



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PENGARUH PERLAKUAN *QUENCH TEMPER*,  
*SPHEROIDIZED ANNEAL* DAN PENGELASAN TERHADAP  
SIFAT MEKANIS DAN STRUKTUR MIKRO BAJA  
PERKAKAS TUANG**

**TESIS**

**Sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar  
Magister Teknik (MT)**

**Oleh**

**ABDUL AZIZ**

**0606151362**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM KEKHUSUSAN METALURGI MANUFAKTUR  
DEPOK  
JULI 2009**



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PENGARUH PERLAKUAN *QUENCH TEMPER*,  
*SPHEROIDIZED ANNEAL* DAN PENGELASAN TERHADAP  
SIFAT MEKANIS DAN STRUKTUR MIKRO BAJA  
PERKAKAS TUANG**

**TESIS**

**Sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar  
Magister Teknik (MT)**

**OLEH**

**ABDUL AZIZ**

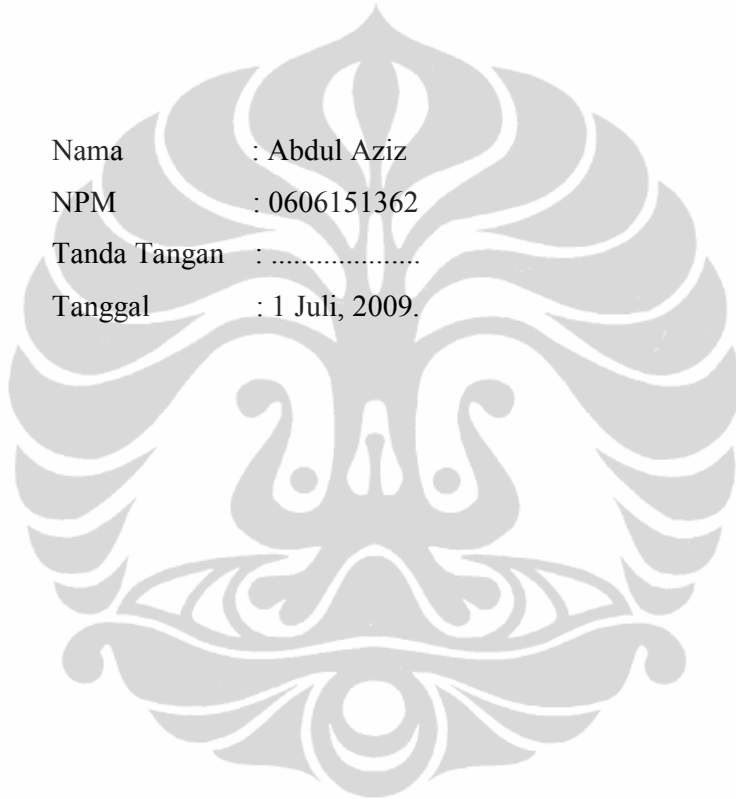
**0606151362**

**FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM KEKHUSUSAN METALURGI MANUFAKTUR  
DEPOK  
JULI 2009**

## HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tesis ini adalah hasil karya sendiri, dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Abdul Aziz  
NPM : 0606151362  
Tanda Tangan : .....  
Tanggal : 1 Juli, 2009.



## HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :  
Nama : Abdul Aziz  
NPM : 0606151362  
Program Studi : Teknik Metalurgi dan Material Program  
Kekhususan Metalurgi Manufaktur  
Judul Tesis : Pengaruh Perlakuan *Quench Temper, Spheroid  
Anneal* dan Pengelasan Terhadap Sifat  
Sifat Mekanis dan Struktur Mikro Baja  
Perkakas Tuang.

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Metalurgi Manufaktur, Departemen Teknik Metalurgi dan Material Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

### DEWAN PENGUJI

Pembimbing 1 : Prof. Dr. Ir. Anne Zulfia, M.Sc. (.....)  
Pembimbing 2 : Dr. Ir. Dedi Priadi, DEA. (.....)  
Penguji 1 : Dr. Ir. Winarto, M.Sc. (.....)  
Penguji 2 : Ir. Myrna Ariati, MS. (.....)

