

**ANALISIS KEKUATAN BAJA KARBON RENDAH
HASIL FRICTION WELDING**



Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh Gelar Diploma Tiga
pada Politeknik Negeri Ujung Pandang

Disusun Oleh :

SUBHAN BORAHIMA (NIM: 06 34 012)

MUHAMMAD BAKRI (NIM : 06 34 025)

JURUSAN TEKNIK MESIN

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

MAKASSAR

2009

LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Akhir dari Mahasiswa:

Subhan Borahima (06 34 012)

Muhammad Bakri (06 34 025)

Dengan judul “ Analisis Kekuatan Baja Karbon Rendah Hasil Friction Welding “ yang di ajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Guna Menyelesaikan Studi Pada Program Pendidikan Diploma Tiga Politeknik Negeri Ujung Pandang. Telah di periksa dan di Setujui oleh Pembimbing.

Mengesahkan,

Pembimbing I



Abram Tangkemanda, S.T.M.T.
Nip. 131 884 323

Pembimbing II



Ir. Yosrihard Basongan, M.T.
Nip. 19621218 198803 1 003

Mengetahui,
a.n. Direktur,

Ketua Jurusan Teknik Mesin
Politeknik Negeri Ujung Pandang




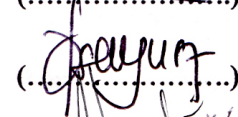


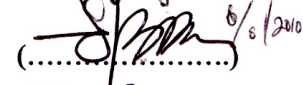

Muhammad Tekad, S.T.M.T.
Nip. 19650824 199003 1 003

PENERIMAAN PANITIA UJIAN SIDANG

Pada Hari Ini, Hari Jumat Tanggal November 2009, Panitia Ujian Sidang Tugas Akhir Telah Menerima Dengan Baik Hasil Tugas Akhir Oleh Mahasiswa: Subhan Borahima (06 34 004), Muhammad Bakri (06 34 025) Dengan Judul ***“Analisis Kekuatan Baja Karbon Rendah Hasil Friction Welding”***

Makassar , 20 November 2009

Panitia Ujian Sidang Tugas Akhir

- | | | |
|------------------------------|---------------|--|
| 1. Ir. Ilyas Mansyur, MT | Ketua | (.....)  4/8/2010 |
| 2. Muhammad Iswar, S.ST | Sekretaris | (.....)  |
| 3. Ahmad Subair Sultan,ST,MT | Anggota | (.....)  11/8/2010 |
| 4. Arman,ST,MT | Anggota | (.....)  11/8/2010 |
| 5. Abram Tangkemanda,ST,MT | Pembimbing I | (.....)  8/8/2010 |
| 6. Ir.yosrihard Basongan,M.T | Pembimbing II | (.....)  11/8/2010 |

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT, karena dengan rahmat dan hidayahnya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini. Salawat dan salam tak terlupa tercurah kepada Rasulullah SAW sebagai pencerah kehidupan manusia di dunia.

Laporan tugas akhir ini, merupakan salah satu persyaratan yang harus dipenuhi untuk menyelesaikan studi pada Politeknik Negeri Ujung Pandang. Selain itu, laporan ini merupakan tolak ukur keberhasilan mahasiswa menyelesaikan proyek tugas akhir yang telah dibuat.

Laporan ini dapat kami selesaikan tidak lepas atas bantuan dari beberapa pihak, oleh sebab itu penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tua kami yang selama ini memberikan kami kasih sayang, memberikan kami pencerahan dan memberikan kami cinta yang tidak terhingga.
2. Keluarga yang telah memberi bantuan moril maupun materil.
3. Segenap staf administrasi Politeknik Negeri Ujung Pandang yang telah membantu kelancaran administrasi kami.
4. Bapak Muh. Tekad ST.,MT selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin
5. Bapak Abram Tangkemanda, ST., MT selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin.

- 6 Bapak Abram Tangkemanda, ST., MT selaku pembimbing I proyek tugas akhir kami.
- 7 Bapak Ir. Yosrihard Basongan, M.T selaku pembimbing II.
- 8 Kepada teman-teman seperjuangan kami di HMI,HPMM,MAPALA PNUP,UKM BOLA PNUP yang senantiasa memberikan bantuan dan semangat sehingga kami dapat menyelesaikan tugas akhir kami.
- 9 Teman-Teman Seperjuangan Yang Tidak Sempat Kami Tulis Namanya Pada Kata Pengantar Ini Karna Keterbatasan halaman, tapi yakinlah bahwa tanpa kalian kami tidak bisa berbuat apa-apa.
- 10 Semua pihak yang telah membantu kami dalam menyelesaikan proyek tugas akhir ini.
- 11 Dan spesial untuk adikku Nini Nur Khasanah semoga kau tersenyum melihat persembahanku ini damailah selalu di sisinya, kedua kakandaku dan adikku yang senantiasa memberikan bantuannya mulai dari awal kuliah sampai dengan terlepasnya status mahasiswa ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan laporan tugas akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu kami selaku penulis terbuka dan mengharapkan kritik dan saran dari pembaca yang sifatnya membangun demi kesempurnaan laporan ini.

Akhir kata, penulis berharap laporan ini dapat berguna baik bagi kami dan kepada masyarakat luas pada umumnya, dan semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmatnya kepada kita semua.

Makassar, Desember 2009

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PENERIMAAN PANITIA UJIAN SIDANG	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
NOMENKLATUR.....	x
NOMENKLATUR.....	xiii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan dan manfaat penelitian	4
1.4 Ruang lingkup penelitian	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Defenisi friction welding	6
2.2 Prinsip kerja friction welding	7
2.3 Logam paduan	8
2.4 Pengujian tarik pada kekuatan bahan	15

BAB III.	METODE PENELITIAN	
3.1	Tempat dan Waktu Penelitian	19
3.2	Alat dan Bahan	19
3.3	Teknik pengumpulan data	20
3.4	Prosedur Penelitian	20
3.5	Teknik Analisis Data	24
3.6	Diagram Alir penelitian	25
BAB IV	HASIL DAN PEMBAHASAN	26
4.1	Hasil pengujian	26
4.2	Pembahasan	32
BAB V	KESIMPULAN DAN SARAN	35
A.	Kesimpulan	35
B.	Saran	36
DAFTAR PUSTAKA	37
LAMPIRAN	38

DAFTAR TABEL

<u>Nomor Tabel</u>	<u>Keterangan</u>	<u>Hal</u>
Tabel 4.1	Data hasil proses pengujian <i>friction welding</i>	18
Tabel 4.2	Hasil pengujian tarik bahan	18
Tabel 4.3	Tabel Hasil Perhitungan (<i>friction welding</i> dengan Putaran 550 rpm)	27



DAFTAR GAMBAR

<u>Nomor Gbr.</u>	<u>Keterangan</u>	<u>Hal</u>
Gambar. 3.6	Diagran Alir Penelitian	23
Gambar 4.1	Grafik Hubungan Perbandingan Putaran Spindel dan Waktu Pemanasan	31
Gambar 4.2	Grafik Hubungan Perbandingan Putaran Spindel dan Waktu Pemanasan	32
Gambar 4.3	Grafik Hubungan Perbandingan waktu dengan Tegangan Tarik Maksimum Bahan	32
Gambar 4.4	Grafik Hubungan Perbandingan putaran dengan Tegangan Tarik Maksimum Bahan	33
Gambar. 3.6	Diagran Alir Penelitian	



NOMENKLATUR

Simbol	Keterangan	Satuan
Al	Alumunium	-
Mg	Magnesium	-
Ti	Titanium	-
Mn	Mangan	-
Ni	Nikel	-
Z	Kode Atom	-
σ_p	Tegangan Proporsional	[N.mm ⁻²]
F _p	Gaya Proporsional	[N]
A _o	Luas penampang mula-mula	[mm]
D _o	Diameter penampang mula-mula	[mm]
r	Prosentase Pengecilan	putaran
A _l	Diameter benda setelah di uji	[mm]
σ_y	Tegangan Ulur	[N.mm ⁻²]
F _y	Titik Ulur	[N]

τ_{max}	Tegangan Maksimum	[N.mm ⁻²]
Fmax	Gaya Maksimum	[N.mm ⁻²]
τ_b	Batas Patah	[N.mm ⁻²]
Fb	Gaya Patah	[N.mm ⁻²]
ϵ	Prosentase pertambahan panjang	%
Lo	Panjang sebelum di uji	[mm]
Li	Panjang setelah di uji	[mm]



NOMENKLATUR

Simbol	Keterangan	Satuan
P	Daya	Watt
N	Jumlah putaran	rpm
Pd	Daya rencana	Watt
T	Torsi atau Momen Puntir	N.m
f_c	Faktor Koreksi	-
τ_p	Tegangan Puntir	N/m ²
M_p	Momen Puntir	N/m ²
τ_p ijin	Tegangan Puntir Ijin	N/m ²
d	Diameter Poros	mm
W_p	Momen Tahanan Puntir	N/m ²
Fr	Beban Radial	kg
Fy	Beban Aksial	kg
X, V, Y	Faktor koreksi daya	-
Ls	Umur Bantalan	putaran
C	Tingkat Beban	K

ABSTRAK

Subhan Borahima Dan Muhammad Bakri Dengan Judul Analisis Kekuatan Baja Karbon Rendah Hasil Friction Welding yang dibimbing oleh Abram Tangkemanda sebagai pembimbing satu dan Yosrihard Basongan sebagai Pembimbing dua.

