

ANALISA PENGARUH VARIASI KUAT ARUS DAN JARAK PENGELASAN TERHADAP KEKUATAN TARIK, SAMBUNGAN LAS BAJA KARBON RENDAH DENGAN ELEKTRODA 6013

Fenoria Putri

Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Sriwijaya
Jl.Srijaya Negara Bukit Besar Palembang 30139
Telp: 0711-353414, Fax: 0711-453211
E-mail : putri@polisriwijaya.ac.id

RINGKASAN

Las busur listrik atau umumnya disebut dengan las listrik adalah suatu proses penyambungan logam dengan menggunakan tenaga listrik sebagai sumber panas. Pengelasan pada masa sekarang ini sangat berperan penting baik dalam bidang rekayasa, konstruksi maupun perbaikan logam. Dalam melakukan pengelasan banyak faktor yang dapat mempengaruhi hasil pengelasan itu sendiri diantaranya : cara dan prosedur pengelasan, alat dan bahan yang dibutuhkan, elektroda yang digunakan, kuat arus yang dipakai dan jarak kampuh yang digunakan. Kuat arus dan jarak kampuh inilah yang diteliti. Metodologi yang digunakan dalam pengambilan data spesimen adalah metode analitik yaitu data yang dikoleksi dan diteliti dijadikan petunjuk dalam penelitian, metode status yaitu sampel yang dipilih dianalisa karakteristiknya, kemudian hasil pengelasan diuji kekuatan tarik, kekerasan dan struktur mikronya, metode evaluasi yaitu data yang didapat dievaluasi untuk mendapatkan hasil yang optimal. Dari hasil penelitian dan pengujian yang dilakukan dengan menggunakan arus 70 A – 110 A dengan jarak kampuh 1 mm dan 2 mm, diperoleh arus 110 A dengan jarak kampuh 1 mm yang memiliki kekuatan tarik maksimum yaitu 507,33 N/mm². Makin besar arus dan makin besar jarak pengelasan maka makin lebar *weldment* yang terjadi.

PENDAHULUAN

Pertumbuhan dan perkembangan teknologi di bidang konstruksi yang semakin maju dan pesat, tidak dapat dipisahkan dari proses penyambungan logam, atau yang sering disebut dengan pengelasan. Hal ini mempunyai peranan penting dalam rekayasa dan reparasi atau perbaikan logam. Pertumbuhan pembangunan konstruksi logam pada masa sekarang ini banyak melibatkan unsur pengelasan, khususnya bidang rancang bangun karena sambungan las merupakan salah satu pembuatan sambungan yang secara teknis memerlukan ketrampilan yang tinggi bagi pengelasnya, agar diperoleh sambungan dengan kualitas baik. Ruang lingkup penggunaan teknik pengelasan dalam konstruksi sangat luas meliputi perkapalan, jembatan, rangka baja, bejana tekan, sarana transportasi, rel, pipa saluran dan lain sebagainya.

Faktor yang mempengaruhi proses pengelasan adalah prosedur pengelasan itu sendiri yaitu suatu perencanaan untuk pelaksanaan penelitian yang meliputi cara pembuatan konstruksi las dan sambungan yang sesuai rencana dan spesifikasi, dengan menentukan semua

hal yang diperlukan dalam pelaksanaan tersebut, sedangkan faktor produksi pengelasan adalah jadwal pembuatan, proses pembuatan, alat dan bahan yang diperlukan, urutan pelaksanaan, persiapan pengelasan (meliputi : pemilihan mesin las, penunjukan juru las, pemilihan kuat arus, pemilihan elektroda, dan pemilihan jarak pengelasan serta penggunaan jenis kampuh las) .

Las listrik merupakan suatu proses penyambungan logam dengan menggunakan tenaga listrik sebagai sumber panas dan elektroda sebagai bahan tambahannya. Pengelasan dengan las listrik menggunakan pesawat las listrik (*SMAW = Shielded Metal Arc Welding*) banyak di gunakan, karena proses pengelasan dengan cara demikian disamping menghasilkan sambungan yang kuat juga mudah untuk digunakan.

Mesin las *SMAW* menurut arusnya dibedakan menjadi tiga macam yaitu mesin las arus searah atau *Direct Current (DC)*, mesin las arus bolak-balik atau *Alternating Current (AC)* dan mesin las arus ganda yang merupakan mesin las yang dapat digunakan untuk pengelasan dengan arus searah (*DC*) dan pengelasan dengan arus bolak-balik (*AC*). Untuk elektroda jenis E6013 arus yang digunakan berkisar antara 70 -110 Ampere. Dengan interval arus tersebut, pengelasan yang dihasilkan akan berbeda-beda.

Penyetelan besar-kecilnya arus sangatlah penting, untuk mendapatkan hasil pengelasan yang diinginkan. Hasil pengelasan yang diharapkan tidak saja bentuk kampuh lasnya yang baik, tetapi juga kekuatan dari sambungan las yang didapat harus baik dan kuat.

Pada prakteknya bila arus yang digunakan terlalu rendah, akan menyebabkan sukarnya penyalaan busur listrik dan busur yang terjadi akan tidak stabil, hal ini disebabkan panas yang terjadi tidak cukup untuk melelehkan elektroda dan bahan dasarnya sehingga hasilnya merupakan rigi-rigi las yang kecil dan tidak rata serta penembusan kurang dalam, sebaliknya bila arus terlalu tinggi maka elektroda akan mencair terlalu cepat dan akan menghasilkan permukaan las yang lebih lebar dan penembusan yang dalam sehingga menghasilkan kekuatan tarik yang rendah dan menambah kerapuhan dari hasil pengelasan.

