



**KOLEJ UNIVERSITI TEKNIKAL KEBANGSAAN  
MALAYSIA**

**KAJIAN SIFAT SAMBUNGAN  
BAHAN LOGAM MELALUI PROSES  
KIMPALAN**

Tesis ini dikemukakan sebagai memenuhi sebahagian daripada syarat  
Kolej Universiti Teknikal Kebangsaan Malaysia bagi penganugerahan Ijazah  
Sarjana Muda Kejuruteraan Pembuatan (Proses Pembuatan) (Hons)

Oleh

**Mohd Dzuhairy Bin Hussain**

Fakulti Kejuruteraan Pembuatan

Mei 2006


**KOLEJ UNIVERSITI TEKNIKAL KEBANGSAAN MALAYSIA**
**BORANG PENGESAHAN STATUS TESIS\***
**JUDUL: KAJIAN SIFAT SAMBUNGAN BAHAN LOGAM MELALUI PROSES KIMPALAN**
**SESI PENGAJIAN : 2005-2006**

 Saya MOHD DZUHAIRY BIN HUSSAIN

mengaku membenarkan tesis (PSM/Sarjana/Doktor Falsafah) ini disimpan di Perpustakaan Kolej Universiti Teknikal Kebangsaan Malaysia (KUTKM) dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut:

1. Tesis adalah hak milik Kolej Universiti Teknikal Kebangsaan Malaysia.
2. Perpustakaan Kolej Universiti Teknikal Kebangsaan Malaysia dibenarkan membuat salinan untuk tujuan pengajian sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat salinan tesis ini sebagai bahan pertukaran antara institusi pengajian tinggi.
4. \*\*Sila tandakan (√)

 SULIT

(Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau kepentingan Malaysia yang termaktub di dalam AKTA RAHSIA RASMI 1972)

 TERHAD

(Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan)

 TIDAK TERHAD

  
 \_\_\_\_\_  
 (TANDATANGAN PENULIS)

Disahkan oleh:

  
 \_\_\_\_\_  
 (TANDATANGAN PENYELIA)

Alamat Tetap:  
NO.210 LORONG MANGGIS 2,  
FELDA KERTEH 5,  
23300 KETENGAH JAYA,  
TERENGGANU.



Cop Rasmi:

**AB. AZIZ BIN BAHARUDDIN**  
 Pensyarah  
 Fakulti Kejuruteraan Pembuatan  
 Kolej Universiti Teknikal Kebangsaan Malaysia  
 Karung Berkunci 1200  
 75450 Ayer Keroh, Melaka.

Tarikh: 26 MEI 2006

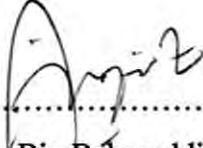
Tarikh: 26 MEI 2006

\* Tesis dimaksudkan sebagai tesis bagi Ijazah Doktor Falsafah dan Sarjana secara penyelidikan, atau disertasi bagi pengajian secara kerja kursus dan penyelidikan, atau Laporan Projek Sarjana Muda (PSM).

\*\* Jika tesis ini SULIT atau TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa/organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab  Universiti Teknikal Malaysia Melaka  sebagai SULIT atau TERHAD.

## PENGESAHAN

Tesis ini diserahkan untuk senat KUTKM dan telah diterima dengan memenuhi syarat bagi Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Pembuatan (Proses Pembuatan). Ahli-ahli komiti penyeliaan adalah seperti berikut:

Tandatangan :  .....

Nama Penyelia : En. Abdul Aziz Bin Baharuddin

Tarikh : 26 Mei 2006

## PENGAKUAN

Saya di sini mengesahkan bahawa tesis yang bertajuk "Kajian Sifat Sambungan Bahan Logam Melalui Proses Kimpalan" adalah hasil keputusan daripada kajian saya sendiri melainkan seperti yang telah tercatat pada bahagian rujukan

Tandatangan :  .....

