

**PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP MUAI PANJANG
LOGAM *FERRO* DAN *NON FERRO***

SKRIPSI



Oleh :

DEBI SAPUTRA UTAMA

NIM/BP: 1203191/2012

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK OTOMOTIF

JURUSAN TEKNIK OTOMOTIF

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS NEGERI PADANG

2016

PERSETUJUAN SKRIPSI

**PENGARUH TEMPERATUR TERHADAP MUAI PANJANG
LOGAM FERRO DAN LOGAM NON FERRO**

Nama : Debi Saputra Utama
NIM : 1203191
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif
Jurusan : Teknik Otomotif
Fakultas : Teknik

Padang, Agustus 2016

Disetujui Oleh,

Pembimbing I,



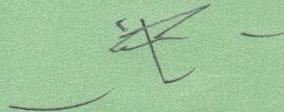
Drs. Daswarman, M.Pd
NIP. 19520504 198403 1 002

Pembimbing II,



Donny Fernandez, S.Pd, M.Sc
NIP. 19790118 200312 1 003

Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Otomotif



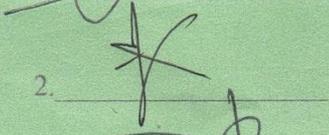
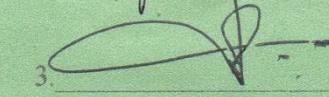
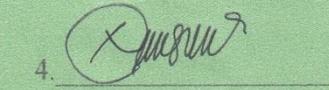
Drs. Martias, M.Pd
NIP. 19640801 199203 1 003

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif
Jurusan Teknik Otomotif Fakultas Teknik
Universitas Negeri Padang

Judul : Pengaruh Temperatur Terhadap Muai Panjang
Logam *Ferro* dan Logam *Non Ferro*
Nama : Debi Saputra Utama
NIM : 1203191
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif
Jurusan : Teknik Otomotif
Fakultas : Teknik

Padang, Agustus 2016

Tim Penguji

	Nama	Tanda Tangan
1. Ketua	: Drs. Daswarman, M.Pd	1. 
2. Sekretaris	: Donny Fernandez, S.Pd, M.Sc	2. 
3. Anggota	: Wagino, S.Pd, M.Pd.T	3. 
4. Anggota	: Nuzul Hidayat, S.Pd, MT	4. 

SURAT PERNYATAAN TIDAK PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

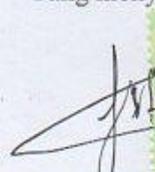
Nama : Debi Saputra Utama
NIM/BP : 1203191/2012
Program Studi : Pendidikan Teknik Otomotif
Jurusan : Teknik Otomotif
Fakultas : Teknik

Dengan ini saya menyatakan skripsi saya dengan judul **“Pengaruh Temperatur Terhadap Muai Panjang Logam *Ferro* dan *Non Ferro*”** adalah benar-benar merupakan hasil karya saya dan bukan merupakan plagiat dari karya orang lain. Sepanjang pengetahuan saya tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau diterbitkan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti karya ilmiah yang lazim.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Padang, 08 Agustus 2016

Yang menyatakan,




Debi Saputra Utama
NIM/BP. 1203191/2012

ABSTRAK

Debi Saputra Utama: Pengaruh Temperatur Terhadap Muai Panjang Logam *Ferro* dan Logam *Non Ferro*

Kenaikan temperatur pada logam dapat menyebabkan pemuaian pada logam. Pada temperatur yang sama nilai koefisien muai linear pada logam *ferro* dan *non ferro* yang berbentuk batangan berbeda-beda. Pemuaian merupakan salah satu karakteristik dari logam yang perlu untuk diketahui dan dipelajari. Banyak hal yang ditimbulkan karena kenaikan temperatur pada material. Untuk mempelajari hal tersebut kita perlu melakukan percobaan. Namun dikarenakan keterbatasan alat pendukung untuk melakukan pengujian tentang pemuaian, menyebabkan materi-materi hanya disajikan dalam bentuk penyampaian secara teoritis.

Jenis penelitian ini adalah *quasi experimental design*. Objek penelitian pada penelitian ini adalah muai panjang logam *ferro* dan *non ferro*. Spesimen uji terdiri dari logam *ferro* yaitu baja ST 37 dan baja ST 90, sementara itu logam *non ferro* terdiri dari aluminium, kuningan, dan tembaga. Untuk mempermudah penelitian tentang muai linear pada logam, dibuatlah alat ukur pemuaian linear pada logam dengan menggunakan dial guage sebagai indikator pembaca nilai koefisien muai panjang. Logam dipanaskan menggunakan nozel gas, kenaikan suhu dibaca menggunakan termometer bimetal dengan skala 300°C , batangan logam dihubungkan dengan batangan kaca, kemudian dihubungkan dengan plunyer pada dial guage. Besarnya pergerakan batangan logam dapat dilihat dari penel indikator dial guage.