Besar arus untuk pengelasan tergantung dari jenis kawat las yang digunakan, posisi pengelasan serta tebal bahan dasar atau tebal benda kerja yang akan dilas. Kekuatan hasil lasan dipengaruhi oleh besar arus, kecepatan pengelasan, besarnya penembusan dan jarak pengelasan serta polaritas listrik. Penentuan besarnya arus dalam penyambungan logam menggunakan las busur mempengaruhi efisiensi pekerjaan dan bahan las. Penentuan besar arus dalam pengelasan ini mengambil 70 A dan 80 A, 90 A, 100 A, 110 A, dan jarak pengelasan 1 mm dan 2 mm, Pengambilan dimaksudkan sebagai pembandingan dengan interval arus diatas.

Untuk itulah penulis akan melakukan pengujian dan penelitian serta menganalisa secara mendalam mengenai pengaruh variasi besar arus terhadap kekuatan dan hasil pengelasan. Penelitian ini menggunakan bahan baja karbon rendah yang diberi perlakuan pengelasan dengan variasi

arus 70 Ampere, 80 Ampere, 90 Ampere, 100 Ampere dan 110 Ampere, dan jarak pengelasan 1 mm dan 2 mm dengan menggunakan las SMAW arus AC (bolak-balik) dengan elektroda E6013 diameter 2,6 mm. Jenis kampuh yang digunakan adalah h kampuh v. Spesimen diuji komposisi dan kekuatan tarik.

TINJAUAN PUSTAKA

Pengertian Las Listrik

Las busur listrik atau umumnya disebut dengan las listrik adalah termasuk suatu proses penyambungan logam dengan menggunakan tenaga listrik sebagai sumber panas. Las dalam bidang konstruksi sangat luas penggunaannya meliputi konstruksi sederhana maupun konstruksi berat seperti: pengelasan jembatan, perkapalan, industri karoseri dan lain-lain. Pengelasan tidak saja untuk konstruksi las tetapi juga dapat digunakan untuk mengelas cacat logam dari hasil pengecoran dan mempertebal bagian logam yang telah aus.

Secara sederhana dapat diartikan bahwa pengelasan merupakan proses penyambungan dua buah logam sampai titik rekristalisasi logam baik menggunakan bahan tambah maupun tidak dan menggunakan energi panas sebagai pencair bahan yang dilas.

Prinsip-Prinsip Las Listrik

Pada dasarnya las listrik yang menggunakan elektroda karbon maupun logam menggunakan tenaga listrik sebagai sumber panas. Busur listrik yang terjadi antara ujung elektroda dan benda kerja dapat mencapai temperatur tinggi yang dapat

melelehkan sebagian bahan merupakan perkalian antara tegangan listrik (E) dengan kuat arus (I) dan waktu (t).

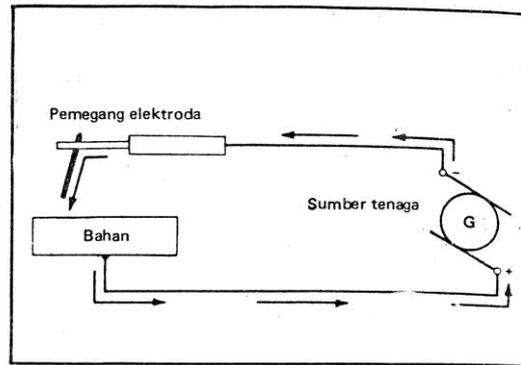
Las listrik dengan elektroda karbon

Busur listrik yang terjadi antara ujung elektroda karbon dengan logam atau diantara ujung elektroda karbon akan memanaskan dan mencairkan logam yang akan dilas. Sebagai bahan tambah dapat dipakai elektroda dengan fluksi atau elektroda yang berselaput fluksi.

Las busur listrik dengan metode elektroda terbungkus adalah cara pengelasan yang banyak di gunakan pada masa ini, cara pengelasan ini menggunakan elektroda logam yang di bungkus dengan fluks. Las busur listrik terbentuk antara logam induk dan ujung elektroda, karena panas dari busur, maka logam induk dan ujung elektroda tersebut mencair dan kemudian membeku bersama.

Las listrik dengan elektroda berselaput

Las listrik ini menggunakan elektroda berselaput sebagai bahan tambahnya. Busur listrik yang terjadi diantara ujung elektroda dan bahan dasar akan mencairkan ujung elektroda dan sebagian bahan dasar. Selaput elektroda yang turut akan mencair dan menghasilkan gas yang melindungi ujung elektroda, kawah las, busur listrik dan daerah las disekitar busur listrik terhadap pengaruh daerah luar. Cairan selaput elektroda yang membeku akan menutupi permukaan las yang juga berfungsi sebagai pelindung terhadap pengaruh luar.



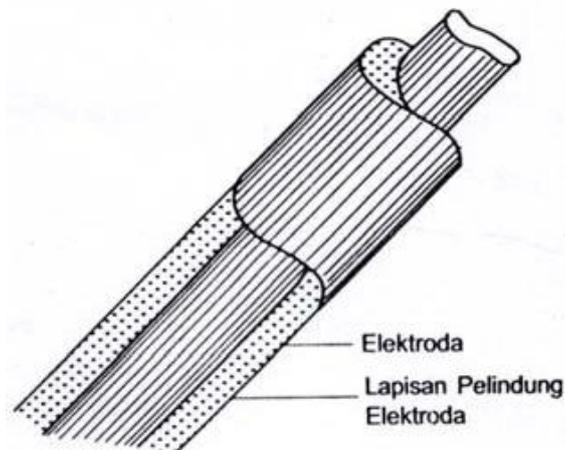
Gambar 2.1 Sirkuit las listrik dengan elektroda berselaput

Las listrik *TIG* menggunakan elektroda wolfram yang bukan merupakan bahan tambah. Busur listrik yang terjadi antara ujung elektroda wolfram dan bahan dasar adalah merupakan sumber panas untuk pengelasan. Titik cair dari elektroda wolfram sedemikian tingginya sampai 3410°C sehingga tidak ikut mencair pada saat terjadi busur listrik. Tangkai las dilengkapi dengan nozel keramik untuk penyemburan gas pelindung yang melindungi daerah las

dari pengaruh luar pada saat pengelasan.