Friction welding merupakan salah satu jenis pengelasan dari 40 jenis pengelasan yang ada friction welding yang berasal dari bahasa ingris yang artinya pengelesan gesek, pengelasan gesek ini di temukan Pada tahun 1950, oleh *AL cudikhov* seorang ahli mesin yang berkebangsaan *unisoviet* berhasil menemukan sutu penemuan di bidang pengelasan Setelah melalui percobaan dan penelitian dia berhasil mengelas dengan memanfaatkan panas yang terjadi akibat gesekan. Untuk memperbesar panas yang terjadi, benda kerja tidak hanya berputar tetapi ditekan satu terhadap yang lainnya.

Proses pengelasan dengan cara gesek talah banyak di terapkan dalam industri khusus pada industri pembuatan poros, namun dari hasil pengelasan tersebut kita belum dapat mengetahui secara pasti kekuatan, pada sambungan hasil pengelasan gesek dan berapa putaran yang di butuhkan untuk mencapai titik leleh dari bahan yang di las.

Dalam penelitian ini diharpkan dapat mengetahui pengaruh putaran terhadap mutu pengelasan atau kekuatan sambungan dan lama putaran friction welding dan pengaruhnya terhadap kekuatan pengelasan dengan menggunakan metode pengelasan gesek atau friction welding. Dalam penelitian inipun di harapkan mampu memberikan informasi yang dapat dijadikan salah satu pilihan untuk menyambung logam, khususnya komponen logam baja karbon yang berbentuk poros dengan kesumbuan yang teliti.

Dari beberapa pengujian di lakukan di dapatkan hasil, Putaran yang baik digunakan untuk proses *friction welding* yang memiliki kekuatan yang maksimal adalah pada putaran 1020 rpm. Lama *friction welding* yang baik digunakan dan memiliki kekuatan yang maksimal adalah pada lama pemanasan 60 detik. Kekuatan tarik maksimum hasil *friction welding* pada putaran 1020 rpm, dengan waktu pemanasan selama 60 detik ialah $\sigma_{t_{max}} = 464,96 \text{ N/mm}^2$.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 . Latar Belakang

Semakin meningkatnya perkembangan hidup manusia maka zamanpun ikut berkembang dengan pesat. Karena perkembangan manusia bertambah maju maka bidang teknologipun ikut berkembang sangat pesat dengan harapan segala kebutuhan manusia dapat terpenuhi dengan baik. Jika diperhatikan, segala kebutuhan manusia tidak lepas dari unsur logam. Kerena hampir semua alat yang digunakan manusia terbuat dari unsur logam. Sehingga logam mempunyai peranan aktif dalam kehidupan manusia dan menunjang teknologi dijamin sekarang.

Oleh karena itu timbul usaha-usaha manusia untuk memperbaiki sifat-sifat dari logam tersebut. Yaitu dengan merubah sifat mekanis dan sifat fisiknya. Adapun sifat mekanis dari logam antara lain : kekerasan, kekuatan, keuletan, kelelahan dan lain-lain. Sedangkan dari sifat fisiknya yaitu dimensi, konduktivitas listrik, struktur mikro, dan lain-lain. Karena banyaknya permintaan yang bermacam-macam maka diadakan pemilihan bahan. Pemilihan bahan tersebut dapat dipersempit sesuai dengan kegunaannya. Seperti misalnya pada baja karbon. Baja karbon mendapat prioritas

yang utama untuk dipertimbangkan. Karena baja karbon mudah diperoleh, mudah dibentuk atau sifat permesinannya baik dan harganya relatif murah.

Kemajuan teknologi dewasa ini ditandai dengan semakin kompleksnya alat permesinan atau mesin perkakas bengkel mulai dari mesin bubut sampai pada mesin las yang dapat memudahkan dalam pembuatan suatu produk. Seperti halnya mesin las sendiri berbagai macam jenis mesin las yang kita jumpai pada saat ini ada lebih dari 40 jenis pengelasan termasuk pengelasan yang dilaksanakan dengan cara menekan dua buah logam yang disambung sehingga terjadi ikatan antara logam yang disambungkan.

Pada tahun 1950, *AL cudikhov* seorang ahli mesin yang berkebangsaan *unisoviet* berhasil menemukan satu penemuan di bidang pengelasan. Setelah melalui percobaan dan penelitian dia berhasil mengelas dengan memanfaatkan panas yang terjadi akibat gesekan. Untuk memperbesar panas yang terjadi, benda kerja tidak hanya berputar tetapi ditekan satu terhadap yang lainnya.

Tekanan juga berfungsi mempercepat fusi. Cara ini disebut las gesek (*friction welding*). Proses pengelasan dengan cara gesek telah banyak di terapkan dalam industri khusus pada industri pembuatan poros, namun dari hasil pengelasan tersebut kita belum dapat mengetahui secara pasti kekuatan, pada sambungan hasil

pengelasan gesek dan berapa putaran yang di butuhkan untuk mencapai titik leleh dari bahan yang di las.

Sesuai dengan uraian di atas baja karbon mendapat prioritas yang utama karena baja karbon sangat banyak di gunakan di masyarakat karna kemudahan yang dimilikinya. Dari hal tersebut maka proses pengelasan gesek yang dilakukan menggunakan baja karbon.

Dan berdasarkan hal-hal tersebut diatas maka penulis mencoba untuk mengadakan suatu penelitian guna untuk memberikan sebuah informasi bagi masyarakat tentang efektifitas pengelasan gesek, dengan mengangkat judul tugas akhir: “**ANALISIS KEKUATAN SAMBUNGAN BAJA KARBON RENDAH HASIL FRICTION WELDING** “ sebagai syarat penyelesaian studi di jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas maka dirumuskana masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh putaran pada penyambungan logam dengan metode *friction welding* mempengaruhi kekuatan sambungan.

2. Bagaimana lama putaran mesin pada *friction welding* terhadap mutu dan kekuatan sambungan *friction welding*

1.3 Tujuan dan manfaat penelitian

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan yang akan dicapai yaitu:

1. Menentukan nilai putaran untuk menghasilkan kekuatan yang maksimal hasil *friction welding*.
2. Mengetahui lama pemanasan yang baik untuk menghasilkan *friction welding* yang maksimal

Hasil penelitian diharapkan dapat dimanfaatkan bagi:

1. Bagi kalangan pendidikan:

Sebagai informasi bagi kalangan peneliti yang ingin meneliti permasalahan yang timbul dalam proses penyambungan logam (*welding*), khususnya penyambungan dengan metode *friction welding*.

2. Bagi kalangan industri

Dapat dijadikan salah satu pilihan untuk menyambung logam, khususnya komponen logam baja karbon yang berbentuk poros dengan kesumbuan yang teliti.

