



**TUGAS AKHIR - TM 090340**

**ANALISA PENGARUH VARIASI LIPATAN PADA  
KOMPOSIT LAMINA TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN  
STRUKTUR MIKRO DARI HASIL TEMPA**

**MUHAMMAD MASYRUHIN  
2110 030 101**

**DOSEN PEMBIMBING  
Ir. Eddy Widiyono, MSc.  
NIP. 19601025 198701 1 001**

**PROGRAM STUDI D3 TEKNIK MESIN  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2014**



**TUGAS AKHIR - TM 090340**

**ANALISA PENGARUH VARIASI LIPATAN PADA  
KOMPOSIT LAMINA TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN  
STRUKTUR MIKRO DARI HASIL TEMPA**

**MUHAMMAD MASYRUHIN  
2110 030 101**

**DOSEN PEMBIMBING  
Ir. Eddy Widiyono, MSc.  
NIP. 19601025 198701 1 001**

**PROGRAM STUDI D3 TEKNIK MESIN  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2014**



**FINAL PROJECT-TM 090340**

**ANALYSIS OF VARIATION FOLDED EFFECT AT LAMINA  
COMPOSITE OF MECHANICAL PROPERTIES AND  
MICRO STRUCTURE FROM FORGING RESULT**

**MUHAMMAD MASYRUHIN  
2110 030 101**

**ADVISOR  
Ir. Eddy Widiyono, MSc**

**DIPLOMA III STUDY PROGRAM  
MECHANICAL ENGINEERING  
Industrial Technology Faculty  
Institute of Technology Sepuluh Nopember**

**Surabaya 2014**

# ANALISA PENGARUH VARIASI LIPATAN PADA KOMPOSIT LAMIANA TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO DARI HASIL TEMPA

**Nama Mahasiswa** : MUHAMMAD MASYRUHIN  
**NRP** : 2110 030 101  
**Jurusan** : D3 Teknik Mesin FTI – ITS  
**Dosen Pembimbing** : Ir. Eddy Widiyono, MSc.

## Abstrak

*Komposit merupakan gabungan dari dua material atau lebih yang digabungkan menjadi satu sehingga menghasilkan material dengan sifat yang berbeda dari sifat material awal penyusunnya. Teknologi pembuatan komposit yang melatar belakangi penelitian ini menggunakan metode komposit lamina. Komposit lamina sendiri adalah jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri.*

*Komposit lamina pada penelitian ini dibuat dengan bahan baja AISI dan pegas daun. Lembaran AISI 1020 ditempa dengan gaya manual pada temperatur 1000° C dan selanjutnya dilipat arah memanjang. Lipatan AISI 1020 ini disisipi bahan pegas daun. Dhasilkan bahan komposit awal tanpa lipatan. Selanjutnya bahan komposit awal ini dilipat 1 kali arah memanjang, lalu disisipi pegas daun dan ditempa pada temperatur 1000° C, dihasilkan komposit awal 1 kali lipatan. Komposit awal 1 kali lipatan ini dilipat lagi dan disisipi pegas daun ke arah memanjang dan ditempa pada 1000° C, dihasilkan komposit awal 2 kali lipatan. Komposit akhir dengan variasi tanpa lipatan, 1 kali lipatan, dan 2 kali lipatan ini akan dilakukan pengujian tarik, kekerasan, dan metalografi.*

*Hasil dari penelitian komposit lamina dengan variasi jumlah lipatan didapatkan bahwa nilai kekerasan, kekuatan tarik, kekuatan luluh, keuletan, kekakuan, dan ketangguhan dari komposit lamina baja AISI 1020 dan pegas daun semakin meningkat seiring banyaknya jumlah lipatan pada komposit. Dan menghasilkan*

*komposit dengan struktur mikro perlit dan ferit yang menandakan komposit bersifat lunak dan ulet.*

***Kata Kunci : Komposit Lamina, Variasi Lipatan, Tempa, Sifat Mekanik, Struktur Mikro.***

# ANALYSIS OF VARIATION FOLDED EFFECT AT LAMINA COMPOSITE OF MECHANICAL PROPERTIES AND MICRO STRUCTURE FROM FORGING RESULT

**Name of Student** : MUHAMMAD MASYRUHIN  
**NRP** : 2110 030 101  
**Department** : D3 Teknik Mesin FTI – ITS  
**Consellor Lecturer** : Ir. Eddy Widiyono, MSc.

## Abstract

*Composite is a compound of two or more material which character produced is different from its base material.. The making technique of composite which is background overshadow this research use method of laminate composite. Laminate composite itself is composite type consisting of two layer or more which is joined become one and each of this layer have characteristic of itself.*

*Laminate composites in this research is made with materials become steel of AISI 1020 and leaf springs. A sheet of AISI 1020 forged by manual force at temperature 1000° C and then folded by long direction. A folded of AISI 1020 this inserted by materials leaf springs. And we will get the first composite without fold. And than composite without fold this folded by 1 times long direction, and then inserted by leaf springs and forged at temperature 1000° C, produced first composite with 1 folded time. The first composite with 1folded times is folded again and inserted leaf springs at long direction and forged at temperature 1000° C, produced end composite with 2 folded times. The final Composite with variation of without fold, 1 folded, and 2 folded will be conduct a test such as tensile test, hardness test, and metallography test.*

*Result from research about laminate composite with variation of fold's amount got that hardness value, tensile strength, yield strength, ductility, stiffness, and toughness from lamina composite of AISI 1020 and leaf spring progressively mount along to the number amount of fold at composite. And produce composite*

*with micro structure of ferrite and perlite is designating composite have the character of to soft and tough.*

***Keywords : Lamina Komposite, Folded Variation, Forging, Mechanical Properties , Micro Structure.***

## LEMBAR PENGESAHAN

### ANALISA PENGARUH VARIASI LIPATAN PADA KOMPOSIT LAMINA TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN STRUKTUR MIKRO DARI HASIL TEMPA

#### TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Ahli Madya  
Pada  
Bidang Studi Manufaktur  
Program Studi D III Teknik Mesin  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya

Oleh :

**MUHAMMAD MASYRUHIN**

Nrp. 2110 030 101

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

Ir. Eddy Widiyono, MSc ..... (Pembimbing)

**SURABAYA  
JANUARI, 2014**

## KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikumWr.Wb.

Alhamdulillah, segala puji dan syukur atas kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan segala berkah dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini.

Tugas Akhir ini merupakan salah satu persyaratan yang harus dipenuhi sebelum menyelesaikan pendidikan di Program D3 Teknik Mesin FTI-ITS yang merupakan intregrasi dari semua materi yang telah diberikan selama perkuliahan.

Adapun keberhasilan penulisan dalam penyusunan laporan ini tidak lepas dari berbagai pihak yang telah banyak memberikan bantuan, motivasi, dan dukungan. Untuk itu penulis ingin menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak **Ir. Eddy Widiyono, M.Sc.** selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan serta sarannya sehingga penulis mampu menyelesaikan pengerjaan tugas akhir.
2. Bapak **Ir. Suhariyanto, MT.** selaku Koordinator Program Studi D3 Teknik Mesin FTI-ITS.
3. Bapak **DR. Dedy Zulhidayat Noor MT, PHd**, selaku dosen wali selama kuliah di D3 Teknik Mesin FTI-ITS.
4. Ibu **Liza Rusdiyana, ST, MT** selaku koordinator TugasAkhir Program Studi D3 TeknikMesin FTI-ITS.
5. **Dosen penguji** yang memberikan saran dan masukan guna menyempurnakan Tugas Akhir ini.
6. **Bapak, Ibu, Kakak, dan Adik** yang selalu memberikan do'a dan dukungannya kepada saya.

7. **Teman-teman Grader PBT** yang telah banyak membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini dan segala motivasinya kepada saya.
8. **Teman-teman seperjuangan angkatan 2010, 2011 dan 2012** atas segala support, semangat, candatawa, doa, dan ilmu hidup yang diberikan.
9. **Teman-teman Himpunan D3 Teknik Mesin ITS** karena telah menunjukkan arti kegigihan dan perjuangan yang tiada henti.
10. **Teman-teman seperjuangan tugas akhir** atas motivasi dan canda tawanya sehingga tugas akhir ini dapat terselesaikan.
11. **Semua dosen dan karyawan** Program Studi D3 Teknik Mesin FTI-ITS.
12. Semua pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu per satu, kami ucapkan terima kasih.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa penyusunan laporan tugas akhir ini masih belum sempurna, untuk itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Akhir kata penulis berdo'a agar segala bantuan yang telah diberikan akan mendapat balasan dan rahmat dari Allah SWT. Dan semoga hasil dari laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat sebagaimana yang telah diharapkan. Amiin

Wassalamu'alaikumWr.Wb.

Surabaya, Januari 2014

Penulis

## DAFTAR ISI

COVER LUAR	
COVER DALAM	
LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK.....	ii
ABSTRACT.....	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GRAFIK.....	xiv
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	1
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
1.5 Batasan Masalah.....	2
1.6 Metodologi Penulisan.....	2
1.7 Sistematika Penulisan.....	2
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>5</b>
2.1 Material Komposit.....	5
2.2 Material Logam.....	7
2.6.2 Baja Karbon.....	7
2.6.2 Baja SUP 9.....	9
2.3 Definisi Tempa.....	10
2.4 Kekerasan.....	11
2.5 Uji Kekerasan.....	12
2.5.1 Pengujian Kekerasan Rockwell.....	12
2.5.2 Pengujian Kekerasan Brinell.....	13
2.5.3 Pengujian Kekerasan Vickers.....	14

2.6 Pengujian Tarik.....	15
2.7 Metallography Test.....	18
2.8 Struktur Mikro.....	22
2.8.1 Ferrite.....	24
2.8.2 Pearlite.....	25
2.8.3 Austenite.....	25
2.8.4 Cementite.....	26
2.8.5 Martensite.....	27
2.9 Pengujian SEM EDX.....	28
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>29</b>
3.1 Flowchart Penelitian.....	29
3.2 Studi literature.....	30
3.3 Observasi Lapangan.....	30
3.4 Perumusan Masalah.....	30
3.5 Persiapan Alat dan Bahan .....	31
3.5.1 Persiapan Bahan.....	31
3.5.2 Persiapan Alat.....	31
3.6 Pemotongan Bahan.....	35
3.7 Penempaan Komposit Lamina.....	35
3.7.1 Penempaan Baja AISI 1020.....	35
3.7.2 Pembuatan Komposit Tanpa Lipatan.....	36
3.7.3 Pembuatan Komposit Satu Kali Lipatan.....	37
3.7.4 Pembuatan Komposit Dua Kali Lipatan.....	38
3.8 Pembuatan Benda Uji.....	39
3.9 Pengujian Sifat Mekanik dan Metalografi.....	40
3.9.1 Uji kekerasan.....	40
3.9.2 Uji Tarik.....	44
3.9.3 Uji Metalografi.....	45
3.9.3.1 Prosedur Uji Metalografi.....	46
3.9.4 Uji SEM EDX.....	49

<b>BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>51</b>
4.1 Hasil Pengujian Kekerasan.....	51
4.1.1 Hubungan Antara Kekerasan Dengan Jumlah Lipatan.....	52
4.2 Hasil Pengujian Tarik.....	53
4.2.1 Hubungan Kekuatan Luluh Dengan Jumlah Lipatan.....	56
4.2.2 Hubungan Kekuatan Tarik dengan Jumlah Lipatan.....	57
4.2.3 Hubungan Keuletan Dengan Jumlah Lipatan.....	59
4.2.4 Hubungan Kekakuan Dengan Jumlah Lipatan.....	60
4.2.5 Hubungan Energi Resilien Dengan Jumlah Lipatan.....	61
4.2.6 Hubungan Ketangguhan Dengan Jumlah Lipatan.....	62
4.3 Hasil Uji Metalografi.....	62
4.3.1 Hasil Pengujian Metalografi Pada Komposit Tanpa Lipatan.....	62
4.3.2 Hasil Pengujian Metalografi Pada Komposit Satu Kali Lipatan .....	64
4.3.3 Hasil Pengujian Metalografi Pada Komposit Dua Kali Lipatan Lipatan .....	65
 <b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	 <b>69</b>
5.1 Kesimpulan.....	69
5.2 Saran.....	70

DAFTAR PUSTAKA  
LAMPIRAN  
BIODATA PENULIS

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b>	Struktur Pembentuk Komposit .....	5
<b>Gambar 2.2</b>	Klasifikasi Komposit .....	7
<b>Gambar 2.3</b>	Pengujian Kekerasan Rockwell.....	13
<b>Gambar 2.4</b>	Pengujian Kekerasan Brinell.....	14
<b>Gambar 2.5</b>	Pengujian Kekerasan Vickers .....	15
<b>Gambar 2.6</b>	Diagram Tegangan Regangan Nominal.....	16
<b>Gambar 2.7</b>	Diagram Fasa Fe-Fe <sub>3</sub> C .....	23
<b>Gambar 2.8</b>	Ferrite .....	24
<b>Gambar 2.9</b>	Perlit .....	25
<b>Gambar 2.10</b>	Austenite .....	26
<b>Gambar 2.11</b>	Cementit.....	27
<b>Gambar 2.12</b>	Martensit .....	28
<b>Gambar 3.1.</b>	Flowchart Penelitian .....	30
<b>Gambar 3.2</b>	Dapur Tempa .....	32
<b>Gambar 3.3</b>	Arang Kayu.....	32
<b>Gambar 3.4</b>	Palu Tempa Biasa.....	33
<b>Gambar 3.5</b>	Palu Perata .....	33
<b>Gambar 3.6</b>	Anvil.....	33
<b>Gambar 3.7</b>	Penjepit .....	34
<b>Gambar 3.8</b>	Pemotong Benda Kerja .....	34
<b>Gambar 3.9</b>	Blower .....	35
<b>Gambar 3.10</b>	Proses Penempaan Baja AISI 1020 .....	36
<b>Gambar 3.11</b>	Pembuatan Spesimen Komposit Tanpa Lipatan.	37
<b>Gambar 3.12</b>	Pembuatan komposit dengan satu kali lipatan ....	38
<b>Gambar 3.13</b>	Pembuatan komposit dengan dua kali lipatan.....	39
<b>Gambar 3.14</b>	Penampang Spesimen .....	40
<b>Gambar 3.15</b>	Prinsip Kerja Rockwell.....	41
<b>Gambar 3.16</b>	Alat Uji Kekerasan Rockwell.....	42
<b>Gambar 3.17</b>	Standart Uji Tarik JIS Z 2201 .....	44
<b>Gambar 3.18</b>	Aliran proses uji metalografi.....	46
<b>Gambar 3.19</b>	Mesin Polishing.....	47
<b>Gambar 3.20</b>	Mikroskop.....	49

<b>Gambar 3.21</b> Mesin SEM EDX .....	50
<b>Gambar 4.1</b> Spesimen Uji Tarik.....	54
<b>Gambar 4.2</b> Struktur mikro komposit tanpa lipatan dengan pembesaran 100x .....	64
<b>Gambar 4.3</b> Struktur mikro komposit 1 kali lipatan dengan pembesaran 100x .....	65
<b>Gambar 4.4</b> Struktur mikro komposit 2 kali lipatan dengan pembesaran 100x .....	67

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1.</b> Pengelompokan Baja SUP dan kegunaannya .....	10
<b>Tabel 3.1</b> Spesifikasi Bahan .....	33
<b>Tabel 3.2</b> Skala Uji Kekerasan Rockwell .....	43
<b>Tabel 4.1</b> Data hasil uji kekerasan rockwell bahan awal dengan satuan HRB .....	51
<b>Tabel 4.2</b> Data hasil uji kekerasan komposit tanpa lipatan (dalam satuan HRB) .....	51
<b>Tabel 4.3</b> Data hasil uji kekerasan untuk komposit 1 kali lipatan (dalam satuan HRB) .....	51
<b>Tabel 4.4</b> Data hasil uji kekerasan untuk komposit 2 kali lipatan (dalam satuan HRB) .....	52
<b>Tabel 4.5</b> Perbandingan nilai kekerasan .....	52
<b>Tabel 4.6</b> Data hasil uji tarik untuk bahan awal .....	55
<b>Tabel 4.7</b> Data hasil uji tarik untuk komposit tanpa lipatan ....	55
<b>Tabel 4.8</b> Data hasil uji tarik untuk komposit 1 kali lipatan ....	56
<b>Tabel 4.9</b> Data hasil uji tarik untuk komposit 2 kali lipatan ....	56
<b>Tabel 4.10</b> Data perbandingan hasil uji tarik komposit dengan variasi lipatan .....	56

## DAFTAR GRAFIK

<b>Grafik 4.1</b>	Hubungan Kekerasan dengan Jumlah Lipatan .....	53
<b>Grafik 4.2</b>	Hubungan Kekuatan Luluh dengan Jumlah Lipatan .....	57
<b>Grafik 4.3</b>	Hubungan Kekuatan Tarik dengan Jumlah Lipatan .....	58
<b>Grafik 4.4</b>	Hubungan Elongation dengan Jumlah Lipatan .....	59
<b>Grafik 4.5</b>	Hubungan Modulus Elastisitas dengan Jumlah Lipatan .....	60
<b>Grafik 4.6</b>	Hubungan Energi Resilien dengan Jumlah Lipatan .....	61
<b>Grafik 4.7</b>	Hubungan Modulus Ketangguhan dengan Jumlah Lipatan .....	62

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Dalam dunia industri peranan bahan atau material semakin luas dan kompleks. Bahan tersebut harus mempunyai sifat mekanik yang bagus yaitu kekuatan dan ketangguhan yang tinggi. Hal tersebut dapat terlihat dari berbagai macam barang perkakas yang terbuat dari logam dengan cara penempaan, contohnya seperti pisau, keris, pacul, golok, ataupun perkakas-perkakas lainnya. Teknik pembuatan barang perkakas dengan cara tempa ini akan menjadi dasar dibuatnya komposit lamina pada penelitian kali ini, sehingga didapatkan bahan yang mempunyai kekuatan, kekerasan dan ketangguhan yang baik..

Komposit bisa dibuat sesuai dengan keperluan dan untuk memperbaiki sifat mekanik yang diinginkan. Konstruksi komposit ini dibuat dengan menambah sisipan logam diantara logam Teknik pembuatan komposit lamina dalam penelitian ini memakai bahan utama baja AISI 1020 dan pegas daun sebagai sisipannya dengan variasi jumlah lipatan. Sifat mekanik dari komposit lamina ini sendiri bisa ditentukan dengan cara uji kekerasan, uji tarik bahan dan dari struktur mikronya.

Dengan dibuatnya material komposit lamina antara baja AISI 1020 dan pegas daun dengan variasi lipatan pada studi eksperimental ini, diharapkan dapat meningkatkan kualitas material dalam dunia industri dengan kelebihan sifat mekanik yang dihasilkan.

### **1.2 Perumusan Masalah**

Pada penulisan ini perumusan masalah yang menjadi pokok penelitian adalah untuk mengetahui seberapa besar pengaruh variasi lipatan terhadap sifat mekanik dan metallografi pada baja dengan metode komposit lamina.

