penggunaan CO ₂ 100%	Gagal spatter	Penggunaan Ar75% CO ₂ 25%	Gagal spatter
1	300	11	330	2
2	320	8	130	4
3	320	7	320	2
4	--	--	210	3
Jumlah	940	26 (2,77%)	990	11 (1,11%)

Pelindung gas CO₂100% adalah gas reaktif yang umum digunakan tunggal dalam proses las GMAW, efisiensi deposit las rendah level *spatter* dan asap paling tinggi dibandingkan dengan pemakaian pelindung gas Argon. Permukaan *bead* las banyak mengandung oksidasi dan permukaan *bead* kurang halus [5].

Potensial ionisasi paling tinggi pada CO₂100% dan karakteristik penguraian panas lebih besar, penetrasi las tinggi. Gas pelindung CO₂ ditambah gas argon untuk meningkatkan kestabilan, penetrasi sedang meningkatkan karakteristik aliran logam cair las [8].

Konduktivitas panas tertinggi pada pemakaian gas pelindung CO₂100% dengan mengkombinasikan gas Argon akan memperbaiki *transfer mode* pada logam dasar oleh sifat *inert* dari gas pelindung Argon itu sendiri. Penetrasi penggunaan gas argon cukup rendah tetapi distorsi logam dasar sangat rendah

terutama logam dasar yang memiliki celah lebar dan tipis sebagaimana pedal rem [8].

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian pengelasan pada pedal rem menggunakan teknologi proses las GMAW *semiautomatic* dengan gas pelindung CO₂100% diperoleh cacat-cacat las *spatter*, *ripple weld-bead* tidak rata, *undercut* dan porositas pada batas level 8,2%. Setelah diganti dengan campuran pelindung Ar75% CO₂25%, cacat-cacat las tipe *spatter* turun hingga batas level 0,88%, sedangkan cacat-cacat las *undercut*, porositas dan rigi-rigi las hampir tidak ada.

Proses las GMAW dengan pelindung gas CO₂100% menghasilkan cacat *spatter* pada batas level 2,77%. Dengan menggunakan gas pelindung campuran Ar75% CO₂25% cacat tipe *spatter* turun pada batas level 1,11%. Dengan demikian sambungan pengelasan pedal rem proses GMAW dengan gas campuran pelindung Ar75% CO₂25% meningkatkan kualitas pengelasan hingga 150%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Berita Industri Kecil Indonesia, 2008.
- [2] 2008, Laboratorium Balai Besar Bahan dan Barang Teknik.
- [3] Graham's, 2000. *Electroplating Engineer Handbook*, Cbs Publishers & Distributors, Fourth Edition, New delhi 110, 335-337.
- [4] Giachino, W. Weeks, G.S. Johnson, 1973, *Welding technology*, an atp Publication, 105-145.
- [5] ASM Hand Book, 2010, *Welding Brazing and Soldering*, ASM International, Volume 6, 567-581.
- [6] JIS Handbook, 2011, *Ferrous materials and metallurgy I*, Japanese Standards Assosiation, 367& 1857.
- [7] SOP, 2008, *Komponen Pedal Rem Sepeda Motor*, Sinar Terang Logam Jaya.
- [8] Perteneder, 1994, *MIG/MAG Welding*, 1stEd, Berufspdagogisches Modling A 2340 Modling Austria, 3-21.
- [9] An American National Standard, 2010, *AWS D11 Structural Welding Code-steel*, American Welding Society, 550 N.W. Le Jeune Road, Miami, FL 33126, 123-134.