Nama penulis : Mohd Dzuhairy Bin Hussain

Tarikh : 26 Mei 2006

## DEDIKASI

**”Teristimewa buat ayahanda, bonda, adik beradik serta Zairina Jamil yang tersayang yang banyak memberi semangat dan bantuan dalam menjayakan usaha ini..”**

## **PENGHARGAAN**

Alhamdulillah serta syukur ke hadrat ilahi kerana dengan limpah kurnia dan izinNya memberikan keyakinan, semangat dan kesabaran di sepanjang pengajian dalam menyiapkan projek sarjana muda ini. Setinggi penghargaan diucapkan kepada penyelia, En. Abd. Aziz bin Baharuddin yang banyak memberikan dorongan dan tunjuk ajar dalam proses untuk menyiapkan projek ini. Jutaan terima kasih yang tidak terhingga kepada ayahanda dan bonda tercinta yang banyak memberi dorongan semasa tempoh pengajian saya. Jasamu tetap dikenang hingga akhir hayat. Tidak lupa juga kepada tunang saya Zairina Jamil banyak memberi semangat untuk menyiapkan projek ini.

Terima kasih yang tidak terhingga juga kepada juruteknik dan pembantu Makmal FKP, makmal Bahan, Mesin Syop, Makmal Kimpalan serta kakitangan Fakulti Kejuruteraan Pembuatan yang terlibat secara langsung ataupun secara tidak langsung dalam menyiapkan projek sarjana muda ini.

Akhir sekali kepada rakan seperjuangan yang banyak memberi dorongan serta bantuan sehingga siapnya projek ini, terima kasih.

## ABSTRAK

Penyelidikan sifat fizikal dan mekanik sesuatu bahan dipengaruhi oleh kaedah kimpalan yang dilakukan. Ujikaji dilakukan untuk mencantumkan besi nil karat yang dikimpal dengan menggunakan kaedah kimpalan arka tungsten gas dan kimpalan arka logam. Tujuan ujikaji ini dilakukan ialah untuk membuktikan kekuatan, keserasian cantuman yang terhasil dan daya penusukan dengan menggunakan logam pengisi dan elektrod yang sama jenis dengan bahan kerja (besi nil karat). Dua jenis sambungan yang dipilih iaitu sambungan temu dan sambungan lekap. Antara objektif utama projek penyelidikan ini ialah membuktikan bahawa kaedah yang dipilih merupakan kaedah terbaik bagi proses pencantuman antara dua jenis logam yang sama serta mengkaji sifat bahan logam melalui proses kimpalan. Semasa proses kimpalan dijalankan dengan menggunakan kaedah kimpalan arka tungsten dan kimpalan arka logam perlu menetapkan parameter-parameter seperti kelajuan semasa mengimpal, ketebalan setiap saiz plat besi dan sudut semasa mengimpal. Antara ujian-ujian yang dilakukan selepas proses mengimpal seperti ujian tegangan, kajian Morfologikal permukaan gagal dan ujian kekerasan. Ujian-ujian ini dilakukan untuk melihat kekuatan, mikrostruktur dan kecacatan bahan tersebut. Ujian kekerasan digunakan untuk menganggarkan sifat kekerasan sesuatu bahan melalui ujian Rockwell

## **ABSTRACT**

Research on physical and mechanical properties of a material depends on ways it was welded. An experiment was done to combine a stainless steel using two different methods which are arc welding and tungsten inner gas welding. This whole project basically to prove the strength, matching between two joint parts and pin force by using filler metal and electrode the same type as the one that need to be weld (stainless steel). Two types of joints were choosing as variable namely joint weld and mount weld. The main objective of this research is to prove that the chosen method was suitable and hopefully be the best for joining process between two parts from a same material and also studied the behavior of the metal through weld process. During the welding process, parameters such as weld speed, metal plat thickness and angle between the nozzle and the work piece plat. Test that will be done for the welded parts are tensile test, morphological surface failure test and hardness test. This test were done to determine the hardness, microstructure and defect occur for material by joining stainless steel through tungsten inner gas welding process and arc welding. Rockwell test were used to estimates the hardness properties of a material.