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Mengetahui sifat mekanik dan struktur mikro pada komposit lamina dengan variasi jumlah lipatan hasil dari penempaan.

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini yaitu memberikan masukan pada dunia industri tentang pengaruh variasi lipatan pada baja agar didapatkan sifat mekanik yang baik, dan juga menambah kualitas untuk barang-barang perkakas .

### **1.5 Batasan Masalah**

Agar analisa yang dilakukan menjadi lebih sederhana tanpa mengurangi maksud dan tujuannya. Maka pada analisa sifat mekanik penempaan hanya dibatasi pada :

1. Penempaan antar lapisan dianggap sempurna.
2. Gaya penempaan menggunakan gaya manual.
3. Tempatur untuk penempaan dianggap konstan.

### **1.6 Metodologi Penulisan**

Metode penulisan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Studi Literatur  
Dengan mempelajari literatur-literatur yang ada untuk menambah pemahaman mengenai bahan teknik dan ilmu logam serta metalurgi dan sifat mekanik suatu material khususnya untuk bahan teknik.
2. Observasi  
Dengan melakukan peninjauan langsung di Laboratorium D3 Teknik Mesin FTI-ITS dan Industri Kerajinan Pande di Bojonegoro guna mendapatkan data-data yang diinginkan.

### **1.7 Sistematika Penulisan**

Penulisan tugas akhir ini disusun dengan sistematika sebagai berikut :

- **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini berisi latar belakang, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan, manfaat, metodologi penulisan, dan sistematika pembuatan laporan.

- **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab ini menjelaskan dasar teori yang menjadi pembahasan dalam tugas akhir ini.

- **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini berisi urutan-urutan pengerjaan yang meliputi : material yang digunakan, jenis-jenis pengujian dan langkah pengujian yang telah dilakukan dari hasil pengujian.

- **BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN**

Pada bab ini dijelaskan pembahasan dan penganalisaan dari hasil pengujian yang sudah dilakukan.

- **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Pada akhir pengerjaan tugas akhir ini akan didapatkan suatu kesimpulan dan saran yang didapat dari penelitian yang telah dilakukan.

- **DAFTAR PUSTAKA**

- **LAMPIRAN**

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

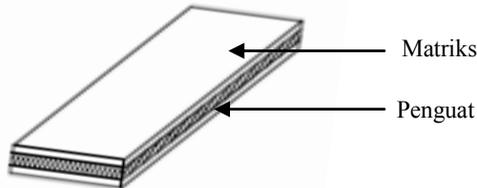
## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Material Komposit

Material komposit di definisikan sebagai kombinasi antara dua material atau lebih yang berbeda bentuknya, komposisi kimianya, dan tidak saling melarutkan dimana material yang satu berperan sebagai penguat dan yang lainnya sebagai pengikat. Secara sederhana dapat didefinisikan komposit terdiri dari dua material yang berbeda propertiesnya dan perbedaannya itu dilihat secara makroskopis. Komposit memiliki sifat yang lebih bagus dari logam-logam lain karena adanya perpaduan antara satu material dengan material yang lainnya.

Pada umumnya komposit dibentuk dari dua jenis material yang berbeda, yaitu:

1. Matriks, kekuatannya lebih rendah.
2. Penguat, kekuatannya lebih tinggi



*Gambar 2.1 Struktur pembentuk komposit*

Secara garis besar ada 3 macam jenis komposit berdasarkan penguat yang digunakannya, yaitu :

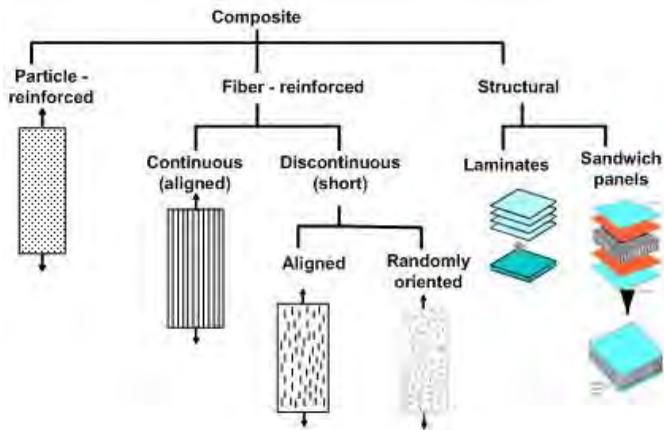
❖ **Fibrous Composites ( Komposit Serat )**

Merupakan jenis komposit yang hanya terdiri dari satu lamina atau satu lapisan yang menggunakan penguat berupa serat / fiber. Fiber yang digunakan bisa berupa glass fibers, carbon fibers, aramid fibers (poly aramide), dan sebagainya. Fiber ini bisa disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman.

- ❖ Laminated Composites ( Komposit Laminat )  
Merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri.
- ❖ Particulate Composites ( Komposit Partikel )  
Merupakan komposit yang menggunakan partikel/serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriksnya.

Berdasarkan Strukturnya, material komposit dibagi menjadi 3, yaitu :

- ❖ Particulate Composite Materials (komposit partikel) merupakan jenis Komposit yang menggunakan partikel/butiran sebagai penguat (pengisi). Partikel berupa logam atau non logam dapat digunakan sebagai penguat.
- ❖ Fibrous Composite Materials (komposit serat) terdiri dari dua komponen penyusun yaitu matriks dan serat.
- ❖ Structural Composite Materials (komposit berlapis) terdiri dari sekurang-kurangnya dua material berbeda yang direkatkan bersama-sama. Proses pelapisan dilakukan dengan mengkombinasikan aspek terbaik dari masing-masing lapisan untuk memperoleh bahan yang berguna.



*Gambar 2.2 Klasifikasi komposit*

## 2.2 Material Logam

### 2.2.1 Baja Karbon

Baja karbon dapat diklasifikasikan berdasarkan jumlah kandungan karbonnya terdiri atas tiga macam, yaitu baja karbon rendah, sedang, dan tinggi.

#### a. Baja Karbon Rendah

Baja ini disebut baja ringan (mild steel) atau baja perkakas, baja karbon rendah bukan baja yang keras, karena kandungan karbonnya rendah kurang dari 0,3%. Baja ini dapat dijadikan mur, baut, ulir sekrup, peralatan senjata, alat pengangkat presisi, batang tarik, perkakas silinder, dan penggunaan yang hamper sama. Penggilingan dan penyesuaian ukuran baja dapat dilakukan dalam keadaan panas. Hal itu dapat ditandai dengan melihat lapisan oksida besinya dibagian permukaan yang berwarna hitam. Baja juga dapat diselesaikan dengan pengerjaan dingin dengan cara merendam atau mencelupkan baja ke dalam larutan asam yang berguna untuk mengeluarkan lapisan oksidanya.

Setelah itu, baja diangkat dan digiling sampai ukuran yang dikehendaki, selanjutnya didinginkan. Proses ini menghasilkan baja yang lebih licin, sehingga lebih baik sifatnya dan bagus untuk dibuat mesin perkakas.

b. Baja Karbon Sedang

Baja karbon sedang mengandung karbon 0,3-0,6% dan kandungan karbonnya memungkinkan baja untuk dikeraskan sebagian dengan pengerjaan panas (heat treatment) yang sesuai. Proses pengerjaan panas menaikkan kekuatan baja dengan cara digiling. Baja karbon sedang digunakan untuk sejumlah peralatan mesin seperti roda gigi otomotif, poros bubungan, poros engkol, sekrup, dan alat angkat presisi.

c. Baja Karbon Tinggi

Baja karbon tinggi yang mengandung karbon 0.6-1.5 %, dibuat dengan cara digiling panas. Pembentukan baja ini dilakukan dengan cara menggerinda permukaannya, misalnya batang bor dan batang datar. Apabila baja ini digunakan untuk bahan produksi maka harus dikerjakan dalam keadaan panas dan digunakan untuk peralatan mesin-mesin berat, batang-batang pengontrol, alat-alat tangan seperti palu, obeng, tang, dan kunci mur, bja pelat, pegas kumparan, dan sejumlah peralatan pertanian.

d. Baja Paduan

Baja paduan dihasilkan dengan biaya yang lebih mahal dari baja karbon karena bertambahnya biaya untuk penambahan pengerjaan yang khusus yang dilakukan di dalam industri atau pabrik. Baja paduan dapat didefinisikan sebagai suatu baja yang dicampur dengan satu atau lebih unsure campuran seperti nikel, kromium, molibden, vanadium, managan, dan wolfram yang berguna untuk memperoleh sifat-sifat baja yang dikehendaki

(keras, kuat, dan ulet), tetapi unsur karbon tidak dianggap sebagai salah satu unsur campuran. Suatu kombinasi antara dua atau lebih unsure campuran memberikan sifat khas dibandingkan dengan menggunakan satu unsure campuran, misalnya baja yang dicampur dengan unsure kromium dan nikel akan menghasilkan baja yang mempunyai sifat keras dan kenyal (sifat logam ini membuat baja dapat dibentuk dengan cara dipalu, ditempa, diroll, dan ditarik tanpa mengalami patah atau retak). Baja paduan digunakan karena keterbatasan baja karbon sewaktu dibutuhkan sifat-sifat yang spesial dari pada baja karbon adalah reaksinya terhadap pengerjaan panas dan kondisinya. Sifat-sifat spesial yang diperoleh dengan percampuran termasuk sifat kelistrikan, magnetis, koefisien spesifik dari pemuaian panas dan tetap keras pada pemanasan yang berhubungan dengan pemotongan logam.

### **2.2.2 Baja SUP 9 (Pegas Daun)**

Baja SUP adalah jenis baja yang digunakan khusus untuk membuat pegas dengan proses pengerjaan panas yang meliputi pegas daun (Leaf/Laminate spring), pegas koil (coil spring), pegas torsi (torsion bar spring), menurut JIS G 4801, 1981. Baja SUP ini dibagi sembilan grade masing-masing grade tersebut dapat dilihat pada table di bawah ini.

**Tabel 2.1** Pengelompokan Baja SUP dan kegunaannya

Designation of grade		Remark
SUP 3	High carbon steel	Mainly used for lami
SUP 6	Silicon manganese steel	Mainly used for laminated spring , coiled spring and torsion bar spring .
SUP 7		
SUP 9		
SUP 9A	Manganese chromium steel	
SUP 10	Chromium vanadium steel	Mainly used forcoiled spring and torsion bar spring
SUP 11A	Manganese chromium boron steel	Mainly used for laminated spring , coiled spring and torsion bar spring .
SUP 12	Silikon chromium steel	Mainly used for spring
SUP 13	Chromium molybdenum steel	Mainly used for laminted spring and colled spring

### 2.3 Definisi Tempa

Forging atau penempaan adalah proses pembentukan logam secara plastis dengan memberikan gaya tekan pada logam yang akan dibentuk. Gaya tekan yang diberikan bisa secara manual maupun secara mekanis. Dalam proses forging bisa dikerjakan pada pengerjaan dingin (hot work) maupun pengerjaan panas (cold work).

Sedangkan proses penempaan ada dua macam antara lain:

1. Tempa pukul (Hammer Forging)
2. Tempa cetak (Die Forging)

Pada tempa pukul benda kerja diberikan gaya penekanan di atas landasan tempa (anvil), sehingga aliran material diatur oleh si penempa. Sedangkan pada tempa cetak gaya penekanan dilakukan melalui mesin pada cetakan yang tersedia, dengan demikian aliranmaterial diatur oleh dinding cetakan.

Penempaan merupakan seni pengerjaan logam yang paling tua dan mempunyai asal - usul dari pande besi zaman injil kuno. Pengembangan mesin - mesin untuk mengganti lengan pande besi terjadi pada awal Revolusi Industri. Pada saat ini terdapat berbagai jenis tempa yang mampu membuat bagian - bagian mesin, mulai dari baut, hingga rotor turbin atau sayap pesawat terbang. Sebagian proses tempa dilakukan dalam keadaan panas, walaupun beberapa logam dapat ditempa dalam keadaan dingin.

Ada dua kelompok utama peralatan - peralatan yang digunakan pada proses tempa, antara lain : palu tempa atau palu tubuk, yang memberikan tumbukan yang cepat ke permukaan logam, kemudian penekanan tempa (kempa - tempa), permukaan logam ditekan secara pelan - pelan. Dua buah kategori umum proses penempaan adalah :

1. Penempaan cetakan terbuka
2. Penempaan cetakan tertutup

Penempaan cetakan terbuka dilakukan diantara 2 cetakan datar atau cetakan - cetakan yang bentuknya amat sederhana (up setting). Tempa cetakan tertutup menggunakan cetakan yang dikerjakan dengan teliti untuk menghasilkan produk tempa dengan toleransi yang tepat.

## **2.4 Kekerasan**

Kekerasan didefinisikan sebagai ketahanan sebuah benda (benda kerja) terhadap penetrasi/daya tembus dari bahan lain yang lebih keras (penetrator). Kekerasan merupakan suatu sifat dari bahan yang sebagian besar dipengaruhi oleh unsur-unsur paduannya dan kekerasan suatu bahan tersebut dapat berubah bila dikerjakan dengan cold worked seperti pengerolan, penarikan, pemakanan dan lain-lain serta kekerasan dapat dicapai sesuai kebutuhan dengan perlakuan panas. Kekerasan suatu bahan (baja) dapat diketahui dengan pengujian kekerasan memakai mesin uji kekerasan (hardness tester) menggunakan tiga cara/metoda yang

telah banyak/ umum dilakukan yaitu metoda Brinell, Rockwell dan Vickers.

## 2.5 Uji Kekerasan

Kekerasan sebenarnya merupakan suatu istilah yang sulit didefinisikan secara tepat, karena setiap bidang ilmu dapat memberikan definisinya sendiri – sendiri sesuai dengan persepsi dan keperluannya. Dalam engineering yang menyangkut logam, kekerasan sering dinyatakan sebagai kemampuan untuk menahan indentasi/penetrasi/abrasi. Ada beberapa cara pengujian kekerasan yang digunakan untuk menguji kekerasan logam, yaitu :

1. Pengujian kekerasan rockwell
2. Pengujian kekerasan brinell
3. Pengujian kekerasan vickers

### 2.5.1 Pengujian kekerasan Rockwell

Prinsip pengujian pada metoda Rockwell adalah dengan menekankan penetrator ke dalam benda kerja dengan pembebanan dan kedalaman indentasi memberin harga kekerasan yaitu perbedaan ke dalaman indentasi yang didapatkan dari beban mayor dan minor. Pengujian dengan Rockwell C memakai penetrator *SperoconicalDiamond* (permataberbentukkerucut) dengan sudut puncak kerucut permata  $120^\circ$  dan dengan beban minor 10kg dan beban mayor 150kg atau beban awal  $F_0=10\text{kg}$ , beban tambahan  $F_1=140\text{kg}$ , beban total  $F=10+140=150\text{kg}$ .

Kekerasan Rockwell C dapat juga ditulis dengan:

$$\text{HRC}=100-e$$

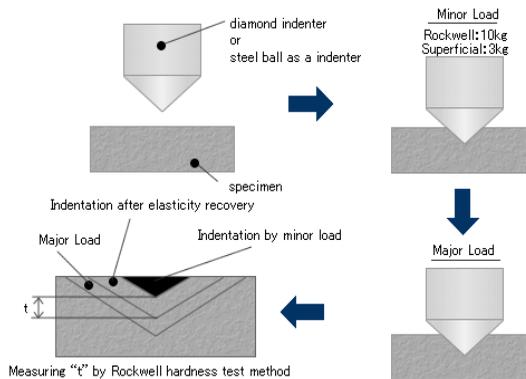
dimana:

$e$  = Pertambahan ke dalaman indentasi permanen dengan beban awal, setelah beban awal dihilangkan dan pertambahan dinyatakan dengan satuan  $0,002\text{mm}$ .

Mesin uji kekerasan dengan metoda Rockwell dipakai karena:

1. Digunakan untuk mengukur benda kerja yang dikeraskan.

2. Mesin uji kekerasan Rockwell dapat memberikan harga kekerasan secara langsung dari benda kerja yang ditest pada penunjuk (*indikator*) sehingga membuat waktu pengujian relatif lebih cepat.



**Gambar 2.3** Pengujian kekerasan Rockwell

### 2.5.2 Pengujian Kekerasan Brinell

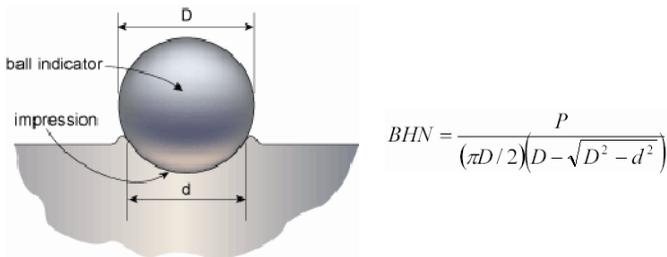
Pengujian Brinell adalah salah satu cara pengujian kekerasan yang paling banyak digunakan. Pada pengujian Brinell digunakan bola baja yang dikeraskan sebagai indenter. Indentor ini ditusukkan ke permukaan logam yang diuji dengan gaya tekan tertentu selama waktu tertentu pula (antara 10 sampai 30 detik). Karena penusukan (indentasi) itu maka pada permukaan logam tersebut akan terjadi tapak tekan. Kekerasan Brinell dihitung sebagai :

**BHN = gaya tekan / luas tapak tekan**

Biasanya pada pengujian kekerasan Brinell yang standar menggunakan bola baja yang dikeraskan berdiameter 10 mm, gaya tekan 3000 kg (untuk pengujian kekerasan baja) atau 100 kg atau 500 kg (untuk logam non ferrous yang lebih lunak) dengan lama penekanan 10 sampai 15 detik. Tetapi mengingat kekerasan bahan yang diuji dan juga tebal bahan (supaya tidak terjadi indentasi yang terlalu dalam atau terlalu dangkal) boleh digunakan gaya tekan dan indenter dengan diameter yang berbeda

asalkan selalu dipenuhi persyaratan  $P/D^2 = \text{konstan}$ . Dengan memenuhi persyaratan tersebut, maka hasil pengukuran tidak akan berbeda banyak bila diuji dengan gaya tekan/diameter bola indenter yang berbeda. Harga konstanta ini untuk baja adalah 30, untuk tembaga atau paduan tembaga 10 dan untuk aluminium/paduan aluminium 5.

Untuk pengujian logam yang sangat keras (diatas 500 BHN) bahan indenter dari baja yang dikeraskan tidak cukup baik, karena indenter itu sendiri mungkin mulai terdeformasi, maka digunakan bola dari karbida tungsten, yang mampu mengukur sampai kekerasan sekitar 650 BHN.



