

# **TUGAS SARJANA**

## **PENGARUH PENGGUNAAN CHIL DAN LUBANG PENDINGIN PADA CETAKAN TROMOL REM TERHADAP STRUKTUR MIKRO BESI COR KELABU**



*Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Strata Satu (S-1)*

*di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro*

**Disusun Oleh :**

**AGUNG PRIARYANTO UTOMO**

**L2E 005 415**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS DIPONEGORO  
SEMARANG**

**2010**

## TUGAS SARJANA

Diberikan kepada : Nama : Agung Priaryanto Utomo  
Nim : L2E 005 415

Dosen Pembimbing : Bapak Agus Suprihanto, ST, MT

Jangka Waktu : 6 Bulan (empat bulan)

Judul : Pengaruh Penggunaan Chil dan Lubang Pendingin Pada  
Cetakan Tromol Rem Terhadap Struktur Mikro Besi Cor  
Kelabu

Isi Tugas :

1. Mengetahui pengaruh penggunaan chil pada cetakan tromol rem terhadap struktur mikro besi cor kelabu.
2. Mengetahui pengaruh penggunaan lubang pendingin pada cetakan tromol rem terhadap struktur mikro besi cor kelabu.
3. Membandingkan struktur mikro besi cor kelabu antara yang menggunakan chil, lubang pendingin dan tanpa diberi variasi apapun

Semarang, 17 Maret 2010

Dosen Pembimbing,

Agus Suprihanto, ST, MT  
NIP. 132 162 550

## LEMBAR PENGESAHAN

Tugas Sarjana yang berjudul **“PENGARUH PENGGUNAAN CHIL DAN LUBANG PENDINGIN PADA CETAKAN TROMOL REM TERHADAP STRUKTUR MIKRO BESI COR KELABU ”**

ini telah disetujui dan disahkan pada :

Hari : .....

Tanggal : .....

Pembimbing

Agus Suprihanto, ST, MT

NIP. 132 162 550

Mengetahui

Koordinator Tugas Sarjana

Dr. MSK. Tony Suryo Utomo, ST, MT

NIP. 132 231 137

## ***ABSTRACT***

According to the increase of the vehicle engine amount in Indonesia as means of transportation has been impacted to the increase of vehicle component needs. One of this vehicle component was bus/truck drum brake. The early result of the research showed the low of drum brake material quality UKM local product, especially in microstructure that not suitable with ASTM standard which cause this product lose compete with import product. The microstructure of import products are pearlite and graphite flake distribution A, whereas the matrix of local product are ferrite, pearlite, and semenite, and have graphite flake distribution A, B, and D. This microstructure caused the local product of drum brake easy to crack. This research concerned to fix the microstructure of drum brake UKM local product.

The research has done with the foundry method *sand casting* with- modified mold by added the variation chil and hole cooler variation, and without variation. The foundry material such as gray cast iron and the pouring temperature maintained with temperature 1275° C – 1350° C. Each specimen of the foundry result has done with micrographic testing with the enlargement 100 X, etsa nital 2.5 % and hardness testing by using Rockwell method which converts to Brinell.

From the drum brake micrographic, either using chil variation, hole cooler or without variation in the matrix, has seen graphite length which formed have a measurement 3-5, whereas for the formed phase, ferite and semenite contents average from chil variation, hole cooler, and without variation in the matrix with the totality under 5 %. In the hardness testing, drum brake without matrix variation has the highest hardness value 190 HB and the lowest 182,8 HB, whereas drum brake with chil variation, the highest hardness value 174,3 HB and the lowest 167,6 HB; and for drum brake hole cooler variation, the highest hardness value 217,3 HB and the lowest 214,9 HB.

