



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**PENGARUH VARIASI PENAMBAHAN NIKEL (Ni) TERHADAP
KEKUATAN LELAH (*FATIGUE STRENGTH*) BESI COR KELABU DENGAN
MENGUNAKAN UJI *FATIGUE* PADA TEMPERATUR KAMAR**

TUGAS AKHIR

**ARI DWI CAHYONO
L2E 006 017**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**SEMARANG
MARET 2011**

TUGAS SARJANA

Diberikan Kepada : Nama : Ari Dwi Cahyono
NIM : L2E 006 017

Dosen Pembimbing 1 : Agus Suprihanto, ST, MT,
Dosen Pembimbing 2 : Sri Nugroho, ST, MT, PhD

Jangka Waktu : 6 Bulan (enam bulan)

Judul : Pengaruh variasi penambahan nikel (Ni) terhadap kekuatan lelah (*fatigue strength*) besi cor kelabu dengan menggunakan uji *fatigue* pada temperatur kamar

Isi Tugas : Mengetahui dan menganalisis pengaruh penambahan nikel terhadap kekuatan lelah (*fatigue strength*) besi cor kelabu melalui pengujian komposisi kimia, pengujian kekerasan, pengujian tarik, pengujian mikrografi, dan pengujian lelah

Semarang, Maret 2011

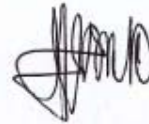
Pembimbing 1



Agus Suprihanto, ST, MT

NIP.19710818181997021001

Pembimbing 2



Sri Nugroho, ST, MT, PhD

NIP. 197501181999031001

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

NAMA : Ari Dwi Cahyono

NIM : L2E 006017

Tanda Tangan :





Tanggal : Maret 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh:
NAMA : Ari Dwi Cahyono
NIM : L2E 006 017
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin
Judul Skripsi : "Pengaruh Variasi Penambahan Nikel (Ni)
Terhadap Kekuatan Lelah (*Fatigue Strength*)
Besi Cor Kelabu dengan Menggunakan Uji
Fatigue pada Temperatur Kamar".

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

Pembimbing 1	: Agus Suprihanto ST, MT	()
Pembimbing 2	: Sri Nugoho, ST, MT, PhD	()
Penguji	: Ir. Budi Setiyana, MT	()
Penguji	: Joga Dharma Setiawan, PhD	()

Semarang, Maret 2011

Ketua
Jurusan Teknik Mesin,


Dr. Ir. Dipl. Ing. Berkah Fajar TK.

NIP. 195907231987031003

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

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ari Dwi Cahyono
NIM : L2E 006 017
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Tugas Akhir

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**“PENGARUH VARIASI PENAMBAHAN NIKEL TERHADAP KEKUATAN
LELAH (*FATIGUE STRENGTH*) BESI COR KELABU DENGAN
MENGUNAKAN UJI *FATIGUE* PADA TEMPERATUR KAMAR”**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro 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 : Semarang
Pada Tanggal : Maret 2011

Yang menyatakan

(Ari Dwi Cahyono)

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Motto:

- Dan hendaklah di antara kamu ada segolongan orang yang menyeru kepada kebajikan, menyuruh (berbuat) yang makruf, dan mencegah dari yang mungkar. Dan mereka itulah orang-orang yang beruntung.

{ AL Qur'an Surat ALI 'MRAN Ayat 104 }

- Barang siapa yang oleh Allah dikehendaki menjadi baik maka ia akan di uji oleh-Nya

{ Al - Hadits }

- Orang-orang yang suka memudahkan urusan orang lain maka Allah akan memudahkan urusannya dan sebaliknya.

Tugas Akhir ini penulis persembahkan kepada :

- Bapak H. Muhadi, SPd dan Ibu Hj. Daryati yang telah sabar tiada lelah untuk selalu memberikan dorongan, bimbingan, cinta dan kasih sayangnya sepanjang waktu serta doa restunya yang selalu menyertai.
- Kakak dan Adikku yang telah memberikan dukungan dan bantuan hingga selesainya Tugas Sarjana ini.