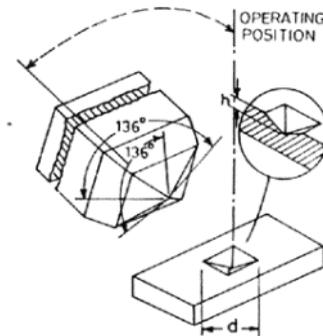
**Gambar 2.4** Pengujian Kekerasan Brinell

### 2.5.3 Pengujian Kekerasan Vickers

Prinsip dasar pengujian ini sama dengan pengujian Brinell, hanya saja disini digunakan indenter intan yang berbentuk piramid ber alas bujur sangkar dan sudut puncak antara 2 sisi yang berhadapan 136°. Tapak tekannya tentu akan berbentuk bujur sangkar, dan diukur panjang kedua diagonalnya lalu diambil rata – ratanya.

Hasil pengujian kekerasan vickers ini tidak bergantung pada besarnya gaya tekan (tidak seperti pada brinell), dengan demikian Vickers dapat mengukur kekerasan bahan mulai dari yang lunak (5HVN) sampai yang amat keras (1500HVN) tanpa perlu mengganti gaya tekan. Besarnya gaya tekan yang dipilah antara 1 – 120 kg, tergantung pada kekerasan / ketebalan bahan

yang diuji agar diperoleh tapak tekan yang mudah diukur dan tidak ada *anvil effect* (pada benda yang tipis).

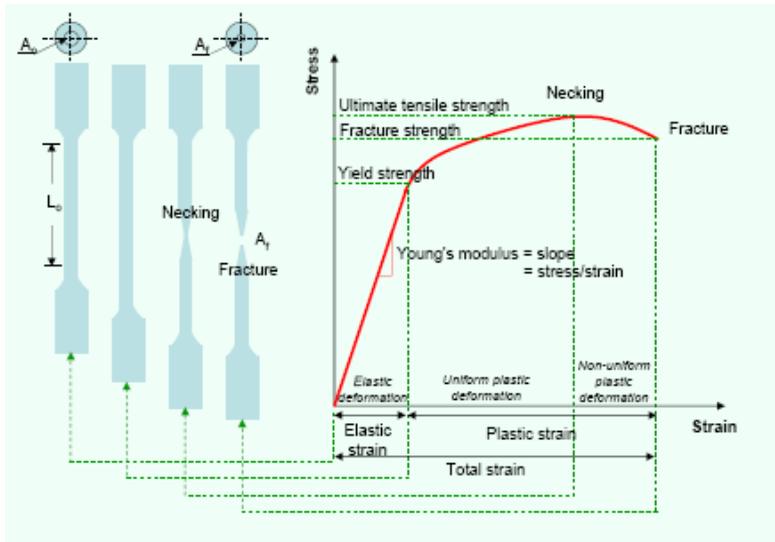


**Gambar 2.5** Pengujian Kekerasan Vickers

## 2.6 Pengujian Tarik

Kekuatan tarik merupakan sifat mekanik yang penting, terutama untuk perencanaan konstruksi maupun perencanaan logam. Kekuatan suatu bahan dapat diketahui dengan melakukan uji tarik pada bahan yang bersangkutan. Dari pengujian tarik tersebut dapat pula diketahui sifat-sifat antara lain: kekuatan mulur (*yield strength*), panjang (*elongation*), reduksi penampang (*reduction area*), modulus elastisitas (*modulus young*) dan ketangguhan (*toughness*).

Pada pengujian tarik dipakai benda uji standar yang dicekam pada sebuah mesin penguji, kemudian benda tersebut ditarik dengan kecepatan pembebanan tertentu.



**Gambar 2.6** Diagram Tegangan Regangan Nominal

Dari diagram diatas tampak bahwa pada tegangan yang kecil grafik berupa garis lurus, ini berarti bahwa besarnya regangan yang timbul sebagai akibat tegangan yang kecil tersebut berbanding lurus dengan besarnya tegangan yang bekerja ( hukum hook ). Jika benda uji ditarik oleh kekuatan yang tidak melebihi batas ini maka benda uji tersebut akan mengalami deformasi elastis, yang berarti benda tersebut akan kembali ke panjang semula setelah tegangan dihilangkan. Jika tegangan yang diberikan lebih besar maka benda tersebut akan mengalami deformasi plastis.

Pada saat batang uji menerima beban sebesar  $F$  kg maka batang uji (yaitu panjang uji) akan bertambah panjang sebesar  $\Delta L$  mm.

Pada saat itu batang uji bekerja *tegangan* yang besarnya :

$$\sigma = F/A_0$$

Juga pada saat itu pada batang uji terjadi *regangan* yang besarnya :

$$\varepsilon = (L - L_0) / L_0 = \Delta L / L_0$$

Dimana:  $A_0$  = luas penampang batang uji mula-mula.

$L_0$  = panjang mula-mula

$L$  = panjang saat menerima beban

Tegangan dituliskan dengan satuan  $\text{kg/mm}^2$ ,  $\text{kg/cm}^2$ ,  $\text{psi}$  (pond per square inch) atau MPa (Mega Pascal =  $10^6$  N/m<sup>2</sup>). Sedangkan untuk regangan dapat dinyatakan dengan persentase pertambahan panjang, satuannya adalah persen (%) atau mm/mm, atau in/in.

**Kekakuan ( stiffness )** Suatu bahan yang memiliki kekakuan tinggi bila mendapat beban (dalam batas elastiknya) akan mengalami deformasi elastik tetapi hanya sedikit saja. Kekakuan ditunjukkan oleh *modulus elastisitas* ( Young's Modulus, E) :

$$E = \sigma_{el} / \varepsilon_{el}$$

Makin besar harga E, makin kaku. Harga E untuk semua baja hampir sama saja sekitar  $2,15 \times 10^6$   $\text{kg/cm}^2$  atau  $30 \times 10^6$   $\text{psi}$ , harga ini hampir tidak terpengaruh oleh komposisi kimia, laku-panas dan proses pembentukannya (sifat mekanik lain akan terpengaruh oleh hal-hal tersebut).

**Kekuatan tarik (Tensile strength)** menunjukkan kemampuan untuk menerima beban tanpa menjadi rusak atau putus. Ini dinyatakan tegangan maksimum sebelum putus. Kekuatan tarik (Ultimate tensile strength) :

$$\text{UTS} = \sigma_u = F_{\max} / A_0$$

UTS atau kekuatan tarik ini sering dianggap sebagai data terpenting yang diperoleh dari hasil pengujian tarik, karena

biasanya perhitungan – perhitungan kekuatan dihitung atas dasar kekuatan ini (sekarang ada kecenderungan untuk mendasarkan perhitungan kekuatan pada dasar yang lebih rasional yaitu yield point/yield strength). Pada baja, kekuatan tarik akan naik seiring dengan naiknya kadar karbon dan paduan.

**Keuletan (ductility)** menggambarkan kemampuan untuk berdeformasi secara plastis tanpa menjadi patah. Dapat diukur dengan besarnya tegangan plastik yang terjadi setelah batang uji putus. Keuletan biasanya dinyatakan dengan presentase perpanjangan (percentage elongation).

$$D_0 = (L - L_0) / L_0 \times 100 \%$$

## 2.7 Metallography Test

Metalografi adalah salah satu cara untuk melakukan pemeriksaan struktur mikro pada logam dengan pengamatan di bawah mikroskop optik. Dengan analisa mikrostruktur, kita dapat mengamati bentuk dan ukuran kristal logam, kerusakan logam akibat proses deformasi, proses perlakuan panas, dan perbedaan komposisi. Sifat-sifat logam terutama sifat mekanis dan sifat fisis sangat mempengaruhi mikrostruktur logam dan paduannya, disamping komposisi kimianya. Struktur mikro suatu logam dapat diubah dengan jalan perlakuan panas maupun dengan proses perubahan bentuk (deformasi) dari logam yang akan diuji.

Pada uji metalografi terdapat 2 skala pengamatan, yaitu:

1. Skala pengamatan struktur makro (macrostructure). Struktur makro adalah struktur dari logam yang terlihat secara makro pada permukaan yang dietsa dari spesimen yang telah dipoles. Pengamatan pada struktur makro dilakukan dengan perbesaran 10x atau lebih kecil.
2. Skala pengamatan struktur mikro (microstructure). Struktur mikro adalah struktur dari sebuah permukaan logam yang telah disiapkan secara khusus yang terlihat dengan menggunakan pembesaran 100x atau lebih besar.

Langkah-langkah tahapan metalografi antara lain :

### 1. Pemotongan spesimen (cutting)

Proses pemotongan merupakan pemindahan material dari sampel yang besar menjadi spesimen ukuran kecil. Pemilihan sampel yang tepat dari suatu benda uji studi mikroskopik merupakan hal yang sangat penting. Pemilihan sampel tersebut didasarkan pada tujuan pengamatan yang hendak dilakukan. Pengambilan sampel harus direncanakan sedemikian rupa sehingga menghasilkan sampel yang sesuai dengan kondisi rata-rata bahan atau kondisi di tempat-tempat tertentu (kritis), dengan memperhatikan kemudahan pemotongan pula.

Secara garis besar, pengambilan sampel dilakukan pada daerah yang akan diamati mikrostruktur maupun makrostrukturnya. Sebagai contoh, untuk pengamatan mikrostruktur material yang mengalami kegagalan, maka sampel diambil sedekat mungkin pada daerah kegagalan (pada daerah kritis dengan kondisi terparah), untuk kemudian dibandingkan dengan sampel yang diambil dari daerah yang jauh dari daerah gagal. Perlu diperhatikan juga bahwa dalam proses memotong, harus dicegah kemungkinan deformasi dan panas yang berlebihan. Oleh karena itu, setiap proses pemotongan harus diberi pendinginan yang memadai.

### 2. Pembungkaihan (Mounting)

Spesimen yang berukuran kecil atau memiliki bentuk yang tidak beraturan akan sulit untuk ditangani khususnya ketika dilakukan pengamplasan atau pemolesan akhir. Sebagai contoh adalah spesimen berupa kawat, spesimen lembaran tipis dll. Untuk memudahkan penanganannya maka spesimen-spesimen tersebut harus ditempatkan pada suatu media (media mounting). Sebelum melakukan pembungkaihan, pembersihan spesimen haruslah dilakukan dan dibatasi hanya dengan perlakuan yang sederhana agar bagian yang ingin kita lihat tidak hilang. Pembersihan ini bertujuan agar hasil pembungkaihan tidak retak atau pecah akibat pengaruh kotoran yang ada.

Dalam pemilihan material untuk pembersihan, yang perlu diperhatikan adalah perlindungan dan pemeliharaan terhadap spesimen. Bingkai haruslah memiliki kekerasan yang cukup, meskipun kekerasan bukan merupakan suatu indikasi, dari karakteristik abrasif. Material bingkai juga harus tahan terhadap distorsi fisik yang disebabkan oleh panas selama pengamplasan, selain itu juga harus dapat melakukan penetrasi ke dalam lubang yang kecil dan bentuk permukaan yang tidak beraturan.

### 3. Penggerindaan dan Pengamplasan

Perbedaan antara penggerindaan dan pengamplasan terletak pada batasan kecepatan dari kedua cara tersebut. Penggerindaan adalah suatu proses yang memerlukan pergerakan permukaan abrasif yang sangat cepat, sehingga menyebabkan timbulnya panas pada permukaan spesimen. Sedangkan pengamplasan adalah proses untuk mereduksi suatu permukaan dengan pergerakan permukaan abrasif yang bergerak relatif lambat sehingga panas yang dihasilkan tidak terlalu signifikan. Dari proses pengamplasan yang didapat adalah timbulnya suatu sistem yang memiliki permukaan yang relatif lebih halus atau goresan yang seragam pada permukaan spesimen. Pengamplasan juga menghasilkan deformasi plastis lapisan permukaan spesimen yang cukup dalam. Proses pemolesan menggunakan partikel abrasif yang tidak melekat kuat pada suatu bidang tapi berada pada suatu cairan di dalam serat-serat kain. Tujuannya adalah untuk menciptakan permukaan yang sangat halus sehingga bisa sehalus kaca sehingga dapat memantulkan cahaya dengan baik. Pada pemolesan biasanya digunakan pasta gigi, karena pasta gigi mengandung Zn dan Ca yang akan dapat menghasilkan permukaan yang sangat halus. Proses untuk pemolesan hampir sama dengan pengamplasan, tetapi pada proses pemolesan hanya menggunakan gaya yang kecil pada abrasif, karena tekanan yang didapat diredam oleh serat-serat kain yang menyangga partikel.

### 4. Pemolesan spesimen (Polishing)

Setelah diampelas sampai halus, sampel harus dilakukan pemolesan. Pemolesan bertujuan untuk memperoleh permukaan sampel yang halus, bebas goresan dan mengkilap seperti cermin dan menghilangkan ketidakteraturan sampel. Permukaan sampel yang akan diamati di bawah mikroskop harus benar-benar rata. Apabila permukaan sampel kasar atau bergelombang, maka pengamatan struktur mikro akan sulit untuk dilakukan karena cahaya yang datang dari mikroskop dipantulkan secara acak oleh permukaan sampel. Tahap pemolesan dimulai dengan pemolesan kasar terlebih dahulu kemudian dilanjutkan dengan pemolesan halus.

#### 5. Pengetsaan (Etching)

Etsa dilakukan dalam proses metalografi adalah untuk melihat struktur mikro dari sebuah spesimen dengan menggunakan mikroskop optik. Spesimen yang cocok untuk proses etsa harus mencakup daerah yang dipoles dengan hati-hati, yang bebas dari deformasi plastis karena deformasi plastis akan mengubah struktur mikro dari spesimen tersebut. Proses etsa untuk mendapatkan kontras dapat diklasifikasikan atas proses etsa tidak merusak (*non disctructive etching*) dan proses etsa merusak (*disctructive etching*).

- Etsa tidak merusak (Non Destructive Etching)

Etsa tidak merusak terdiri atas etsa optik dan perantaraan kontras dari struktur dengan pencampuran permukaan secara fisik terkumpul pada permukaan spesimen yang telah dipoles. Pada etsa optik digunakan teknik pencahayaan khusus untuk menampilkan struktur mikro. Beberapa metode etsa optik adalah pencahayaan gelap (*dark field illumination*), polarisasi cahaya mikroskop (*polarized light microscopy*) dan *differential interference contrast*.

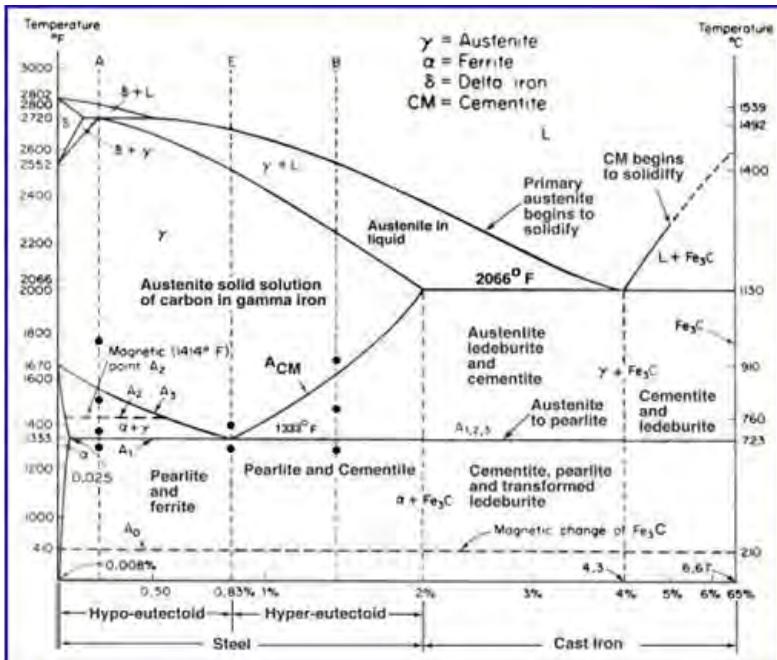
Pada penampakan kontras dengan lapisan perantara, struktur mikro ditampilkan dengan bantuan interferensi

permukaan tanpa bantuan bahan kimia. Spesimen dilapisi dengan lapisan transparan yang ketebalannya kecil bila dibandingkan dengan daya pemisah dari mikroskop optik. Pada mikroskop interfensi permukaan, cahaya yang terjadi pada sisa-sisa film dipantulkan ke permukaan perantara spesimen.

- Etsa merusak (Destructive Etching)  
Etsa merusak adalah proses perusakan permukaan spesimen secara kimia agar terlihat kontras atau perbedaan intensitas dipermukaan spesimen. Etsa merusak terbagi dua metode yaitu etsa elektrokimia (*electrochemical etching*) dan etsa fisik (*physical etching*). Pada etsa elektrokimia dapat diasumsikan korosi terpaksa, dimana terjadi reaksi serah terima elektron akibat adanya beda potensial daerah katoda dan anoda. Beberapa proses yang termasuk etsa elektrokimia adalah etsa endapan (*precipitation etching*), metode pewarnaan panas (*heat tinting*), etsa kimia (*chemical etching*) dan etsa elektrolit (*electrolytic etching*).

## 2.8 Struktur Mikro

Diagram kesetimbangan fasa Fe-Fe<sub>3</sub>C adalah alat penting untuk memahami struktur mikro dan sifat-sifat baja karbon.



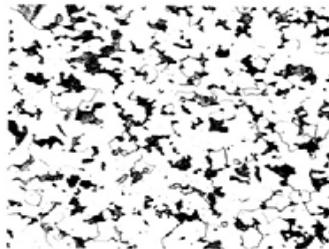
*Gambar 2.7 Diagram Fasa Fe-Fe<sub>3</sub>C*

Karbon larut di dalam besi dalam bentuk larutan padat (solution) hingga 0,05% berat pada temperature ruang. Baja dengan karbon terlaurt hingga jumlah tersebut memiliki alpha ferrite pada temperature ruang. Pada kadar karbon lebih dari 0,05% akan terbentuk endapan karbon dalam bentuk hard intermetallic stoichiometric compound (Fe<sub>3</sub>C) yang dikenal sebagai cementite atau carbide. Selain larutan padat alpha-ferrite yang dalam kesetimbangan dapat ditemukan pada temperature ruang terdapat fase-fase penting lainnya, yaitu delta-ferrite dan gamma-austenite. Logam Fe murni, misalnya, alpha-ferrite akan berubah menjadi gamma-austenite saat dipanaskan melewati temperature 910C. Pada temperature yang lebih tinggi, mendekati 1400C gamma-austenite akan kembali berubah menjadi delta-

ferrite. (Alpha dan Delta) Ferrite dalam hal ini memiliki struktur Kristal BCC sedangkan (Gamma) Austenite memiliki struktur Kristal FCC.

### 2.8.1 Ferrite

Ferrite adalah faselarutan padat yang memiliki struktur BCC (body centered cubic). Ferrite dalam keadaan setimbang dapat ditemukan pada temperatur ruang, yaitu alpha-ferrite atau pada temperature tinggi, yaitudelta-ferrite. Secara umum fase ini bersifat lunak (soft), ulet (ductile), dan magnetic (magnetic) hingga temperature tertentu. Kelarutan karbon di dalam fase ini relative lebih kecil dibandingkan dengan kelarutan karbon di dalam fase larutan padat lain di dalam baja, yaitu fase Austenite. Pada temperature ruang, kelarutan karbn di dalam alpha-ferrite hanyalah sekitar 0,05%. Berbagai jenis baja dan besi tuang dibuat dengan mengeksploitasi sifat-sifat ferrite. Baja lembaran berkadar karbon rendah dengan fase tunggal ferrite misalnya, banyak diproduksi untuk proses pembentukan logam lembaran. Dewasa ini bhakan telah dikembangkan baja berkarbon ultra rendah untuk karakteristik mampu bentuk yang lebih baik. Kenaikan kadar karbon secara umum akan meningkatkan sifat-sifat mekanik ferrite sebagaimana telah sebelumnya. Untuk paduan baja dengan fase tunggal ferrite, factor lain yang berpengaruh signifikan terhadap sifat-sifat mekanik adalah ukuran butir.