Key words : Grey cast iron, Chil, Hole cooler, Microstructures, Hardness

## ABSTRAK

Seiring dengan peningkatan jumlah kendaraan bermotor di Indonesia sebagai sarana transportasi berdampak pada peningkatan kebutuhan akan komponen kendaraan. Salah satu komponen kendaraan tersebut adalah tromol rem bus/truk. Hasil penelitian awal menunjukkan rendahnya kualitas material tromol rem produk UKM lokal khususnya dalam hal struktur mikro yang tidak sesuai dengan standar ASTM yang menyebabkan produk ini kalah bersaing dengan produk import. Struktur mikro produk impor adalah pearlit dan bergrafit serpih distribusi A. Sedangkan produk lokal matriknya adalah ferrit, pearlit, dan sementit serta memiliki grafit serpih distribusi A, B, dan D. Struktur mikro tersebut mengakibatkan mudah retaknya tromol rem produk lokal. Penelitian ini bertujuan untuk memperbaiki struktur mikro tromol rem produk UKM lokal.

Penelitian dilakukan dengan menggunakan metode pengecoran *sand casting* dengan memodifikasi cetakan dengan menambahkan variasi chil, variasi lubang pendingin dan tanpa variasi. Bahan pengecoran berupa besi cor kelabu dan temperatur penuangan dijaga pada suhu 1275°C-1350°C. Tiap spesimen hasil pengecoran dilakukan pengujian mikrografi dengan perbesaran 100x, etsa nital 2,5% dan pengujian kekerasan dengan menggunakan metode *Rockwell* yang dikonversi ke *Brinell*.

Dari hasil pengujian mikrografi tromol rem baik yang menggunakan variasi chil, lubang pendingin maupun tanpa variasi pada cetakannya terlihat panjang grafit yang terbentuk berukuran 3-5. Sedangkan untuk fasa yang terbentuk, kandungan ferrit dan sementit rata-rata dari variasi chil, lubang pendingin maupun tanpa variasi pada cetakannya secara keseluruhannya dibawah 5%. Pada pengujian kekerasan, tromol rem tanpa variasi cetakan mempunyai nilai kekerasan tertinggi 190 HB dan terendah 182,8 HB sedangkan pada tromol rem dengan variasi chil nilai kekerasan tertinggi 174,3 HB dan terendah 167,6 HB dan untuk tromol rem variasi lubang pendingin nilai kekerasan tertinggi 217,3 HB dan terendah 214,9 HB.

Kata kunci : Besi cor kelabu, Chil, Lubang pendingin, Struktur mikro, Kekerasan

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah mencurahkan rahmat-Nya, sehingga Laporan Tugas sarjana dengan judul “Pengaruh Penggunaan Chil dan Lubang Pendingin Pada Cetakan Tromol Rem Terhadap Struktur Mikro Besi Cor Kelabu” ini dapat diselesaikan dengan baik. Laporan tugas sarjana ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar strata satu (S-1) di Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.

Selama proses penyusunan Tugas sarjana ini, penulis banyak mendapatkan bantuan, bimbingan dan dukungan. Oleh karena itu pada kesempatan kali ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Agus Suprihanto, ST, MT selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam menyelesaikan Tugas Sarjana ini.
2. Bapak Sulardjaka, ST, MT yang telah memberikan bimbingan dan arahan dalam menyelesaikan Tugas Sarjana ini.
3. Bapak Yusuf Umardani, ST, MT yang telah memberikan bantuan di lapangan dalam menyelesaikan Tugas Sarjana ini.
4. Papa dan mama tercinta di rumah yang selalu memberikan dukungan, semangat, dan do'a nya.
5. Adikku tersayang Sinung Primastuti atas dukungan selama saya menempuh pendidikan sarjana di Jurusan Teknik Mesin.
6. Dian Septiana Nurmawati yang selalu memberikan semangat dan dukungan dalam pembuatan Tugas Sarjana ini.
7. Bapak Margono selaku teknisi di Laboratorium Metalurgi Fisik UNDIP atas segala bantuannya.
8. Iqbal dan Winarto atas kerja sama, kritik dan saran-sarannya selama penelitian.
9. Rekan-rekan Teknik Mesin Universitas Diponegoro terutama angkatan 2005, terima kasih atas kebersamaannya.