Macam dan Jenis Elektroda

Pengelasan dengan menggunakan las busur listrik memerlukan kawat las (Elektroda) yang terdiri dari suatu inti terbuat dari suatu logam di lapiasi oleh lapisan yang terbuat dari campuran zat kimia, selain berfungsi sebagai pembangkit, elektroda juga sebagai bahan tambah.



Gambar 2.2. Elektroda las

Elektroda terdiri dari dua jenis bagian yaitu bagian yang bersalut (*fluks*) dan tidak bersalut yang merupakan pangkal untuk menjepitkan tang las. Fungsi *fluks* atau lapisan elektroda dalam las adalah untuk melindungi logam cair dari lingkungan udara menghasilkan gas pelindung, menstabilkan busur, sumber unsur paduan.

Pada dasarnya bila di tinjau dari logam yang di las, kawat elektroda dibedakan menjadi elektroda untuk baja lunak, baja karbon tinggi, baja paduan, besi tuang, dan logam non ferro. Bahan elektroda harus mempunyai kesamaan sifat dengan logam [8]. Pemilihan elektroda pada pengelasan baja karbon sedang dan baja karbon

tinggi harus benar-benar diperhatikan apabila kekuatan las diharuskan sama dengan kekuatan material.

Penggolongan elektroda diatur berdasarkan standar system AWS (*American Welding Society*) dan ASTM (*American Society Testing Material*). Elektroda jenis E6013 dapat dipakai dalam semua posisi pengelasan dengan arus las AC maupun DC. Rigi-rigi yang dihasilkan akan sangat halus maka terak yang ada akan mudah untuk di bersihkan dan busurnya dapat di kendalikan dengan mudah. Elektroda dengan kode E6013 untuk setiap huruf dan setiap angka mempunyai arti masing-masing yaitu:

- E = Elektroda untuk las busur listrik
- 60 = Menyatakan nilai tegangan tarik minimum hasil pengelasan dikalikan dengan 1000 Psi
- 1 = Menyatakan posisi pengelasan, 1 berarti dapat digunakan untuk pengelasan semua posisi
- 3 = Elektroda dengan penembusan dangkal bahan dari selaput serbuk Rutil kalium dengan arus AC atau DC.

Elektroda berselaput yang dipakai pada las busur listrik mempunyai perbedaan komposisi selaput maupun kawat inti. Pelapisan fluksi pada kawat inti dapat dengan cara destrusi, semprot ataupun celup. Ukuran standar diameter kawat inti dari 1,5 mm sampai 7 mm dengan panjang antara 350 mm sampai 450 mm. Jenis-jenis selaput fluksi pada elektroda misalnya selulosa, kalsium karbonat (CaCO₃), titanium dioksida (rutil), kaolin, kalium oksida, mangan,

oksida besi, serbuk besi, besi silikon, besi mangan dan sebagainya dengan presentase yang berbeda-beda, untuk tiap jenis elektroda. Tebal selaput elektroda berkisar antara 10% sampai 50% dari diameter elektroda tergantung dari jenis selaput. Pada waktu pengelasan, selaput elektroda akan turun dan mencair dan menghasilkan gas CO₂ yang melindungi cairan las, busur listrik dan sebagian benda kerja terhadap udara luar. Udara luar yang mengandung O₂ dan N akan dapat mempengaruhi sifat fisik dari logam las. Cairan selaput yang disebut terak akan terapung dan membeku melapisi permukaan las yang masih panas.

Pemilihan elektrode ini berdasarkan :

- sifat dari bahan yang akan dilas
- posisi pengelasan
- tipe sambungan
- jumlah pengelasan
- kerapatan sambungan pengelasan
- jenis arus yang tersedia

Arus pengelasan

Arus pengelasan adalah besarnya aliran atau arus listrik yang keluar dari mesin las. Besar kecilnya arus pengelasan dapat diatur dengan alat yang ada pada mesin las. Arus las harus disesuaikan dengan jenis bahan dan diameter elektroda yang di gunakan dalam pengelasan.

Penggunaan arus yang terlalu kecil akan mengakibatkan penembusan atau penetrasi las yang rendah, sedangkan arus yang terlalu besar akan mengakibatkan terbentuknya manik las yang terlalu lebar dan deformasi dalam pengelasan.

Tabel 2.1. Spesifikasi besar arus menurut tipe elektroda

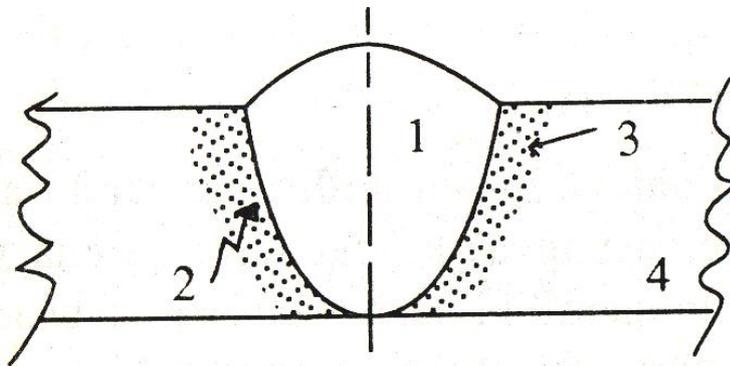
Diameter elektroda (mm)	Tipe elektroda dan besarnya arus (Ampere)					
	E6010	E6013	E6014	E7018	E7024	E7028
2,0	-	30-80	80-110	70-100	-	-
2,6	-	70-110	110-160	110-160	-	-
3,2	80-120	80-140	140-180	120-170	140-190	140-190
4	120-160	120-190	140-210	150-220	180-250	180-250
5,0	150-200	200-275	200-275	200-275	230-305	230-305
6,3	-	330-415	315-400	335-430	300-420	335-430
8	-	-	390-500	375-475	-	-