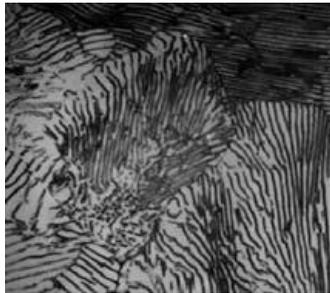


Ferrite with traces of pearlite in a hypoeutectoid steel

*Gambar 2.8 Ferrite*

### 2.8.2 Pearlite

Pearlite adalah suatu campuran lamellar dari ferrite dan cementite. Konstituen ini terbentuk dari dekomposisi Austenite melalui reaksi eutektoid pada keadaan setimbang, dimana lapisan ferrite dan cementite terbentuk secara bergantian untuk menjaga keadaan kesetimbangan komposisi eutektoid. Pearlite memiliki struktur yang lebih keras daripada ferrite, yang terutama disebabkan oleh adanya fase cementite atau carbide dalam bentuk lamel-lamel.

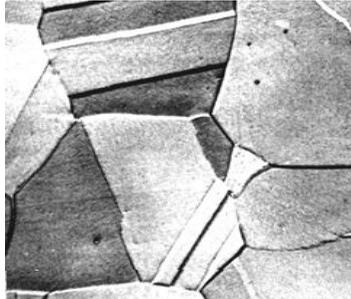


*Gambar 2.9 Perlite*

### 2.8.3 Austenite

Fase Austenite memiliki struktur atom FCC (Face Centered Cubic). Dalam keadaan setimbang fase Austenite ditemukan pada temperature tinggi. Fase ini bersifat non magnetic dan ulet (ductile) pada temperature tinggi. Kelarutan atom karbon di dalam larutan padat Austenite lebih besar jika dibandingkan dengan kelarutan atom karbon pada fase Ferrite. Secara geometri, dapat dihitung perbandingan besarnya ruang intertisi di dalam fase Austenite (atau Kristal FCC) dan fase Ferrite (atau Kristal BCC). Perbedaan ini dapat digunakan untuk menjelaskan fenomena transformasi fase pada saat pendinginan Austenite yang berlangsung secara cepat. Selain pada temperature tinggi, Austenite pada system Ferrous dapat pula direkayasa agar lebih stabil pada temperature ruang. Elemen-elemen seperti Mangan dan Nikel misalnya dapat menurunkan laju transformasi dari gamma-austenite menjadi alpha-ferrite. Dalam jumlah tertentu

elemen-elemen tersebut akan menyebabkan Austenite stabil pada temperature ruang.



*Gambar 2.10 Austenite*

#### **2.8.4 Cementite**

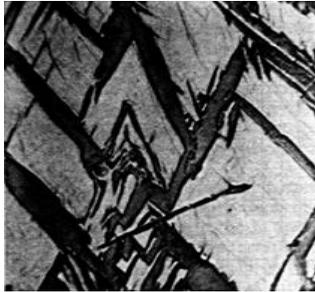
Cementite atau carbide dalam sistem paduan berbasis besi adalah stoichiometric inter-metallic compound  $Fe_3C$  yang keras (hard) dan getas (brittle). Nama cementite berasal dari kata caementum yang berarti stone chip atau lempengan batu. Cementite sebenarnya dapat terurai menjadi bentuk yang lebih stabil yaitu Fe dan C sehingga sering disebut sebagai fase metastabil. Namun, untuk keperluan praktis, fase ini dianggap sebagai fase stabil. Cementite sangat penting peranannya di dalam membentuk sifat-sifat mekanik akhir baja. Cementite dapat berada di dalam sistem besi baja dalam berbagai bentuk seperti: bentuk bola (sphere), bentuk lembaran (berselang-seling dengan Alpha-Ferrite), atau partikel-partikel carbide kecil. Bentuk, ukuran, dan distribusi karbon dapat direkayasa melalui siklus pemanasan dan pendinginan. Jarak rata-rata antar karbida, dikenal sebagai lintasan Ferrite rata-rata (Ferrite Mean Path), adalah parameter penting yang dapat menjelaskan variasi sifat-sifat besi baja. Variasi sifat luluh baja diketahui berbanding lurus dengan logaritmik lintasan ferrite rata-rata.



*Gambar 2.11 Cementit*

### **2.8.5 Martensite**

Martensite adalah mikro konstituen yang terbentuk tanpa melalui proses difusi. Konstitusi ini terbentuk saat Austenite didinginkan secara sangat cepat, misalnya melalui proses quenching pada medium air. Transformasi berlangsung pada kecepatan sangat cepat, mendekati orde kecepatan suara, sehingga tidak memungkinkan terjadi proses difusi karbon. Transformasi martensite diklasifikasikan sebagai proses transformasi tanpa difusi yang tidak tergantung waktu (*diffusionless time-independent transformation*). Martensite yang terbentuk berbentuk seperti jarum yang bersifat sangat keras (*hard*) dan getas (*brittle*). Fase martensite adalah fase metastabil yang akan membentuk fase yang lebih stabil apabila diberikan perlakuan panas. Martensite yang keras dan getas diduga terjadi karena proses transformasi secara mekanik (*geser*) akibat adanya atom karbon yang terperangkap pada struktur Kristal pada saat terjadi transformasi polimorf dari FCC ke BCC. Hal ini dapat dipahami dengan membandingkan batas kelarutan atom karbon di dalam FCC dan BCC serta ruang intertisi maksimum pada kedua struktur kristal tersebut.



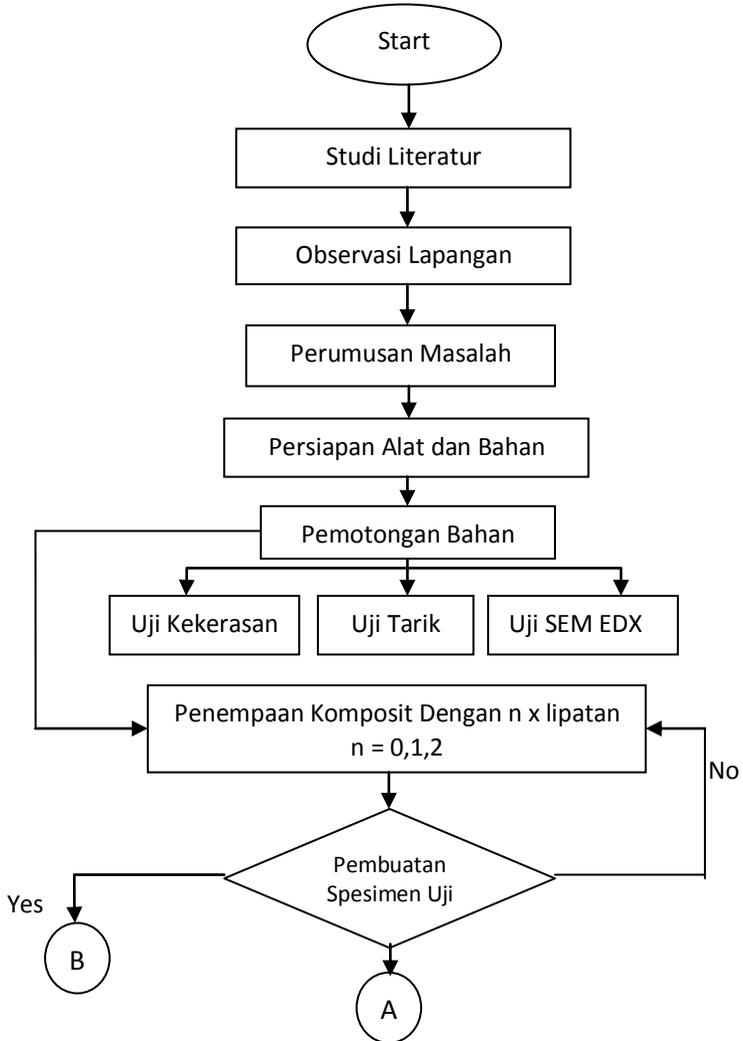
*Gambar 2.12 Martensit*

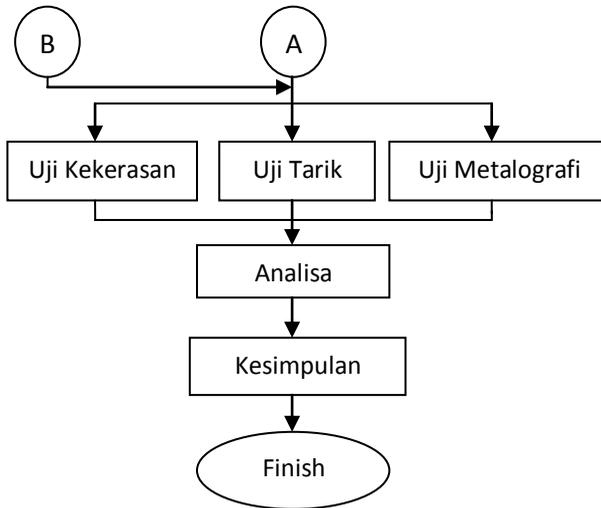
## **2.9 Pengujian SEM EDX**

SEM EDX adalah sistem analisis yang menggabungkan SEM dan EDX ke dalam satu unit yang dirancang pada konsep pengembangan produk yang memungkinkan orang untuk mencapai pengamatan dengan cepat, jelas dan akurat dengan menggunakan analisis elemen EDX dalam pengoperasiannya. Analisa SEM EDX dilakukan untuk memperoleh gambaran permukaan material dengan resolusi yang tinggi hingga diperoleh tampilan permukaannya sehingga bisa dianalisis komposisi dari material tersebut.

# BAB III METODOLOGI PENELITIAN

## 3.1 Flowchart Penelitian





*Gambar 3.1 Flowchart Penelitian*

### **3.2 Studi Literatur**

Melakukan studi literature tentang komposit dan proses tempa pukul (hammer forging) pada buku-buku atau referensi-referensi yang mendukung.

### **3.3 Observasi Lapangan**

Observasi lapangan meliputi pembelajaran tentang cara pembuatan komposit lamina hasil tempa pukul di tempat Pande di Bojonegoro.

### **3.4 Perumusan Masalah**

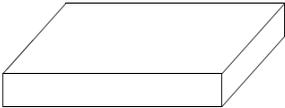
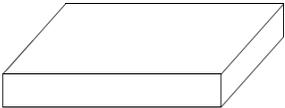
Setelah melakukan observasi lapangan ditetapkan suatu kasus untuk dirumuskan menjadi suatu permasalahan yang akan diteliti. Penetapan batasan masalah untuk memperjelas lingkup penelitian.

### 3.5 Persiapan Alat dan Bahan

#### 3.5.1 Persiapan Bahan

Persiapan bahan komposit laminate terdiri dari :

**Tabel 3.1** Spesifikasi Bahan

No	Bahan	Spesifikasi
1	Baja AISI 1020 : sebagai matriks 	Komposisi : 0,18-0,23%C , 0,3-0,6%Mn, 0,4%P; 0,5%S  Kekuatan tarik : 172.63 N/mm <sup>2</sup>  Kekerasan : 67,5 HRB
2	Baja SUP 9 : sebagai penguat komposit 	Komposisi : 0,22-0,28%C, 0,3-0,6%Mn, 0,4%P, 0,5%S  Kekuatan Tarik : 400.33 N/mm <sup>2</sup>  Kekerasan : 78,83 HRB

#### 3.5.2 Persiapan Alat

Peralatan-peralatan yang dibutuhkan dalam penempaan spesimen komposit diantaranya sebagai berikut :

##### 1. Dapur Tempa

Dapur tempa adalah tempat untuk membakar/memanaskan benda kerja yang akan dibentuk. Dapur tersebut hanya mampu untuk menampung benda dengan kapasitas kecil sehingga pengeluaran api kecil dan khusus untuk benda-benda berukuran kecil saja.



*Gambar 3.2 Dapur Tempa*

2. Arang kayu sebagai bahan bakar



*Gambar 3.3 Arang Kayu*

3. Palu tempa

Palu yang digunakan ada dua macam yaitu palu biasa yang digunakan untuk membentuk/memukul benda kerja dan palu perata yaitu alat bantu untuk lebih meratakan suatu permukaan benda kerja dan meninipiskan benda kerja.



***Gambar 3.4 Palu Tempa Biasa***



***Gambar 3.5 Palu Perata***

#### 4. Anvil

Anvil digunakan sebagai landasan pada waktu kita menempa.



***Gambar 3.6 Anvil***

### 5. Penjepit

Penjepit digunakan untuk menjepit dan memutar benda kerja yang sedang ditempa.



*Gambar 3.7 Penjepit*

### 6. Alat pemotong

Alat pemotong ini berfungsi untuk memotong benda kerja dengan cara menempelkan pada benda kerja kemudian dipukul dengan palu untuk memotong benda kerja.



*Gambar 3.8 Pemotong benda kerja*

## 7. Blower

Blower pada proses penempaan berfungsi untuk mempercepat pembakaran dan pemanasan arang kayu yang dibakar yang menjadikan benda kerja lebih mudah untuk ditempa.



*Gambar 3.9 Blower*

### 3.6 Pemotongan Bahan

-Untuk uji spesimen awal :

Pemotongan bahan ini digunakan untuk menguji sifat mekanik bahan dan uji SEM EDX untuk melihat komposisi kimia dari bahan uji. Pemotongan spesimen dilakukan sesuai dengan ukuran standart yang dipakai. Untuk uji kekerasan dibuat dengan ukuran pxlxt 20x20x10 mm. Untuk uji tarik dengan ukuran pxlxt 300x50x4 mm. Dan untuk uji SEM EDX dibuat dengan ukuran pxlxt 10x10x10 mm.

-Untuk spesimen komposit :

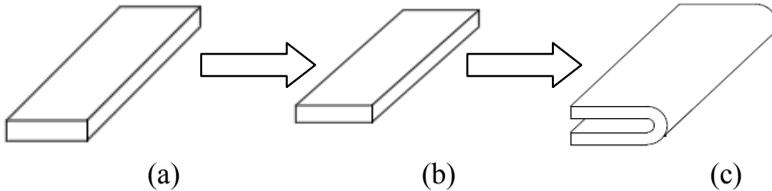
Pemotongan bahan ini digunakan sebagai bahan pembuatan spesimen komposit yang dilakukan dengan cara tempa. Pemotongan bahan ini dilakukan dengan ukuran pxlxt 300x50x7 mm.

### 3.7 Penempaan Komposit Lamina

#### 3.7.1 Penempaan Baja AISI 1020

Baja AISI 1020 ditempa pada temperatur  $\pm 1000^{\circ}\text{C}$  dengan gaya manual dari ketebalan 6mm menjadi 5mm,

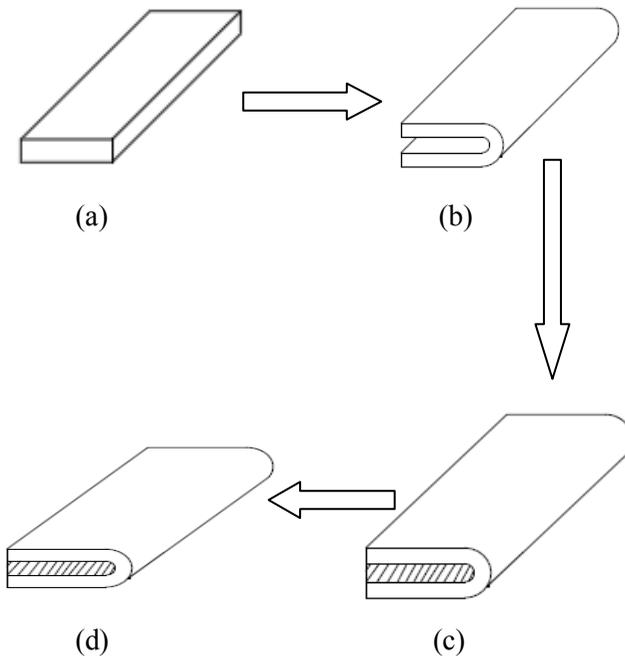
kemudian lembaran baja AISI 1020 tersebut dilipat arah melebar seperti gambar berikut :



**Gambar 3.10** Proses Penempaan Baja AISI 1020  
(a) AISI 1020 yang belum ditempa, (b) AISI 1020 yang sudah ditempa, (c) AISI 1020 yang sudah dilipat

### 3.7.2 Pembuatan Komposit Tanpa Lipatan

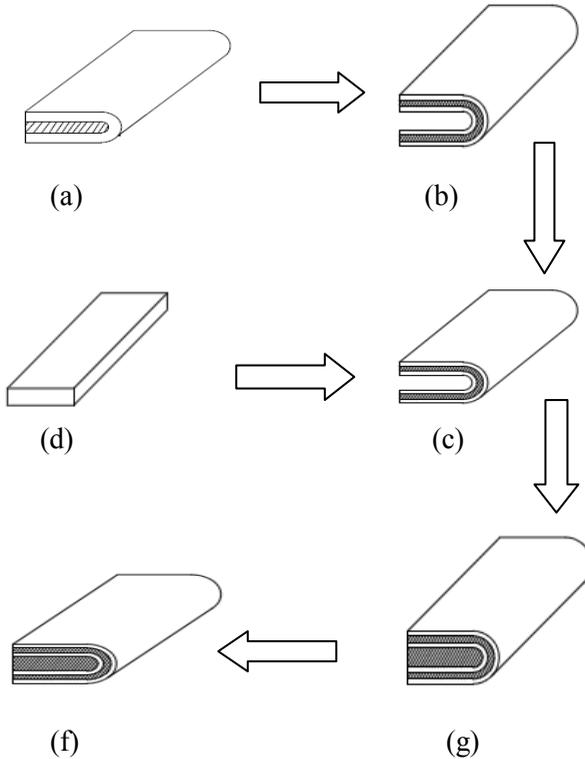
Pada pembuatan komposit tanpa lipatan, Baja SUP 9 dengan tebal 4mm dimasukkan ke tengah-tengah Baja AISI 1020 yang sudah dilipat. Susunan baja tersebut ditempa pada temperatur  $\pm 700^{\circ}\text{C}$  dari tebal 14mm sampai menjadi lembaran bahan komposit lamina dengan ketebalan 10mm. Lalu komposit tanpa lipatan ditipiskan sampai mencapai ketebalan 7 mm



**Gambar 3.11** Pembuatan Spesimen Komposit Tanpa Lipatan :  
 (a) Baja SUP 9 yang akan disisipkan ke dalam baja AISI 1020,  
 (b) Baja AISI 1020, (c) Bahan komposit yang sudah ditempa,  
 (d) Komposit yang ditipiskan

### 3.7.3 Pelipatan Komposit Satu Kali Lipatan

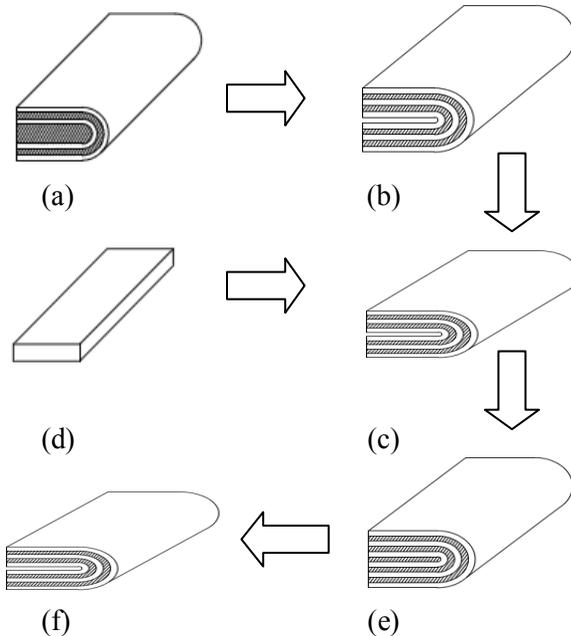
Setelah didapatkan komposit awal dengan ketebalan 7mm, komposit tersebut dipanaskan pada temperatur  $\pm 1000^{\circ}\text{C}$  lalu dilipat lagi satu kali dengan arah melebar dan ketebalannya menjadi 14mm dan ditempa pada temperature  $\pm 1000^{\circ}\text{C}$  menjadi ketebalan 10mm. Lalu komposit dibuka dengan menggunakan pahat pemotong dan dimasukkan sisipan Baja SUP 9 dengan ketebalan 4mm dan ditempa pada temperatur  $\pm 1000^{\circ}\text{C}$  dari ketebalan 14mm menjadi 7mm.