10. Dan semua pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan dan penyusunan Laporan Tugas Sarjana ini yang tidak dapat penulis sebut satu persatu.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih terdapat kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan dari laporan Tugas Sarjana ini. Penulis berharap semoga laporan ini dapat memberikan manfaat bagi siapa saja yang membacanya.

Semarang, Januari 2010

**Kupersembahkan Karyaku untuk  
Papa dan Mama tercinta**

***The beauty of our achievements is in the people  
we can share our success with ...***



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>HALAMAN TUGAS SARJANA</b> .....	ii
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>ABSTRACT</b> .....	iv
<b>ABSTRAK</b> .....	v
<b>HALAMAN PERSEMBAHAN</b> .....	vi
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ix
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xx
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Metode Penelitian.....	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	4
<b>BAB II DASAR TEORI</b>	
2.1. Pengecoran Logam.....	6
2.1.1 Pembuatan Pola.....	9
2.1.2 Pembuatan Inti.....	12
2.1.3 Pembuatan Cetakan.....	13
2.1.4 Peleburan dan Penuangan Logam.....	16
2.1.5 Pembersihan dan <i>Finishing</i> .....	19
2.2. Pasir Cetak.....	21

2.3.	Besi Cor.....	25
2.3.1	Klasifikasi Besi Cor.....	27
2.3.2	Karakteristik Besi Cor.....	31
2.3.3	Besi Cor Kelabu ( <i>Gray Cast Iron</i> ).....	36
2.4.	Produk Tromol Rem.....	57
2.4.1	Produk Tromol Rem Lokal.....	57
2.4.2	Produk Tromol Rem Standar ASTM-A247.....	58
2.5.	Chil.....	58
2.4.1	Pengertian Chil.....	58
2.4.2	Chil Untuk Besi Cor.....	58
2.6.	Pengujian Material.....	59
2.5.1	Pengujian Mikrografi.....	59
2.5.2	Pengujian Kekerasan.....	61

### **BAB III METODE PENELITIAN**

3.1.	Diagram Alir Penelitian.....	67
3.2.	Prosedur Pengujian.....	69
3.2.1	Proses Pengecoran.....	69
3.2.2	Menganalisa Struktur mikro.....	77
3.2.3	Pengujian Kekerasan.....	82
3.3.	Spesifikasi Peralatan Uji.....	83
3.3.1	Satu Set Pola dan Bingkai Cetakan.....	83
3.3.2	Pasir Cetak.....	84
3.3.3	Tungku Induksi.....	84
3.3.4	Ladel.....	85
3.3.5	Mikroskop dan Kamera.....	85
3.3.6	Alat Uji Kekerasan.....	85