Kenaikan temperatur berbanding lurus dengan penambahan nilai panjang logam. Pada logam aluminium terjadi penambahan nilai rata-rata Y sebesar 0,3748 mm, dengan nilai X rata-rata 150°C . Logam kuningan mengalami penambahan nilai rata-rata Y pada sebesar 0,2456 mm, dengan nilai X rata-rata 150°C . Pada logam tembaga terjadi penambahan nilai rata-rata Y sebesar 0,2854 mm, dengan nilai X rata-rata 150°C . Logam Baja ST 37 mengalami penambahan nilai rata-rata Y sebesar 0,1756 mm, dengan nilai X rata-rata 150°C . Logam baja ST 90 terjadi penambahan nilai rata-rata Y sebesar 0,1436 mm, dengan nilai X rata-rata 150°C .

KATA PENGANTAR



Puji syukur, penulis ucapkan kepada Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengaruh Temperatur Terhadap Muai Panjang Logam *Ferro* dan Logam *Non ferro*”** ini dengan baik. Shalawat beserta salam tidak lupa pula penulis hadiahkan kepada Rasulullah SAW yang telah membawa umat manusia dari zaman jahiliyah ke zaman yang berilmu pengetahuan seperti saat sekarang ini.

Skripsi ini ditulis dalam rangka memenuhi salah satu persyaratan guna memperoleh gelar Sarjana Pendidikan pada Jurusan Teknik Otomotif Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.

Dalam penyusunan dan penulisan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan bantuan, bimbingan dan perhatian dari berbagai pihak, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Drs. Syahril, ST, MSCE, Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Padang.
2. Bapak Drs. Martias, M.Pd, selaku Ketua Jurusan Teknik Otomotif Universitas Negeri Padang.
3. Bapak Drs. Daswarman, M.Pd. selaku Dosen Pembimbing I.
4. Bapak Donny Fernandez, S.Pd, M.Sc selaku pembimbing II

5. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang telah memberikan bantuan dalam menyelesaikan proposal penelitian ini.

Semoga bantuan yang telah diberikan menjadi amal ibadah dan diterima serta dibalas oleh Allah SWT, Amiin. Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Untuk itu, kritik dan saran sangat diharapkan untuk perbaikan dimasa yang akan datang.

Padang, Juli 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar belakang masalah.....	1
B. Identifikasi Masalah	3
C. Batasan Masalh	4
D. Rumusan Masalah	4
E. Tujuan Penelitian.....	4
F. Manfaat Penelitian	5
BAB II LANDASAN TEORI	
A. Deskripsi Teori.....	6
1. Temperatur	6
2. Pemuaian	7
3. Pemuaian Panjang	8
4. Pemuaian Volume	11
5. Pemuaian Luas	12
6. Logam <i>Ferro</i> dan <i>Non Ferro</i>	13

B. Penelitian Yang Relevan	18
C. Kerangka Pikir.....	18
D. Hipotesis.....	19
BAB III METODE PENELITIAN	
A. Desain Penelitian.....	20
B. Defenisi Operasional Variabel Penelitian	21
C. Objek Penelitian	23
D. Jenis Data dan Sumber Data	25
E. Instrumen Pengumpulan Data	25
F. Prosedur Penelitian	27
G. Teknik Pengambilan Data.....	30
H. Teknik Anallisis Data.....	30
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
A. Hasil Penelitian	34
B. Pembahasan	36
BAB V PENUTUP	
A. Kesimpulan	41
B. Saran.....	41
DAFTAR PUSTAKA	42
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
Tabel 1. Koefisien muai beberapa jenis logam pada 20°C.....	11
Tabel 2. Pengumpulan hasil data pengujian.....	31
Tabel 3. Interpretasi koefisien nilai r	33
Tabel 4. Data hasil pengukuran muai panjang logam <i>ferro</i> dan <i>non ferro</i> dengan panjang awal 110mm.....	34
Tabel 5. Data rata-rata muai panjang logam <i>ferro</i> dan <i>non ferro</i>	35
Tabel 6. Analisis varians uji linearitas regresi	37

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 1. Pemuaian panjang	9
Gambar 2. Pemuaian luas pada zat padat.....	12
Gambar 3. Kerangka pikir.....	18
Gambar 4. Spesimen baja karbon st 37	23
Gambar 5. Spesimen baja karbon st 90/ Asap.....	24
Gambar 6. Spesimen Alumunium.....	24
Gambar 7. Spesimen Tembaga	25
Gambar 8. Spesimen Kuningan.....	25
Gambar 9. Diagram penelitian	27
Gambar 10. Desain alat ukur muai panjang logam	28
Gambar 11. Grafik pemuaian panjang pada logam <i>ferro</i> dan <i>non ferro</i>	36
Gambar 12. Diagram Pencar	39
Gambar 13. Grafik persamaan garis regresi.....	39

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
Lampiran1. Desain rancangan alat ukur muai panjang.....	44
Lampiran 2. Surat penelitian	46
Lampiran 3. Data hasil penelitian	48
Lampiran 4. Tabel nilai distribusi F.....	51
Lampiran 5. Uji linearitas	52
Lampiran 6. Uji hipotesis r produk momen	56
Lampiran 7. Uji signifikan regresi	57
Lampiran 8. Uji regresi sederhana	60

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Derajat panas atau dingin disebut dengan suhu atau temperatur. Apabila suatu benda dipanaskan atau didinginkan sampai suhu tertentu benda tersebut akan mengalami pemuaian atau penyusutan. Pada umumnya benda yang bersuhu tinggi (panas), akan mengalirkan suhunya ke benda yang memiliki suhu lebih rendah. Pemberian panas pada suatu zat akan mengakibatkan struktur atom melemah dan membuat jarak antar atom menjauh. Dengan menjauhnya jarak atom maka akan terjadi perubahan panjang, volume dan luas suatu zat.