**Gambar 3.12** Pembuatan bahan komposit dengan satu kali lipatan : (a) Komposit awal tanpa lipatan, (b) Komposit awal tanpa lipatan dilipat, (c) Komposit awal ditipiskan, (d) Baja SUP 9 untuk sisipan, (e) Komposit satu lipatan, (f) Komposit satu lipatan yang ditipiskan

### 3.7.4 Pembuatan Komposit Dua Kali Lipatan

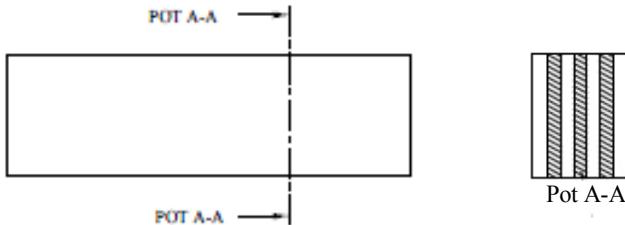
Setelah didapatkan komposit dengan satu kali lipatan dengan ketebalan 9mm, kemudian dipanaskan pada temperatur  $\pm 1000^{\circ}\text{C}$  lalu dibuka dengan menggunakan pahat pemotong dan dimasukkan sisipan Baja SUP 9 dengan ketebalan 4mm dan ditepa pada temperature  $\pm 1000^{\circ}\text{C}$  dari tebal 13mm menjadi 7mm.



**Gambar 3.13** Pembuatan komposit dengan dua kali lipatan  
 (a) Komposit satu lipatan, (b) Komposit satu lipatan dilipat, (c)  
 Komposit satu lipatan dibuka, (d) Baja SUP 9 untuk sisipan, (e)  
 Komposit dua lipatan, (f) Komposit dua lipatan ditipiskan

### 3.8 Pembuatan Benda Uji

Komposit lamina yang telah jadi dengan masing-masing variasi lipatan (0,1,2) dipotong menjadi dua. Potongan pertama untuk uji tarik dan potongan kedua dengan lebar 1cm untuk metalografi dan uji kekerasan Rockwell yang ditunjukkan oleh potongan A-A.



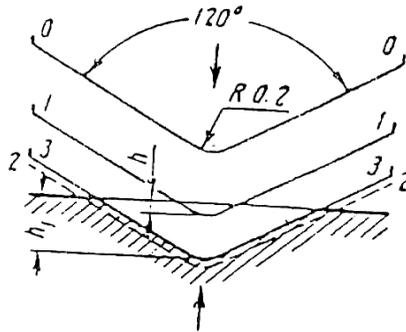
*Gambar 3.14 Penampang spesimen*

### 3.9 Pengujian Sifat Mekanik dan Metalografi

#### 3.9.1 Uji Kekerasan

Dalam pengujian kekerasan spesimen komposit ini menggunakan tipe pengujian kekerasan Rockwell. Pada pengujian kekerasan Rockwell, angka kekerasan yang diperoleh merupakan fungsi dari kedalaman indentasi pada spesimen akibat pembebanan statis. Pada pengujian dengan metode Rockwell dapat digunakan dua bentuk indenter, yaitu berbentuk bola dari baja yang dikeraskan dengan berbagai diameter, dan berbentuk kerucut dari intan (diamond cone). Beban yang diberikan pada saat indentasi disesuaikan dengan bentuk dan dimensi indenter, seperti tercantum pada table 3.2. Pengujian ini banyak dilakukan di industri karena pelaksanaannya lebih cepat, dimana angka kekerasan spesimen uji dapat dibaca langsung pada dial mesin.

Prosedur pengujian kekerasan Rockwell dilakukan dengan melakukan indenter dengan beban awal 10 kg, yang menyebabkan kedalaman indentasi  $h_0$ , jarum penunjuk diset pada angka nol skala hitam, kemudian beban mayor diberikan. Cara kerja ini secara skematik ditunjukkan pada gambar. 3.15



**Gambar 3.15** Prinsip Kerja Rockwell

Angka kekerasan Rockwell tidak bersatuan, tetapi didahului dengan satu huruf depan seperti pada table 3.2 yang menyatakan kondisi pengujian. Angka skala pada mesin terdiri dari dua skala, yaitu merah dan hitam, berbeda 30 angka kekerasan. Skala Rockwell terbagi 100 divisi, dimana setiap divisi sebanding dengan kedalaman indentasi 0,002 mm. Angka kekerasan Rockwell B dan Rockwell C dinyatakan sebagai kedalaman indentasi ( $h_1$ ) dapat ditulis sebagai berikut :

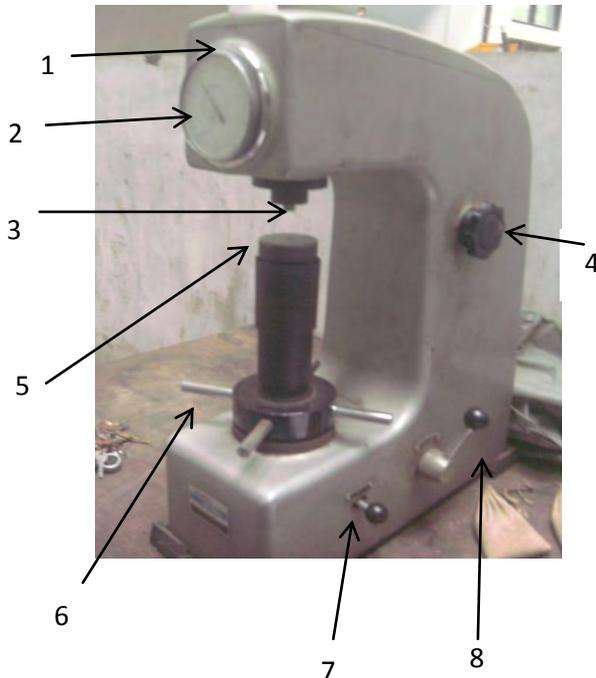
$$R_B = 130 - \frac{\text{kedalaman indentasi (mm)}}{0,002}$$

$$R_C = 100 - \frac{\text{kedalaman indentasi (mm)}}{0,002}$$

**Tabel 3.2** Skala Uji Kekerasan Rockwell

Skala & Huruf Depan	Indentor	Beban Mayor	Skala yang dibaca
B	Bola 1/16"	100 kg	Merah
C	Kerucut Intan	150 kg	Hitam

Dari table 3.2. terlihat bahwa skala merah untuk indentor bola, sedangkan skala hitam untuk indentor kerucut intan. Disamping itu dari berbagai skala Rockwell skala B dan C yang banyak digunakan. Rockwell skala B digunakan untuk logam lunak, seperti kuningan, bronze, dan logam yang kekerasannya sedang seperti baja karbon rendah, baja karbon sedang yang dianneal. Rockwell skala C digunakan untuk material yang kekerasannya di atas 100 pada skala B. Daerah kerja skala C di atas 20. Baja yang terkeras sekitar  $RC = 70$ .  
Peralatan yang dibutuhkan :



**Gambar 3.16** Alat Uji Kekerasan Rockwell

Keterangan :

1. Kerangka luar indikator
2. Indikator
3. Indentor
4. Dashpot / pengatur beban
5. Anvil / landasan
6. Handwheel
7. Handle pelepas gaya uji utama
8. Handle untuk mengaplikasikan gaya uji utama
9. Dashpot / pengatur beban

Adapun langkah-langkah dari pengujian kekerasan Rockwell adalah sebagai berikut :

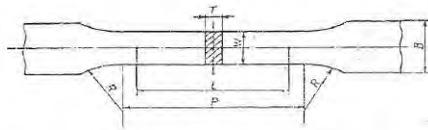
1. Permukaan (atas dan bawah) spesimen harus datar, halus, serta bebas dari kotoran, minyak, benda asing, maupun cacat.
2. Memasang indentor pada pemegang indentor.
3. Menempatkan indentor pada mesin.
4. Dashpot/pengatur beban diatur pada pembebanan 100 kg (untuk Rockwell B) atau 150 kg (untuk Rockwell C).
5. Putarlah handwheel untuk mengangkat landasan dengan perlahan untuk menaikkan penetrator sampai penunjuk kecilnya berada pada tanda merah dan penunjuk besarnya berputar tiga kali dan berhentilah dengan arah vertical.
6. Putarlah kerangka luar dari indikator untuk mendapatkan garis panjang tertulis di antara garis b dan c sejajar dengan penunjuk besar.
7. Tariklah handle untuk mengaplikasikan gaya uji utama, pada saat itu penunjuk besar dari indikator berputar berlawanan dengan arah jarum jam.
8. Ketika penunjuk indikator berhenti, doronglah handle pelepasnya dengan perlahan untuk melepaskan gaya uji utamanya.

9. Melihat angka kekerasan pada skala dial di mesin (skala merah untuk Rockwell B dan skala hitam untuk Rockwell C).
10. Putarlah handwheel untuk menurunkan dan mengambil benda uji. Apabila ingin mengadakan pengujian baru, ulangi menurut prosedur nomor 5-9 seperti dijelaskan di atas.

### 3.9.2 Uji Tarik

Tujuan dari uji tarik ini untuk mengetahui sifat mekanis kekuatan tarik, kekuatan elastis dan keuletan. Hal-hal yang dilakukan dalam pengujian tarik adalah sebagai berikut :

1. Pemotongan spesimen Uji Tarik  
Spesimen komposit dipotong sesuai standart uji tarik menggunakan standart JIS Z 2201 type 13A.



Type of test piece	Width $W$	Gauge length $L$	Parallel length $P$	Radius of fillet $R$	Thickness $T$	Width of gripped portion $B$
13A	20	80	120 approx.	20 to 30	Thickness of material	—
13B	12.5	50	60 approx.	20 to 30	Thickness of material	30 min.

Unit : mm

**Gambar 3.17** Standart uji tarik JIS Z 2201

2. Mesin yang dipakai menggunakan Mesin uji tarik yang ada di laboratorium D3 Teknik Mesin ITS.
3. Catat data dimensi spesimen dan memasukkannya dalam mesin tarik sebelum diuji.
4. Hidupkan mesin dan pasang spesimen pada penjepit.
5. Selama penarikan perhatikan perubahan yang terjadi pada spesimen dan grafik pada layar computer.
6. Setelah patah, spesimen dilepas dari penjepit.

7. Kedua bagian spesimen digabungkan, kemudian panjang spesimen diukur dan catatlah pertambahan panjangnya.
8. Ukur dan catat diameter spesimen pada bagian yang patah (mengalami *necking*).

### 3.9.3 Uji Metalografi

Sifat mekanik tidak hanya tergantung pada komposisi kimia suatu paduan, tapi juga tergantung pada struktur mikronya. Suatu paduan dengan komposisi kimia yang sama dapat memiliki struktur mikro yang berbeda dan sifat mekaniknya pun akan berbeda.

Untuk dapat melihat struktur mikro suatu paduan (material) maka diperlukan mikroskop dengan perbesaran yang tinggi, yaitu sampai 1000 kali. Melalui pengujian metalografi maka dapat dilihat dan dianalisa struktur mikronya kemudian dapat dikaitkan dengan sifat material tersebut. Pembentukan struktur mikro erat kaitannya dengan proses pembuatan material tersebut, meliputi pemberian paduan dan perlakuan lanjut seperti perlakuan panas.

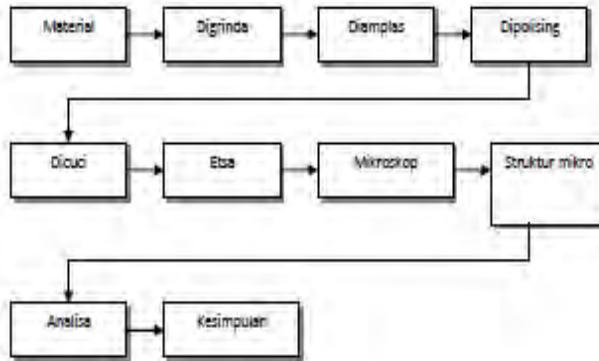
Peralatan yang dibutuhkan :

- Mikroskop
- Grinda meja
- Botol alcohol
- Cawan keramik

Bahan yang dibutuhkan :

- Kertas amplas
- Air
- Alkohol
- Etsa (Nital = 5 ml  $\text{HNO}_3$  + 100 ml Alkohol 95%)

### 3.9.3.1 Prosedur Uji Metalografi



*Gambar 3.18 Aliran proses uji metalografi*

#### 1. Material

Pengambilan material dilakukan dengan langkah sebagai berikut :

- a. Pemotongan material dengan menggunakan gergaji mesin.
- b. Lakukan pengamplasan kering (no.40) selama  $\pm$  45 menit. Hal ini dilakukan untuk menghilangkan goresan hasil pengerindaan / penggergajian. sampai didapatkan alur goresan segaris atau alur hasil pengerindaan sebelumnya hilang.
- c. Lakukan pengamplasan basah (dengan pemberian air), yaitu mulai amplas no. 120 s.d no. 1000.
- d. Ganti piringan amplas dengan piringan polishing. Lakukan polishing sample sebaiknya diputar-putar untuk menghindari *shadow effect*, sampai didapatkan permukaan yang rata mengkilat tidak ada bekas amplas.
- e. Setelah didapatkan permukaan sampel yang halus dan mengkilat tanpa goresan, bersihkan permukaan sampel dengan air mengalir kemudian dengan alkohol.

- f. Keringkan permukaan permukaan sample dengan pengering, jangan disentuh karena lemak dari tangan dapat mengotori permukaan sampel.



**Gambar 3.19** Mesin Polishing

## 2. Etsa

Pengetsaan adalah mereaksikan sampel dengan larutan kimia yang khusus dibuat dengan itu. Cara melakukannya seperti pada langkah sebagai berikut:

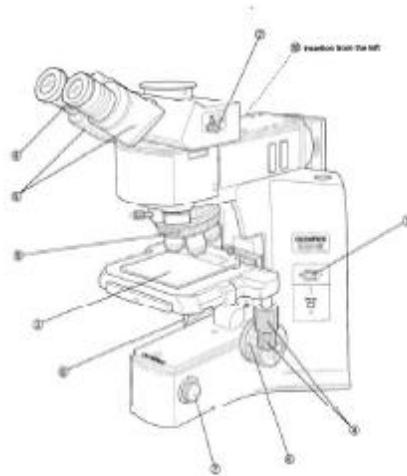
- a. Mencelupkan permukaan sampel kedalam cairan etsa yang berada dalam cawan keramik selama 1 menit.
- b. Bilaslah dengan air, kemudian basuhlah dengan alkohol setelah itu keringkan pada udara panas.

## 3. Mikroskop

Mikroskop ini digunakan untuk melihat struktur mikro, adapun langkah-langkah yang dalam mengoperasikan mikroskop adalah:

- (a) Nyalakan komputer terlebih dahulu.
- (b) Pastikan kabel konektor (USB) yang menghubungkan antara mikroskop dan komputer terpasang dengan baik.
- (c) Nyalakan *Control Box (olympus video)* terlebih dahulu sebelum menyalakan mikroskop dengan menekan tombol power.
- (d) Kemudian nyalakan mikroskop dengan menekan tombol power pada mikroskop tersebut.

- (e) Setelah *Control Box* dan mikroskop dalam kondisi menyala, periksalah koneksi sekali lagi antara komputer dan mikroskop. Apabila belum terkoneksi, periksalah kembali sambungkan kabel konektor tersebut.
- (f) Setelah semua sambungan terkoneksi dengan baik, ambilah gambar struktur mikro yang terlihat pada *olympus video* atau pada mikroskop dengan menekan tombol *Expose* (berwarna hijau) pada *olympus video*. Biarkan beberapa saat sampai proses selesai.
- (g) Untuk pengambilan gambar, pastikan tanda strip putih pada pojok kiri bawah layar *Control Box (olympus video)* mendekati garis merah.
- (h) Lakukan pengambilan gambar sesuai yang dibutuhkan.
- (i) Untuk mentransfer gambar pada komputer tekanlah icon OLYP 12 pada *desktop*. lalu klik double pada folder My Camera, setelah itu klik pada folder DCIM diteruskan dengan mengklik folder 100 OLYP. Tunggu beberapa saat, biarkan sampai semua gambar tertera pada *soft ware* tersebut.
- (j) Untuk menyipkan gambar, silakan *drag* gambar struktur mikro pada folder dimana anda ingin menyimpannya (ex: pada folder flasdisk anda). Atau anda dapat menyimpannya pada My Document lalu kemudian memindahkannya pada flasdisk.



**Gambar 3.20** Mikroskop

Setelah mendapatkan gambar dari mikroskop, analisa hasil dari foto metalografi spesimen komposit, mencari struktur mikro apa saja yang didapat, dan terakhir menyimpulkannya.

#### **3.9.4. Uji SEM EDX**

SEM EDX adalah sistem analisis yang menggabungkan SEM dan EDX ke dalam satu unit yang dirancang pada konsep pengembangan produk yang memungkinkan orang untuk mencapai pengamatan dengan cepat, jelas dan akurat dengan menggunakan analisis elemen EDX dalam pengoperasiannya. Analisa SEM EDX dilakukan untuk memperoleh gambaran permukaan material dengan resolusi yang tinggi hingga diperoleh tampilan permukaannya sehingga bisa dianalisis komposisi dari material tersebut. Untuk uji SEM EDX ini dilakukan di Laboratorium Jurusan Material & Metalurgi ITS.