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 1 Juli, 2009.

## UCAPAN TERIMA KASIH

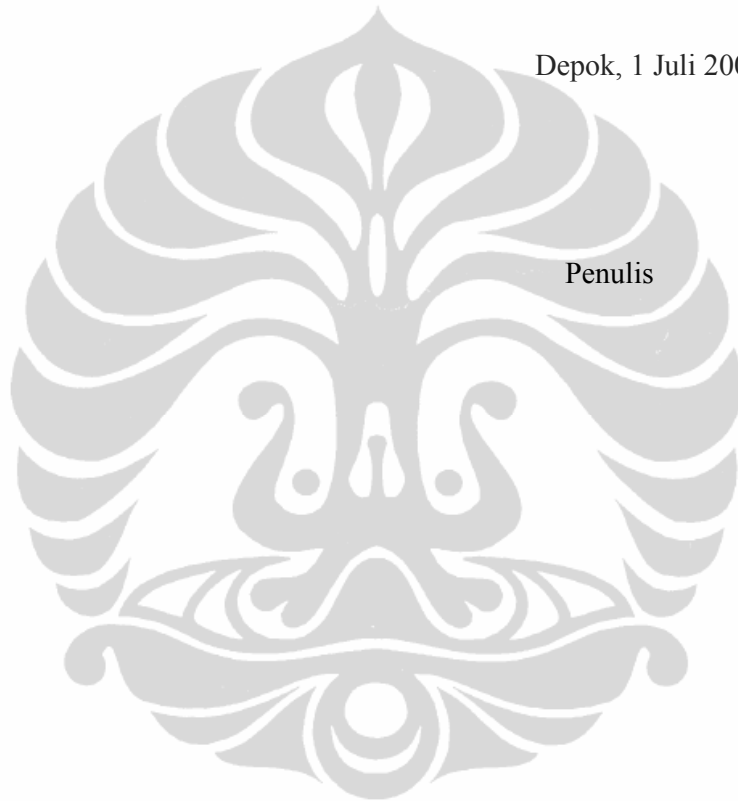
Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya, saya dapat menyelesaikan tesis ini. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Teknik Departemen Teknik Metalurgi dan Material pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Saya menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan tesis ini, sangatlah sulit bagi saya untuk menyelesaikan tesis ini. Oleh karena itu, saya mengucapkan terima kasih kepada :

- (1) Prof. Dr. Ir. Anne Zulfia, M.Sc. selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan saya dalam penyusunan tesis ini;
- (2) Dr. Ir. Dedi Priadi, DEA. Selaku dosen wali juga dosen pembimbing yang telah banyak memberikan pengarahan dan bimbingan pada penulis.
- (3) Dr. Ir. Winarto, M.Sc. Selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan masukan dan arahan kepada penulis.
- (4) Ir. Myrna Ariati, MS. Selaku dosen penguji yang telah banyak memberikan perbaikan pada penulis.
- (5) PT.X. yang telah banyak membantu dalam usaha memperoleh data yang saya perlukan;
- (6) Kedua orang tuaku, Bapak H. Musthofa dan Ibu Hj. Husna dan keluarga saya yang telah memberikan bantuan dukungan material dan moral;
- (7) Istriku tercinta Siti Nur'afnita, S.Pt. yang telah banyak memberikan dukungan, semangat dan do'a kepada penulis yang tak terbatas oleh ruang dan waktu, khususnya selama penulis menempuh pendidikan Pasca Sarjana di Universitas Indonesia; dan
- (8) Anakku yang lucu, Muhammad Najib Malik Hakim, yang selalu menyegarkan suasana.

Akhir kata, Penulis berharap Allah SWT. berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga tesis ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu.