ABSTRAK

Kegagalan lelah merupakan hal yang sangat membahayakan karena terjadi tanpa petunjuk awal. Pada bagian atau komponen mesin sering ditemukan karena tegangan berulang atau berfluktuasi. Keberadaan grafit pada besi cor kelabu menyebabkan material ini tidak memiliki daerah elastis yang linier. Grafit juga menyebabkan terdapatnya bagian yang mengalami plastis meskipun besi cor tersebut dibebani oleh gaya yang rendah. Hal ini disebabkan karena pada ujung-ujung grafit terjadi tegangan yang sangat besar sebagai akibat adanya konsentrasi tegangan. Setiap kali terjadi tegangan retak akan merambat sehingga akhirnya penampang sisa tidak mampu lagi mampu menerima gaya yang bekerja dan akan terjadi patah. Kerusakan karena kelelahan dapat terjadi karena merambatnya retak/cacat secara perlahan/bertahap. Penelitian ini bertujuan untuk memperbaiki sifat mekanis besi cor kelabu terutama kekuatan lelahnya.

Penelitian ini dilakukan terdiri dari tiga material yaitu Base Material, Campuran 1, Campuran 2. Masing-masing material dilakukan pengujian komposisi kimia untuk mengetahui unsur-unsur yang ada, pengujian kekerasan dengan metode *Rockwell*, yang dikonversi ke *Brinell*, pengujian tarik, sedangkan pengujian lelah menggunakan mesin uji *fatigue rotating bending*, dan pengujian mikrografi untuk mengetahui struktur mikronya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terjadi peningkatan sifat mekanis dari besi cor kelabu setelah dilakukan penambahan unsur nikel 0,17 % dan 0,22% yaitu nilai kekerasan, kekuatan tarik. Berdasarkan hasil pengujian struktur mikro tidak terdapat perbedaan yang signifikan diantara ketiga material tersebut. Untuk kekuatan lelahnya terjadi peningkatan sebesar 24% dari 135 MPa menjadi 169 MPa. Penambahan unsur nikel sebesar 0,17% akan meningkatkan sifat mekanis dari besi cor kelabu karena nikel mempunyai sifat pengerasan yang tinggi tanpa terjadi keretakan dan hal ini berpengaruh terhadap kekuatan lelahnya.

Kata kunci: Besi cor kelabu, pengujian lelah, mesin uji *fatigue*, komposisi kimia, kekerasan, struktur mikro.

ABSTRACT

Fatigue failure is extremely dangerous because it occurred without initial guidance. In part or machine components are often found because repetitive or fluctuating stress. The presence of graphite in gray cast iron causes this material does not have a linear elastic region. Graphite also causing present of an experienced plastic section although cast iron is loaded by a low force. This is caused at the ends of the graphite occurs enormous stress as a result of stress concentration. Every time there tension crack will propagate so sectional finally cannot able to rest accept the work force and will be broken. Damage due to fatigue may occur because crack propagation/ defect slowly/ gradually. This study object to improve the mechanical properties of gray cast iron, especially the fatigue strength.

This research was conducted consisted of three materials i.e. Base Materials, Mixture 1, Mixture 2. Each material was examined to determine the chemical was composition of existing elements, Rockwell hardness test method, which is converted into Brinell, tensile testing, while the fatigue testing using fatigue rotating bending testing machine, and testing to determine the micro structure micrographic.

The results showed that an increase in the mechanical properties of gray cast iron after the addition of 0.17% nickel and 0.22% of hardness value, tensile strength. Baesd on experiment results of micro structure there are no the difference significantly among that three material. For the fatigue strength increased by 24% from 135 MPa to 169 MPa. Addition of 0.17% nickel element will enhance the mechanical properties of gray cast iron because nickel has a high hardening properties without cracking occurred and this contributed to the fatigue strength.