*Gambar 3.21 Mesin SEM EDX*

## BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan menggunakan metode kekerasan Rockwell dengan skala HRB. Data-datanya sebagai berikut :

**Tabel 4.1 Data hasil uji kekerasan rockwell bahan awal dengan satuan HRB**

Spesimen	Titik 1	Titik 2	Titik 3	Rata-rata
AISI 1020	67.5	68.5	66.5	<b>67.5</b>
Baja SUP 9	79.5	78	79	<b>78.83</b>

**Tabel 4.2 Data hasil uji kekerasan komposit tanpa lipatan (dalam satuan HRB)**

Titik	Spesimen I	Spesimen II	Spesimen III
1	61	66	69
2	76	71	74.5
3	70	67	72.5
<b>Rata-rata</b>	<b>69</b>	<b>68</b>	<b>72</b>

Dari uji kekerasan komposit tanpa lipatan di atas pada spesimen I,II, dan III didapatkan rata-rata nilai kekerasan sebesar **69.6 HRB**.

**Tabel 4.3 Data hasil uji kekerasan untuk komposit 1 kali lipatan (dalam satuan HRB)**

Titik	Spesimen I	Spesimen II	Spesimen III
1	64.5	75	76
2	65.5	79	65
3	67	82	74
<b>Rata-rata</b>	<b>65.5</b>	<b>78.5</b>	<b>71.6</b>

Dari uji kekerasan komposit tanpa lipatan di atas pada spesimen I,II, dan III didapatkan rata-rata nilai kekerasan sebesar **71.9 HRB**.

**Tabel 4.4 Data hasil uji kekerasan untuk komposit 2 kali Lipatan (dalam satuan HRB)**

Titik	Spesimen I	Spesimen II	Spesimen III
1	98	94.5	72.5
2	94	77.5	87
3	92	77.5	89
<b>Rata-rata</b>	<b>94.66</b>	<b>83.16</b>	<b>82.83</b>

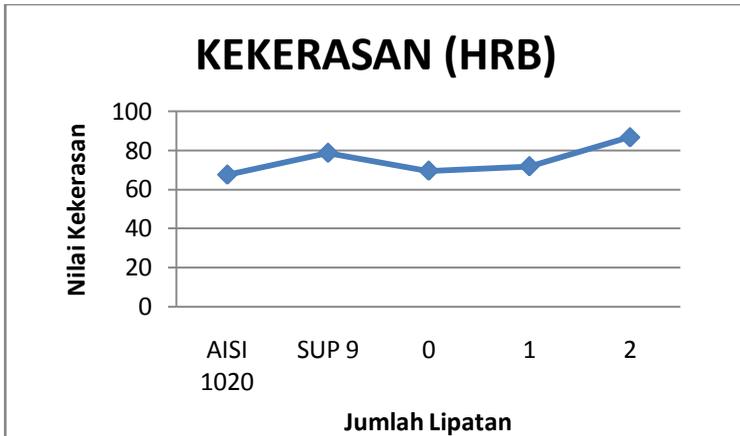
Dari uji kekerasan komposit tanpa lipatan di atas pada spesimen I,II, dan III didapatkan rata-rata nilai kekerasan sebesar **86.83 HRB**.

**Tabel 4.5 Perbandingan nilai kekerasan**

Jenis Spesimen	Nilai Kekerasan (HRB)
AISI 1020 kondisi awal	<b>67.57</b>
Baja SUP 9 kondisi awal	<b>78.83</b>
Komposit tanpa lipatan	<b>69.6</b>
Komposit akhir 1 kali lipatan	<b>71.9</b>
Komposit akhir 2 kali lipatan	<b>86.83</b>

#### **4.1.1 Hubungan Antara Kekerasan Dengan Jumlah Lipatan**

Dari tabel 4.5 dapat dilihat hubungan antara kekerasan dengan variasi jumlah lipatan. Hubungan tersebut dapat ditunjukkan pada grafik di bawah ini :

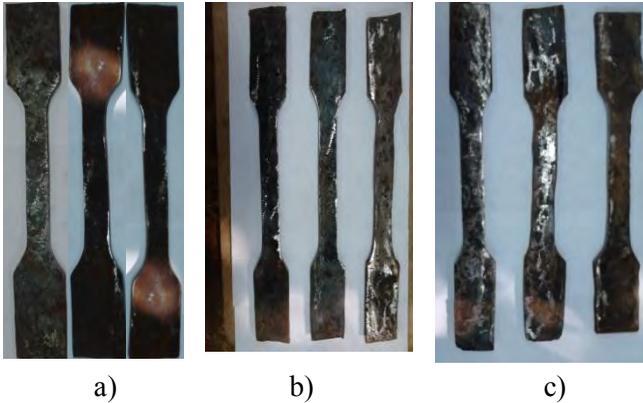


**Grafik 4.1** Hubungan Kekerasan dengan Jumlah Lipatan

Pada grafik diatas dari hasil uji kekerasan Rockwell didapatkan kenaikan nilai kekerasan seiring dengan semakin banyaknya jumlah lipatan. Hasil dari komposit 2 kali lipatan mempunyai nilai kekerasan tertinggi yaitu sebesar 86.83 HRB. Lalu komposit dengan 1 kali lipatan mempunyai nilai kekrasan sebesar 71.9 HRB. Dan komposit tanpa lipatan mempunyai nilai kekerasan yang terendah yaitu sebesar 69.6 HRB.

#### 4.2 Hasil Pengujian Tarik

Pengujian tarik komposit dari hasil penempaan dilakuakn di Laboratorium Metalurgi D3 Teknik Mesin FTI-ITS dengan menggunakan mesin uji tarik type UPD-20.



**Gambar 4.1** Spesimen Uji Tarik : a.) Komposit tanpa lipatan  
b.) Komposit 1kali lipatan, c.) Komposit 2 kali lipatan

Untuk data yang diperoleh dari mesin uji tarik dinyatakan dalam grafik tegangan-regangan (lampiran). Data yang didapatkan dari hasil pengujian tarik diolah untuk dapat menggambarkan sifat bahan secara umum menggunakan rumus :

1. Kekuatan luluh

$$\sigma_y = P_y / A_0$$

Dimana:  $P_y$  = Beban Luluh (N)

$A_0$  = Luas penampang uji mula-mula (mm)

2. Kekuatan tarik

$$UTS = \sigma_u = P_{\max} / A_0$$

Dimana :  $P_{\max}$  = Beban maksimum (N)

$A_0$  = Luas penampang uji mula-mula (mm)

3. Keuletan (ductility) dinyatakan dengan persentase perpanjangan

$$D_0 = (L_f - L_0) / L_0 \times 100\%$$

Dimana :  $L_f$  = Panjang uji setelah putus (mm)

$L_0$  = Panjang uji mula-mula (mm)

4. Modulus elastisitas (kekakuan)

$$E = \sigma_y / \epsilon_y$$

Dimana :  $\sigma_y$  = Tegangan luluh (N/mm<sup>2</sup>)

$\epsilon_y$  = Regangan luluh (mm/mm)

5. Resilien

$$U_R = \frac{1}{2} \sigma_{el} \cdot \epsilon_{el}$$

Dimana :  $\sigma_y$  = Tegangan elastik (N/mm<sup>2</sup>)

$\epsilon_y$  = Regangan elastik (mm/mm)

6. Modulus Ketangguhan

$$U_T = \sigma_u \cdot \epsilon_f$$

Dimana :  $\sigma_u$  = Kekuatan tarik (N/mm<sup>2</sup>)

$\epsilon_f$  = Regangan total pada saat putus (mm/mm)

**Tabel 4.6 Data hasil uji tarik untuk bahan awal**

No. Spec	$\sigma_y$	$\sigma_u$	$\epsilon$	E	$U_R$	$U_T$
AISI 1020	153.59	172.63	26.56	893.61	6.71	45.85
SUP 9	400.33	985.22	30	1906.36	18.01	98.76

**Tabel 4.7 Data hasil uji tarik untuk komposit tanpa lipatan**

No. Spec	$\sigma_y$	$\sigma_u$	$\epsilon$	E	$U_R$	$U_T$
I*	370.38*	382.31*	9.8*	11223.89*	12.03*	37.46*
II	145.9	212.8	11.5	2288.76	3.73	24.47
III	255.49	276.43	8.25	9290.73	7.02	22.8
Rata-rata	257.26	290.51	9.85	7601.13	7.6	28.24

(Catatan : \*Hasil analisa untuk spesimen I, pada logam pengisi (SUP 9) telah patah pada saat ditempa sehingga data uji tariknya agak jauh berbeda dengan spesimen II dan III)

**Tabel 4.8 Data hasil uji tarik untuk komposit 1 kali lipatan**

No. Spec	$\sigma_y$	$\sigma_u$	$\epsilon$	E	$U_R$	$U_T$
I	381.37	389.13	12.25	15255	18.59	47.66
II	322.89	366.17	17.25	11231.26	26.52	63.16
III	395.56	412.19	18	7534.65	23.2	74.19
Rata-rata	366.61	389.16	15.83	11340.3	22.33	61.67

**Tabel 4.9 Data hasil uji tarik untuk komposit 2 kali lipatan**

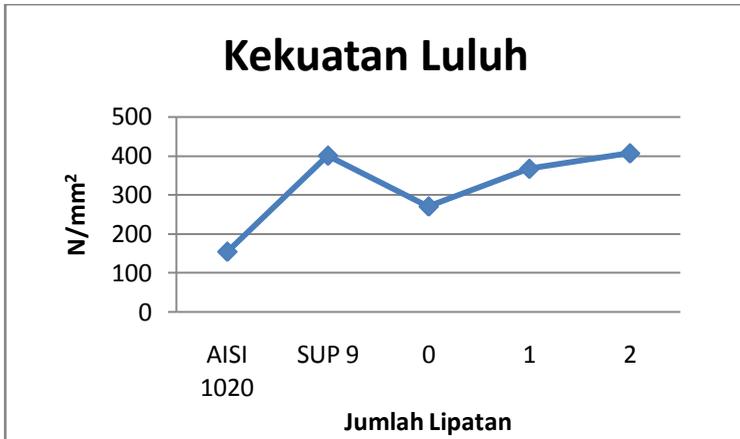
No. Spec	$\sigma_y$	$\sigma_u$	$\epsilon$	E	$U_R$	$U_T$
I	431.9	480.55	14.62	17276.26	26.18	70.28
II	413.3	418.2	16.87	17402.44	29.96	70.28
III	373.86	414.49	17.62	10313.46	26.17	73.05
Rata-rata	406.35	437.75	16.37	14997.39	27.43	71.3

**Tabel 4.10 Data perbandingan hasil uji tarik komposit dengan variasi lipatan**

Jumlah lipatan	$\sigma_y$	$\sigma_u$	$\epsilon$	E	$U_R$	$U_T$
0	269.77	290.5	9.85	7601.13	7.6	28.24
1	366.61	389.16	15.83	11340.3	22.33	61.67
2	406.35	437.75	16.37	14997.39	27.43	71.3

#### 4.2.1 Hubungan Kekuatan Luluh Dengan Jumlah Lipatan

Dari tabel perhitungan akan didapat hubungan antara kekuatan luluh dengan jumlah lipatan pada AISI 1020 dan pegas daun. Hubungan tersebut bisa dilihat pada gambar grafik berikut ini :



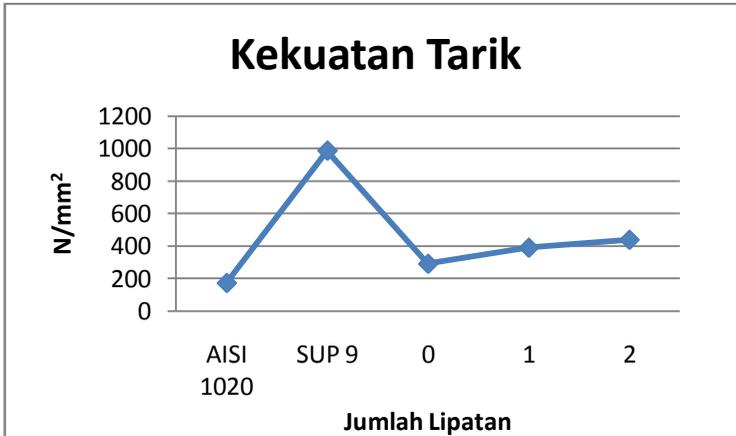
**Grafik 4.2** Hubungan Kekuatan Luluh dengan Jumlah Lipatan

Kekuatan luluh untuk jenis spesimen yang telah divariasikan jumlah lipatannya semakin tinggi dengan semakin banyaknya jumlah lipatan. Nilai kekuatan luluh yang tertinggi didapat pada komposit akhir dua kali lipatan dengan nilai  $406.35 \text{ N/mm}^2$ . Selanjutnya komposit akhir dua lipatan mempunyai yang mempunyai kekuatan luluh sebesar  $366.61 \text{ N/mm}^2$ . Dan komposit tanpa lipatan mempunyai kekuatan luluh yang terendah yaitu sebesar  $269.77 \text{ N/mm}^2$ .

Dari grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai kekuatan luluh komposit dengan 3 variasi lipatan berada diantara nilai dari Baja SUP 9 dan AISI 1020. Dapat disimpulkan bahwa kekuatan luluh komposit dipengaruhi oleh bahan awalnya. Sesuai dengan manfaat dari komposit sendiri yaitu memperbaiki sifat mekanik bahan matriks ( yang mempunyai kekuatan rendah) dengan memadukannya dengan bahan penguat (yang mempunyai kekuatan rendah).

#### 4.2.2 Hubungan Kekuatan Tarik Dengan Jumlah Lipatan

Hubungan antara kekuatan tarik dengan jumlah lipatan pada baja AISI 1020 dan baja pegas daun bisa dilihat pada gambar grafik berikut ini :



**Grafik 4.3** Hubungan Kekuatan Tarik dengan Jumlah Lipatan

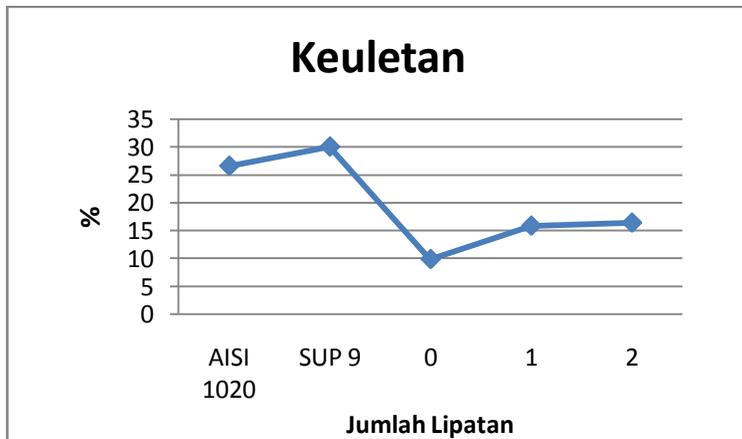
Nilai kekuatan tarik yang tertinggi didapat pada komposit akhir dua kali lipatan dengan nilai  $437.75 \text{ N/mm}^2$ . Selanjutnya komposit akhir satu kali lipatan mempunyai yang mempunyai kekuatan tarik sebesar  $389.16 \text{ N/mm}^2$ . Dan komposit akhir tanpa lipatan mempunyai kekuatan tarik yang terendah yaitu sebesar  $290.5 \text{ N/mm}^2$ .

Naiknya kekuatan tarik akibat banyaknya lipatan ini dikarenakan dengan banyaknya lipatan, lapisan yang terbentuk akan semakin banyak. Semakin banyak lapisan, kekuatan tarik akan bertambah sedikit demi sedikit seiring lapisan yang pertama patah ke lapisan kedua yang patah begitu pula seterusnya sepanjang ketebalan komposit lamina.

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai kekuatan tarik komposit dengan 3 variasi lipatan berada diantara nilai dari Baja SUP 9 dan AISI 1020. Dapat disimpulkan bahwa kekuatan luluh komposit dipengaruhi oleh bahan awalnya. Sesuai dengan

manfaat dari komposit sendiri yaitu memperbaiki sifat mekanik bahan.

### 4.2.3 Hubungan Keuletan Dengan Jumlah Lipatan

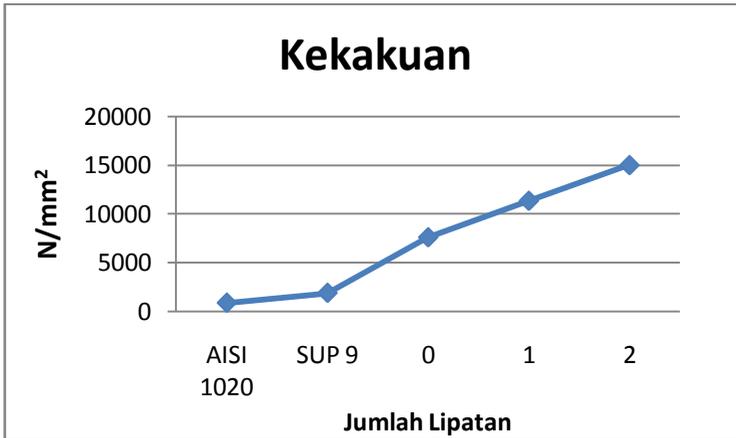


**Grafik 4.4** Hubungan Elongation dengan Jumlah Lipatan

Keuletan untuk jenis spesimen yang telah divariasikan jumlah lipatannya, semakin tinggi dengan semakin banyaknya lipatan. Komposit akhir 2 lipatan punya elongation rata-rata sebesar 16.37 % lebih tinggi dari komposit akhir 1 lipatan dengan elongation rata-rata 15.83 % dan juga dengan komposit tanpa lipatan dengan elongation hanya 9.85 %. Naiknya nilai keuletan akibat banyaknya lipatan dipengaruhi oleh lapisan yang terjadi semakin banyak dan rapat, sehingga regangan untuk mematahkan lapisan semakin bertambah sedikit demi sedikit seiring dari lapisan yang pertama patah kelapisan kedua yang patah dan lapisan ketiga yang patah begitu seterusnya sampai keregangannya yang menyebabkan komposit laminate patah.

Dari grafik diatas juga dapat disimpulkan bahwa nilai keuletan komposit masih jauh dibawah bahan awal pembentuknya.