Daerah pengaruh panas (HAZ)

Tiga daerah hasil pengelasan yang akan kita temui bila kita melakukan pengelasan daerah yang pertama yaitu logam las adalah daerah dimana terjadi pencairan logam dan dengan cepat kemudian membeku. Daerah yang kedua yaitu daerah logam induk yang mengalami perubahan struktur atau susunan dari logam akibat panas dari tindakan pengelasan. Daerah yang kedua ini sering disebut dengan *Heat Affected*

Zone (HAZ). Daerah yang ke tiga adalah daerah logam itu sendiri yang tidak mengalami perubahan struktur.

Daerah *HAZ* merupakan daerah paling kritis dari sambungan las, karena selain berubah strukturnya juga terjadi perubahan sifat pada daerah ini. Secara umum struktur dan sifat daerah panas efektif di pengaruhi dari lamanya pendinginan dan komposisi dari logam induk itu sendiri



Gambar 2.3 Daerah las-lasan.

- Keterangan :
1. Logam Las
 2. Garis Penggabungan
 3. Daerah *HAZ*
 4. Logam Induk

Kampuh V

Hasil penyambungan logam melalui pengelasan hendaknya menghasilkan sambungan yang berkualitas dari segi kekuatan dan lapisan las dari bahan atau logam yang dilas, di mana untuk menghasilkan

sambungan las yang berkualitas hendaknya kedua ujung/bidang atau bagian logam yang akan dilas perlu di berikan suatu bentuk kampuh las tertentu.

Tujuan utama dari pengelasan adalah

untuk mendukung beban, sebagian beban mekanis dan sebagian untuk mencapai hasil pengelasan dengan kekuatan yang bisa di jamin, maka perlu di kembangkan sebagai bentuk *groove* [10]. Untuk memperoleh kekuatan hasil pengelasan yang dapat di jamin kualitasnya, pengelasan sebaiknya menggunakan berbagai bentuk kampuh yang sudah dikembangkan.

Pengerjaan kampuh las terdiri dari empat jenis yaitu sambungan kampuh sisi, sambungan berimpit, sambungan sudut dan sambungan T. Sambungan atau kampuh menumpu adalah sambungan las yang dilakukan dengan jalan mengelas bagian tepi atau ujung dari logam yang akan dilas. Adapun sambungan atau kampuh menumpu terdiri dari sambungan I, V, X, dan $\frac{1}{2}$ V, $\frac{1}{2}$ X, U.

Menurut [3] kampuh V dipergunakan untuk menyambung logam/plat yang tebalnya antara 3,5-10 mm, dengan sudut kampuh 60° - 80° dan jarak/celah kampuh sekitar 1- 2 mm. Pada waktu mengelas kampuh V diberi plat penahan cairan sepanjang kampuh yang gunanya untuk mencegah cairan bertumpuk sebelah bawah kampuh dan plat penahan tersebut dapat dibuka bila di perlukan.

METODE DAN PROSEDUR PENELITIAN

Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini, dimulai dengan tahapan-tahapan atau langkah-langkah penelitian dari awal sampai akhir, sehingga nantinya didapat hasil mengenai analisa pengaruh kuat arus dan jarak kampuh terhadap hasil pengelasan.

Beberapa jenis metode penelitian yang akan digunakan dalam pengujian dan penelitian ini, diantaranya adalah sebagai berikut :

1. **Analitik**, data yang dikoleksi dan diteliti akan dijadikan petunjuk dalam Penelitian. Dalam hal ini persiapan yang harus diperhatikan adalah material yang akan diuji, kuat arus yang dipakai, jenis elektroda dan diameter elektroda yang digunakan.
2. **Status**, Sampel yang dipilih dari satu atau lebih fenomena dipelajari, diuji serta dianalisa karakteristiknya, kemudian hasil pengelasan akan diuji kekuatan tariknya, kekerasan, struktur mikro dan hasil cairan elektroda yang terjadi.
3. **Evaluasi**, Suatu pengujian dilakukan dengan suatu cara tertentu dan diharapkan dapat memberikan hasil tertentu [4].

Prosedur Penelitian

Tahapan awal dimulai dengan mencari thema atau topik, mencari atau mengkoleksi literatur yang berhubungan dengan topik, menentukan thema, spesifikasi thema yang akan kita ambil, buat jadwal penelitian atau thesis, langkah selanjutnya mengidentifikasi masalah, setelah masalah diidentifikasi, langkah selanjutnya adalah perencanaan alur proses penelitian, dimana alur penelitian yang dilakukan adalah persiapan pelaksanaan pengujian, penentuan material, jenis elektroda dan diameter elektroda, penentuan kuat arus, dilanjutkan dengan pengujian komposisi dan pengujian tarik serta pemeriksaan, sehingga pada akhirnya didapat hasil penelitian.

Pembahasan

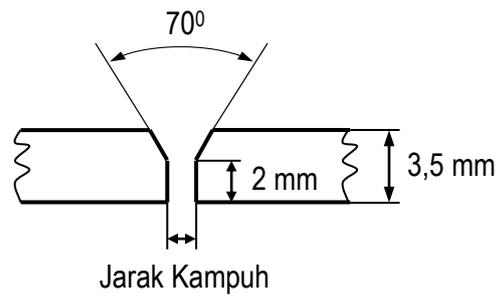
Setelah pengamatan, pengukuran dan dilakukan pengujian terhadap masing-masing benda uji, baik benda uji *raw material* maupun benda uji yang dilakukan pengelasan dengan arus masing-masing 70 ampere, 80 ampere, 90 ampere, 100 ampere maupun 110 ampere, dan dengan jarak 1 mm serta 2 mm, maka didapat data-data seperti yang akan diperlihatkan bersamaan

dengan data-data hasil setiap pengujian.