1.4 Ruang lingkup penelitian

Penelitian ini dilakukan dibengkel Mekanik Politeknik Negeri Ujung Pandang, dengan menggunakan hasil dari pengelasan *friction welding* sebagai spesimen, dimana spesimen tersebut akan melalui pengujian kekuatan bahan dengan menggunakan mesin uji tarik sebagai pembanding agar dapat diketahui perbandingan antara spesimen yang telah melalui *friction welding* dan yang belum melalui proses tersebut.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 . Definisi *friction welding*

Literatur yang ada banyak kita temukan definisi tentang *friction welding*, untuk memberikan pemahaman yang jelas mengenai definisi dari *welding friction*. Dalam penjelasan tentang *friction welding* seperti yang dikemukakan berikut ini. Dalam kamus bahasa Indonesia kontemporer kata *welding* berarti “mengelas yang diartikan menyambung logam, besi dan sebagainya dengan memanaskannya sehingga menyatu (Salim ,1991:475)”. *Friction* adalah “gesekan yang berarti hasil atau perbuatan menggesek (Salim ,1991:475)”.

Selain itu dalam kamus besar bahasa Indonesia kata *welding* dalam bahasa Indonesia berarti “mengelas dapat diartikan menyambung besi dengan cara membakarnya atau memanaskannya hingga menyatu (alwi, 2002:642)”, sedangkan *friction* yang berarti “gesekan artinya perbuatan menggesek atau hasil menggesek (alwi, 2002:361)”.

Berdasarkan definisi *friction welding* yang dikemukakan oleh kedua sumber tampak adanya kesamaan, bila ditinjau dari pengertian setiap kata, seperti kata *welding* atau pengelasan dan juga *friction* atau gesekan. Perbedaannya terletak hanya pada susunan kata pada setiap definisi yang di ungkapkan .

Maka dapat disimpulkan bahwa *friction welding* yaitu penyambungan yang terjadi oleh adanya panas yang ditimbulkan oleh gesekan akibat perputaran satu dengan yang lain antara logam-logam induk dibawah gaya aksial.

2.2 . Prinsip kerja *friction welding*

Terdapat beberapa pendapat mengenai prinsip kerja *friction welding*, diantaranya menurut samosir (2002:2-3) bahwa “pada pengelasan gesek, penyambungan terjadi oleh adanya panas yang ditimbulkan oleh gesekan akibat perputaran satu dengan yang lain antara logam-logam induk dibawah pengaruh gaya aksial”.

Pendapat lain juga dikemukakan oleh daryanto (1987:9)
’’*friction welding* merupakan suatu pengelasan benda kerja dengan cara memutar benda kerja kemudian menekan pada benda kerja yang diam secara sejajar dengan sumbu putar dari kedua benda kerja’’.

Dari kedua pendapat diatas terlihat bahwa, samosir menjelaskan prinsip kerja *friction welding* yaitu pengelasan yang terjadi karena adanya panas yang timbul yang diakibatkan oleh gesekan. Sedangkan menurut djaprie yang menjelaskan lebih rinci

bahwa cara pengelasan dengan *friction welding* adalah penyambungan yang terjadi oleh panas yang ditimbulkan oleh gesekan akibat perputaran logam satu terhadap lainnya dibawah pengaruh tekanan aksial.

2.3 . Logam paduan

Logam banyak digunakan sebagai keperluan manusia. Keseharian manusia tak pernah lepas dari logam. Sifat-sifat logam yang kuat, liat, keras, mengkilat dan sebagai penghantar listrik dan panas, inilah yang banyak mempengaruhi kehidupan manusia itu sendiri terhadap sifat-sifat logam tersebut.

Secara umum logam dibedakan antara dua jenis, yaitu logam murni dan logam paduan. Dalam banyak bidang keteknikmesinan, penggunaan logam murni jarang terlihat pengaplikasiannya. Yang paling sering digunakan adalah logam paduan, yaitu dua campuran unsur atau lebih. Logam paduan tak hanya dari unsur logam dengan logam, namun tak jarang juga paduan antara logam dan *metalloid*.

2.3.1 Logam ferrow

Logam *ferrow* merupakan paduan yang mengandung Fe terbanyak, sebagai contoh paduan yang tergolong dalam logam *ferrow* yaitu baja karbon, baja paduan rendah, baja paduan tinggi, baja tinggi, baja tuang, besi tuang, besi ingot dan besi tumpah.

Baja digolongkan menjadi 2, yaitu: baja karbon (*carbon steel*) dan baja paduan (*alloy steel*).

2.3.1.1 Baja Karbon (*carbon steel*)

Baja karbon dapat digolongkan menjadi 3 macam, yakni :

1. Baja karbon rendah (*low carbon steel*).

Kadar Carbon antara 0,1% hingga 0,20%

2. Baja karbon menengah (*medium carbon steel*)

(Kadar Carbon antara 0,25% hingga 0,55%)

3. Baja karbon tinggi (*high carbon steel*)

(Kadar Carbon antara 0,55% hingga 1,75%)

Fasa-fasa padat yang ada didalam baja :

- a. *Ferit* (alpha): struktur mikro baja karbon rendah merupakan sel satuan (susunan atom-atom yang kecil dan teratur) berupa *Body Centered Cubic* (BCC=kubus pusat badan), *Ferit* ini mempunyai sifat : magnetis, agak ulet, dan agak kuat,

- b. *Austenit* : merupakan sel satuan yang berupa *Face Centered Cubic* (FCC =kubus pusat muka), Austenit ini mempunyai sifat : *Non magnetis*, dan ulet
- c. *Sementid* (besi karbida) : merupakan sel satuan yang berupa *orthorombik*, Sementid ini mempunyai sifat : keras dan getas.
- d. *Perlit* : merupakan campuran fasa *ferit* dan *sementid* sehingga mempunyai sifat Kuat.
- e. *Delta* : merupakan sel satuan yang berupa *Body Centered Cubic* (BCC = kubus pusat badan).

2.3.1.2 Baja Paduan (*alloy steel*)

Sebenarnya perbedaan mendasar dari baja karbon dengan baja paduan terletak pada dominasi unsur dalam suatu baja. Jika yang mendominasi sifat fisik dan mekanik adalah prosentase atau kadar karbon maka dapat disebut sebagai baja karbon sedang bila yang mendominasi sifat fisik dan mekanik adalah paduan (selain unsur karbon) maka dapat disebut sebagai baja paduan.

Baja paduan dapat diklasifikasikan menjadi :

a. Baja paduan rendah

Bila jumlah unsur tambahan selain karbon lebih kecil dari 8%. Terdiri atas C= 1,35%, Si=0,35% Mn=0,5% P=0,03% S 0,03% Cr =0,75%W= 4,5%

b. Baja paduan tinggi

Bila jumlah unsur tambahan selain karbon lebih dari atau sama dengan 8%, misalnya : Baja HSS (*High Speed Steel*) atau SKH 53 (JIS) atau M3-1 (AISI) mempunyai kandungan unsur : C= 1,25% Cr= 4,5% Mo= 6,2% W= 6,7% V=3,3%.

Baja paduan tinggi adalah baja yang mengandung unsur paduan lebih dari 10%, adapun yang termasuk dalam kategori baja paduan tinggi adalah baja perkakas, baja tahan korosi, baja tahan temperaatur tinggi, baja mangan austenitis.

2.3.2 Logam *non ferrow*

Logam dan paduan *non ferrow* yang banyak dipergunakan dalam bidang teknik adalah logam-logam ringan dan paduannya yaitu *Al*, *Mg* dan *Ti*, tembaga dan

paduannya. Logam-logam dan paduan paduan ini tahan temperatur tinggi, timah dan paduannya.

Alumunium, magnesium, titanium, dan paduannya disebut logam-logam dan paduan-paduan ringan karena berat jenisnya yang rendah *Mg*, *Al* dan *Ti* berat jenisnya berturut-turut 1,74, 2.96 dan 4,54. Paduan alumunium yang banyak digunakan adalah paduan Al-Cu, Al-Si. Bias berupa paduan tempa atau paduan tuangan. Paduan magnesium yang banyak dipakai adalah Mg-Al dsampai 10. Paduan ini berupa tempaan atau tuangan. Logam terakhir yang masih dalam proses pengembangan adalah titanium. Titanium ini mempunyai sifat-sifat yang baik.

Tenaga serta paduannya merupakan bahan yang paling baik hampir disetiap bidang teknik. Paduan tembaga biasanya disebut kuningan atau brass, CU-Sn atau perunggu. Perunggu biasanya dicampur dengan unsur-unsur umpunya Al, Mn, Pb, dan Zn sehingga sering disebut aluminium perunggu, mangan dan sebagainya. Perunggu digunakan untuk bantalan-bantalan luncur dengan beban tinggi. Paduan Cu-Ni ialah perak nikel, yaitu paduan 10-30% Ni, 5% Zn dan sisanya tembaga constantan yaitu 45% Ni, 55% Cu, tembaga nikel yaitu 2-30%.