Dalam suatu perubahan panjang karena pemuaian terdapat koefisien muai zat diantaranya koefisien muai panjang zat. Banyak masalah yang terjadi karena pemuaian zat, apabila hal ini tidak dihiraukan maka kejadian, seperti terjadinya pemuaian pada jembatan dan rel kereta api yang mengakibatkan pelengkungan pada jembatan dan rel kereta api yang dapat memicu kecelakaan karena salah konstruksi. Dalam dunia otomotif temperatur atau suhu sangat dijaga dan dipertahankan agar tetap konstan untuk itu sistem pendinginan pada kendaraan sangat diperlukan dan sistem pelumasan selalu dijaga. Ketika temperatur atau suhu kerja pada motor bakar mulai melebihi temperatur kerjanya akan mengakibatkan terjadinya kelebihan panas (*overheating*) yang mengakibatkan motor bakar tidak dapat bekerja dan bahkan dapat merusaknya.

Pemuaiian merupakan salah satu karakteristik dari logam yang perlu untuk diketahui dan dipelajari. Banyak hal yang ditimbulkan karena kenaikan temperatur pada material. Untuk mempelajari mengenai hal tersebut kita perlu melakukan percobaan. Pada dasarnya pengetahuan mengenai karakteristik logam salah satunya yaitu muai panjang sangat diperlukan. Namun keterbatasan alat penelitian membuat materi ini tidak begitu dialami. Seperti yang peneliti alami selama mengikuti perkuliahan material teknik di jurusan teknik otomotif UNP. Dosen pemateri hanya menyampaikan materi perkuliahan secara teoritis tentang karakteristik logam salah satunya muai panjang, tanpa melakukan pratikum. Hal ini dikarenakan belum tersedianya alat pratikum. Sehingga pemahaman terhadap materi yang disampaikan dirasa kurang efektif.

Terdapat beberapa jenis alat ukur yang banyak digunakan untuk menghitung koefisien muai panjang logam yang masing-masing alat ukur memiliki kekurangan dan kelebihan sendiri salah satunya adalah *Musschenbroek*. *Musschenbroek* merupakan alat ukur yang paling banyak digunakan untuk mengukur koefisien pemuaiian panjang, alat ukur ini banyak ditemui dipasaran. Prinsip kerja alat ukur *Musschenbroek* sangat sederhana yaitu dengan memanaskan logam batangan pada alat ukur *musshenbroek* dengan pembakaran spiritus kemudian pantang pemuaiian akan dapat terbaca pada alat ukur, kelemahan alat ukur ini ialah temperatur pemanasan logam dan waktu pemanasan logam tidak dapat diatur sesuai dengan penggunaannya. Pada alat ini mistar digunakan untuk membaca koefisien muai panjang.

Pada dasarnya banyak alat ukur yang dapat digunakan sebagai indikator untuk membaca nilai koefisien muai panjang, diantaranya mistar, micrometer, dial guage dan lain-lain. Dial guage dapat digunakan sebagai alat ukur untuk pengukuran muai panjang, yang mana biasanya alat ini banyak digunakan sebagai alat ukur dalam pemeliharaan kendaraan. Dial guage mampu mengukur pergerakan dengan skala 0,1mm, 0,01mm, 0,001mm hingga 0,0001mm. Dengan angka ketelitian yang cukup tinggi dial guage seharusnya dapat membaca koefisien muai panjang logam.

Setelah melihat permasalahan-permasalahan di atas, maka dirasa pemahaman dan pendalaman materi tentang karakteristik logam tentang pemuaian sangat diperlukan. Selain itu panjang muai panjang antara logam *ferro* dan *non ferro* sangat berbeda nilai koefisiennya yang membuat pemilihan bahan terhadap konstruksi sangat diperhatikan. Berdasarkan latar belakang tersebutlah penulis memberi judul tugas akhir ini “**Pengaruh Suhu Terhadap Panjang Muai Panjang Logam *Ferro* dan *Non Ferro***”.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan dari latar belakang masalah di atas maka penulis dapat mengidentifikasi masalah-masalah yang ada yaitu :

1. Kurangnya alat praktikum pada mata perkuliahan material teknik pada jurusan teknik otomotif UNP
2. Sulitnya menemukan alat ukur muai panjang dengan ketelitian yang tinggi

3. Kurangnya penelitian tentang muai panjang pada mata perkuliahan material teknik pada jurusan teknik otomotif UNP

C. Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah di atas, maka agar pembahasan dalam penelitian ini lebih fokus, maka peneliti membatasi masalah yang akan diteliti diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan desain posisi alat ukur muai panjang
2. Perbandingan muai panjang terhadap logam *ferro* dan *non ferro*

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang, identifikasi masalah dan batasan masalah di atas, maka rumusan masalah dapat dirumuskan yaitu berapa besar pengaruh temperatur terhadap muai panjang logam *ferro* dan *non ferro*.

E. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh temperatur terhadap muai panjang logam *ferro* dan logam *non ferro* dengan menggunakan alat ukur muai panjang yang dirancang oleh peneliti.

F. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah:

1. Dengan penelitian ini penulis dapat menyelesaikan skripsi untuk mendapatkan gelar sarjana
2. Untuk menambah wawasan ilmu pengetahuan khususnya dalam bidang material teknik

3. Dari data-data ini dapat menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya.
4. Untuk mengetahui pengaruh temperatur terhadap muai panjang logam *ferro* dan *non ferro*
5. Terciptanya alat ukur muai panjang dengan ketelitian ukur yang tinggi

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Deskripsi Teori

1. Temperatur

Menurut Giancoli (2001: 449), Temperatur merupakan ukuran mengenai panas atau dinginnya benda. Suhu didefinisikan sebagai suatu besaran fisika yang dimiliki bersama antara dua benda atau lebih yang berada dalam kesetimbangan termal. Suatu benda yang dalam keadaan panas dikatakan memiliki suhu yang tinggi, dan sebaliknya, suatu benda yang dalam keadaan dingin dikatakan memiliki suhu yang rendah. Untuk mengetahui tinggi rendahnya temperatur kita dapat menggunakan termometer sebagai alat ukur temperatur.

Pada termometer terdapat empat macam skala yang biasa digunakan, yaitu Celcius, Reamur, Fahrenheit, dan Kelvin. Titik tetap bawah untuk skala Celcius dan Reamur ditetapkan pada skala 0°C dan 0°R , sedangkan untuk Fahrenheit ditetapkan pada skala 32°F . Ketiga skala titik tetap bawah untuk masing-masing skala termometer ini diambil dari titik beku air murni (titik lebur es murni) pada tekanan normal. Adapun titik tetap atas ketiga skala ini berbeda-beda, dimana untuk Celcius ditetapkan pada 100°C , untuk Reamur ditetapkan pada 80°R , dan untuk Fahrenheit ditetapkan pada 212°F . Ketiga skala titik tetap atas untuk masing-masing skala termometer ini diambil dari titik didih air murni pada tekanan normal.

Pada skala Kelvin, titik tetap bawah ketiga skala termometer ini bersesuaian dengan skala 273K dan titik tetap atasnya bersesuaian dengan 373 K.

Khusus untuk skala Kelvin, titik tetap bawah tidak didasarkan pada titik beku air, namun didasarkan pada ukuran energi kinetik rata-rata molekul suatu benda. Dalam hal ini, nol Kelvin (tanpa derajat) dinamakan nol mutlak (nol absolut), artinya tidak ada suhu-suhu di bawah suhu nol mutlak, atau ketika nilai suhu mendekati nilai nol mutlak, maka energi kinetik rata-rata partikel mempunyai suatu nilai yang minimum. Oleh karena itu, berdasarkan fakta-tersebut, maka skala Kelvin dinamakan skala suhu mutlak atau skala suhu absolut, atau disebut juga skala termodinamik.

Dari beberapa uraian diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa temperatur merupakan derajat panas atau dinginnya suatu benda. Temperatur dapat diukur dengan termometer. Pada termometer terapat empat skala yaitu, skala Celcius, Fahrenheit, reamur dan Kelvin.

2. Pemuaiian

Menurut Giancoli (2001: 454) “Sebagian besar zat memuai ketika dipanaskan dan menyusut ketika didinginkan. Bagaimanapun, besarnya pemuaiian dan penyusutan bervariasi tergantung pada materi itu sendiri”. Pemuaiian pada zat padat dan cair dapat digambarkan seperti pegas, pada dasarnya ikatan pada molekul zat padat lebih kuat dibandingkan dengan ikatan molekul pada zat cair. Molekul-molekul ini selalu bergetar pada posisis yang seimbang. Naiknya suhu pada zat akan memperbesar amplitudo

getaran pada molekul-molekul yang akan mengakibatkan jarak antara molekul menjadi besar yang akan membuat ukuran benda bertambah. Ada beberapa macam pemuaian pada benda yang mengalami pemuaian diantaranya:

- a. Pemuaian zat padat, meliputi
 - 1) pemuaian panjang
 - 2) pemuaian luas
 - 3) pemuaian volume
- b. Pemuaian zat cair
- c. Pemuaian gas

Dari beberapa uraian di atas dapat ditarik kesimpulan bahwa pemuaian merupakan pertambahan ukuran suatu benda apabila temperatur suatu benda tersebut dinaikkan. Benda-benda yang mengalami pemuaian diantaranya adalah zat padat, zat cair, dan gas. Pada zat padat terjadi beberapa macam pemuaian diantaranya adalah pemuaian panjang, pemuaian luas dan pemuaian volume.