Depok, 1 Juli 2009

Penulis



**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

---

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Abdul Aziz  
NPM : 0606151362  
Program Studi : Metalurgi Manufaktur  
Departemen : Teknik Metalurgi dan Material  
Fakultas : Teknik  
Jenis Karya : Tesis

demikian pengembangan pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Pengaruh Perlakuan *Quench Temper*, *Spheroid Anneal* dan Pengelasan Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Baja Perkakas Tuang.

Beserta perangkat yang ada. Dengan hak bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok

Pada Tanggal : 1 Juli 2009

Yang menyatakan

( Abdul Aziz )

## ABSTRAK

Nama : Abdul Aziz  
Program Studi : Metalurgi Manufaktur  
Judul : Pengaruh Perlakuan *Quench Temper, Spheroid Anneal* dan Pengelasan Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Baja Perkakas Tuang

Aplikasi dari baja perkakas sebagai material cetakan dingin amatlah memegang peranan strategis dalam dunia industri. Dikarenakan baja perkakas untuk aplikasi cetakan dingin dapat digunakan untuk membentuk material pada kondisi dingin, sehingga jika dilihat dari aspek kualitas, kuantitas dan *safety* akan lebih baik jika dibandingkan membentuk material baja perkakas pada temperatur tinggi. Agar diperoleh baja perkakas cetakan dingin kualitas tinggi, maka terus dilakukan berbagai penelitian, salah satu caranya adalah dengan mengatur komposisi kimia, perlakuan panas, agar diperoleh material baja perkakas yang berkualitas tinggi, dengan biaya pembuatan yang murah.

Karakteristik dari baja perkakas dapat diatur sesuai dengan kebutuhan aplikasi pemakai. Pengaturan karakteristik dari baja perkakas yaitu dengan cara mengatur komposisi kimia, mengatur proses perlakuan panas, dan media pendinginan setelah *tempering*. Baja perkakas dapat memiliki sifat – sifat khusus, dengan cara mengatur kuantitas dari paduan yang menyusun dari baja perkakas tersebut, seperti mengatur jumlah dari vanadium, silikon, molibdenum dan lain sebagainya.

Pada penelitian ini, material baja perkakas diatur komposisi paduannya dengan menambahkan unsur paduan Si yang berbeda yaitu 0,8%wt, 2,0%wt, dan 3,0%wt Si pada setiap material baja perkakas dengan unsur paduan lainnya ditambahkan dengan perbandingan tetap untuk setiap material baja perkakas dan tidak diberikannya unsur *vanadium* untuk material baja perkakas lainnya, untuk mengetahui perbandingan sifat mekanis setelah ditambahkan unsur paduan *Vanadium*. Kemudian baja perkakas tersebut dilakukan perlakuan *quench temper* dengan penggunaan temperatur temper yang berbeda yaitu 600°C, 640°C, dan 690°C dan *spheroidized anneal* dengan menggunakan temperatur 810°C. Dengan variabel yang digunakan adalah penambahan unsur paduan dan perlakuan panas yang dilakukan maka akan diketahui pengaruhnya terhadap sifat mekanis, yaitu kekerasan, laju aus, dan kuat tarik, sifat mampu las serta struktur mikro material baja perkakas.

Dalam penelitian ini disimpulkan dengan penambahan unsur paduan Si maka sifat mekanis meningkat, dan untuk membandingkan baja perkakas yang diberikan unsur paduan *vanadium* dan yang tidak, baja dengan paduan *vanadium* sifat mekanis yang dimiliki lebih tinggi. Sedangkan untuk variabel perlakuan panas yang diberikan dengan semakin tingginya temperatur temper maka sifat mekanis akan menurun sehingga didapati baja perkakas yang lebih tangguh. Untuk sifat mampu las material baja perkakas diperoleh hasil bahwa nilai *weldability* nya rendah dikarenakan adanya endapan karbida keras seperti SiC pada baja perkakas hasil dari penelitian.

**Kata kunci:** Baja Perkakas, *Weldability*, Pengaruh Paduan, Temperatur *Temper, Spheroidized Anneal*



## ABSTRACT

Name : Abdul Aziz  
Study Program : Manufacturing Metallurgy  
Title : Effect of Quench Temper, Spheroid Anneal and Welding on Mechanical Properties and Microstructure of Cast Tool Steel.