Nikel merupakan logam yang memiliki keunggulan utama dalam bidang rekayasa. Nikel sangat banyak digunakan

dalam industry NaOH. Paduan nikel dengan Al 4,5% disebut nikel Z, dengan tembaga 67% Ni, 30% Cu, sisanya unsure-unsur lain disebut monel, selanjutnya dengan Cr disebut nikel crom terutama dipakai untuk elemen pemanas paduan Ni-Cr disebut hastelloy B, paduan Ni-Cr-M disebut hastelloy C dan Ni-Cr-Ti, disebut *inconel X*, bahan-bahan injin terutama dipakai pada sudu-sudu turbin yang harus bekerja pada temperature tinggi.

Dan ada beberapa bahan non ferrous yang sering digunakan untuk keperluan-keperluan temperature tinggi ialah paduan kobalt, logam-logam *chrom*, *molibden* dan tungsten (*wolfram*).

2.3.3 Sifat logam pada umumnya

Dalam buku diktat kuliah ilmu logam teknik (1997:08) bahwa sifat dari logam dibagi beberapa sifat seperti sifat mekanik, teknologi dan sifat-sifat fisik dari bahan.

Yang dimaksud sifat teknik dari logam adalah kelakuan dan ketahanan logam terhadap beban tarikan, lenturan, putaran geseran, tekanan, goresan, gesekan baik beban statik atau dinamik pada temperature biasa, temperatur tinggi atau temperature dibawah nol. Maka faktor-faktor utama yang menentukan sifat mekanik dapat dikatakan adanya beban,

keadaan pembebanan statik atau dinamik, frekwensi pembebanan, kecepatan pembebanan, lamanya pembebanan keadaan lingkungan yaitu temperature dan atmosfer. Dengan adanya pembebanan yang dialami bahan maka bahan tersebut akan memberikan reaksi yang menggambarkan kelakuan dan sifat-sifat bahan tersebut.

Selanjutnya apakah yang dimaksud dengan sifat-sifat fisik, yaitu kekuatan bahan, antara lain karena mengalami pemanasan sampai mencair dan sebaliknya, karena mengalami arus listrik. Pada umumnya sifat fisik yang perlu diperhatikan adalah menyangkut struktur bahan dengan adanya pemanasan dan pendinginan dan kecepatan tertentu, maka logam akan memperlihatkan perubahan struktur.

2.3.4 Sifat kekerasan logam

Kekerasan adalah suatu sifat dari bahan logam yang sangat penting karena banyak sifat-sifat lain berhubungan dengan kekerasannya. Kekerasan itu merupakan suatu tahanan dari bahan terhadap deformasi plastis atau perubahan bentuk yang tetap. Pada umumnya ada tiga macam cara penentuan kekerasan bahan yaitu dengan cara goresan, cara penekanan, dan cara dinamik. Cara yang pertama atau goresan, dilakukan dengan jalan menggoreskan benda yang keras ke benda yang lebih lunak.

Cara kedua, yaitu dengan cara penekanan, umumnya dilakukan untuk bahan-bahan logam. Yang terkenal dari metode ini yaitu metode *brinell*, *Vickers* dan *Rockwell*. Yaitu dengan cara dinamik, dilakukan dengan jalan menjatuhkan bola baja pada permukaan logam. Tinggi pantulan bola menunjukkan *energy* benturan sebagai ukuran kekerasan.

2.4 Pengujian tarik pada kekuatan bahan

Pengujian tarik pada umumnya dilakukan dengan menggunakan mesin *Universal Testing Machine*, dimana batang uji ditarik sampai putus, Pada saat dilakukan pengujian, maka data-data seperti batas proporsional, batas elastis, batas ulur, batas maksimum dan titik patah

2.4.1 Tegangan proporsional

Pertambahan batang uji sebanding dengan pertambahan beban atau pertambahan beban atau pertambahan tegangan sebanding dengan pertambahan regangan

$$\sigma_p = \frac{F_p}{A_0}$$

Dimana= σ_p =Tegangan proporsional(N/mm^2)

F_p = Gaya Proporsional (N)

A_0 = Luas penampang (mm^2)

2.4.2 Tegangan ulur

Jika beban yang bekerja pada batang uji diteruskan sampai diluar batas elastisitas, maka akan terjadi secara tiba-tiba perpanjangan permanen dari batang uji, biasa juga disebut dengan batas ulur (*yield point*)

$$\sigma_y = \frac{F_y}{A_0}$$

Dimana= σ_y =Tegangan ulur (N/mm^2)

F_y =Titik ulur (N)

A_0 = Luas penampang (mm^2)

2.4.3 Tegangan tarik maksimum

Pada batas ini menunjukkan beban yang mampu ditahan oleh batang uji sebelum patah, tegangan yang terjadi disebut tegangan tarik maksimum, yaitu perbandingan antarabeban maksimum dengan luas penampang mula-mula batang uji.

Tegangan tarik maksimum bahan biasanya dipakai untuk memberi nama bahan.

$$\sigma_{\max} = \frac{F_{\max}}{A_0}$$

Dimana= σ_{\max} =Tegangan maksimum (N/mm²)

F_{\max} =Gaya maksimum(N)

A_0 = Luas penampang (mm²)

2.4.4 Batas patah (*Breaking Limit*)

Pada batas ini batang uji mengalami patah, sebenarnya pada batas maksimum benda uji mengalami patah.

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_0}$$

Dimana= σ_b =Batas patah (N/mm²)

F_b =Gaya patah(N)

A_0 = Luas penampang (mm²)

2.4.5 Prosentase perpanjangan batang uji (*Percent Elongation*)

Pada saat batang uji mengalami pembebanan, maka terjadi pula perpanjangan batang uji sampai patah. Untuk mengetahui prosentase pertambahan bahan

uji, maka panjang batang uji yang patah diukur kembali

(Li)

$$\varepsilon = \frac{L_i - L_o}{L_o} \times 100\%$$

Dimana= ε = Prosentase pertambahan panjang (%)

Li =Panjang benda uji setelah diuji (mm)

Lo= Panjang benda uji sebelum diuji (mm)

2.4.6 Prosentase pengecilan luas penampang batang uji (Percent Reduction Area)

Dengan bertambahnya panjang batang uji pada saat pembebanan, maka akan mengalami pengecilan sampai batang uji putus (A_i), kejadian ini disebut dengan reduksi.

$$Ar = \frac{A_o - A_1}{A_o} \times 100\%$$

Dimana= r = Prosentase pengecilan (%)

Ao= Diameter benda ujisebelum diuji(mm)

A1=Diameter benda uji setelah diuji(mm)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Adapun waktu dan tempat pengujian baja karbon rendah hasil *friction welding* dilaksanakan pada bulan September 2009 bertempat di Laboratorium Mekanik Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.

3.2 Alat dan bahan

Adapun alat dan bahan yang dibutuhkan pada penelitian ini yaitu:

3.2.1 Alat

- a) Geraji tangan
- b) Kikir segitiga dan bulat
- c) *Universal testing machine*
- d) Kertas grafik
- e) *Dial indicator*
- f) Spidol

3.2.2 Bahan

Baja karbon rendah hasil penyambungan dengan proses *friction welding*

3.3 Teknik pengumpulan data

Data pada penelitian ini dikumpulkan berdasarkan hasil eksperimen yang dilakukan dengan uji tarik. Berdasarkan pengujian tersebut diperoleh fakta secara langsung tentang berapa kekuatan tarik dari komponen *friction welding* sehingga penggunaanya dapat dibandingkan berdasarkan hasil analisa data.

3.4 Prosedur penelitian

Untuk mendapat data dan hasil penelitian atau analisis tentang kekuatan sambungan baja karbon rendah dengan menggunakan *friction welding*, maka berikut prosedur penelitiannya.

3.4.1 Pengujian kekuatan tarik bahan sebelum proses *friction welding*

Sebelum mengetahui tingkat kekuatan bahan dengan metode *friction welding*, maka sebelumnya bahan diuji tarik. Hal ini untuk mengetahui perbandingan kekuatan bahan sebelum melalui welding friction dan setelah melalui *friction welding*.