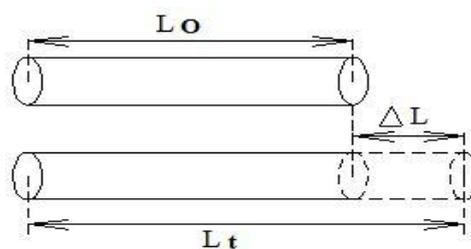
3. Pemuaian Panjang

Pemuaian pada zat padat yang ukuran panjangnya jauh lebih besar dari ukuran luas dan tebalnya dianggap hanya bertambah panjang pada saat dipanaskan. Menurut Prasetyo (2005: 65), “Benda yang dinaikkan suhunya akan mengalami perubahan geometri”. Sejalan dengan pernyataan diatas, maka Wilson (2014: 138) dalam bukunya menyatakan:

“It is found that solid bodies get larger when they are made hotter. For example an iron rod, which is 100 cms. Long when in a

mixture of ice and water, becomes about 100'12 cms. Long when surrounded by steam from boiling water. It is found that the increase of length per unit length is approximately proportional to the rise in temperature”.

Apabila pernyataan ahli diatas diartikan maka dapat disimpulkan bahwa bahan padat akan membesar ketika mereka dibuat lebih panas, contohnya batang besi dengan panjang 100 cms. Panjang menjadi 100'12 cms panjang ketika diberi tekanan dari uap air. Ditemukan bahwa pertambahan panjang persatuan panjang kira-kira sebanding dengan peningkatan dengan suhu. Pendapat senada dikemukakan Bonnick (2008: 148) *“When material are heated they expand. The amount of expansion that is produced by one degree Celcius rise of temperature in a 1 metre length of material is known as the coefficient of linear expansion”* yang berarti ketika material dipanaskan mereka akan memuai, jumlah pemuaian akan naik pada suhu satu derajat Celcius di dalam 1 meter panjang material, itu sama artinya dengan koefisien muai panjang. Dari pendapat ahli di atas dapat disimpulkan bahwa material berbentuk batangan akan memuai bila dipanaskan, panjang material akan bertambah sebanding dengan peningkatan suhu.



Gambar 1. Pemuaian panjang

Sumber: <http://3.bp.blogspot.com>

Pada umumnya suatu benda akan mengalami perubahan ukuran apabila suhunya dinaikan. Jika benda tersebut berbentuk batangan maka perubahan panjanglah yang akan tampak pada benda tersebut, karena perubahan luas penampang sangat kecil, sehingga dapat diabaikan bila panjang pada suhu t_0 (suhu mula-mula) dan panjang setelah dipanasi sehingga suhunya t_1 maka L dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$L=L_0(1+\alpha.\Delta T) \quad (\text{Giancoli, 454})$$

Pertambahan panjang batang akibat perubahan suhu sebesar Δt dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut:

$$\Delta L = L_0\alpha \Delta t \quad (\text{Giancoli, 454})$$

Besar koefisien muai panjang α ditentukan oleh bahan pembentuk logam. Dalam eksperimen untuk pengukuran koefisien ini dilakukan dengan mencari perbedaan panjang ΔL dari batangan yang ditempatkan pada ruangan dengan suhu t_0 dan pada heater dengan suhu t_1 . Perubahan panjang ΔL sebanding dengan panjang awal L_1 dan penambahan suhu t_1-t_0 .

Tabel 1. Koefisien muai beberapa jenis benda pada temperatur 20°C

Zat	Koefisien Muai Panjang, α (C°) ⁻¹	Koefisien Muai PVolume, β (C°) ⁻¹
Padat		
Alumunium	25 x 10 ⁻⁶	75 x 10 ⁻⁶
Kuningan	19 x 10 ⁻⁶	56 x 10 ⁻⁶
Besi atau baja	12 x 10 ⁻⁶	35 x 10 ⁻⁶
Timah hitam	29 x 10 ⁻⁶	87 x 10 ⁻⁶

Sumber: Giancoli (2001:455)

Dari uraian di atas dapat disimpulkan bahwa pemuaian panjang berupa penambahan panjang benda saat temperatur dinaikkan pada benda yang berbentuk batangan. Panjang material akan bertambah sebanding dengan peningkatan suhu.