#### 4.2.4 Hubungan Kekakuan Dengan Jumlah Lipatan

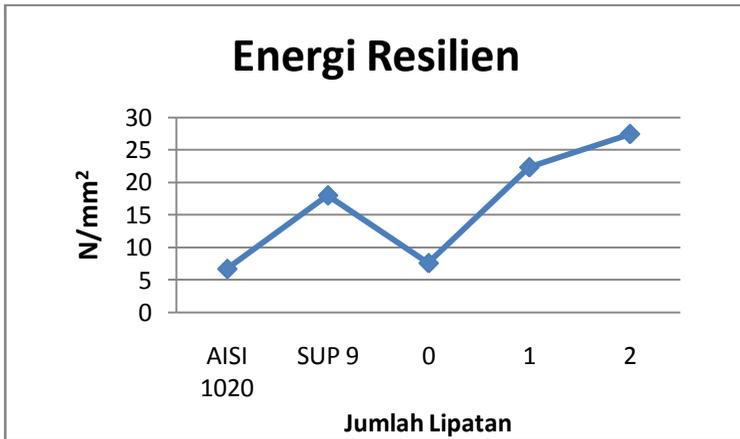


**Grafik 4.5** Hubungan Modulus Elastisitas dengan Jumlah Lipatan

Modulus elastisitas yang menggambarkan kekakuan komposit untuk jenis spesimen yang telah divariasikan jumlah lipatan AISI 1020 dan pegas daun. Nilai kekakuan yang tertinggi didapat pada komposit akhir 2 kali lipatan dengan nilai 14997.39 N/mm<sup>2</sup>. Selanjutnya komposit akhir 1 kali lipatan yang mempunyai nilai kekakuan sebesar 11340.3 N/mm<sup>2</sup>. Dan komposit tanpa lipatan mempunyai kekakuan yang terendah yaitu sebesar 7601.13 N/mm<sup>2</sup>.

Kekakuan komposit semakin naik akibat semakin banyak jumlah lipatan dan nilainya jauh di atas keuletan bahan-bahan awal pembentuknya. Hal ini dikarenakan lapisan yang terjadi semakin banyak dan posisi antara penguat dan matriks akan semakin rapat sehingga tingkat keuletannya semakin naik.

#### 4.2.5 Hubungan Energi Resilien Dengan Jumlah Lipatan

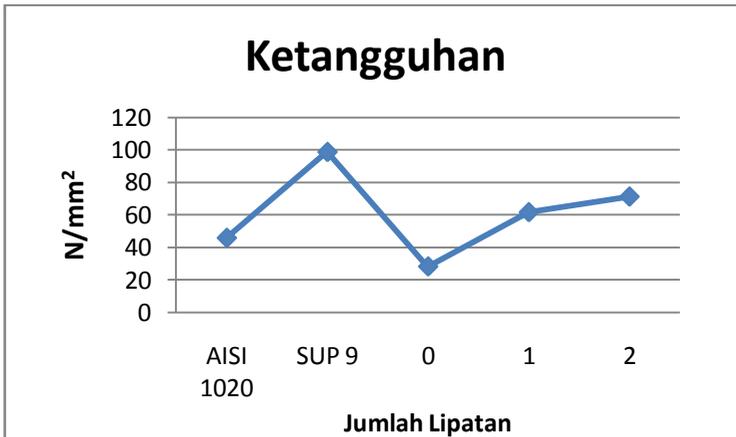


**Grafik 4.6** Hubungan Energi Resilien dengan Jumlah Lipatan

Dari grafik diatas didapatkan garis kurva yang semakin naik. Hal ini menandakan bahwa semakin banyaknya jumlah lipatan semakin tinggi pula energi resiliennya. Nilai resilien yang tertinggi didapat pada komposit akhir dua kali lipatan dengan nilai  $27.43 \text{ N/mm}^2$ . Selanjutnya komposit akhir satu lipatan yang mempunyai nilai resilien sebesar  $22.33 \text{ N/mm}^2$ . Dan komposit tanpa lipatan mempunyai nilai resilien yang terendah yaitu sebesar  $7.6 \text{ N/mm}^2$ .

Semakin banyak jumlah lipatan pada komposit maka semakin tinggi nilai energi resiliennya daripada logam awal pembentuknya (AISI 1020 dan SUP 9).

#### 4.2.6 Hubungan Ketangguhan Dengan Jumlah Lipatan



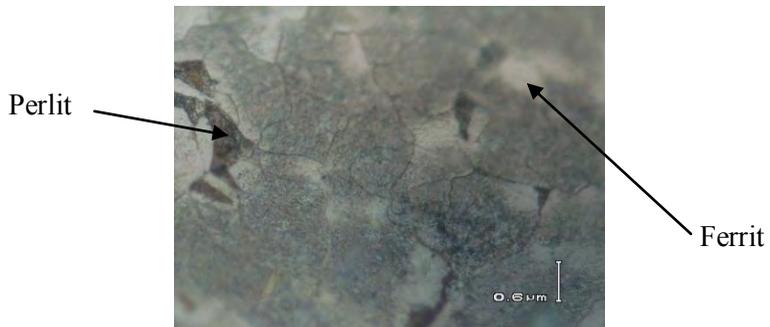
**Grafik 4.7** Hubungan Modulus Ketangguhan dengan Jumlah Lipatan

Modulus elastisitas pada komposit lamina semakin tinggi dengan bertambahnya jumlah lapisan pada komposit. Nilai kekakuan yang tertinggi didapat pada komposit akhir dua kali lipatan dengan nilai  $71.3 \text{ N/mm}^2$ . Selanjutnya komposit akhir satu lipatan mempunyai yang mempunyai tingkat kekakuan sebesar  $61.67 \text{ N/mm}^2$ . Dan komposit tanpa lipatan mempunyai kekakuan yang terendah yaitu sebesar  $28.24 \text{ N/mm}^2$ .

Pada grafik diatas dapat dilihat bahwa nilai kekuatan tarik komposit lamina masih berada diantara nilai dari Baja SUP 9 dan AISI 1020 kecuali untuk komposit tanpa lipatan. Dapat disimpulkan bahwa kekuatan luluh komposit dipengaruhi oleh bahan awalnya. Sesuai dengan manfaat dari komposit sendiri yaitu memperbaiki sifat mekanik bahan.

### 4.3 Hasil Pengujian Metalografi

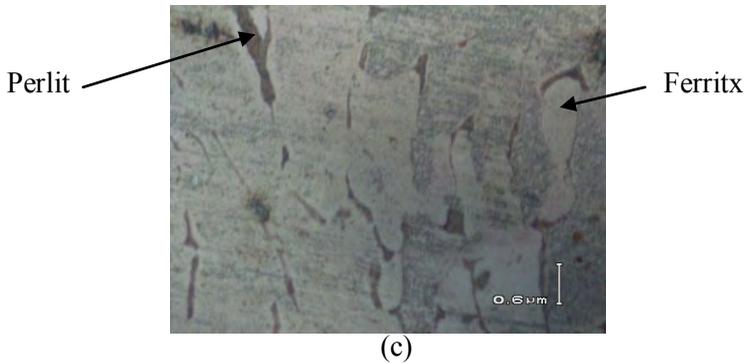
#### 4.3.1 Hasil Pengujian Metalografi Pada Komposit Tanpa Lipatan



(a)



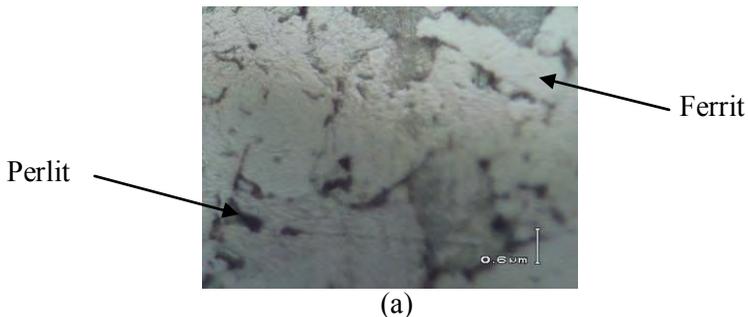
(b)

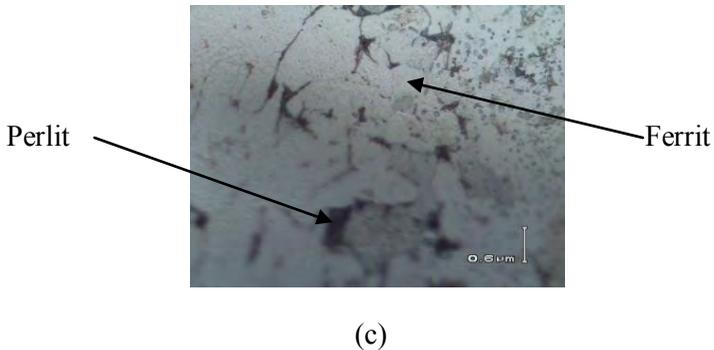
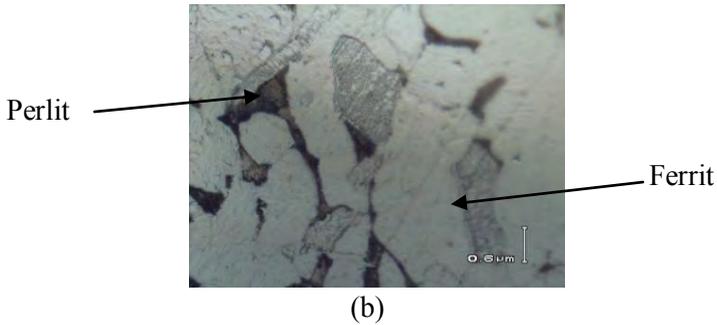


**Gambar 4.2** Struktur mikro komposit tanpa lipatan dengan pembesaran 100X : (a) Spesimen I, (b) Spesimen II, (c) Spesimen III

Pada pengamatan struktur mikro untuk komposit tanpa lipatan yang terlihat adalah fase ferit dan perlit karena komposit yang digunakan dalam penelitian menggunakan baja karbon rendah yang termasuk baja hypoeutektik. Selain itu komposit didinginkan dalam kondisi setimbang (pendinginan lambat) dengan media udara sehingga yang terbentuk ferit dan perlit dengan sifat ulet dan lunak.

#### 4.3.2 Hasil Metalografi Pada Komposit Satu Kali Lipatan

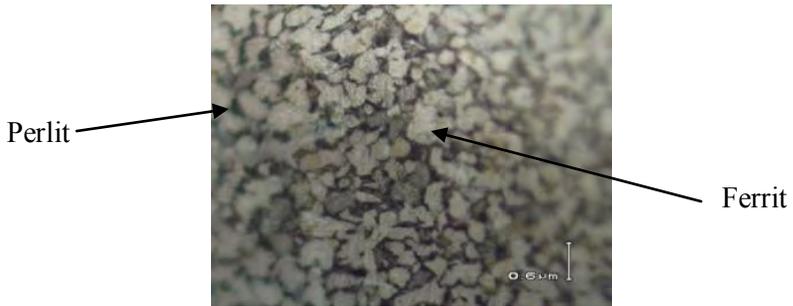




**Gambar 4.3** Struktur mikro komposit 1 kali lipatan dengan pembesaran 100X : (a) Spesimen I, (b) Spesimen II, (c) Spesimen III

Hasil struktur mikro pada komposit lamina dengan satu kali lipatan didapatkan fase perlit dan ferrit yang mana fase-fase tersebut menandakan bahwa spesimen komposit lamina satu kali lipatan bersifat lunak dan ulet.

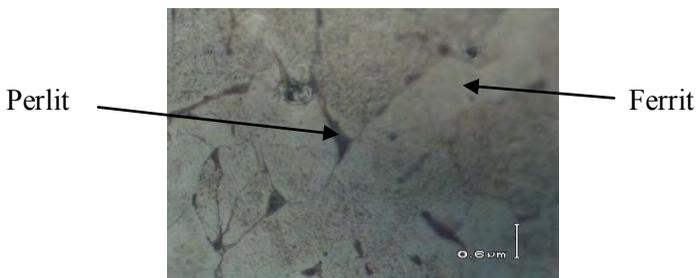
### 4.3.3 Hasil Metalografi Pada Komposit Dua Kali Lipatan



(a)



(b)



(c)

**Gambar 4.4** Struktur mikro komposit 2 kali lipatan dengan pembesaran 100X : (a) Spesimen I, (b) Spesimen II, (c) Spesimen III

Masih pada seperti komposit tanpa lipatan dan komposit dengan satu kali lipatan, pada pengamatan struktur mikro komposit lamina dengan dua kali lipatan yang terlihat adalah fase ferit dan perlit karena komposit yang digunakan dalam penelitian menggunakan baja karbon rendah yang termasuk baja hypoeutektik dengan kadar karbon antara 0,2-0,3% dan juga komposit didinginkan dalam kondisi setimbang (pendinginan lambat) dengan media udara sehingga yang terbentuk ferit dan perlit dengan sifat ulet dan lunak.

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil penelitian pembuatan komposit lamina baja AISI 1020 – pegas daun dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Kekerasan dari komposit lamina baja AISI 1020 – pegas daun semakin naik dengan banyaknya lipatan. Dengan nilai kekerasan komposit tanpa lipatan yaitu 69.6 HRB, kekerasan komposit akhir 1 lipatan yaitu 71.9 HRB, dan kekerasan komposit akhir 2 lipatan yaitu 86.83 HRB.
2. Nilai kekuatan luluh komposit lamina semakin naik seiring naiknya jumlah lipatan pada baja AISI 1020 dan pegas daun. Dengan nilai  $\sigma_y$  komposit akhir tanpa lipatan, 1, dan 2 lipatan berturut-turut 269.77 N/mm<sup>2</sup>, 366.61 N/mm<sup>2</sup>, dan 406.35 N/mm<sup>2</sup>.
3. Nilai kekuatan tarik komposit lamina AISI 1020 – pegas daun semakin naik seiring naiknya jumlah lipatan. Dengan nilai  $\sigma_u$  komposit akhir tanpa lipatan, 1, dan 2 lipatan berturut-turut yaitu 290.5 N/mm<sup>2</sup>, 389.16 N/mm<sup>2</sup>, dan 437.75 N/mm<sup>2</sup>.
4. Keuletan pada komposit lamina baja AISI 1020 – pegas daun mengalami kenaikan seiring naiknya jumlah lipatan. Dengan nilai keuletan komposit akhir tanpa lipatan, 1, dan 2 lipatan yaitu 9.85 %, 15.83 %, dan 16.37 %.
5. Nilai kekakuan dari komposit lamina AISI 1020 – pegas daun semakin naik dengan banyaknya lipatan. Dengan nilai kekakuan komposit tanpa lipatan, 1, dan 2 lipatan yaitu 7601 N/mm<sup>2</sup>, 11340.3 N/mm<sup>2</sup>, dan 14997.39 N/mm<sup>2</sup>.

6. Nilai energi resilien komposit lamina semakin naik seiring naiknya jumlah lipatan pada baja AISI 1020 dan pegas daun. Dengan nilai  $U_R$  komposit akhir tanpa lipatan, 1, dan 2 lipatan berturut-turut  $7.6 \text{ N/mm}^2$ ,  $22.33 \text{ N/mm}^2$ , dan  $27.43 \text{ N/mm}^2$ .
7. Ketangguhan pada komposit lamina baja AISI 1020 – pegas daun mengalami kenaikan seiring naiknya jumlah lipatan. Dengan nilai keuletan komposit akhir tanpa lipatan, 1, dan 2 lipatan yaitu  $28.24 \text{ N/mm}^2$ ,  $61.67 \text{ N/mm}^2$ , dan  $71.3 \text{ N/mm}^2$ .
8. Pada pengamatan struktur mikro terlihat bahwa pada komposit lamina AISI 1020 – pegas daun terbentuk ferit dan perlit yang menandakan komposit bersifat lunak dan ulet.

## 5.2 Saran

1. Hendaknya penelitian ini perlu adanya penelitian dengan variasi bahan dan dilakukan pendinginan kondisi tak setimbang untuk dilihat pengaruhnya terhadap sifat mekanik dan struktur mikronya.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Honeycombe, R.W.K, Steel Microstructure and Properties, Elsevier'sScienc & Technology Rights, 2006
2. Indiyana, Rus, Bahan Teknik, Surabaya, 1998
3. Totten,George : Steel Heat Treatment Handbook, Second Edition, Francis, 2007
4. <http://blog.ub.ac.id/annafida/2012/03/07/diagram-fasa-fe-fe3c/>
5. <http://eatrenkz.blogspot.com/>
6. <http://google.com/tag/jurnal-teknik-mesin/analisa-pengaruh-perlakuan-panas-terhadap-kekuatansambungan-pegas-daun/>
7. [http://google.com/digital\\_131553-T-27596-Pengaruh-derajat-Tinjauan literatur](http://google.com/digital_131553-T-27596-Pengaruh-derajat-Tinjauan-literatur)
8. <http://yefrichan.wordpress.com/2010/05/20/tegangan-dan-regangan/>
9. <http://zwingly.wordpress.com/tag/forging/>
10. <http://gregorius.blogdetik.com/tag/metalurgi/>

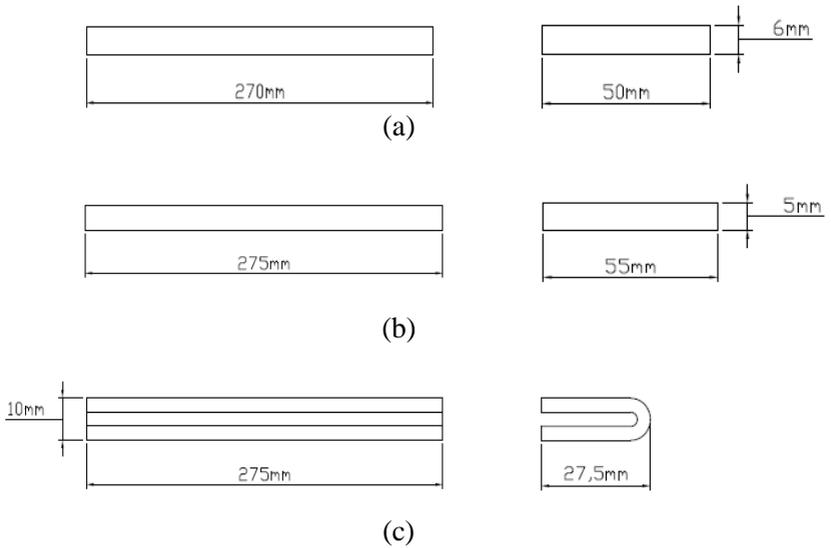
## BIODATA PENULIS



Penulis merupakan anak keempat dari lima bersaudara yang dilahirkan pada tanggal 29 September 1991 di Tulungagung, Provinsi Jawa Timur. Pendidikan formal yang pernah ditempuh meliputi SDN 1 Kalangbret, SMPN 1 Kauman, dan SMAN 1 Kauman. Setelah itu penulis meneruskan pendidikan tingkat perguruan tinggi di Program Studi D3 Teknik Mesin dan mengambil bidang studi Manufaktur di Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2010. Selama masa pendidikan baik di perkuliahan penulis aktif di beberapa kegiatan, seperti, mengikuti pelatihan – pelatihan tingkat kampus, menjadi asisten Laboratorium Ilmu Logam D3 Teknik Mesin ITS, menjadi panitia kegiatan seminar, pelatihan dan organisasi kemahasiswaan. Pada masa berorganisasi, penulis pernah menjabat sebagai staff dan staff ahli di Departemen KTTYME himpunan mahasiswa D3 teknik mesin FTI-ITS. Penulis pernah melakukan kerja praktek di PT. SPINDO Surabaya, Jawa Timur. Bagi pembaca yang ingin lebih mengenal penulis dan ingin berdiskusi lebih luas lagi dapat menghubungi E-mail : [muhammad.masyruhin@yahoo.com](mailto:muhammad.masyruhin@yahoo.com) atau tlpn. 085649611977