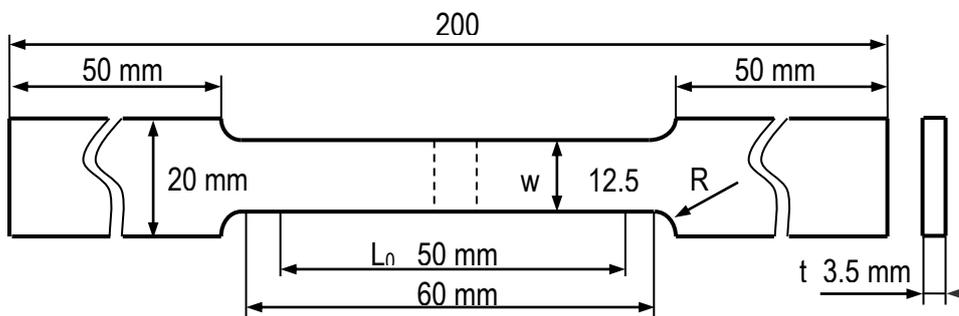
baja karbon rendah dituangkan dalam table 4.1.

Pengujian Komposisi Baja Karbon
Data Komposisi Kimia Baja Karbon

Pengujian komposisi bertujuan untuk mengetahui kadar (persentase) setiap unsur pembentuk suatu logam baik itu logam ferro maupun logam non ferro. Pengujian komposisi kimia dilakukan di Laboratorium Balai Besar Teknologi Kekuatan Struktur (B2TKS-BPPT) kawasan PUSPITEK Serpong dengan menggunakan Mesin OES ARC-MET 930 SP. Hasil pengujian komposisi



Gambar 3.9. Kampuh V [12]



Gambar 3.10. Spesimen Uji Tarik

Tabel 4.1 Hasil Uji Komposisi

No	Nama Unsur	Simbol	Kadar (%)
1	Ferum	Fe	99,02
2	Carbon	C	0,13
3	Silicon	Si	< 0,063
4	Mangan	Mn	0,82
5	Chromium	Cr	0,014
6	Nickel	Ni	< 0,018
7	Molybdenum	Mo	< 0,0018
8	Cuprum	Cu	0,0096
9	Aluminium	Al	<0,00
10	Vanadium	V	0,0094
11	Wolfram	W	0,06
12	Titanium	Ti	<0,00
13	Niobium	Nb	<0,00
14	Barium	B	<0,00
15	Silicon	Si	0,019
16	Phospor	P	0,025

Sifat baja karbon sangat tergantung pada kadar karbon oleh karena itu baja karbon dikelompokkan berdasarkan kadar karbonnya. Baja dengan kadar karbon kurang dari 0,3% disebut baja karbon rendah, baja dengan kadar karbon 0,3-0,7% disebut baja karbon sedang, dan baja dengan kadar karbon 0,7-1,5% disebut baja karbon tinggi [14]. Hasil uji komposisi diatas menunjukkan bahwa material yang digunakan dalam penelitian ini, termasuk klasifikasi baja karbon rendah, karena mengandung unsur karbon kurang dari 0,3%.

Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat mekanik dari suatu material yang akan diuji dalam hal ini untuk mengetahui kekuatan tarik maksimum suatu material.

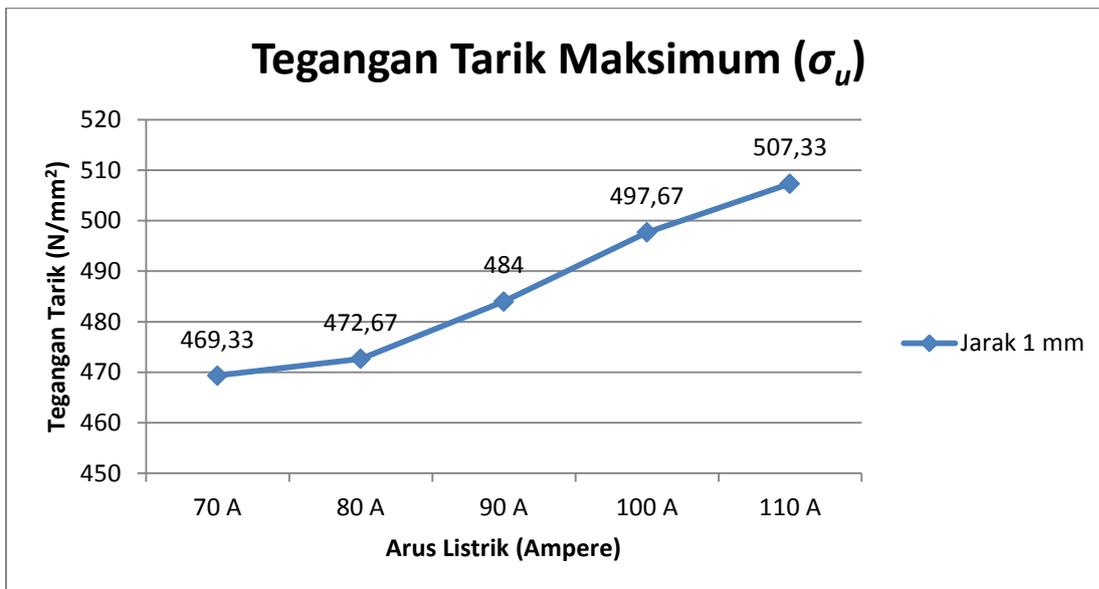
Data pengujian diperoleh dalam tiga kelompok pengujian yaitu, kelompok raw material, kelompok material yang dilas dengan arus 70 ampere, 80 ampere, 90 ampere, 100 ampere dan 110 ampere dengan jarak kampuh 1mm, dan kelompok material yang dilas dengan arus 70 ampere, 80 ampere, 90 ampere, 100 ampere dan 110 ampere dengan jarak kampuh 2 mm. Hasil pengujian tarik dapat ditunjukkan pada tabel 4.2 :