The application of tool steel as cold pressing die have very important role in many strategic industry. The strategic role of tool steel for cold work materials can be used as for forming materials in the cold condition, so that if we seen in many quality, quantity and safety aspects more better if we compared in forming materials in high temperature. Many researches have been done gradually to get tool steels for high quality cold work. One of the way how to engineered the materials to become better with change their chemical composition, heat treatment, to get high quality materials with lower cost.

The characteristic of tool steel materials can be modified with change their chemical compositions and change their tempering and used proper quenching media. With changed alloys quantity, like modify content of vanadium, silicone, molybdenum and the other alloys, tool steel materials exactly have spesific characteristics. Tool steel has special properties regarding to requirement of process in processing fundamental material become ready for use product or thus, the special influenced by existence of alloying element and treatment passed to tool steel.

At this research, tool steel materials are arranged by alloy composition. Added alloying element Si which different composition there are 0,8%wt, 2,0%wt, and 3,0%wt for each appliance steel material with other alloying element is added with balance comparison for every tool steel materials and without element of vanadium for other tool steel material to know comparison of mechanical properties after added alloying element Vanadium. Then the tool steel is done with heat treatment quench temper with usage of different temper temperature those are 600<sup>o</sup>C, 640<sup>o</sup>C, and 690<sup>o</sup>C and spheroidized anneal by using temperature 820<sup>o</sup>C. With variable applied is addition of alloys materials and heat treatment done hence will be known the influence to mechanical properties, that is hardness, wear resistant, weld ability, tensile strength and tool steel material microstructure.

The conclusion of these research are several addition of alloying element Si cause increasing mechanical properties, and compare appliance steel given alloying element of vanadium and another steel without adding vanadium, steel with mechanical properties vanadium alloy owned higher. While for variable heat treatment given increasing height of temper temperature hence mechanical properties will change is discovered tool steel which more tough. The effect of second phase, carbide phase will cause poor weldability for tool steel materials, carbide phase and second phase are very hard and very brittle.

**Key word: Tool Steel, Alloy Addition, Temper Temperature, Spheroidized Anneal.**

## DAFTAR ISI

PERNYATAAN ORISINILITAS	i
PENGESAHAN	ii
UCAPAN TERIMA KASIH	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xvi
I. PENDAHULUAN	1
I.1 LATAR BELAKANG PENELITIAN	1
I.2 TUJUAN PENELITIAN	2
I.3 RUANG LINGKUP PENELITIAN	2
I.4 SISTEMATIKA PENELITIAN	3
2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 BAJA PERKAKAS	5
2.1.1 Sifat Ketahanan Aus Baja Perkakas	10
2.1.2. Klasifikasi Baja Perkakas	11
2.2 PENGARUH UNSUR PADUAN PADA BAJA	13
2.2.1. Baja Perkakas SKD 11	16
2.3. PERLAKUAN PANAS	17
2.3.1. Proses Pengerasan	18
2.3.1.1 Austenisasi	18
2.3.1.2 Ferit	19
2.3.1.3. Pendinginan	20
2.3.1.4. Tempering	21
2.3.1.5. Unsur Karbon	24
2.3.1.6. Endapan Besi Karbida	26
2.3.1.7. Dekomposisi dari Austenit Sisa	27
2.3.18. Endapan Paduan Karbida	29