## Lampiran 1

### Penempaan AISI 1020



#### Keterangan :

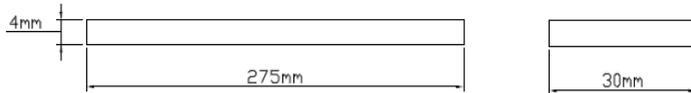
(a) AISI 1020 sebelum ditempa

(B) AISI 1020 setelah ditempa

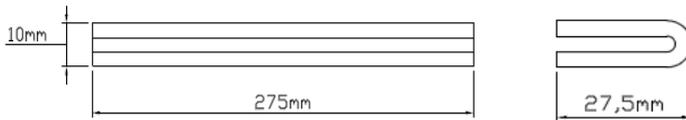
(c) AISI 1020 ditekuk tanpa sisipan

## Lampiran 2

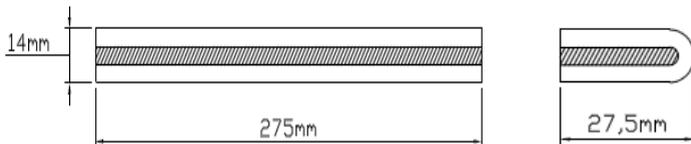
### Penempaan komposit awal tanpa lipatan



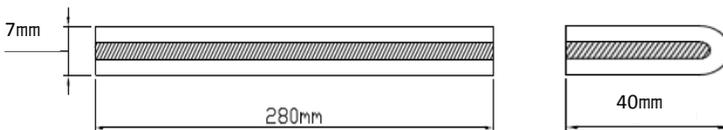
(a)



(b)



(c)



(d)

Keterangan :

(a) Baja SUP 9

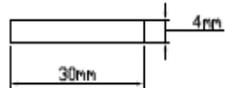
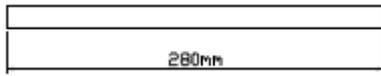
(b) AISI 1020 dilipat tanpa sisipan

(c) Komposit AISI 1020 dan SUP 9 sebelum ditempa

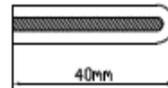
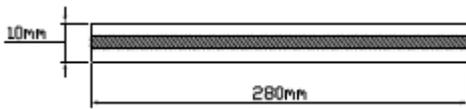
(d) Komposit AISI 1020 dan SUP 9 setelah ditempa

### Lampiran 3

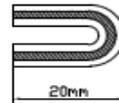
#### Penempaan komposit satu kali lipatan



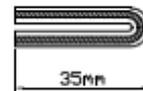
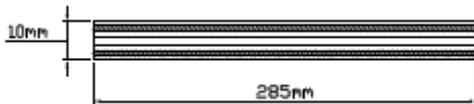
(a)



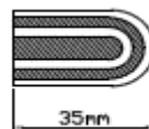
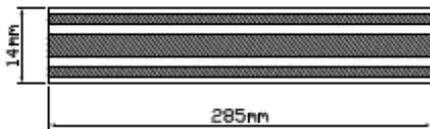
(b)



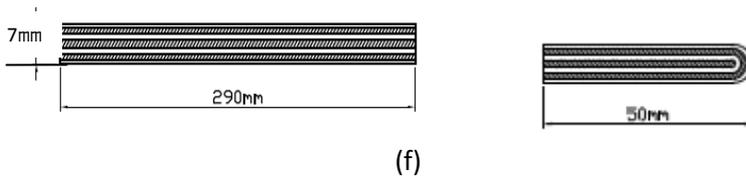
(c)



(d)



(e)

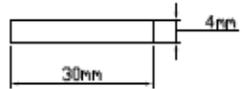
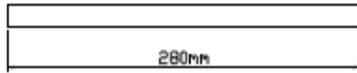


Keterangan :

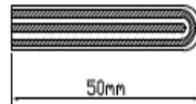
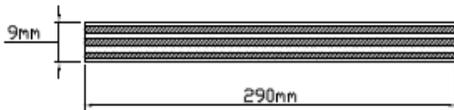
- (a) Baja SUP 9
- (b) Komposit AISI 1020 dan SUP 9
- (c) Komposit dilipat satu kali tanpa sisipan
- (d) Komposit dilipat satu kali tanpa sisipan ditipiskan
- (e) Komposit dilipat satu kali dengan sisipan
- (f) Komposit dilipat satu kali dengan sisipan ditipiskan

## Lampiran 4

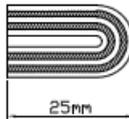
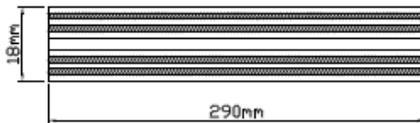
### Penempaan komposit dua kali lipatan



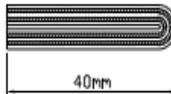
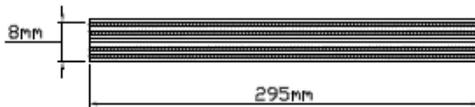
(a)



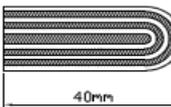
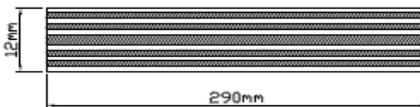
(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Keterangan :

(a) Bja SUP 9

(b) Komposit satu lipatan

(c) Komposit satu lipatan dilipat tanpa sisipan

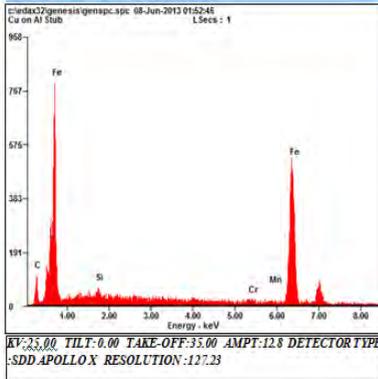
(d) Komposit satu lipatan dilipat tanpa sisipan ditipiskan

(e) Komposit satu lipatan dilipat dengan sisipan

(f) Komposit satu lipatan dilipat dengan sisipan ditipiskan

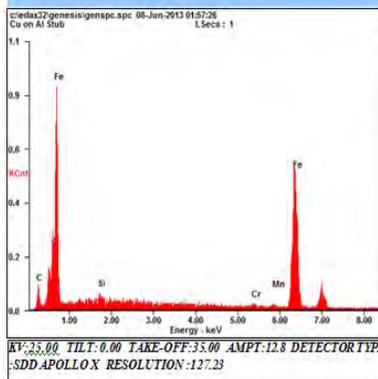
## Lampiran 5

### Data hasil Uji SEM EDX



Element	Wt %	At %
C K	24.21	59.24
Si K	01.57	01.65
Cr K	01.15	00.65
Mn K	01.00	00.53
Fe K	72.08	37.93

EDAXZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC  
TABLE : DEFAULT



Element	Wt %	At %
C K	24.26	59.20
Si K	01.90	01.98
Cr K	01.42	00.80
Mn K	01.64	00.87
Fe K	70.78	37.14

EDAXZAF QUANTIFICATION STANDARDLESS SEC  
TABLE : DEFAULT

# Lampiran 6

STEELS, AISI

## 1020

**Treatment Temperatures**

Annealing	1600-1650 F
Normalizing	1650-1750
Quenching	1600-1675
Carburizing	1650-1700
Process anneal	1000-1350

**Critical Points<sup>1</sup>**

A <sub>c1</sub>	1350 F	A <sub>r1</sub>	1470 F
A <sub>c3</sub>	1540	A <sub>r1</sub>	1340

<sup>1</sup>Data from Bethlehem Steel Co.

**As Quenched Hardness**  
(Treatment: 1675 F for 8 hrs, and furnace cooled; 1425 F quenched in water.)

Diam	Center	Hardness Half Radius	Surface
½ in.	26 Rc	30 Rc	40.5 Rc
1 in.	93 Rb	96 Rb	29.5 Rc
2 in.	83 Rb	85 Rb	95 Rb
4 in.	77 Rb	78 Rb	94 Rb

**Heat Treated Chains:** Source - ASM Metals Handbook. The chain of approximately C1020 analysis is heat treated to about the following properties: 55 Mpsi YS; 85 Mpsi TS; 28% Elong. in 2 in.; 45% RA. It then resists work hardening and low temperature embrittlement and should not require annealing.

**Technological Properties**  
Machinability (On basis of B1112 = 100)  
Cold drawn to 137-174 BHN = 65% (ASM Metals Handbook) Union Drawn Steel gives 72%.

**Chemical Composition**

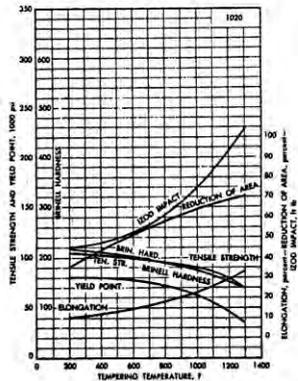
C	Mn	P	S
%	%	%	%
.18-.23	.30-.60	.040 max	.050 max

**Characteristics:** Similar to C1015 though it is somewhat stronger and less easily formed cold. In the case-hardened condition it has higher core strength than C1015. As with similar steels, soft spots in the case can be guarded against by specifying that the steel be "normal" in the McQuaid-Ehn Test; the type which gives an "abnormal" structure will have soft, unhardened areas. Another aid is the use of a NaOH or NaCl solution for quenching, while the steel C1022 may be used to take advantage of its higher Mn content.

**Typical Uses:** Internal combustion engine parts in the case-hardened condition where core strength is not critical, spline shafts of larger cross section which are not highly stressed, lightly stressed gears with hard wearing surfaces, case-hardened pins. Also used for chains, see below.

**Common Commercial Forms:** Hot rolled bars, billets, slabs, plate, sheet, strip, wire, cold rolled bars, cold drawn bars, shapes.

Quenched and Drawn Parts



Source - International Nickel Co. Treatment: Water quenched from 1575-1625 F and drawn. Size treated: 1 in. diam or thickness. Size tested: Not stated but probably 0.505 in. diam. The values are representative of this steel.

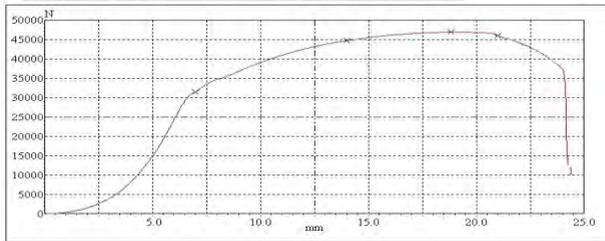
(Continued on page 151)

## Lampiran 7

Hasil uji tarik pada bahan awal Baja SUP 9

### UJI TARIK

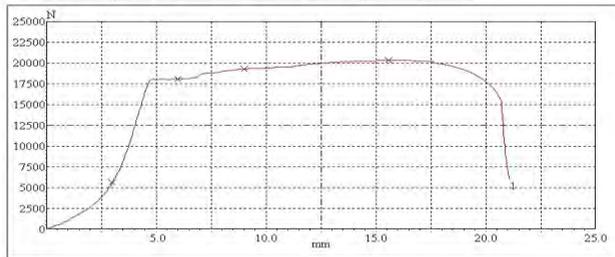
Test No.	Sample	Y.P	Y.S	Peak	100%	200%	300%
		N	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf
I		31407.59	3202.70	4785.79	3212.832	4561.403	4685.841
		.....	.....	.....	.....	.....	.....
		.....	.....	.....	.....	.....	.....
		.....	.....	.....	.....	.....	.....
		.....	.....	.....	.....	.....	.....
Average		31407.59	3202.70	4785.79	3212.832	4561.403	4685.841



Hasil uji tarik pada bahan awal Baja AISI 1020

### UJI TARIK

Test No.	Sample	Y.P	Y.S	Peak	100%	200%	300%
		N	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf
I		18074.49	1843.09	2071.59	574.444	1844.885	1967.620
		.....	.....	.....	.....	.....	.....
		.....	.....	.....	.....	.....	.....
		.....	.....	.....	.....	.....	.....
		.....	.....	.....	.....	.....	.....
Average		18074.49	1843.09	2071.59	574.444	1844.885	1967.620

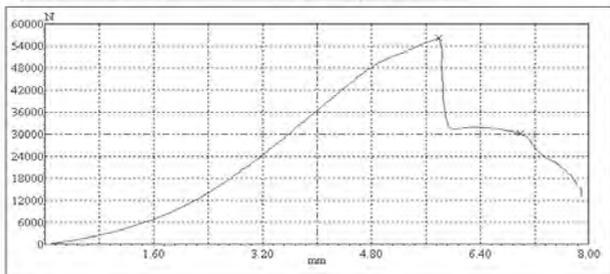


## Lampiran 8

Hasil uji tarik pada komposit akhir tanpa lipatan

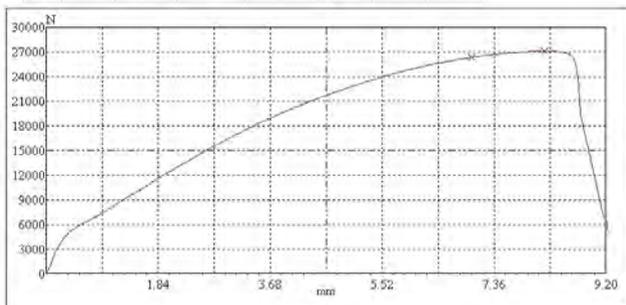
UJI TARIK

Test No.	Sample	Y.P	Y.S	Peak	100%	200%	300%
		N	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf
1		54483.79	5555.83	5734.67	3073.627	-	-
...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...
Average	...	54483.79	5555.83	5734.67	3073.627	0.000	0.000



UJI TARIK

Test No.	Sample	Y.P	Y.S	Peak	100%	200%	300%
		N	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf
1		18601.21	1896.81	2766.41	2687.748	-	-
...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...
Average	...	18601.21	1896.81	2766.41	2687.748	0.000	0.000



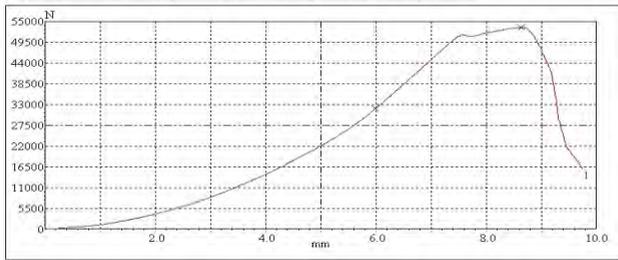


## Lampiran 9

Hasil uji tarik pada komposit akhir satu kali lipatan

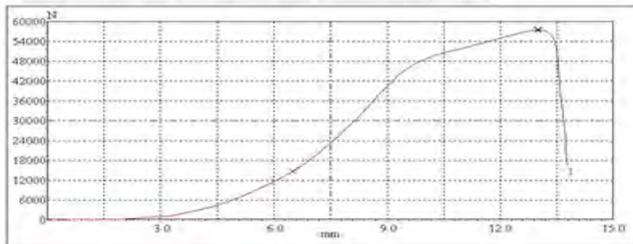
### UJI TARIK

Test No.	Sample	Y.P	Y.S	Peak	100%	200%	300%
		N	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf
1		52359.91	5339.25	5447.86	3254.141	-	-
....	....	....	....	....	....	....	....
....	....	....	....	....	....	....	....
....	....	....	....	....	....	....	....
....	....	....	....	....	....	....	....
Average	....	52359.91	5339.25	5447.86	3254.141	0.000	0.000



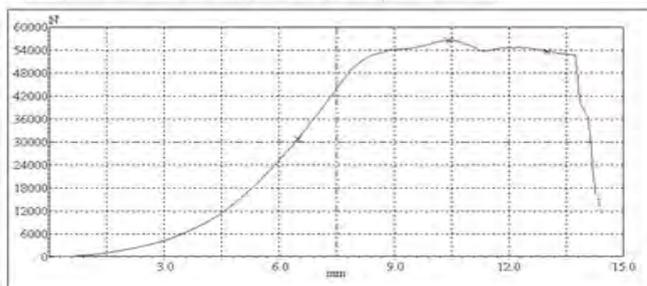
### UJI TARIK

Test No.	Sample	Y.P	Y.S	Peak	100%	200%	300%
		kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf
3		20664.27	5166.26	5828.75	1503.984	5857.911	-
....	....	....	....	....	....	....	....
....	....	....	....	....	....	....	....
....	....	....	....	....	....	....	....
....	....	....	....	....	....	....	....
Average	....	20664.27	5166.26	5828.75	1503.984	5857.911	0.000



### UJI TARIK

Test No.	Sample	T.P		Peak		
		N	kgf	kgf	kgf	kgf
1		54308.84	3339.97	3770.72	3144.926	5475.400
---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---
Average	---	54308.84	3339.97	3770.72	3144.926	5475.400
						0.020

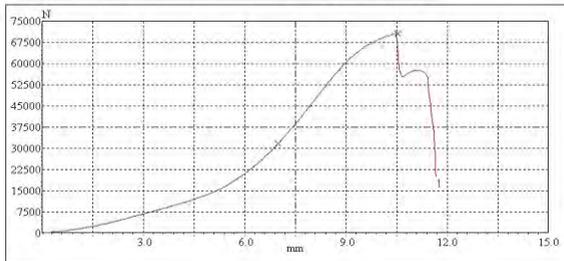


## Lampiran 10

Hasil uji tarik pada komposit akhir dua kali lipatan

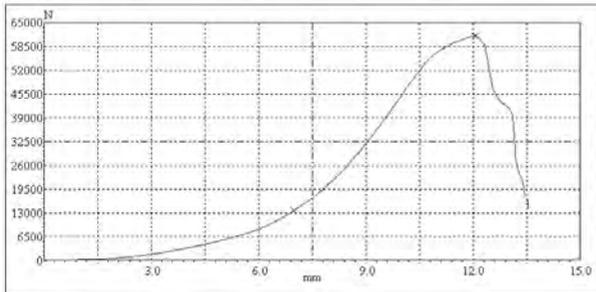
### UJI TARIK

Test No.	Sample	Y P	Y S	Peak	100%	200%	300%
		N	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf
1		63533.00	6478.60	7208.35	3241.786	-	-
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
Average	---	63533.00	6478.60	7208.35	3241.786	0.000	0.000



### UJI TARIK

Test No.	Sample	Y P	Y S	Peak	100%	200%	300%
		N	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf
1		60797.13	6199.62	6273.11	1403.072	-	-
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
Average	---	60797.13	6199.62	6273.11	1403.072	0.000	0.000



## UJI TARIK

Test No.	Sample	Y.P	Y.S	Peak	100%	200%	300%
		R	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf
1		38661.20	3891.81	6631.86	3432.293	-	-
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
---	---	---	---	---	---	---	---
Average	---	38661.20	3891.81	6631.86	3432.293	0.000	0.000