3.4.2 Pengujian kekuatan bahan setelah melalui *friction welding*

Tahap ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kekuatan bahan setelah melalui proses *friction welding* setelah sebelumnya bahan uji tarik. Pada penelitian ini terdapat 3 benda kerja yang akan diuji dan akan diteliti akan digunakan saat pengambilan data.

Berikut alur pengujian bahan;

a. Proses *friction welding*

Tahap ini yakni:

1. Menghidupkan mesin bubut dengan memutar saklar *on/off*
2. Memasang benda kerja pada kedua spindel yaitu pada spindel bergerak dan pada spindel yang tidak bergerak.
3. Mengencangkan kedua benda kerja yang telah di pasang.
4. Menentukan Putaran Mesin *friction welding* yang akan digunakan.
5. Menarik tuas spindel untuk menghubungkan motor penggerak untuk benda kerja.

6. Apabila benda kerja telah mengalami perubahan temperature pada titik gesekan, lepas perlahan pedal gas, kemudian mesin dimatikan, sambil memberikan tekanan dengan memutar tuas penekanan kepala lepas.

b. Pengambilan data dan pengujian bahan

Setelah tahap *friction welding*, maka selanjutnya adalah tahap pengambilan data dan pengujian bahan. Berikut alur tahapannya

1. Menyiapkan dan memeriksa peralatan yang akan digunakan.
2. Ukur dan beri tanda panjang ukur (Lo) batang uji dengan menggunakan spidol permanen. Garis tanda harus simeteris.
3. Panjang ukur dibagi menjadi 10 bagian
4. Putar switch panel ke kiri untuk memastikan adanya aliran listrik pada mesin uji tarik
5. Hidupkan mesin hidraulik dengan menekan tombol “Pump Start” sehingga Pump lamp, menyala.
6. Biarkan beberapa menit (± 5 menit) sebagai pemanasan awal kemudian kalibrasi alat sebelum dibebani.

7. Memasang batang uji pada penjepit (*clamping head*) dari mesin uji tarik, jika posisi dari penjepit tidak tepat, atur dengan cara memutar tombol "*cross head adj*" untuk menaikkan pada posisi "*up*" dan untuk menurunkan pada posisi "*down*".
8. Memasang *dial indicator* pada tiang mesin dan pastikan sensor dial indicator menyentuh lengan mesin.
9. Memasang kertas grafik pada tromol yang tersedia dan plotter (*rotring*) diatas kertas grafik.
10. Mengatur skala beban (100 atau 50 atau 20 KN) dengan memutar tombol *range*
11. Memutar tombol *speed control valve* pada posisi *load* untuk memulai pembebanan.
12. Mengamati dan mencatat penambahan beban (setiap 500 N) pada *Dynamo* meter dan penambahan panjang batang uji pada *Dial Indicator*.
13. Mengamati dan mencatat beban dan perpanjangan daerah-daerah proporsional/elastic, ulur, ultimate, dan patah.
14. Setelah batang uji putus kembalikan mesin uji tarik ke posisi semula.

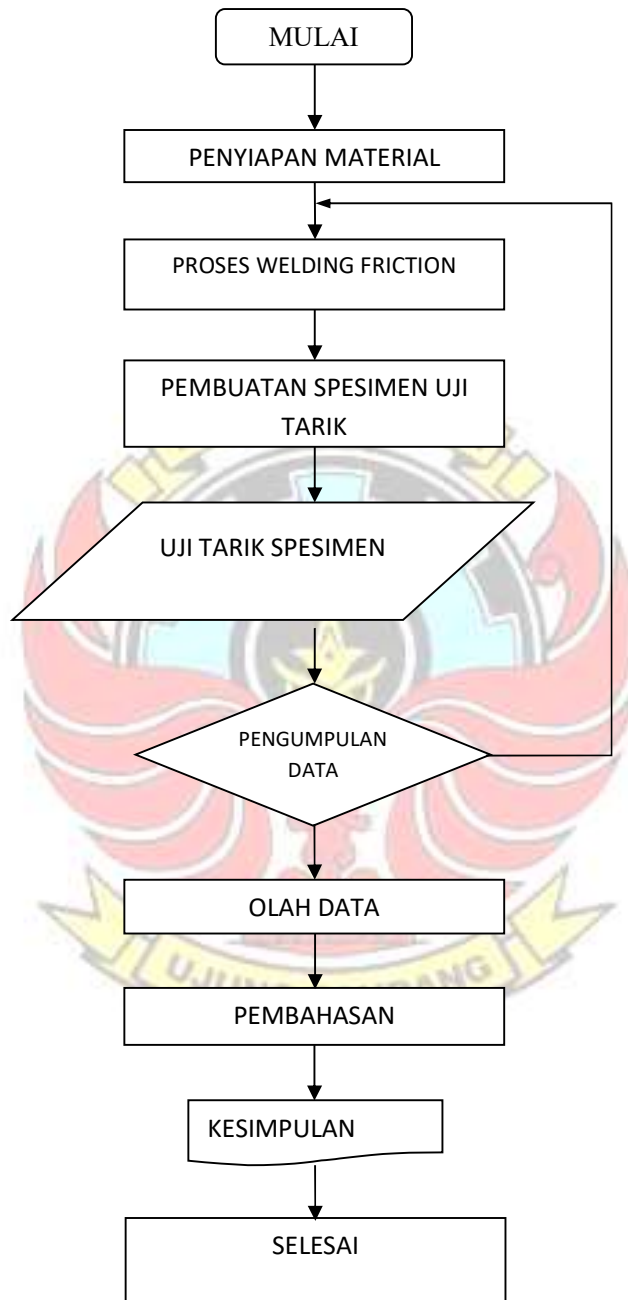
15. Selanjutnya, melakukan perbandingan kekerasan bahan sebelum melalui metode *friction welding* dan setelah melalui metode *friction welding*

3.5 Teknik analisis data

Data hasil pengujian yang diperoleh secara eksperimen akan disajikan dalam bentuk table. Kemudian data-data tersebut diolah secara manual dan dibuat grafik-garifiknya. Bentuk dari beberapa grafik-grafik tersebut diamati kemudian di analisa. Perbedaan atau perdamaian yang nantinya akan diperoleh dari kedua garfik tersebut yang didapat akan dideskripsikan efektivitas dan kekuatan dari hasil *friction welding*



3.6 Diagram alir Penelitian



Gambar. 3.6 Diagram Alir Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil pengujian

4.1.1 Hasil proses friction welding

Tabel 4.1 Data hasil proses pengujian *friction welding*

Spesimen	Putaran (rpm)	Waktu pemanasan (detik)
1	550	210
2	1020	60
3	1800	27

4.1.2 Hasil Pengujian tarik Bahan

Dari percobaan pengujian tarik bahan yang dilakukan pada Laboratorium Mekanik Politeknik Negeri Ujung Pandang, didapatkan data sebagai berikut :

Tabel 4.2 Hasil pengujian tarik bahan

No	Jenis Bahan	Putaran	Hasil Awal		Hasil Akhir		Fp (KN)	Fy (KN)	Fmax (KN)	Fb (KN)	Ket
			D ₀ (mm)	L ₀ (mm)	D ₁ (mm)	L ₁ (mm)					
1	Baja Karbon		10	100	7,2	106	19	26	58,5	41,4	Bahan dasar
2	Baja Karbon	550	10	100	9	102	11,5	19	20	414	Hasil <i>friction welding</i>
3	Baja Karbon	1020	10	100	9,2	101,5	11	23	36,5	35	Hasil <i>friction welding</i>
4	Baja Karbon	1800	10	100	9	102	11	21	30,5	29,5	Hasil <i>friction welding</i>