4. Pemuaian Volume

Jika semua dimensi padatan memuai sebanding dengan suhu, maka volume padatan tersebut juga akan berkembang. Untuk cairan muai volume adalah salah-satunya pemuaian yang berarti. Jika suhu suatu padatan atau cairan dengan volume V meningkat sebesar ΔT , maka peningkatan volume akan didapat sebesar

$$\Delta V = V\beta \Delta T \quad (\text{Halliday, 519})$$

Dimana β adalah koefisien muai volume pada padatan atau cairan. Koefisien muai panjang dan muai volume untuk padatan dapat dihubungkan dengan

$$B = 3\alpha \quad (\text{Halliday, 520})$$

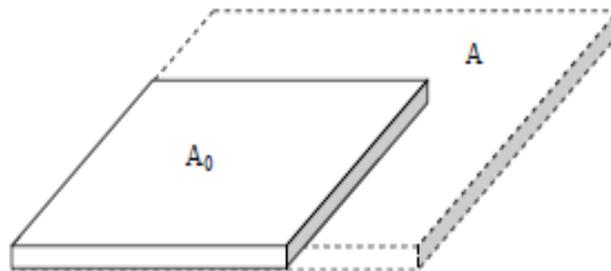
Air tidak berperilaku seperti cairan lainnya. Di atas suhu sekitar 4°C , air mengembang sebanding dengan meningkatnya suhu. Antara suhu 0 dan sekitar 4°C , volume air akan menyusut dengan meningkatnya suhu. Sehingga pada suhu 4°C , densitas air akan mencapai nilai maksimum.

Kejadian seperti inilah yang membuat danau membeku dari atas ke bawah, bukan dari bawah ke atas. Ketika air permukaan didinginkan 10°C menuju titik beku, maka air tersebut menjadi lebih padat (lebih berat) dari pada air yang berada dibawahnya dan tenggelam ke dasar. Pada suhu

dibawah 4°C , pendinginan yang lebih jauh terjadi membuat air permukaan menjadi berkurang kepadatannya (lebih ringan) dari pada air yang terletak di bawahnya, sehingga air pada permukaan tersebut tetap berada di permukaan sampai membeku sementara air yang dibawahnya masi cair. Jika danau membeku dari bawah ke atas es yang terbentuk akan cenderung tidak meleleh sepenuhnya selama musim panas, karena akan terisolasi oleh air di permukaan.

5. Pemuaiian Luas

Bila zat padat yang dipanaskan tidak berbentuk batangan tipis, melainkan berbentuk pelat atau kepingan, maka tidak hanya panjang tetapi lebarnya benda akan berubah ketika memuai. Pada pelat yang mengalami pemuaiian akan mengalami pemuaiian luas.



Gambar 2. Pemuaiian luas pada zat padat

Sumber: <http://file.upi.edu>

Sebagaimana halnya dengan pemuaiian panjang, untuk pemuaiian luas juga dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya luas mula-mula sebelum dipanaskan, jenis zat padat yang digunakan, serta beberapa perubahan suhu yang

dialami zat padat tersebut. Untuk muai luas zat padat yang mana A_2 merupakan luas zat padat, dan A_1 luas zat padat mula-mula, untuk ΔT merupakan perubahan suhu didapat dengan cara pengurangan temperatur akhir T dengan temperatur awal T_0 , serta koefisien muai luas dinyatakan dengan β maka perubahan luas dapat ditulis dalam bentuk:

$$A_2 = A_1 (1 + \beta \Delta T) \quad (\text{daryanto, 145})$$

6. Bahan Logam

Material logam secara umum dapat diklarifikasikan dalam dua kelompok, yaitu logam *ferro* dan logam *non ferro*.

a. Logam *ferro*

Logam *ferro* memiliki unsur utama besi (Fe) yang terdiri dari besi tuang dan baja. Logam *ferro* terdiri dari komposisi kimia yang sederhana antara besi dan karbon. Masuknya unsur karbon ke dalam besi dengan berbagai cara. Jenis logam *ferro* adalah sebagai berikut.

1) Besi Tuang

Menurut Amanto (2003: 44) “Besi tuang dapat didefinisikan sebagai logam campuran dari besi yang mengandung unsur karbon di atas 1,7% (biasanya mengandung unsur karbon sekitar 2,4 - 4,2%)”. Sifatnya rapuh tidak dapat ditempa, baik untuk dituang, liat dalam pemadatan, lemah dalam tegangan. Digunakan untuk membuat alas mesin, meja perata, badan ragum, bagian-bagian mesin bubut, blok silinder dan cincin torak.

2) Besi tempa

Menurut Amanto (2003: 44) “Besi tempa adalah besi yang mengandung 99% besi murni dan 0,02 – 0,10% karbon”. Sifat Besi besi tempa dapat ditempa, liat, dan tidak dapat dituang. Besi tempa antara lain dapat digunakan untuk membuat rantai jangkar, kait keran dan landasan kerja pelat.

3) Baja

Menurut Amanto (2003: 22) “Baja dapat didefinisikan suatu campuran dari besi dan karbon, dimana unsur karbon (C) menjadi dasar campurannya. Disamping itu, mengandung unsur campuran lainnya seperti sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si), dan mangan (Mn) yang jumlahnya dibatasi”. Senada dengan pendapat ahli diatas, Sofyan (2010: 52) menyatakan “baja adalah paduan unsur Fe dan C, dengan kandungan karbon kurang dari 2%”. Dari pendapat ahli diatas dapat disimpulkan bahwa baja adalah paduan unsur besi (Fe) dan carbon (C) dengan persentase carbon kurang dari 2% serta dengan penambahan unsur sulfur (S), fosfor (P), silikon (Si) dan mangan (Mn) yang jumlahnya dibatasi.