2.4. PEMBENTUKAN STRUKTUR MICRO	35
2.5.1 Pembentukan Martensit	35
2.5.2 Pembentukan Martensit Temper	39
2.6 SPHEROIDIZED ANNEAL	41
2.7.PENGELASAN BAJA PERKAKAS	42
2.7.APLIKASI DARI BAJA PERKAKAS	50
2.7.1.Diagram <i>Properties</i> Dari Baja Perkakas	51
3. METODOLOGI PENELITIAN	52
3.1 DIAGRAM ALIR PENELITIAN	52
3.2 PERSIAPAN SAMPEL	53
3.2.1 Pengecoran	53
3.2.2 Perlakuan Panas	55
3.2.2.1 <i>Spheroidized Anneal</i>	55
3.2.2.2 <i>Quench Temper</i>	56
3.3 PENGUJIAN	57
3.3.1 Pengujian Struktur Micro	57
3.3.2 Pengujian Kekerasan	58
3.3.3 Pengujian Tarik	59
3.3.4 Pengujian Aus	60
3.3.5 Pengujian Mampu Las	62
4. HASIL PENELITIAN	63
4.1 PENGUJIAN KOMPOSISI	63
4.2 PENGUJIAN KEKERASAN	64
4.2.1 Hasil Pengujian Kekerasan <i>As Cast</i>	64
4.2.2 Hasil Pengujian Kekerasan Perlakuan <i>Quench Temper</i>	65
4.2.3 Hasil Pengujian Kekerasan <i>Spheroidized Anneal</i>	67
4.3 PENGUJIAN LAJU AUS	68
4.3.1 Hasil Pengujian Laju Aus <i>As Cast</i>	68
4.3.2 Hasil Pengujian Laju Aus Perlakuan <i>Quench Temper</i>	69
4.3.3 Hasil Pengujian Laju Aus <i>Spheroidized Anneal</i>	70
4.4 PENGUJIAN TARIK	71
4.4.1 Hasil Pengujian Tarik <i>As Cast</i>	71

4.4.2 Hasil Pengujian Tarik Perlakuan <i>Quench Temper</i>	72
4.4.3 Hasil Pengujian Tarik <i>Spheroidized Anneal</i>	73
4.4.4 Hasil Pengujian Mampu Las	73
4.5 PENGUJIAN FOTO MIKRO	74
4.5.1 Hasil Foto Struktur Micro dengan Menggunakan Mikroskop Optik	75
4.5.2 Hasil Foto Struktur Micro dengan Menggunakan SEM	79
4.5.3 Hasil Uji Komposisi Menggunakan EDS ( <i>Energy Disperse Spectroscopy</i> ) Sampel Paduan C Q/T 640 <sup>o</sup> C	79
4.5.4.Data Hasil Pengujian <i>Weldability</i>	80
5. PEMBAHASAN	81
5.1 UMUM	81
5.2 SIFAT MEKANIS BAJA PERKAKAS AS - CAST	82
5.3 PENGARUH PERLAKUAN Q/T TERHADAP SIFAT MEKANIS BAJA PERKAKAS	83
5.4 PERBANDINGAN SIFAT MEKANIS BAJA PERKAKAS	90
5.5.SIFAT MAMPU LAS BAJA PERKAKAS	92
5.6.HASIL PENGUJIAN LAJU AUS	94
5.8.HASIL PENGUJIAN STRUKTUR MIKRO	95
KESIMPULAN DAN SARAN	99
DAFTAR REFERENSI	100
LAMPIRAN	132