Key words: gray cast iron, fatigue testing, rotating bending machine, chemical composition, hardness, microstructure.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas rahmat, taufik, hidayah dan kekuatan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Sarjana ini. Tugas Sarjana yang berjudul “ **Pengaruh Variasi Penambahan Nikel (Ni) Terhadap Kekuatan Lelah (*Fatigue Strength*) Besi Cor Kelabu dengan Menggunakan Uji *Fatigue* pada Temperatur Kamar**” ini dimaksudkan untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan Pendidikan Tingkat Sarjana Strata Satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.

Dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dorongan selama penyusunan Tugas Sarjana ini, antara lain:

1. Bapak Agus Suprihanto, ST, MT dan Bapak Sri Nugroho PhD selaku dosen pembimbing 1 dan dosen Pembimbing 2, yang telah memberikan bimbingan, pengarahan dan masukan kepada penulis untuk menyusun Tugas Sarjana ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
2. Bapak Sulardjaka, ST, MT yang telah memberikan bantuan dan dorongan motivasi selama penelitian dan penyusunan Tugas Sarjana ini berlangsung.
3. Kedua orang tua yang telah memberikan dukungan, semangat, doa yang tulus ikhlas dan kepercayaan untuk mengemban amanah yang mulia ini.
4. Teman seperjuanganku dalam Tugas Sarjana Fani Adnan, “ *thanks* banget bantuan dan kerjasamanya selama ini, *good luck for you* “.
5. Teman-teman angkatan 2006 dan semua pihak yang telah membantu atas terselesaikannya Tugas Sarjana ini.

Dengan penuh kerendahan hati, penyusun menyadari akan kekurangan dan keterbatasan pengetahuan yang penyusun miliki sehingga tentu saja penyusunan Tugas Sarjana ini jauh dari sempurna, untuk itu penyusun mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak demi kemajuan penulis untuk masa yang akan datang.

Semarang, Januari 2011

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN TUGAS SARJANA.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN.....	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
HALAMAN ABSTRAK.....	vii
HALAMAN <i>ABSTRACT</i>	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Alasan Pemilihan Judul.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penulisan.....	3
1.5 Metode Penyelesain Masalah.....	3
1.6 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II DASAR TEORI.....	5
2.1 Besi Cor Kelabu.....	5
2.2 Pengaruh Unsur-unsur dalam Besi Cor Kelabu.....	7
2.3 Tipe Grafit Besi Cor Kelabu.....	12
2.4 Struktur Matrik Besi Cor Kelabu.....	15
2.5 Dekomposisi Eutektoid pada Besi-Karbon.....	19
2.6 Sifat-sifat Fisik dan Kimia Besi Cor Kelabu.....	22

2.7	Sifat Mekanis Besi Cor Kelabu.....	23
2.8	Diagram Fasa Besi-Karbon (Fe-C)	26
2.9	Proses Pembekuan Besi Cor Kelabu	29
2.10	Pemilihan Bahan Baku untuk Peleburan.....	30
2.11	Sifat Lelah Besi Cor Kelabu	33
2.12	Pengujian Bahan	52
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		56
3.1	Diagram Alir Penelitian	56
3.2	Pembuatan Batang uji (<i>test bar</i>).....	57
3.3	Penyiapan Spesimen Uji	60
3.4	Proses Pengujian	60
3.4.1	Pengujian Komposisi Kimia	60
3.4.2	Pengujian Kekerasan.....	60
3.4.3	Pengujian Tarik	62
3.4.4	Pengujian Struktur Mikro.....	63
3.4.5	Pengujian Lelah.....	64
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN		71
4.1	Pengujian Komposisi Kimia	71
4.2	Pengujian Mikrografi	74
4.3	Pengujian Kekerasan.....	77
4.4	Pengujian Tarik	79
4.5	Pengujian Lelah.....	81
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		86
5.1	Kesimpulan	86
5.2	Saran.....	87