Dalam pengaplikasiannya baja karbon sering digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan alat-alat perkakas, komponen mesin, struktur bangunan, dan lain sebagainya. Baja karbon dapat diklasifikasikan berdasarkan jumlah persentase komposisi kimia karbon dalam baja yakni sebagai berikut:

a) Baja Karbon Rendah (*Low Carbon Steel*)

Menurut Amanto (2003: 33) “Baja ini disebut baja ringan (*mild steel*) atau baja perkakas baja karbon rendah bukan baja yang keras, karena kandungan karbonnya kurang dari 0,3%”. Baja karbon rendah ini memiliki ketangguhan dan keuletan tinggi akan tetapi memiliki sifat kekerasan dan ketahanan aus yang rendah. Pada umumnya baja jenis ini digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan komponen struktur bangunan, pipa gedung, jembatan, bodi mobil, dan lain-lainya.

b) Baja Karbon Sedang (*Medium Carbon Steel*)

Menurut Amanto (2003: 33) “Baja karbon sedang mengandung karbon 0,3%C – 0,6%C dan kandungan karbonnya memungkinkan baja untuk dikeraskan sebagian dengan pengerjaan panas (*heat treatment*) yang sesuai. Baja karbon ini memiliki kelebihan bila dibandingkan dengan baja karbon rendah, baja karbon sedang memiliki sifat mekanis yang lebih kuat dengan tingkat kekerasan yang lebih tinggi dari pada baja karbon rendah. Besarnya kandungan karbon yang terdapat dalam besi memungkinkan baja untuk dapat dikeraskan dengan memberikan perlakuan panas (*heat treatment*) yang sesuai. Baja karbon sedang biasanya digunakan untuk pembuatan poros, rel kereta api, roda gigi, baut, pegas, dan komponen mesin lainnya.

c) Baja Karbon Tinggi (*High Carbon Steel*)

Menurut Sofyan (2010: 55) “Baja karbon tinggi mengandung karbon sebesar 0,60 – 1,40 wt.%, dan merupakan baja karbon yang paling kuat dan yang paling keras, serta tidak ulet”. Dalam pengaplikasiannya baja karbon tinggi banyak digunakan dalam pembuatan alat-alat perkakas seperti palu, gergaji, pembuatan kikir, pisau cukur, dan sebagainya.

b. Logam *non ferro*

Sementara material logam lainnya yang tidak memiliki Fe sebagai unsur utama disebut sebagai logam *non ferro*. Logam *non ferro* yaitu logam yang tidak mengandung unsur besi (Fe). Logam *non ferro* antara lain sebagai berikut.

1) Tembaga (Cu)

Menurut Sofyan (2010: 65) dalam bukunya mengemukakan:

“Dalam tingkatan volume yang sama, tembaga memiliki konduktifitas listrik yang tinggi dibandingkan dengan logam lain, kecuali perak murni. Selain itu tembaga juga memiliki sifat yang baik dalam hal konduktifitas panas, ketahanan korosi, perubahan bentuk dan penyambungan. Namun demikian, disisi lain, tembaga dan paduannya adalah logam yang memiliki kekuatan rendah.”

Tembaga memiliki warna coklat kemerah–merahan, sifatnya dapat ditempa, liat, baik untuk penghantar panas, listrik, dan kukuh. Tembaga digunakan untuk membuat suku cadang bagian listrik, dinamo, radio penerangan, dan pembuatan radiator.

2) Alumunium (Al)

Alumunium merupakan logam yang paling banyak digunakan setelah baja. Sifatnya dapat ditempa, liat, bobot ringan, penghantar panas dan listrik yang baik, mampu dituang. Alumunium digunakan untuk membuat peralatan masak, elektronik, industri mobil dan industri pesawat terbang. Menurut Sofyan (2010: 59) “Dalam industri otomotif, sebagai material logam, penggunaan alumunium kini menempati urutan kedua setelah besi dan baja”.

3) Kuningan

Kuningan merupakan campuran antara logam tembaga dan seng. Kuningan lebih kuat dan lebih keras dari tembaga, kuningan sangat mudah dibentuk, konduktor panas yang baik, umumnya tahan terhadap korosi dari air garam. Kuningan kebanyakan digunakan untuk membuat sekrup, radiator dan casing cartridge untuk senjata api.

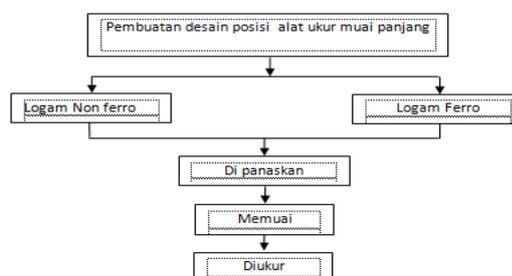
Dari beberapa uraian di atas dapat disimpulkan bahwa bahan logam dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis yaitu logam *ferro* dan logam *non ferro*. Logam *ferro* adalah suatu logam paduan yang terdiri dari campuran besi dan carbon. Logam *non ferro* adalah logam yang tidak mengandung unsur besi (Fe).