# SENARAI ISI KANDUNGAN

<b>PENGESAHAN</b>	i
<b>PENGAKUAN</b>	ii
<b>DEDIKASI</b>	iii
<b>PENGHARGAAN</b>	iv
<b>ABSTRAK</b>	v
<b>ABSTRACT</b>	vi
<b>SENARAI ISI KANDUNGAN</b>	vii
<b>SENARAI JADUAL</b>	x
<b>SENARAI RAJAH</b>	xi
<b>SINGKATAN</b>	xiii
<b>BAB 1      PENGENALAN</b>	
1.1    Latarbelakang Penyelidikan	1
1.2    Kepentingan Kajian	2
1.3    Objektif	2
1.4    Skop Penyelidikan	3
<b>BAB 2      KAJIAN ILMIAH</b>	
2.1    Pengenalan Kepada Besi Nil Karat	4
2.2    Definisi dan Klasifikasi Besi Nil Karat	4
2.3    Jenis Besi Nil Karat	
2.1.1    Besi Nil Karat Austenitik	6
2.1.2    Besi Nil Karat Ferritik	6
2.1.3    Besi Nil Karat Martensitik	7

2.4	Kimpalan Arka Tungsten gas	8
2.2.1	Penggunaan	10
2.2.2	Kelebihan	10
2.2.3	Kekurangan	11
2.5	Logam Pengisi dan Jenisnya	11
2.6	Kimpalan Arka Logam	13
2.3.1	Penggunaan	14
2.3.2	Kelebihan	14
2.3.3	Kekurangan	14
2.7	Elektrod	15
2.8	Sambungan Kimpalan	17

### **BAB 3 UJIKAJI DAN METODOLOGI**

3.1	Pengumpulan Sampel dan Penyediaannya	18
3.2	Bahan Mentah	20
3.2.1	Besi Nil Karat	20
3.2.2	Logam Pengisi dan Elektrod	21
3.2.3	Jenis Besi Nil Karat	23
3.3	Pemilihan Parameter	23
3.3.1	Kelajuan Kimpalan	23
3.3.2	Bekalan Kuasa	23
3.4	Kaedah-kaedah pengujian	
3.4.1	Ujian Tegangan	25
3.4.2	Kajian Morfologikal permukaan Gagal	28
3.4.3	Ujian Kekerasan	30

<b>BAB 4</b>	<b>KEPUTUSAN UJIKAJI</b>	
4.1	Pengenalan	32
4.2	Ujian Tegangan	33
4.3	Ujian Kekerasan	42
4.4	Kajian Morfologikal permukaan Gagal	53
<b>BAB 5</b>	<b>PERBINCANGAN</b>	
5.1	Ujian Tegangan	59
5.2	Ujian Kekerasan	62
5.3	Kajian Morfologikal permukaan Gagal	63
<b>BAB 6</b>	<b>KESIMPULAN DAN CADANGAN</b>	
6.1	Kesimpulan	65
6.2	Cadangan	66
<b>RUJUKAN</b>		67
<b>LAMPIRAN A</b>		
<b>LAMPIRAN B</b>		

## SENARAI JADUAL

2.1	Pengelasan AISI untuk besi nil karat	5
4.1	Nilai pemanjangan pada takat putus untuk kimpalan arka tungsten gas dan kimpalan arka logam (sambungan temu)	33
4.2	Nilai pemanjangan pada takat putus untuk kimpalan arka tungsten gas dan kimpalan arka logam (sambungan lekap)	35
4.3	Nilai tegasan maksimum untuk kimpalan arka tungsten gas dan kimpalan arka logam (sambungan temu)	37
4.4	Nilai tegasan maksimum untuk kimpalan arka tungsten gas dan kimpalan arka logam (sambungan lekap)	39
4.5	Nilai kekerasan untuk kimpalan arka tungsten gas (sambungan temu)	43
4.6	Nilai kekerasan untuk kimpalan arka tungsten gas (sambungan lekap)	46
4.7	Nilai kekerasan untuk kimpalan arka logam (sambungan temu)	48
4.8	Nilai kekerasan untuk kimpalan arka logam (sambungan lekap)	50