Dari data pengujian pada table 4.2 sebagai contoh perhitungan digunakan sampel diatas pada putaran 1020, Terlebih dahulu menghitung luas penampangnya dengan menggunakan persamaan berikut:

$$A_0 = \frac{1}{4} \pi (D_0)^2$$

$$A_0 = \frac{1}{4} 3,14(10)^2$$

$$= \frac{1}{4} 3,14(100)$$

$$= \frac{1}{4} 31,400$$

$$= 78,5 \text{ mm}^2$$

Dengan, F_p gaya tarik proportional = 11000 KN; sedangkan A_0 luas penampang mula-mula = $\pi \times r^2$, r jari-jari mula-mula batang uji awal = 5 mm sehingga $A_0 = \pi \times 5^2 = 78.5 \text{ mm}^2$, maka kekuatan tarik proportional :

$$\sigma_p = \frac{F_p}{A_0}$$

$$\sigma_p = \frac{11000 \text{ N}}{78,5 \text{ mm}^2}$$

$$= 140,12 \text{ N/mm}^2$$

Tegangan ulur yang terjadi pada putaran 1020 rpm dihitung menggunakan rumus persamaan yakni:

$$\sigma_y = \frac{F_y}{A_0}$$

$$\sigma_y = \frac{23000 \text{ N}}{78,5 \text{ mm}^2}$$

$$= 292,99 \text{ N/mm}^2$$

Untuk mengetahui tegangan maksimum yang terjadi pada putaran 1020 rpm digunakan rumus persamaan:

$$\sigma_{\max} = \frac{F_{\max}}{A_0}$$

Maka didapatkan kekuatan tarik maksimumnya ialah:

$$\sigma_{\max} = \frac{36500 \text{ N}}{78,5 \text{ mm}^2}$$

$$= 464,96 \text{ N/mm}^2$$

Untuk mencari batas patah pada benda uji digunakan persamaan :

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_0}$$

$$\sigma_b = \frac{35000 \text{ N}}{78,5 \text{ mm}^2}$$

$$= 445,85 \text{ N/mm}^2$$

Sedangkan untuk mencari regangannya digunakan persamaan:

$$\varepsilon = \frac{L_i - L_o}{L_o} \times 100\%$$

$$\varepsilon = \frac{101,5 - 100}{100} \times 100\%$$

$$= \frac{1,5}{100} \times 100\%$$

$$= 1,5 \%$$

Untuk mencari area *reduction* pada hasil *friction welding*

digunakan rumus persamaan:

$$Ar = \frac{A_o - A_1}{A_o} \times 100\%$$

$$= \frac{10 - 9,2}{10} \times 100\%$$

$$= \frac{0,8}{10} \times 100\%$$

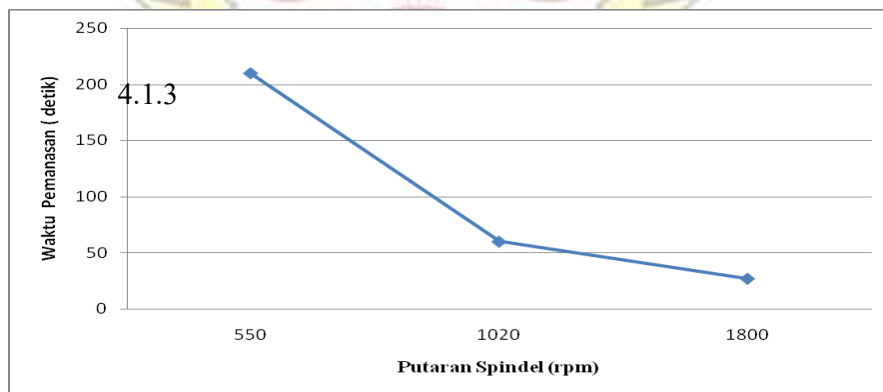
$$= 8 \%$$

Tabel 4.3 Tabel Hasil Perhitungan

No	Ao (mm)	A1 (mm)	σ_p (N/mm ²)	σ_y (N/mm ²)	σ_{max} (N/mm ²)	σ_b (N/mm ²)	ε (%)	Ar (%)	Ket
1	78.5	7.2	242,03	331,21	745,22	527,38	6 %	28 %	Bahan Dasar
2	78.5	10	146,49	242,03	254,77	527,38	2 %	10 %	Hasil <i>friction welding</i>
3	78.5	9.2	140,12	292,99	464,96	445,85	1,5 %	8 %	Hasil <i>friction welding</i>
4	78.5		140,12	267,51	388,53	375,79	2%	10%	Hasil <i>friction welding</i>

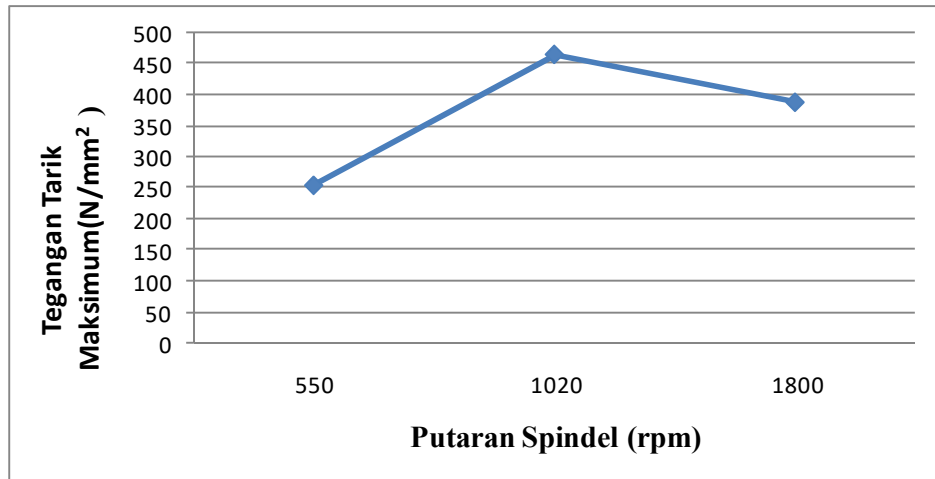
4.1.2 Grafik

- a. Grafik Hubungan Perbandingan Putaran *Spindel* dan Waktu Pemanasan



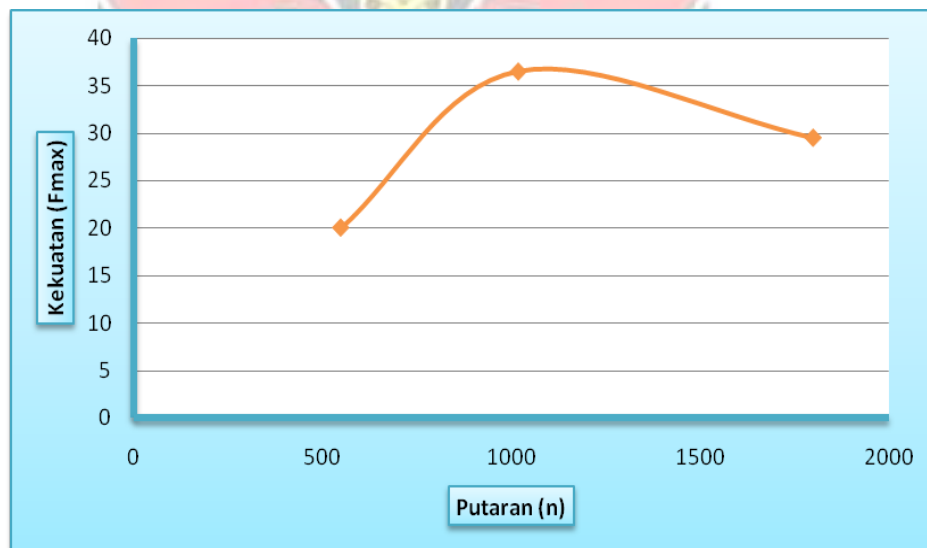
Gambar 4.1 Grafik Hubungan Perbandingan Putaran *Spindel* dan Waktu Pemanasan

b. Grafik Hubungan Antara Putaran *Spindel* dengan Tegangan Tarik Maksimum Bahan



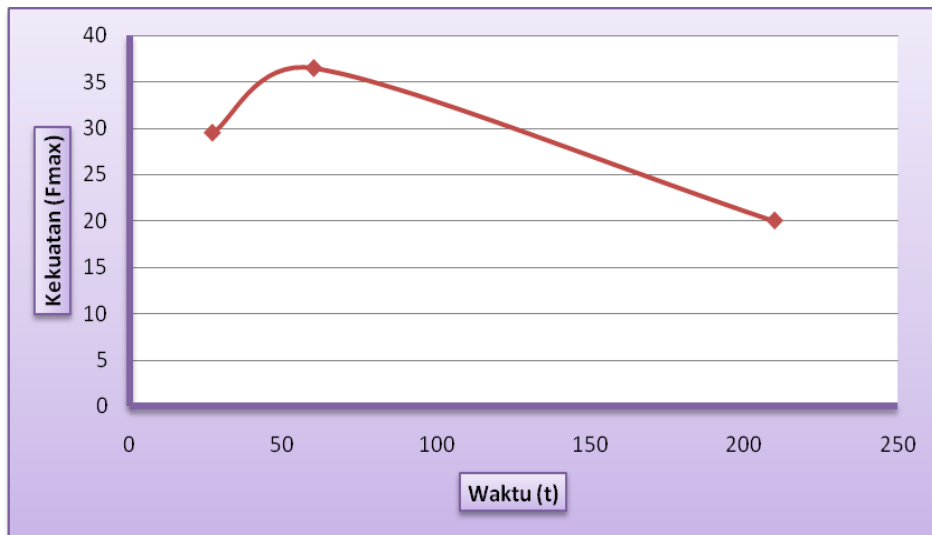
Gambar 4.2 Grafik Hubungan Perbandingan Putaran *Spindel* dan Waktu Pemanasan

c. Grafik Hubungan Perbandingan antara waktu putaran dengan Tegangan Tarik Maksimum Bahan