### **BAB IV PEMBAHASAN DAN ANALISA DATA**

4.1. Proses Pengecoran.....	86
4.2. Pengujian Mikrografi.....	89
4.2.1 Data-data awal pengujian mikrografi.....	89
4.2.2 Data-data hasil pengujian.....	89
4.2.2.1 Metalografi Besi Cor Tanpa Variasi Apapun.....	89
4.2.2.2 Metalografi Besi Cor Dengan Variasi Chil.....	108
4.2.2.3 Metalografi Besi Cor Dengan Variasi Lubang Pendingin.....	126
4.3. Pengujian Kekerasan.....	144
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1.Kesimpulan.....	150
5.2.Saran.....	151
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>152</b>
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Grafik perbandingan beberapa proses pengecoran.....	8
Gambar 2.2 Macam pola (a) solid pattern (b) split pattern (c) machth-plate pattern (d) cope and drag pattern.....	10
Gambar 2.3 Pola dengan saluran tuang, saluran alir dan riser.....	12
Gambar 2.4 Inti yang telah dipasang pada cetakan.....	13
Gambar 2.5 Proses pembuatan cetakan dan hasil pengecoran.....	14
Gambar 2.6. Penampang sebuah cetakan dengan saluran alir dan riser.....	15
Gambar 2.7 Proses pembuatan cetakan dengan pasir cetak.....	15
Gambar 2.8 Penampang tanur Induksi.....	16
Gambar 2.9 Tempat peleburan logam selain tanur induksi .....	17
Gambar 2.10 Proses penuangan besi cair ke dalam ladle.....	18
Gambar 2.11 Penuangan besi cair ke dalam cetakan .....	19
Gambar 2.12 Coran (tromol) yang baru dibongkar.....	20
Gambar 2.13 Mesin <i>shot blasting</i> .....	20
Gambar 2.14 Produk coran yang telah dilakukan finishing .....	21
Gambar 2.15 Bentuk butir dari pasir cetak .....	22
Gambar 2.16 <i>Muller</i> atau alat pencampur pasir .....	23
Gambar 2.17 Diagram alir sirkulasi pasir cetak .....	24
Gambar 2.18 Pengaruh kandungan karbon dan silicon terhadap struktur besi .....	26
Gambar 2.19 Pengaruh laju pendinginan dan komposisi kimia terhadap mikrostruktur besi cor .....	26
Gambar 2.20 Struktur mikro besi cor kelabu dengan perbesaran 100x .....	27
Gambar 2.21 Perbandingan kapasitas redaman antara baja, <i>ductile iron</i> , dan besi cor kelabu .....	28
Gambar 2.22 Struktur mikro besi cor nodular perbesaran 100x.....	29
Gambar 2.23 Struktur mikro besi cor putih dengan perbesaran 500x.....	30

Gambar 2.24 Struktur mikro besi cor mampu-tempa ( <i>malleable cast iron</i> ) dengan matrik ferrite pada perbesaran 100.....	31
Gambar 2.25 Diagram fasa besi-karbon (Fe-C).....	32
Gambar 2.26 (a) Struktur kubik pemusatan ruang (BCC), (b) skema penampang ferrite .....	33
Gambar 2.27 (a) Struktur kubik pemusatan sisi (FCC), (b) skema penampang austenit .....	34
Gambar 2.28 (a) Struktur kristal sementit, (b) Penampang struktur kristal cementit .....	35
Gambar 2.29 Perubahan fasa besi cor dengan kandungan karbon 3% selama proses pembekuan .....	35
Gambar 2.30 Hubungan antara derajat kejenuhan karbon dan kekuatan tarik .....	39
Gambar 2.31 Hubungan antara kekerasan skala Brinell dan kekuatan tarik .....	39
Gambar 2.32 Hubungan antara kekuatan tarik dan kekuatan tekan .....	40
Gambar 2.33 Grafit besi cor kelabu tipe A <i>as-polished</i> perbesaran 100x .....	42
Gambar 2.34 Grafit besi cor kelabu tipe B <i>as-polished</i> perbesaran 100x.....	43
Gambar 2.35 Grafit besi cor kelabu tipe C ( <i>kish graphite</i> ) <i>as-polished</i> perbesaran 100x .....	44
Gambar 2.36 Grafit besi cor kelabu tipe D <i>as-polished</i> perbesaran 100x .....	45
Gambar 2.37 Grafit besi cor kelabu tipe E <i>as-polished</i> perbesaran 100x .....	46
37	
Gambar 2.38 Ukuran grafit besi cor kelabu sesuai standar ASTM .....	47
Gambar 2.39 Grafit berbentuk serpih pada besi cor kelabu .....	48
Gambar 2.40 Matrik sementit (C) pada perbesaran 400x .....	48
Gambar 2.41 Ferit (ditandai dengan huruf F) dan perlit (P) perbesaran 500x .....	49
Gambar 2.42 Perlit pada perbesaran 500x .....	50
Gambar 2.43 Matrik steadit dengan perbesaran 100x.....	50