Tabel 4.2. Data Hasil Uji Tarik *Raw Material*

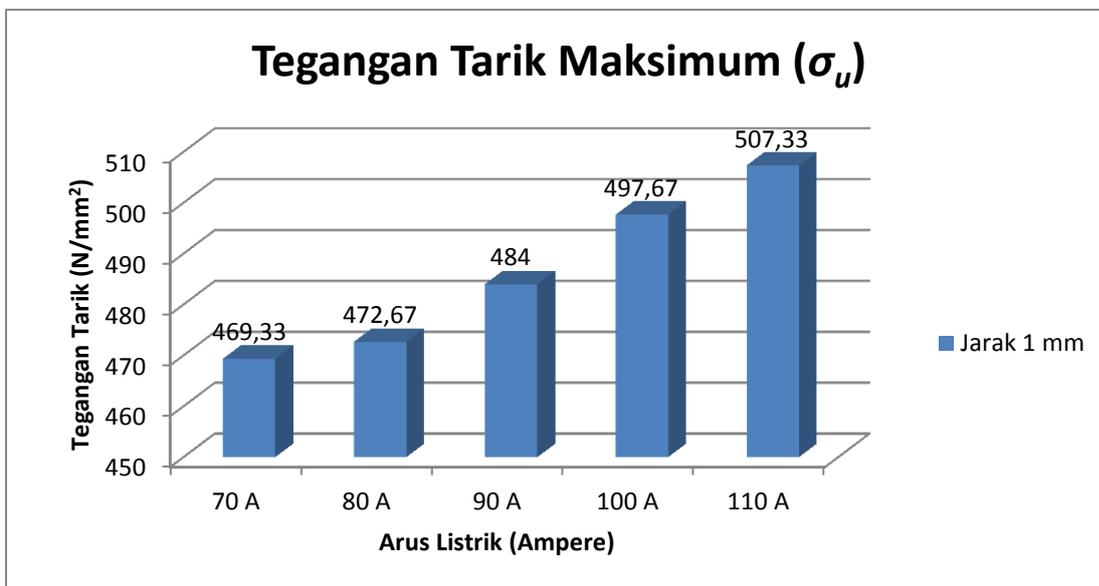
No.	t (mm)	w (mm)	l ₀ (mm)	A ₀ (mm ²)	P _u (kN)	Δl (mm)	σ _u (N/mm ²)	e (%)
1	3,5	12,5	50	43,75	20,72	17,57	473	35,14
2	3,5	12,5	50	43,75	21,05	18,48	481	36,96
3	3,5	12,5	50	43,75	20,77	18,28	475	36,57
						Rata-rata	476,33	36,22

Tabel 4.3. Data Hasil Kekuatan Tarik Material Pengelasan Arus 70-110A, dengan Jarak Kampuh 1 mm.

No.	Arus (A)	Jarak (mm)	t (mm)	w (mm)	l ₀ (mm)	A ₀ (mm ²)	P _u (kN)	Δl (mm)	σ _u (N/mm ²)	e (%)
1	70	1	3,5	12,5	50	43,75	20,55	16,09	469,33	32,18
2	80	1	3,5	12,5	50	43,75	20,68	16,06	472,67	32,12
3	90	1	3,5	12,5	50	43,75	21,18	15,59	484	31,11
4	100	1	3,5	12,5	50	43,75	21,78	16,28	497,67	32,56
5	110	1	3,5	12,5	50	43,75	22,19	15,74	507,33	31,47



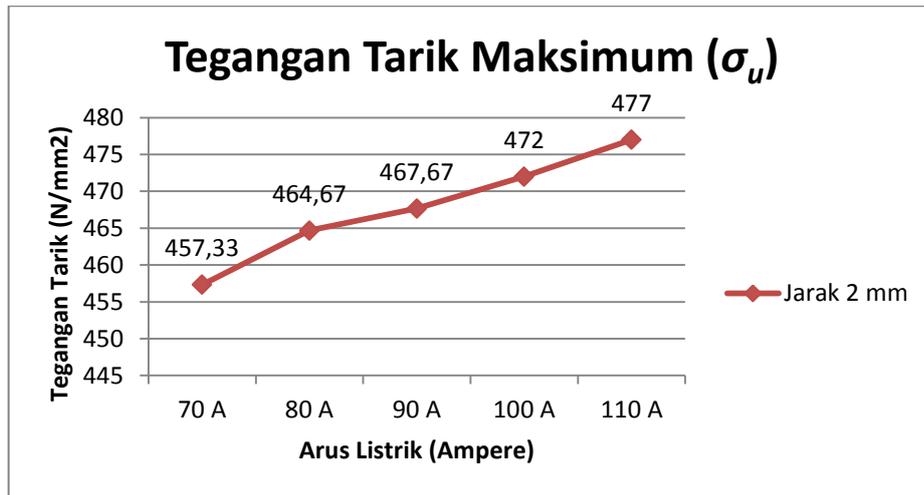
Gambar 4.1. Grafik Hubungan Kuat Arus dan Jarak Kampuh 1 mm terhadap Kekuatan Tarik Baja Karbon Rendah.