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Grafik TTT Baja AISI D2	19
Gambar 2.2 Hubungan Antara Energi Bebas Dengan Atom Karbon Yang Terjebak Pada Fasa Martensit	22
Gambar 2.3 Hasil Pengamatan SEM Yaitu Quenched Martensite Pada Baja Perkakas	23
Gambar 2.4 Hubungan Antara Kecepatan Difusi Karbon Dan Temperatur	24
Gambar 2.5 Susunan <i>Body Centre Cubic</i> Atom Karbon	24
Gambar 2.6 Struktur Mikro dari Fe - 4Mo 0,2 wt% Setelah Perlakuan Temper	26
Gambar 2.7 Hasil Pengamatan TEM Fasa Martensit Pada Baja Perkakas, Setelah Perlakuan Temper Pada Suhu 295°C Selama Satu Jam	27
Gambar 2.8 <i>Recovery</i> Struktur Dislokasi	28
Gambar 2.9 Hubungan Antara Kenaikan Suhu Dengan Jarak Difusi	28
Gambar 2.10. Hubungan Antara Temperatur Temper Dengan Misorientasi Dislokasi	29
Gambar 2.11. Hasil <i>Tempering</i> Baja Perkakas Selama 100 Jam	29
Gambar 2.12. Struktur Mikro Pengamatan TEM Hasil Temper Baja Perkakas Pada Suhu 600°C Selama 560 Jam.	30
Gambar 2.13. Hubungan Antara Suhu Temper Dan Kekerasan <i>Rockwell</i>	32
Gambar 2.14. Pengaruh Temperatur Temper 100-700°C Selama 1 Jam Terhadap Kekerasan Baja	33
Gambar 2.15 Merupakan Struktur Mikro dari Martensit Akibat Perlakuan <i>Tempering</i> .	35
Gambar 2.16. Pengaruh Kadar Karbon Terhadap Temperatur Ms dan Mf.	37
Gambar 2.17. Kekerasan dari Martensit Temper dalam <i>Iron Carbon Alloy</i>	38
Gambar 2.18. Pengaruh Elemen Paduan Terhadap Nilai Kekerasan dari Martensit Temper Pada Suhu 480°C Selama 1 Jam.	39
Gambar 2.19. Skema Transformasi dari Sementit Lamel Menjadi Spheroid.	40
Gambar 2.20. Struktur Mikro <i>Spherodized</i> .	40
Gambar 2.21. Grafik Temperatur <i>Annealing</i> dan <i>Spherodizing</i> .	41

Gambar 2.22. Grafik Bentuk Butiran Logam Cair Elektrodal Las <i>SMAW</i>	42
Gambar 2.23. Sistem Pengatur Arus Mesin Las Busur Listrik <i>AC</i> .	45
Gambar 2.24. Aplikasi Material Baja Perkakas.	49
Gambar 2.25. Diagram Ketahanan Aus Terhadap Ketangguhan	50
Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian.	51
Gambar 3.2. Cetakan Pasir Sampel Uji Tarik.	52
Gambar 3.3. (a) Proses Peleburan (b). Poring Pada Temperatur 1600°C.	53
Gambar 3.4. Grafik Perlakuan <i>Spheroidized Anneal</i> .	54
Gambar 3.5. Grafik Perlakuan <i>Quench Temper</i>	55
Gambar 3.6. Mesin Amplas dan Mesin Poles.	56
Gambar 3.7. Mikroskop Optik.	57
Gambar 3.8. Alat Uji Kekerasan.	58
Gambar 3.9. Sampel Pengujian Tarik Dengan Standar JIS Z 2201; JIS Z 2241:59.	59
Gambar 3.10. Skematis Pengujian Keausan dengan Metode <i>Ogoshi</i> .	60
Gambar 3.11. Mesin Pengujian Keausan <i>Ogoshi</i> .	60
Gambar 3.12. Mikroskop Pengukur Jejak.	61
Gambar 4.1. Grafik Perbandingan Nilai Kekerasan <i>As-Cast</i>	63
Gambar 4.2. Perbandingan Nilai Kekerasan <i>Quench Temper</i>	64
Gambar 4.3. Grafik Perbandingan Nilai Kekerasan Setiap Paduan Berdasarkan Perlakuan <i>Quench Temper</i> .	64
Gambar 4.4. Grafik Perbandingan Nilai Kekerasan Perlakuan <i>Spheroid Anneal</i>	66
Gambar 4.5. Grafik Perbandingan Nilai Laju Aus <i>As-Cast</i>	67
Gambar 4.6. Grafik Perbandingan Nilai Laju Aus <i>Quench Temper</i>	68
Gambar 4.7. Grafik Perbandingan Nilai Laju Aus <i>Spheroid Anneal</i>	69
Gambar 4.8. Grafik Perbandingan Nilai UTS <i>As - Cast</i>	69
Gambar 4.9. Grafik Perbandingan Nilai UTS <i>Quench Temper</i>	70
Gambar 4.10. Grafik Perbandingan Nilai UTS <i>Spheroid Anneal</i>	71
Gambar 4.11,12,13,14,15,. Foto Mikro Sampel A,B,C,D,E. <i>As – Cast</i> Pembesaran 100X.	72
Gambar 4.16. Sampel A Temper 600°C, Pembesaran 100X.	72