Gambar 2.44 Matrik bainit bagian bawah dan atas .....	51
Gambar 2.45 Struktur matrik martensit dengan perbesaran 1000x .....	52
Gambar 2.46 Skema pertumbuhan dendrit pada pembekuan coran.....	54
Gambar 2.47 Skema type dasar pembentukan struktur coran.....	55
Gambar 2.48 Proses pembentukan struktur mikro besi cor selama pembekuan.....	55
Gambar 2.49 Diagram CCT besi cor .....	56
Gambar 2.50 Proses solidifikasi besi cor .....	56
Gambar 2.51 Struktur Mikro Produk Tromol Rem Lokal .....	57
Gambar 2.52 Struktu Mikro Besi Cor Kelabu Sesuai Standar ASTM-A247 .....	58
Gambar 2.53 Penggunaan Chil .....	59
Gambar 2.54 Prinsip kerja metode <i>Brinell</i> .....	62
Gambar 2.55 Skema pengidentasian metode <i>Vickers</i> .....	64
Gambar 2.56 Tipe lekukan piramid intan. (a) lekukan sempurna; (b) lekukan pinkusi akibat penurunan; (c) lekukan berbentuk tong akibat penimbunan keatas ....	64
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian .....	67
Gambar 3.2 Tanur induksi .....	69
Gambar 3.3 Ladel .....	69
Gambar 3.4 Rangka cetakan .....	70
Gambar 3.5 Pola cetakan .....	70
Gambar 3.6 Pemasat cetakan.....	70
Gambar 3.7 Krein.....	71
Gambar 3.8 Proses peleburan bahan baku .....	71
Gambar 3.9 Bentonit.....	72
Gambar 3.10 Pasir.....	72
Gambar 3.11 Percampuran .....	72
Gambar 3.12 Pola dan rangka.....	72

Gambar 3.13 Pola, rangka, dan krein.....	72
Gambar 3.14 Proses pembuatan cetakan .....	74
Gambar 3.15 Cetakan tromol non variasi .....	74
Gambar 3.16 Cetakan tromol variasi chil .....	75
Gambar 3.17 Cetakan tromol variasi lubang pendingin .....	75
Gambar 3.18 Penuangan cetakan .....	75
Gambar 3.19 Pembongkaran cetakan .....	76
Gambar 3.20 Hasil coran.....	76
Gambar 3.21 (a) Tromol non variasi, (b) tromol variasi chil dan (c) tromol variasi lubang pendingin .....	77
Gambar 3.22 Gergaji potong .....	77
Gambar 3.23 Amplas .....	77
Gambar 3.24 Pasta (maxam) dan Kain bludru .....	78
Gambar 3.25 Larutan HNO <sub>3</sub> dan Alkohol .....	78
Gambar 3.26 Mikroskop .....	78
Gambar 3.27 Kamera .....	79
Gambar 3.28 Pipet.....	79
37	
Gambar 3.29 Mesin amplas dan poles .....	79
Gambar 3.30 Spesimen uji non variasi .....	80
Gambar 3.31 Spesimen uji variasi chil .....	80
Gambar 3.32 spesimen uji variasi lubang pendingin .....	81
Gambar 3.33 Vernier Caliper .....	82
Gambar 3.34 <i>Rockwell hardness tester HR-150</i> .....	83
Gambar 4.1 Ilustrasi proses penuangan .....	88
Gambar 4.2 spesimen uji non variasi .....	89
Gambar 4.3 Spesimen uji non variasi 1 .....	90