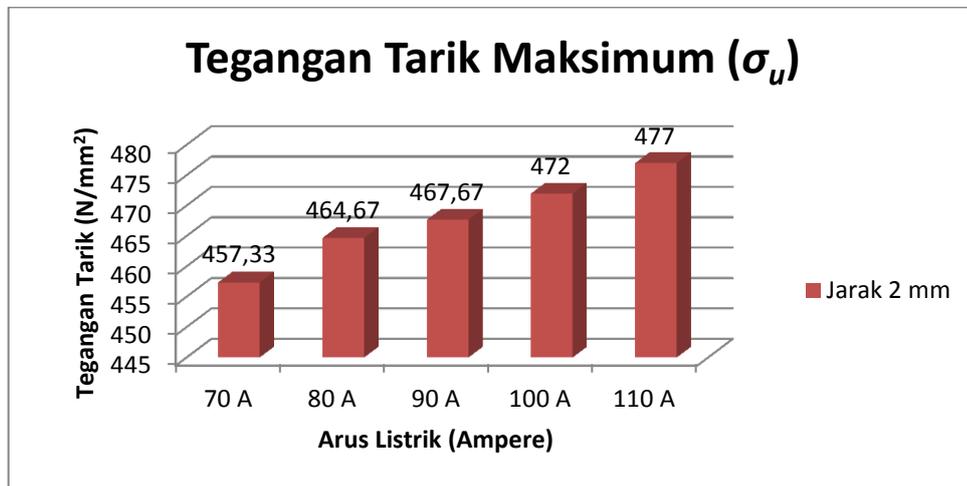
Gambar 4.2. Grafik Batang Hubungan Kuat Arus dan Jarak Kampuh 1 mm terhadap Kekuatan Tarik Baja Karbon Rendah.

Tabel 4.4. Data Hasil Kekuatan Tarik Material Pengelasan Arus 70-110A, dengan Jarak Kampuh 2 mm.

No.	Arus (A)	Jarak (mm)	t (mm)	w (mm)	l _o (mm)	A ₀ (mm ²)	P _u (kN)	Δl (mm)	σ _u (N/mm ²)	e (%)
1	70	2	3,5	12,5	50	43,75	20,01	15,32	457,33	30,64
2	80	2	3,5	12,5	50	43,75	20,34	16,47	464,67	32,93
3	90	2	3,5	12,5	50	43,75	20,47	16,02	467,67	32,04
4	100	2	3,5	12,5	50	43,75	20,65	15,81	472	31,62
5	110	2	3,5	12,5	50	43,75	20,87	16,03	477	32,05



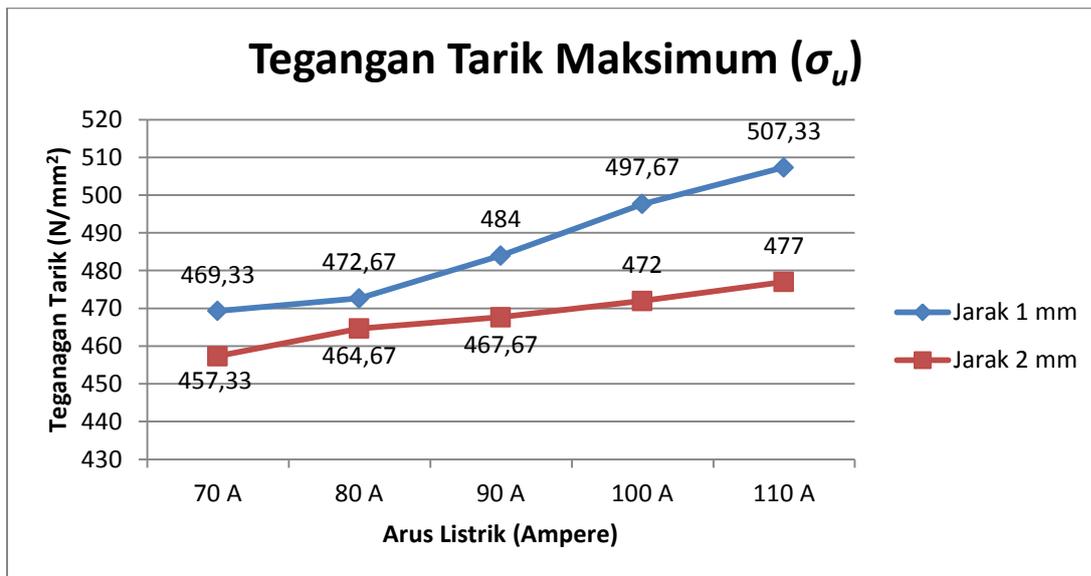
Gambar 4.3. Grafik Hubungan Kuat Arus dan Jarak Kampuh 2 mm terhadap Kekuatan Tarik Baja Karbon Rendah.



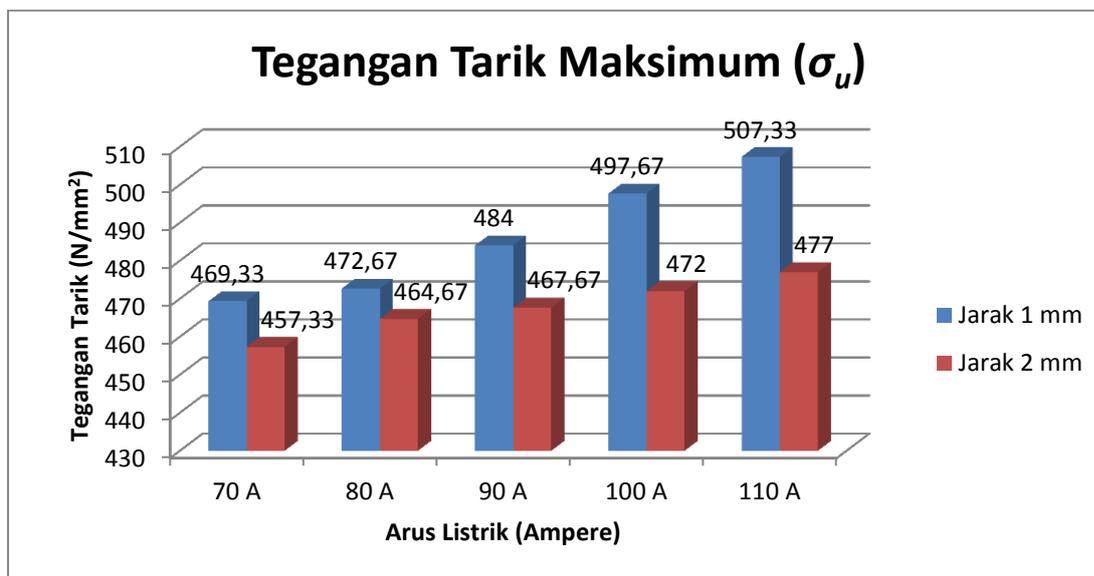
Gambar 4.4. Grafik Batang Hubungan Kuat Arus dan Jarak Kampuh 2 mm terhadap Kekuatan Tarik Baja Karbon Rendah.