## SENARAI RAJAH

2.1	Kimpalan arka tungsten gas	9
2.2	Sistem kimpalan arka tungsten gas	9
2.3	Kimpalan arka logam	13
2.4	Sistem pengelasan elektrod kimpalan arka ( Piawaian ISO 2560 )	16
2.5	Lima jenis sambungan asas	17
3.1	Carta alir proses penyelidikan	19
3.2	Saiz plat besi nil karat (100 mm x 100 mm x 3 mm)	21
3.3	Logam pengisi dan elektrod	22
3.4	Mesin ujian tegangan, model AG-1 Shimadzu-100 KN	27
3.5	Mesin ujian SEM model ZEISS-EVO50	29
3.6	Mesin ujian kekerasan model WIZHARD	31
4.1	Perbandingan nilai daya maksimum antara kimpalan arka tungsten gas dengan kimpalan arka logam (sambungan temu)	34
4.2	Perbandingan nilai daya maksimum antara kimpalan arka tungsten gas dengan kimpalan arka logam (sambungan lekap)	36
4.3	Perbandingan nilai tegasan maksimum antara kimpalan arka tungsten gas dengan kimpalan arka logam (sambungan temu)	38

4.4	Perbandingan nilai tegasan maksimum antara kimpalan arka tungsten gas dengan kimpalan arka logam (sambungan lekap)	40
4.5	Menunjukkan lima titik bacaan diambil dalam ujian kekerasan	42
4.6	Perbandingan nilai kekerasan antara arus elektrik melalui proses kimpalan arka tungsten gas (sambungan temu)	44
4.7	Perbandingan nilai kekerasan antara arus elektrik melalui proses kimpalan arka tungsten gas (sambungan lekap)	47
4.8	Perbandingan nilai kekerasan antara arus elektrik melalui proses kimpalan arka logam (sambungan temu)	49
4.9	Perbandingan nilai kekerasan antara arus elektrik melalui proses kimpalan arka logam (sambungan lekap)	51
4.10	Pemerhatian morfologi terhadap logam pengisi dengan pembesaran 1000X	53
4.11	Pemerhatian morfologi terhadap logam pengisi dengan pembesaran 3000X	54
4.12	Pemerhatian morfologi terhadap logam pengisi dengan pembesaran 10000X	55
4.13	Pemerhatian morfologi terhadap elektrod dengan pembesaran 1000X	56
4.14	Pemerhatian morfologi terhadap elektrod dengan pembesaran 3000X	57
4.15	Pemerhatian morfologi terhadap elektrod dengan pembesaran 10000X	58

## SINGKATAN

ASTM	American Standard Testing of Materials
SEM	Scanning Electron Microscopy
TIG	Tungsten Insert gas
Amp	Ampere

# **BAB 1**

## **Pengenalan**

### **1.1 Latarbelakang Penyelidikan**

Pengetahuan mengenai sifat mekanik sesuatu bahan adalah penting sebelum pemilihan sesuatu bahan dibuat. Pemilihan bahan untuk menghasilkan sesuatu komponen perlu mengambilkira beberapa faktor yang penting seperti kebolehdapatan bahan, kebolehprosesan, kos dan juga sifat mekanik yang dimiliki oleh sesuatu bahan. Sebagai contoh jika sifat mekanik diambilkira, bahan yang dipilih seharusnya dapat memenuhi keperluan komponen tersebut seperti keperluan terhadap kekerasan tinggi, kekuatan tegangan tinggi, ketahanan rayapan dan sebagainya.

Projek ini dilaksanakan untuk melihat sejauh mana kekuatan sambungan dan daya penusukan antara dua jenis logam yang sama jenis. Mampukah ia bercantum antara satu sama lain. Ia bergantung kepada pemilihan jenis logam itu sendiri. Logam pengisi atau elektrod dan juga jenis kimpalan yang digunakan. Selain daripada itu, faktor-faktor lain seperti proses mengimpal, kelajuan, bekalan kuasa, sudut mengimpal, bentuk sambungan dan ketebalan setiap logam.