Gambar 4.4	Spesimen uji non variasi 1 pada titik 1 dengan perbesaran 100x .....	90
Gambar 4.5	Spesimen uji non variasi 1 pada titik 2 dengan perbesaran 100x .....	91
Gambar 4.6	Spesimen uji non variasi 1 pada titik 3 dengan perbesaran 100x .....	91
Gambar 4.7	Spesimen uji non variasi 1 pada titik 1 dengan perbesaran 100x, etsa nital 2,5% .....	92
Gambar 4.8	Spesimen uji non variasi 1 pada titik 2 dengan perbesaran 100x, etsa nital 2,5% .....	93
Gambar 4.9	Spesimen uji non variasi 1 pada titik 3 dengan perbesaran 100x, etsa nital 2,5% .....	93
Gambar 4.10	Spesimen uji non variasi 2.....	94

37

Gambar 4.11	Spesimen uji non variasi 2 pada titik 1 dengan perbesaran 100x .....	95
Gambar 4.12	Spesimen uji non variasi 2 pada titik 2 dengan perbesaran 100x .....	95
Gambar 4.13	Spesimen uji non variasi 2 pada titik 3 dengan perbesaran 100x .....	96
Gambar 4.14	Spesimen uji non variasi 2 pada titik 1 dengan perbesaran 100x, etsa nital 2,5% .....	97
Gambar 4.15	Spesimen uji non variasi 2 pada titik 2 dengan perbesaran 100x, etsa nital 2,5% .....	97
Gambar 4.16	Spesimen uji non variasi 2 pada titik 3 dengan perbesaran 100x, etsa nital 2,5% .....	98
Gambar 4.17	Spesimen uji non variasi 3 .....	99
Gambar 4.18	Spesimen uji non variasi 3 pada titik 1 dengan perbesaran 100x .....	99
Gambar 4.19	Spesimen uji non variasi 3 pada titik 2 dengan perbesaran 100x.....	100
Gambar 4.20	Spesimen uji non variasi 3 pada titik 3 dengan perbesaran 100x .....	100
Gambar 4.21	Spesimen uji non variasi 3 pada titik 1 dengan perbesaran 100x, etsa nital 2,5%.....	101



Gambar 4.22 Spesimen uji non variasi 3 pada titik 2 dengan perbesaran 100x, etsa nital 2,5% .....	102
Gambar 4.23 Spesimen uji non variasi 3 pada titik 3 dengan perbesaran 100x, etsa nital 2,5% .....	102
Gambar 4.24 Spesimen uji non variasi 4 .....	103
Gambar 4.25 Spesimen uji non variasi 4 pada titik 1 dengan perbesaran 100x .....	104
Gambar 4.26 Spesimen uji non variasi 4 pada titik 2 dengan perbesaran 100x .....	104
Gambar 4.27 Spesimen uji non variasi 4 pada titik 3 dengan perbesaran 100x .....	105
Gambar 4.28 Spesimen uji non variasi 4 pada titik 1 dengan perbesaran 100x, etsa nital 2,5% .....	106
Gambar 4.29 Spesimen uji non variasi 4 pada titik 2 dengan perbesaran 100x, etsa nital 2,5% .....	107
Gambar 4.30 Spesimen uji non variasi 4 pada titik 3 dengan perbesaran 100x, etsa nital 2,5% .....	107
Gambar 4.31 Spesimen uji variasi chil .....	108
Gambar 4.32 Spesimen uji variasi chil 1 .....	108
Gambar 4.33 Spesimen uji variasi chil 1 pada titik 1 dengan perbesaran 100x.....	109
Gambar 4.34 Spesimen uji variasi chil 1 pada titik 2 dengan perbesaran 100x .....	109
Gambar 4.35 Spesimen uji variasi chil 1 pada titik 3 dengan perbesaran 100x.....	110