Gambar 4.17. Sampel A, Temper 640°C, Pembesaran 100X.	72
Gambar 4.18. Sampel A, Temper 690°C, Pembesaran 100X.	72
Gambar 4.19. Sampel B, Temper 600°C, Pembesaran 100X.	73
Gambar 4.20. Sampel B, Temper 640°C, Pembesaran 100X.	73
Gambar 4.21. Sampel B, Temper 690°C, Pembesaran 100X.	73
Gambar 4.22. Sampel C, Temper 600°C, Pembesaran 100X.	73
Gambar 4.23. Sampel C, Temper 640°C, Pembesaran 100X.	73
Gambar 4.24. Sampel C, Temper 690°C, Pembesaran 100X.	73
Gambar 4.25. Sampel D, Temper 600°C, Pembesaran 100X.	73
Gambar 4.26. Sampel D, Temper 640°C, Pembesaran 100X.	73
Gambar 4.27. Sampel D, Temper 690°C, Pembesaran 100X.	74
Gambar 4.28. Sampel E, Temper 600°C, Pembesaran 100X.	74
Gambar 4.29. Sampel E, Temper 640°C, Pembesaran 100X.	74
Gambar 4.30. Sampel E, Temper 690°C, Pembesaran 100X.	74
Gambar 4.31,4.32,4.33,4.34,4.35. Sampel A,B,C,D,E . <i>Spheroid Anneal</i> 810°C, 100X.	74
Gambar 4.35. Sampel A. <i>HAZ Weldability Spheroid Anneal</i> 810°C, Pembesaran 100X.	75
Gambar 4.36. Sampel B. <i>HAZ Weldability Quench Temper</i> 640°C, Pembesaran 100X.	75
Gambar 4.37. Sampel D. <i>HAZ. Weldability Quench Temper</i> 690°C.	75
Gambar 4.38. Sampel D, <i>HAZ Weldability Quench Temper</i> 600°C.	75
Gambar 4.39. Sampel E, <i>HAZ Weldability Spheroid Anneal</i> 810°C.	75
Gambar 4.40. Sampel C, Inti Las <i>Weldability Quench Temper</i> 690°C	75
Gambar 4.41. Sampel D, Inti Las <i>Weld Ability Quench Temper</i> 640°C	75
Gambar 4.42. Foto SEM Paduan C dengan Perlakuan Quench Temper. 640°C.	76

## DAFTAR TABEL

	Halaman
<b>Tabel 2.1</b> Pengaruh Unsur Paduan Pada Baja	7
<b>Tabel 2.2</b> Tool Steel	9
<b>Tabel 2.3</b> Komposisi Standar SKD 11	10
<b>Tabel 4.1</b> Komposisi Kimia Sampel dengan <i>Spectro</i>	32
<b>Tabel 4.2</b> Data Kekerasan <i>As Cast</i>	33
<b>Tabel 4.3</b> Data Kekerasan Perlakuan <i>Quench Temper</i>	34
<b>Tabel 4.4</b> Data Kekerasan <i>Spheroidized Anneal</i>	36
<b>Tabel 4.5</b> Data Hasil Pengujian Laju Aus <i>As Cast</i>	37
<b>Tabel 4.6</b> Data Laju Aus Perlakuan <i>Quench Temper</i>	38
<b>Tabel 4.7</b> Data Laju Aus <i>Spheroidized Anneal</i>	39
<b>Tabel 4.8</b> Data Uji Tarik <i>As Cast</i>	39
<b>Tabel 4.9</b> Data Uji Tarik Perlakuan <i>Quench Temper</i>	40
<b>Tabel 4.10</b> Data Uji Tarik <i>Spheroidized Anneal</i>	41