Penggunaan besi nil karat dalam industri kenderaan dan industri lain kini semakin meluas kerana permintaan terhadap bahan tersebut berterusan dari semasa ke semasa. Ini disebabkan jisim yang ringan, kekuatan tinggi, kos rendah dan sebagainya.



Justeru itu, banyak kajian mengenai teknik pemrosesan baru dijalankan untuk meningkatkan variasi sifat mekanik sesuatu bahan.

## **1.2 Kepentingan Kajian**

Di dalam kajian ini, penentuan sifat bahan besi nil karat yang dicantumkan dengan logam pengisi dan elektrod yang sejenis dengan logam.

Penyelidikan ini menyumbang kepada pembuktian sifat mekanikal untuk menentukan penyambungan logam yang berguna dalam industri pembinaan dan sebagainya.

## **1.3 Objektif**

Objektif utama bagi projek penyelidikan ini adalah seperti berikut:

- Mengkaji sambungan sifat bahan logam melalui proses kimpalan.
- Membuktikan bahawa kaedah pengimpalan yang dipilih merupakan kaedah terbaik bagi proses penyambungan antara dua jenis logam yang sama.
- Mempelajari beberapa teknik pengujian bahan.

## 1.4 Skop Kajian

Bagi memenuhi objektif yang di atas, penyambungan antara besi nil karat yang sejenis dilakukan dengan menggunakan kaedah kimpalan arka tungsten gas dan kimpalan arka logam. Logam pengisi dan elektrod yang sejenis dengan logam yang hendak dikimpal digunakan sebagai pembolehubah. Dengan menetapkan parameter-parameter tertentu seperti kelajuan semasa mengimpal, bekalan kuasa yang digunakan semasa kimpalan, sudut kimpalan, jenis sambungan dan ketebalan bagi setiap besi yang digunakan.

Beberapa ujian makmal dijalankan ke atas sampel yang dikimpal, sifat mekanikal ditentukan dengan melakukan ujian tegangan, kecacatan yang berlaku turut dianalisis melalui kaedah pengujian morfologi dengan menggunakan mikroskop imbasan elektron (SEM). Kelakuan kegagalan besi nil karat yang dikimpal melalui ujian tegangan diperhatikan dan dianalisis melalui kajian morfologikal. Ujian kekerasan digunakan untuk menganggarkan sifat mekanikal sesuatu bahan melalui ujian kekerasan.

## **BAB 2**

### **KAJIAN ILMIAH**

#### **2.1 Pengenalan Kepada Besi Nil Karat**

Permintaan terhadap logam adalah berterusan dari semasa ke semasa. Kriteria-kriteria yang dipertimbangkan terhadap bahan-bahan tersebut adalah seperti jisim ringan, kekuatan tinggi dan kos rendah. Oleh itu, saintis dan jurutera bahan telah mengadakan usaha dalam menghasilkan bahan dengan ciri-ciri pembaikan ataupun bahan baru dengan sifat-sifat yang lebih unggul.

Menyedari hakikat itu, sejenis bahan yang unggul yang dikenali sebagai besi nil karat telah digunakan untuk proses pengimpalan. Besi nil karat bukanlah sebenarnya bahan yang baru, tetapi adalah bahan-bahan yang telah lama diperkenalkan sejak dahulu dalam membuat pelbagai jenis produk.

#### **2.2 Definisi dan Klasifikasi Besi Nil Karat**

Besi nil karat atau keluli aloi rendah mengandungi kromium melebihi daripada 10.5%. Sifat rintangan karat wujud disebabkan berlakunya lapisan oksida kromium di permukaan logam. Unsur lain ditambah untuk memperbaiki ciri-ciri rintangan kakisan, ciri fabrikasi dan sifat permesinan atau kekuatan. Antaranya ialah nikel, molybdenum, kuprum, titanium, silikon, mangan, kolumbium, aluminium, nitrogen dan sulfur.