Gambar 4.36 Spesimen uji variasi chil 1 pada titik 1 dengan perbesaran 100x, etsa nital 2,5% .....	111
Gambar 4.37 Spesimen uji variasi chil 1 pada titik 2 dengan perbesaran 100x, etsa nital 2,5% .....	111
Gambar 4.38 Spesimen uji variasi chil 1 pada titik 3 dengan perbesaran 100x, etsa	

nital 2,5% .....	112
Gambar 4.39 Spesimen uji variasi chil 2 .....	113
Gambar 4.40 Spesimen uji variasi chil 2 pada titik 1 dengan perbesaran 100x .....	113
Gambar 4.41 Spesimen uji variasi chil 2 pada titik 2 dengan perbesaran 100x .....	114
Gambar 4.42 Spesimen uji variasi chil 2 pada titik 3 dengan perbesaran 100x .....	114
Gambar 4.43 Spesimen uji variasi chil 2 pada titik 1 dengan perbesaran 100x, etsa nital 2,5% .....	115
Gambar 4.44 Spesimen uji variasi chil 2 pada titik 2 dengan perbesaran 100x, etsa nital 2,5% .....	116
Gambar 4.45 Spesimen uji variasi chil 2 pada titik 3 dengan perbesaran 100x, etsa nital 2,5% .....	116
Gambar 4.46 Spesimen uji variasi chil 3 .....	117
Gambar 4.47 Spesimen uji variasi chil 3 pada titik 1 dengan perbesaran 100x.....	118
Gambar 4.48 Spesimen uji variasi chil 3 pada titik 2 dengan perbesaran 100x .....	118
Gambar 4.49 Spesimen uji variasi chil 3 pada titik 3 dengan perbesaran 100x.....	119

37

Gambar 4.50 Spesimen uji variasi chil 3 pada titik 1 dengan perbesaran 100x, etsa nital 2,5% .....	120
Gambar 4.51 Spesimen uji variasi chil 3 pada titik 2 dengan perbesaran 100x, etsa nital 2,5% .....	120
Gambar 4.52 Spesimen uji variasi chil 3 pada titik 3 dengan perbesaran 100x, etsa nital 2,5% .....	121
Gambar 4.53 Spesimen uji variasi chil 4 .....	122
Gambar 4.54 Spesimen uji variasi chil 4 pada titik 1 dengan perbesaran 100x.....	122

37

Gambar 4.55 Spesimen uji variasi chil 4 pada titik 2 dengan perbesaran 100x .....	123
Gambar 4.56 Spesimen uji variasi chil 4 pada titik 3 dengan perbesaran 100x .....	123
Gambar 4.57 Spesimen uji variasi chil 4 pada titik 1 dengan perbesaran 100x, etsa nital 2,5% .....	124
Gambar 4.58 Spesimen uji variasi chil 4 pada titik 2 dengan perbesaran 100x, etsa nital 2,5% .....	125
Gambar 4.59 Spesimen uji variasi chil 4 pada titik 3 dengan perbesaran 100x, etsa nital 2,5%.....	125
Gambar 4.60 Spesimen uji variasi lubang pendingin.....	126
Gambar 4.61 Spesimen uji variasi lubang pendingin 1 .....	127
Gambar 4.62 Spesimen uji variasi lubang pendingin 1 pada titik 1 dengan perbesaran 100x .....	127
Gambar 4.63 Spesimen uji variasi lubang pendingin 1 pada titik 2 dengan perbesaran 100x .....	128
Gambar 4.64 Spesimen uji variasi lubang pendingin 1 pada titik 3 dengan perbesaran 100x .....	128
Gambar 4.65 Spesimen uji variasi lubang pendingin 1 pada titik 1 dengan perbesaran 100x, etsa nital 2,5% .....	129
Gambar 4.66 Spesimen uji variasi lubang pendingin 1 pada titik 2 dengan perbesaran 100x, etsa nital 2,5% .....	130
Gambar 4.67 Spesimen uji variasi lubang pendingin 1 pada titik 3 dengan perbesaran 100x, etsa nital 2,5% .....	130