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Perbandingan antara waktu putaran dengan Tegangan Tarik Maksimum Bahan

d. Grafik Hubungan Perbandingan antara waktu putaran dengan Tegangan Tarik Maksimum Bahan



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Perbandingan antara waktu putaran dengan Tegangan Tarik Maksimum Bahan

4.2 Pembahasan

berdasarkan analisa tersebut diatas maka dapat diketahui bahwa untuk spesimen pertama yaitu baja karbon rendah tanpa proses *friction welding* didapatkan data sebagai berikut:

$$\sigma_p = 242,03 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_y = 331,21 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{t_{\max}} = 745,22 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_b = 527,38 \text{ N/mm}^2$$

$$\varepsilon = 6 \%$$

$$r = 28 \%$$

untuk *spesimen* kedua yaitu baja karbon rendah hasil *friction welding* dengan putaran 550 rpm didapatkan data sebagai berikut:

$$\sigma_p = 146,49 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_y = 242,03 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{t_{\max}} = 254,77 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_b = 527,38 \text{ N/mm}^2$$

$$\varepsilon = 2 \%$$

$$r = 10 \%$$

untuk *spesimen* ketiga yaitu baja karbon rendah hasil *friction welding* dengan putaran 1020 rpm didapatkan data sebagai berikut:

$$\sigma_p = 140,12 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_y = 292,99 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{t_{\max}} = 464,96 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_b = 445,85 \text{ N/mm}^2$$

$$\varepsilon = 1,5 \%$$

$$r = 8 \%$$

untuk *spesimen* keempat yaitu baja karbon rendah hasil *friction welding* dengan putaran 1800 rpm didapatkan data sebagai berikut:

$$\sigma_p = 140,12 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_y = 267,51 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{t_{\max}} = 388,13 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_b = 375,79 \text{ N/mm}^2$$

$$\varepsilon = 2 \%$$

$$r = 10 \%$$

berdasarkan dari data grafik 4.1 dan 4.2 tersebut di atas maka didapatkan tegangan maksimum terbesar yaitu pada benda uji sebelum proses *welding friction* yaitu sebesar $745,22 \text{ N/mm}^2$, untuk benda uji yang telah melewati proses *friction welding* dengan putaran 1020 rpm maka diperoleh nilai tegangan maksimumnya $464,96 \text{ N/mm}^2$, dengan waktu pemanasan selama 60 detik. sedangkan pada putaran 550 rpm diperoleh nilai tegangan maksimum $254,77 \text{ N/mm}^2$ dengan waktu 210 detik. Berdasarkan data tersebut dapat diketahui bahwa hasil proses *friction welding* yang terbaik adalah pada putaran 1020 rpm.

Dari hal ini dapat diketahui bahwa semakin tinggi putaran mesin maka waktu penyambungan semakin cepat sedangkan semakin rendah putaran mesin maka waktu penyambungan semakin lama. Dilihat dari segi kekuatan yang dihasilkan, kekuatan maksimal diperoleh pada putaran 1020 rpm dengan waktu yang dibutuhkan 60 detik. Tetapi dengan peningkatan putaran, kekuatan yang dihasilkan semakin menurun. Hal ini diakibatkan karena terjadinya pemanasan yang berlebihan sehingga terjadi penggetasan pada sambungan.

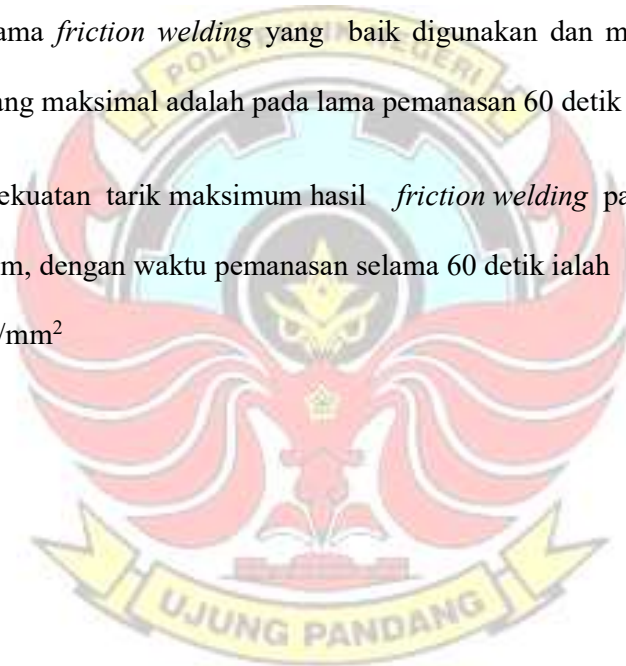
BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

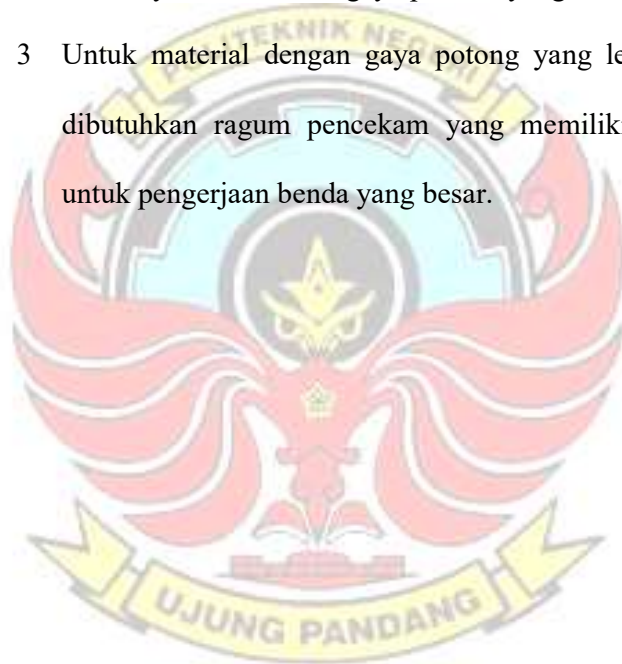
Dari hasil pembahasan dapat disimpulkan hasil sebagai berikut:

1. Putaran yang baik digunakan untuk proses *friction welding* yang memiliki kekuatan yang maksimal adalah pada putaran 1020 rpm.
2. Lama *friction welding* yang baik digunakan dan memiliki kekuatan yang maksimal adalah pada lama pemanasan 60 detik
3. Kekuatan tarik maksimum hasil *friction welding* pada putaran 1020 rpm, dengan waktu pemanasan selama 60 detik ialah $\sigma_{t_{max}} = 464,96$ N/mm²



5.2 Saran

- 1 Untuk menghasilkan pengelasan yang maksimal hendaknya memperhatikan lama penggesekan dan kecepatan putaran (Rpm) dari *friction welding* semakin lama proses pemansan yang terjadi semakin baik pula sambungan materialnya
- 2 Untuk produktifitas yang lebih baik pada proses *friction welding* hendaknya memberikan gaya putaran yang sebesar 1020 rpm.
- 3 Untuk material dengan gaya potong yang lebih besar maka, dibutuhkan ragam pencekam yang memiliki diameter besar untuk pengerjaan benda yang besar.



DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad dkk. 2008. "laboratorium mekanik penuntun laporan praktikum: Politeknik Negeri Ujung Pandang. Membuat Penggantung Papan Tulis". Laporan Tugas Akhir. Makassar: Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang.
- Alwi, Hasan dkk.1989. *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Jakarta: Balai Pustaka
Djaprie, Sriati.1993. *teknologi mekanik*. Jakarta: Erlangga.
- Diktat kuliah. 1997 *.Ilmu logam :Diktat kuliah mahasiswa teknik mesin, universitas hasanuddin makassar*
- <http://www.metalurgi.lipi.go.id> *Makalah Ilmiah Ku (korosi material baja karbon dan stainless steel)*. (online) diakses 10 Oktober 2009.
- <http://www.indoskripsi.go.id> *analisa pengaruh waktu tahan terhadap baja karbon rendah dengan metode pack carburizing*. (online) diakses 20 Oktober 2009.
- [http://www. The Works of Mr Rato.com](http://www.TheWorksOfMrRato.com) *Sejarah Struktur Baja*. (online) diakses 20 Oktober 2009.
- Zulhanif. 2009. *Peningkatan Sifat Mekanik Baja Karbon Rendah Dengan Proses 'Restrain*, (online), [http:// Email: library\[at\]unila.ac.id](http://Email:library[at]unila.ac.id). diakses 10 oktober 2009.

Lampiran 1

Dokumentasi kegiatan proses *friction welding*



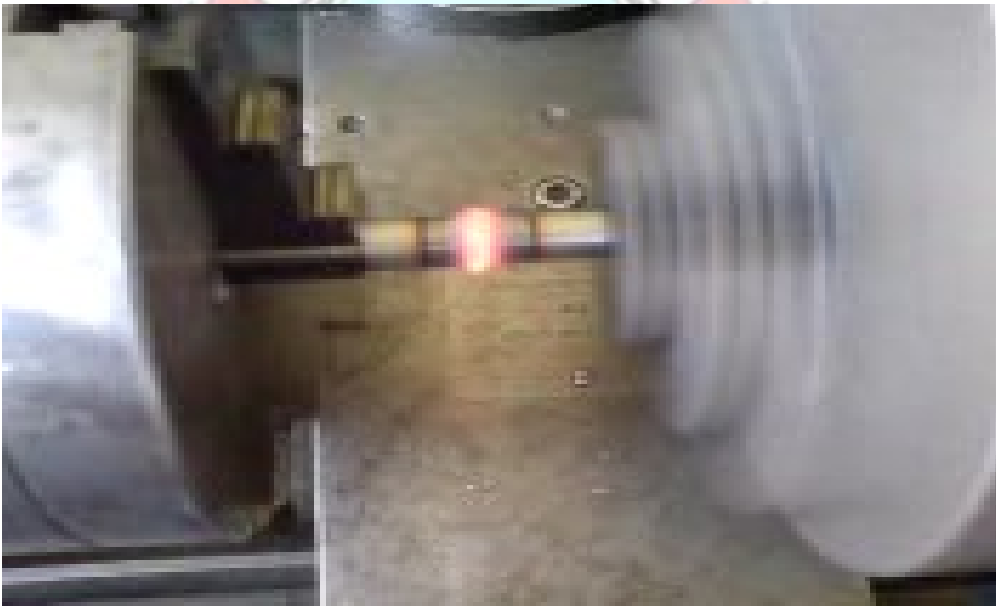
Gambar 1.1 Specimen dengan putaran 550 rpm



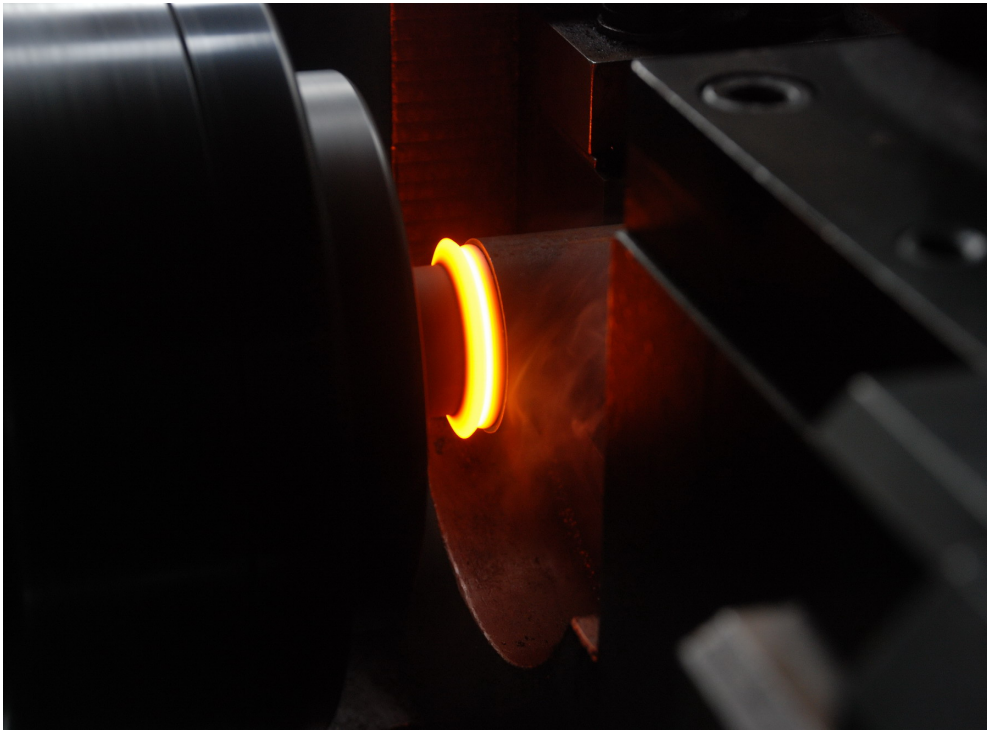
Gambar 1.2 Specimen dengan putaran 1020 rpm



Gambar 1.3 Specimen dengan putaran 1800 rpm



Gambar 1.4 proses penyambungan *friction welding*.



Gambar 1.4 proses penyambungan *friction welding*



Lampiran .II Contoh Specimen Pengujian Hasil Friction welding

Gambar. 1.6 spesimen uji tarik sebelum dan sesudah di lakukan pengujian.



Gambar . 1.7 Gambar bentuk patahan setelah di lakukan pengujian.



LABORATORIUM MEKANIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
POLITEKNIK NEGERI UJUNG PANDANG

HASIL PENGUJIAN TARIK BAHAN

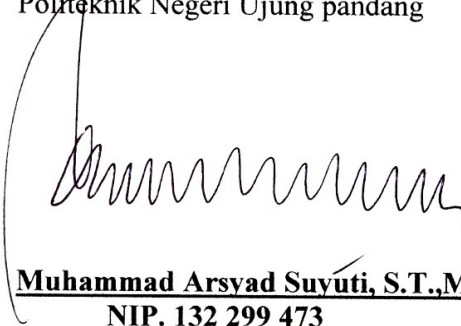
Yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa pada hari kamis, Tanggal 14 november 2009, pukul 13.00 wita, telah melakukan pengujian tarik bahan untuk penelitian tugas akhir dengan judul **ANALISIS KEKUATAN BAJA KARBON RENDAH HASIL WELDING FRICTION** di laboratorium Mekanik Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Ujung Pandang, dengan data hasil pengujian sebagai berikut:

Jenis bahan	Putaran (rpm)	Hasil awal		Hasil akhir		Fp (KN)	Fy (KN)	Fmax (KN)	Fb (KN)
		D ₀ (mm)	L ₀ (mm)	L ₁ (mm)	D ₁ (mm)				
Baja Karbon	550	10	100	9	102	11,5	19	20	41,4
Baja Karbon	1020	10	100	9,2	101,5	11	23	36,5	35
Baja Karbon	1800	10	100	9	102	11	21	30,5	29,

Demikian surat ini diberikan untuk dipergunakan sebagaimana mestinya.

Mengesahkan:

Kepala lab.Mekanik Teknik Mesin
Politeknik Negeri Ujung pandang



Muhammad Arsyad Suyuti, S.T.,M.T
NIP. 132 299 473