Pemilihan besi nil karat lazimnya berdasarkan sifat rintangan karat dan haba, sifat mekanik, fabrikasi, kebolehdapatan dan jumlah kos barangan. Pada amnya rintangan karat dan sifat mekanik menjadi faktor utama dalam pemilihan besi jenis ini.

Besi nil karat terdiri daripada beberapa jenis. Kaedah untuk mencirikannya telah dibuat oleh pelbagai organisasi. Jadual 2.1 menunjukkan pengelasan AISI untuk besi nil karat dan ia dihubungkan dengan kumpulan mikro struktur.

Jadual 2.1 Pengelasan AISI untuk besi nil karat.

SIRI	JENIS ALOI	STRUKTUR
200	Kromium, nikel, mangan atau nitrogen	Austenitik
200	Kromium dan nikel	Austenitik
400	Kromium sahaja	Ferritik atau martensitik
500	Kromium rendah (<12%)	Martensitik

## **2.3 Jenis Besi Nil karat**

### **2.3.1 Besi Nil Karat Austenitik**

Besi nil karat memiliki struktur austenitik pada suhu bilik, rintangan kakisan dan kekuatan yang tinggi serta mempunyai rintangan yang baik pada suhu tinggi. Selain daripada itu, besi nil karat mempunyai tahap ketahanan mulur pada suhu mutlak iaitu sifar. Austenitik ialah bahan bukan magnet dan mudah dibezakan. Austenitik mempunyai komposisi kimia seperti berikut:

Karbon	- 0.03 hingga 0.25%
Silikon	- 1 hingga 2%
Nikel	- 3.5 hingga 22%
Mangan	- 2 hingga 10%
Kromium	- 16 hingga 26%

Austenitik digunakan di dalam industri pesawat (enjin pesawat), pemrosesan kimia (penukaran haba), pemrosesan makanan (cerek, tangki), peralatan rumah (alatan memasak), industri ladang (bekas susu) dan industri kenderaan (lori dan landasan kereta api).

### **2.3.2 Besi Nil Karat Ferritik**

Besi nil karat ferritik mengandungi mikrostruktur ferritik sebagai kandungan asasnya. Kandungan nisbah karbon kepada kromium adalah rendah dan mengakibatkan kesan pada pemindahan proses pengerasan. Ia merupakan sejenis besi magnetik dan mempunyai tahap kemuluran yang baik. Seperti besi lain, besi nil karat tidak memerlukan kerja pengerasan pada peningkatan suhu. Selain daripada itu, rintangan

karat yang tinggi berbanding besi nil karat martensitik. Ia menghasilkan besi yang mulur dan ketahanan karat dalam keadaan sepuh lindap. Ferritik mempunyai komposisi kimia seperti berikut:

Karbon	- 0.08 hingga 0.20%
Silikon	- 1%
Mangan	-1 hingga 1.5%
Kromium	- 11 hingga 27%

Ferritik digunakan di dalam industri petroleum, bahan haba untuk relau bagas, skru, gegas dan alat mengawal nyalaan api.

### **2.3.3 Besi Nil Karat Martensitik**

Besi nil karat martensitik mempunyai struktur mikro dalam keadaan pepejal atau keras. Ia mengandungi nisbah kandungan karbon, kromium yang tinggi dan mempunyai kebolehkerasan disebabkan oleh rawatan haba. Mempunyai sifat magnetik dalam semua keadaan serta memiliki daya konduksi aliran udara panas yang terbaik berbanding jenis besi tahan karat yang lain. Selain itu, kerja sejuk dilakukan dengan kandungan karbon yang rendah, mempunyai sifat kebolehmesinan, keliatan dan rintangan karatan yang baik dalam semua keadaan bagi beberapa bahan kimia serta mudah bagi kerja panas. Martensitik mempunyai komposisi kimia seperti berikut:

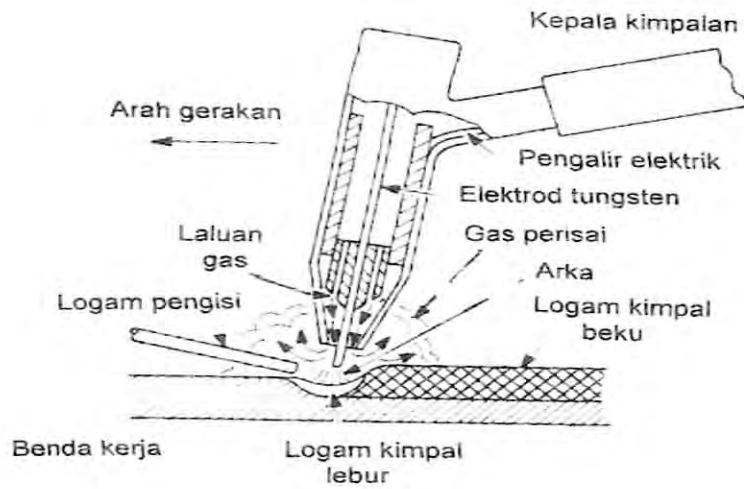
Karbon	- 0.15 hingga 1.2%
Silikon	- 1%
Mangan	- 1%
Kromium	- 11.5 hingga 18%

Martensitik digunakan dalam penghasilan pembuatan pam dan injap, pembaris dan pita pengukur, timba turbin dan peralatan pembedahan.

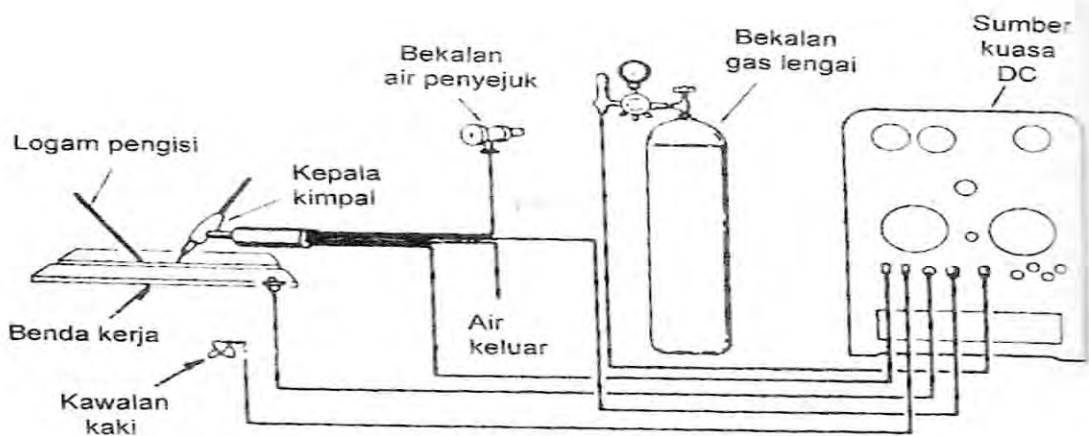
Keadaan austenitik merupakan besi yang kuat dan mulur setelah dikimpal dan kemampuan tegasan tanpa patah. Oleh itu, rintangan karat dan darjah rintangan haba bagi besi tahan karat austenitik sesuai digunakan dalam proses kimpalan sebagai panduan kepada besi nil karat ferritik ataupun martensitik. Melalui pemerhatian dan kajian yang dijalankan melalui sumber rujukan, besi nil karat austenitik menjadi pilihan utama.

## **2.4 Kimpalan Arka Tungsten Gas**

Kimpalan arka tungsten gas ialah proses kimpalan arka yang menghasilkan tautan logam dengan memanaskannya dengan arka di antara elektrod tungsten yang kekal dengan bahan kerja (Rajah 2.1). Perisai arka diperolehi dengan menggunakan gas lengai yang dibekalkan secara berasingan, sama seperti kimpalan arka logam gas. Proses ini juga dikenali sebagai proses gas lengai tungsten. Gas yang digunakan ialah argon, helium atau campuran keduanya. Rajah 2.2 menunjukkan sistem proses kimpalan arka tungsten gas.



Rajah 2.1 Kimpalan arka tungsten gas



Rajah 2.2 Sistem kimpalan arka tungsten gas