37

Gambar 4.68 Spesimen uji variasi lubang pendingin 2 .....	131
Gambar 4.69 Spesimen uji variasi lubang pendingin 2 pada titik 1 dengan perbesaran 100x .....	132
Gambar 4.70 Spesimen uji variasi lubang pendingin 2 pada titik 2 dengan	

perbesaran 100x .....	132
Gambar 4.71 Spesimen uji variasi lubang pendingin 2 pada titik 3 dengan perbesaran 100x .....	133
Gambar 4.72 Spesimen uji variasi lubang pendingin 2 pada titik 1 dengan perbesaran 100x, etsa nital 2,5% .....	134
Gambar 4.73 Spesimen uji variasi lubang pendingin 2 pada titik 2 dengan perbesaran 100x, etsa nital 2,5% .....	134
Gambar 4.74 Spesimen uji variasi lubang pendingin 2 pada titik 3 dengan perbesaran 100x, etsa nital 2,5% .....	135
Gambar 4.75 Spesimen uji variasi lubang pendingin 3 .....	136
Gambar 4.76 Spesimen uji variasi lubang pendingin 3 pada titik 1 dengan perbesaran 100x.....	136

37

Gambar 4.77 Spesimen uji variasi lubang pendingin 3 pada titik 2 dengan perbesaran 100x .....	137
Gambar 4.78 Spesimen uji variasi lubang pendingin 3 pada titik 3 dengan perbesaran 100x .....	137
Gambar 4.79 Spesimen uji variasi lubang pendingin 3 pada titik 1 dengan perbesaran 100x, etsa nital 2,5% .....	138
Gambar 4.80 Spesimen uji variasi lubang pendingin 3 pada titik 2 dengan perbesaran 100x, etsa nital 2,5% .....	139
Gambar 4.81 Spesimen uji variasi lubang pendingin 3 pada titik 3 dengan perbesaran 100x, etsa nital 2,5% .....	139
Gambar 4.82 Spesimen uji variasi lubang pendingin 4.....	140
Gambar 4.83 Spesimen uji variasi lubang pendingin 4 pada titik 1 dengan perbesaran 100x .....	141
Gambar 4.84 Spesimen uji variasi lubang pendingin 4 pada titik 2 dengan	

perbesaran 100x .....	141
Gambar 4.85 Spesimen uji variasi lubang pendingin 4 pada titik 3 dengan perbesaran 100x .....	142
Gambar 4.86 Spesimen uji variasi lubang pendingin 4 pada titik 1 dengan perbesaran 100x, etsa nital 2,5% .....	143
Gambar 4.87 Spesimen uji variasi lubang pendingin 4 pada titik 2 dengan perbesaran 100x, etsa nital 2,5% .....	143
Gambar 4.88 Spesimen uji variasi lubang pendingin 4 pada titik 3 dengan perbesaran 100x, etsa nital 2,5%	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Karakteristik Material untuk pola .....	10
Tabel 2.2	Nilai penyusutan dari material-material logam .....	11
Tabel 2.3	Penambahan ukuran untuk proses permesinan .....	12
Tabel 2.4	Komposisi kandungan besi cor .....	25
Tabel 2.5	Ukuran grafit pada perbesaran 100x .....	50
Tabel 2.6	Tingkat kekasaran kain abrasif .....	60
Tabel 4.1	Tabel konversi.....	145
Tabel 4.2	Tromol rem tanpa variasi (HRB) .....	146
Tabel 4.3	Tromol rem variasi chil (HRB).....	146
Tabel 4.4	Tromol rem variasi lubang pendingin (HRB).....	146
Tabel 4.5	Tromol rem tanpa variasi ( <i>Brinell</i> ) .....	147
Tabel 4.6	Tromol rem variasi chil ( <i>Brinell</i> ) .....	147
Tabel 4.7	Tromol rem variasi lubang pendingin ( <i>Brinell</i> ) .....	147
Tabel 4.8	Perbandingan 3 variasi tromol hasil uji kekerasan dalam <i>Brinell</i> .....	148