B. Penelitian yang relevan

Penelitian yang relevan yang pernah dilakukan oleh peneliti yang lain yaitu:

1. Agnes Kurniyati (2005) yang berjudul Penentuan Koefisien Muai Panjang Suatu Logam Dengan Interferometer Michelson. Dengan hasil logam akan mengalami pemuaian setelah mengalami kenaikan suhu dan nilai perubahan panjang logam berbanding lurus dengan perubahan suhu.
2. Rahmat Gozali (2012) yang berjudul Alat ukur muai panjang logam. Dengan hasil Alat ukur muai panjang logam yang ia rancang dapat mengukur perubahan panjang muai logam akibat pemanasan yang dilakukan heater dan perubahan temperatur yang dibaca oleh mikrokontroler untuk dikirim ke PC melalui komunikasi serial RS232, di PC program Lab VIEW data tersebut akan diproses dan menampilkan penambahan data awal panjang logam sehingga didapatkan koefisien muai panjang logam.

C. Kerangka Pikir



Gambar 3. Kerangka Berpikir

Berdasarkan kajian teori dan penelitian yang relevan yang telah dipaparkan di atas, maka penulis berasumsi bahwa adanya perubahan panjang yang signifikan terhadap logam *ferro* dan *non ferro* bila dipanaskan pada temperatur yang sama. Dalam penelitian ini, melakukan pengujian perbandingan seberapa besar perubahan muai panjang terhadap logam *ferro* dan *non ferro* pada temperatur yang sama.

D. Hipotesis

Berdasarkan uraian masalah dan landasan teori di atas, maka penulis untuk penelitian ini mengajukan hipotesis tiap kali temperatur dinaikkan maka panjang logam *ferro* dan *non ferro* bertambah sesuai dengan besarnya kenaikan temperatur.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis data penelitian yang diperoleh dapat ditarik kesimpulan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara kenaikan temperatur terhadap peningkatan nilai koefisien muai panjang logam berdasarkan data pengukuran dengan menggunakan alat ukur muai panjang yang peneliti rancang dan besar nilai koefisien masing-masing logam berbeda-beda ketika temperatur logam dinaikkan pada temperatur yang sama.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang penulis telah dilakukan, penulis menyarankan hal-hal sebagai berikut:

1. Untuk mendapatkan hasil pengukuran koefisien muai linear logam yang akurasi tinggi gunakanlah dial indikator dengan tingkat ketelitian yang tinggi.
2. Gunakanlah termometer bimetal digital untuk mempermudah pembacaan temperatur
3. Berilah tambahan nozel agar panas pada batang spesimen uji merata.

DAFTAR PUSTAKA

- Bonnick Allan. 2008. *Automotive Science and Mathematics*. Hungary. Elsevier ltd.
- B.J.M Beumer Ing. 1994. *Ilmu Bahan Logam Jilid II*. a. b. B.S Anwir. Jakarta. Bhratara
- Daryanto. 2003. *Fisika Teknik Buku Acuan Untuk Siswa SMK*. Jakarta. Rineka Cipata.
- Giancoli, C.Douglas. 2001. *Fisika Edisi 5 Jilid 1*. a. b. Yuhilza Hanum. Jakarta. Erlangga.
- Gozali, Rahmat. 2012. "Alat Ukur Muai Panjang Logam". <http://lib.ui.ac.id>. Diakses 14 Januari 2016.
- Halliday, David. 2010. *Fisika Dasar Edisi 7 Jilid 1*. a.b. Tim Pengajar Fisika ITB. Jakarta. Erlangga
- Hari Amanto dan Daryanto. 2003. *Ilmu Bahan*. Jakarta. PT Bumi Aksara
- Hugh D. Young & Roger A. Freedman. 2002. *Fisika Universitas Edisi 10 Jilid 1*. a. b. Endang Juliastuti. Jakarta. Erlangga
- J.P.holman. 1984. *Metode Pengukuran Teknik Edisi 4 jilid 1 a. b E. Jasjfi.* Jakarta. Erlangga.
- Kurniyati Agnes. 2005. "Penentuan Koefisien Muai Panjang Suatu Logam Dengan Interferometer Michelson". <http://www.library.usd.ac.id>. Diakses 14 Januari 2016
- Lufri. 2007. *Kiat Memahami dan Melakukan Penelitian*. Padang. UNP Press.
- Maryanto Al. 2006. "Petunjuk Pratikum Dasar Fisika I". <http://www.uny.ac.id>. Diakses 26 November 2015
2006. "Fisika Dasar". <http://staf.uny.ac.id>. Diakses 12 Januari 2016
- Muham Hikam. 2005. *Eksperimen Fisika Dasar Untuk Perguruan Tinggi*. Jakarta. Kencana
- Raymond A. Serway & John W, Jewet, Jr. 2010. *Fisika untuk Sains dan Teknik. Edisi 6 Jilid 2*. Jakarta. Salemba Teknika
- Riduwan. *Belajar Mudah Penelitian Untuk Guru-Karyawan Dan Peneliti Pemula*. 2010. Bandung. Alfabeta