DAFTAR PUSTAKA 88
LAMPIRAN..... 89

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kapasitas redam relatif untuk baja, besi cor <i>ductil</i> dan <i>malleable</i> serta besi cor kelabu	6
Gambar 2.2 Hubungan antara karbon ekuivalen dengan kekuatan tarik	8
Gambar 2.3 Tipe grafit berbentuk <i>flake</i> sesuai dengan ASTM A247	12
Gambar 2.4 Penyebaran matrik grafit dalam besi cor kelabu.....	16
Gambar 2.5 Matrik ferit dalam besi cor kelabu	17
Gambar 2.6 Struktur perlit pada besi cor	18
Gambar 2.7 Matrik martensit	19
Gambar 2.8 Matrik bainit dalam besi cor kelabu	19
Gambar 2.9 Transformasi Austenit	20
Gambar 2.10 Diagram transformasi isothermal untuk besi-karbon dengan komposisi eutektoid : A. austenit, B. bainit, M. martensit, P. perlit.....	21
Gambar 2.11 Grafik hubungan antara temperatur dengan berat jenis	22
Gambar 2.12 Hubungan kekuatan tarik dengan kadar karbon	24
Gambar 2.13 Hubungan kekuatan tarik dengan kekuatan tekan.....	24
Gambar 2.14 Hubungan kekuatan tarik dengan kekerasan pada besi cor kelabu	25
Gambar 2.15 Diagram fasa Fe-C	27
Gambar 2.16 Struktur kristal pemusatan sisi, kps (FCC) : (a) model hard-ball; (b) unit cell; (c) kristal tunggal dengan beberapa unit cell	28
Gambar 2.17 Konsep W.A Wood mengenai deformasi mikro yang menyebabkan terjadinya retakan lelah. (a) Deformasi statik; (b) deformasi lelah yang menyebabkan pembentukan takik permukaan (intrusi); (c) deformasi takik yang menyebabkan terjadinya ekstrusi pita gelincir.....	42
Gambar 2.18 Siklus tegangan lelah (a) tegangan balik; (b) tegangan berulang; (c) siklus tegangan acak tak-teratur	46
Gambar 2.19 Diagram <i>Goodman</i>	47
Gambar 2.20 <i>Rotating Bending Testing Machine</i>	52

Gambar 2.21 Diagram benda bebas mesin uji <i>fatigue rotating bending</i>	53
Gambar 2.23 Tipe diagram S-N untuk <i>steels</i> dan <i>non ferrous metals</i>	54
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	56
Gambar 3.2 Bentonit	57
Gambar 3.3 Pasir	57
Gambar 3.4 Mesin uji tarik merek Gotech model GT 7010 A2	62
Gambar 4.1 Diagram fasa fe-C-Si sederhana dengan 2% Si	73
Gambar 4.2 Struktur mikro spesimen <i>base material</i>	75
Gambar 4.3 Struktur mikro spesimen Campuran 1	75
Gambar 4.4 Struktur mikro specimen Campuran 2	76
Gambar 4.5 Grafik hasil perbandingan nilai kekerasan rata-rata material uji <i>base material</i> , campuran 1, campuran 2.....	78
Gambar 4.6 Grafik perbandingan nilai kekuatan tarik rata-rata pada material uji <i>base material</i> , campuran 1,campuran 2.	79
Gambar 4.7 Hubungan antara kekerasan Brinell dan kekuatan tarik.....	80
Gambar 4.8 Kurva Tegangan(S)-Siklus (N) untuk spesimen <i>base material</i> , campuran 1, campuran 2	85

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penggolongan skrap besi cor kelabu secara umum.....	32
Tabel 2.2 Daerah batas angka kekerasan permukaan yang khas R_a	36
Tabel 2.3 Teknik pengujian kekerasan	49
Tabel 2.4 Macam skala untuk kekerasan Rockwell	50
Tabel 3.1 Rencana pengaturan komposisi kimia.....	59
Tabel 4.1 Hasil pengujian komposisi kimia.....	71
Tabel 4.2 Data hasil pengujian kekerasan pada skala HB	77
Tabel 4.3 Hasil pengujian tarik	79
Tabel 4.4 Hasil pengujian lelah pada <i>base material</i>	81
Tabel 4.5 Hasil pengujian lelah pada campuran 1	82
Tabel 4.6 Hasil pengujian lelah pada campuran 2	82