Tabel 4.5. Data Hasil Uji Tarik Material Pengelasan Arus 70-110A, dengan Jarak Kampuh 1 dan 2 mm.

No.	Arus (A)	Jarak (mm)	t (mm)	w (mm)	l _o (mm)	A ₀ (mm ²)	P _u (kN)	Δl (mm)	σ _u (N/mm ²)	e (%)
1	70	1	3,5	12,5	50	43,75	20,55	16,09	469,33	32,18
2	80	1	3,5	12,5	50	43,75	20,68	16,06	472,67	32,12
3	90	1	3,5	12,5	50	43,75	21,18	15,59	484	31,11
4	100	1	3,5	12,5	50	43,75	21,78	16,28	497,67	32,56
5	110	1	3,5	12,5	50	43,75	22,19	15,74	507,33	31,47
6	70	2	3,5	12,5	50	43,75	20,01	15,32	457,33	30,64
7	80	2	3,5	12,5	50	43,75	20,34	16,47	464,67	32,93
8	90	2	3,5	12,5	50	43,75	20,47	16,02	467,67	32,04
9	100	2	3,5	12,5	50	43,75	20,65	15,81	472	31,62
10	110	2	3,5	12,5	50	43,75	20,87	16,03	477	32,05



Gambar 4.5. Grafik Hubungan Kuat Arus dan Jarak Kampuh 1 dan 2 mm terhadap Kekuatan Tarik Baja Karbon Rendah



Gambar 4.6. Grafik Batang Hubungan Kuat Arus dan Jarak Kampuh 1 dan 2 mm terhadap Kekuatan Tarik Baja Karbon Rendah.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian ini adalah :

Untuk pengujian kekuatan tarik didapat kekuatan tarik maksimum tertinggi terdapat pada pengujian dengan arus 110 ampere dengan jarak kampuh 1 mm sebesar 507,33 N/mm².

Saran

Diharapkan ada penelitian lanjutan dari penelitian yang sudah dilakukan, misalnya dengan menambah jarak kampuh sehingga akan didapat pengelasan yang sangat optimal.

DAFTAR PUSTAKA

1. Amstead BH, dkk, "Teknologi Mekanik" Jilid 1. Jakarta, 1989.
2. Alip Mochamad, "Teori dan Praktek Las", Jakarta. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, 1989.
3. Arifin Syamsul, "Las Listrik dan Otogen", Edisi khusus, Bandung, Ghalia Indonesia, 1977.
4. Arikunto, Suharsimi, "Penelitian Suatu Pendekatan Praktek, Yogyakarta. Rineka Cipta, 1997.
5. Bintor Gatot, "Dasar-Dasar Pengerjaan Las", Yogyakarta. Kanisus, 1999.
6. Badbury EJ, "Dasar Metalurgy Untuk Rekayasawan", Jakarta, Grmedia, 1990.
7. Dieter George E, "Metalurgy Mekanik", Jakarta, Erlangga, 1987.
8. Fenoria Putri, 2010, "Analisa Pengaruh Variasi Kuat Arus dan Jarak Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik, Kekerasan dan Struktur Mikro Sambungan Las Baja Kerbon Rendah Dengan Elektroda 6013 Metode Anova", Thesis S2, Universitas Pancasila, Jakarta.
9. Kenneth N, Derucher and Conrad P.Heins, "Material for Civil and Higway engineers. Prentice-Hall., Englewood Cliffs, 1981.
10. Lawrence, Van Vlack, "Ilmu Bahan dan Teknologi Bahan", Jakarta, Erlangga, 1991.
11. Love George, "Teori dan Praktek Kerja Logam", Jakarta, Erlangga, 1986.
12. Smallman R.E, dan Bishop R.J, "Metalurgy Fisik Modern dan Rekayasa Material, Jakarta, Gramedia, 2000.
13. Sonowan Hery dan Suratman Rochim, "Pengantar untuk Memahami Proses Pengelasan Logam, Bandung, Alfabeta, 2004.
14. Suharto, "Teknologi Pengelasan Logam", Jakarta, Rineka Cipta, 1991.
15. Surdia, Tata dan Saito sinroku, "Pengetahuan Bahan Teknik", Jakarta, Pradnya Paramita, 2000.
16. Ginting Dines, Kenjon W., "Dasar-Dasar Pengelasan", Erlangga, 1984.
17. Karmiadji, W. Djoko, "Metodologi Penelitian", Hand Out mata kuliah Program Magister Teknik Mesin Universitas Pancasila, 2009.
18. Suryana Didikh, Sidabutar Djaindar, "Las Asetilin dan Las Listrik", Sekolah Teknologi Mesin, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, 1998.
19. Wiryosumarto Harsono, Okumura Toshie Okumura, "Teknologi Pengelasan Logam", Cetakan ke delapan Jakarta, PT Raja Grafindo Persada, 2000.
20. Widharto Sri, "Petunjuk Kerja Las", Edisi Revisi Cetakan ke-5, Jakarta, PT Pradnya Paramita.