



**PENGARUH KOMPOSISI BAHAN TERHADAP KEKERASAN PADA
PEMBUATAN KOMPOSIT *EPOXY* SERBUK KAYU-ALUMINIUM
UNTUK KAMPAS REM**

SKRIPSI

Oleh

**Yurike Elok Purwanti
NIM 111910101084**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2015**



**PENGARUH KOMPOSISI BAHAN TERHADAP KEKERASAN PADA
PEMBUATAN KOMPOSIT *EPOXY* SERBUK KAYU-ALUMINIUM
UNTUK KAMPAS REM**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Teknik

Oleh

**Yurike Elok Purwanti
NIM 111910101084**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2015**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda Sugiati Erna Kustatik dan Ayahanda Purwo Hariyono yang tercinta;
2. Adik-Adikku Atlanta Iwandana dan Melinda Chundiharti;
3. Kakakku Ikhwanudin yang memberikan inspirasi;
4. MAHADIPA yang memberikan banyak pelajaran baik di dalam maupun di luar perkuliahan;
5. Sahabatku Indri Yunia K., Adinda Trisna, Ikawati, Novia Devi T., Risan Nur Santi, dan Siti Aminatus Solehah yang menyemangatiku;
6. Teman-temn kosan Ibu Prpto dan Tante Vero yang selalu menyemangatiku;
7. Guru-guruku sejak taman kanak-kanak sampai dengan perguruan tinggi;
8. BEDEBAH TM 11 Fakultas Teknik Universitas Jember;
9. Almamater Fakultas Teknik Universitas Jember.

MOTTO

Yakinlah bahwa setelah usaha yang kita lakukan sulit pada awalnya namun Allah menjanjikan bahwa sesudah kesulitan pasti ada kemudahan . Mari kita berusaha/bekerja sungguh-sungguh tanpa putus dengan keyakinan bahwa Allah selalu memberi kemudahan.

(terjemahan Surat *Al-Insyirah* ayat 5-8)*)

Sesungguhnya Allah tidak akan mengubah nasib suatu kaum hingga mereka mengubah diri mereka sendiri.

(terjemahan Surat *Ar-Ra'ad* ayat 11)*)

*¹Lajnah Pena Mushaf Al-Qur'an Kementerian Agama Republik Indonesia. 2009. *Al-Qur'an Keluarga*. Bandung: CV. Media Fitrah Rabbani.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Yurike Elok Purwanti

NIM : 111910101084

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul “Pengaruh Komposisi Bahan Terhadap Kekerasan Pada Pembuatan Komposit *Epoxy* Serbuk Kayu-Alumunium Untuk Kampas Rem” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi manapun, dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 08 September 2015

Yang menyatakan,

(Yurike Elok Purwanti)

NIM 111910101084

SKRIPSI

**PENGARUH KOMPOSISI BAHAN TERHADAP KEKERASAN PADA
PEMBUATAN KOMPOSIT *EPOXY* SERBUK KAYU-ALUMINIUM
UNTUK KAMPAS REM**

Oleh

Yurike Elok Purwanti
NIM 111910101084

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Ir. Ahmad Syuhri, M.T.
Dosen Pembimbing Anggota : M. Fahrur Rozy H., S.T.,M.T.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pengaruh Komposisi Bahan Terhadap Kekerasan Pada Pembuatan Komposit *Epoxy* Serbuk Kayu-Alumunium Untuk Kampas Rem” telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : , 2015

tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Ketua,

Sekretaris,

Ir. Ahmad Syuhri, M.T.
NIP 19670123 199702 1 001

M. Fahrur Rozy H., S.T., M.T.
NIP 19800307 201212 1 003

Anggota I,

Anggota II,

Sumarji, S.T., M.T.
NIP 19680202 199702 1 001

R. Koekoeh KW, S.T.,M.Eng.
NIP 19670708 199412 1 001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Ir. WidyonoHadi, M.T.
NIP. 19610414 198902 1 001

RINGKASAN

Pengaruh komposisi bahan terhadap kekerasan pada pembuatan komposit epoxy serbuk kayu-alumunium untuk kampas rem; Yurike Elok Purwanti, 111910101084; 2015; 45 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Kampas rem merupakan komponen berfungsi memperlambat dan menghentikan putaran poros, mengendalikan poros dan untuk keselamatan pengendara sendiri. Kampas rem yang terlalu keras menyebabkan umur drum atau cakram menjadi pendek, sedangkan jika terlalu lunak maka umur kampas rem akan pendek. Temperatur kampas rem akan naik akibat gesekan yang terjadi selama pengereman. Waktu pengereman menentukan temperatur yang timbul pada kampas rem.

Material komposit adalah material yang terbuat dari dua bahan atau lebih yang terpisah dan berbeda tetapi membentuk komponen tunggal. *Composite* berasal dari kata kerja “*to compose*” yang berarti menyusun atau menggabung. Jadi secara sederhana bahan komposit berarti bahan gabungan dari dua atau lebih bahan yang berlainan. Istilah komposit dalam pengertian bahan komposit berarti terdiri dari dua atau lebih bahan yang berbeda yang digabung atau dicampur secara makroskopis. Adanya penggabungan dua atau lebih bahan yang berlainan, tujuannya adalah untuk menghasilkan sifat-sifat bahan yang berbeda terhadap sifat-sifat unsur bahan penyusunnya.

Metalurgi serbuk merupakan proses pembuatan benda komersial dengan menggunakan serbuk sebagai material awal sebelum proses pembentukan. Prinsip dalam pembentukan serbuk adalah memadatkan serbuk logam menjadi serbuk yang diinginkan kemudian memanaskannya di bawah temperatur lelehnya.

Sehingga partikel-partikel logam memadu karena mekanisme transformasi massa akibat difusi atom antar permukaan partikel. Pemanasan dalam pembuatan serbuk dikenal dengan *sinter* yang menghasilkan ikatan partikel yang halus, sehingga kekuatan dan sifat fisiknya meningkat. Produk hasil dari metalurgi serbuk terdiri dari campuran serbuk berbagai macam logam atau non logam.

Penelitian ini dimulai dengan persiapan serbuk yang ditimbang sesuai dengan prosentase masing-masing bahan yaitu epoxy:serbuk kayu:serbuk aluminium 40:10:50 ; 40:20:40 ; 40:30:30 40:40:20 ; dan 40:50:10. Pemberian beban sebesar 20N saat pengepresan kemudian sintering dengan suhu 150°C selama 30 menit. Penelitian ini mencari nilai kekerasan dari masing-masing prosentase kemudian dibandingkan dengan kekerasan pada kanvas rem yang ada di pasaran. Nilai kekerasan dari masing-masing variasi prosentase tersebut adalah 44,84 BHN, 33,8 BHN, 33,28 BHN, 21,52 BHN, dan 34,52 BHN. Penelitian ini bertujuan untuk mencari perbandingan komposit komposisi epoxy:serbuk kayu sengon:serbuk aluminium yang memiliki nilai kekerasan mendekati nilai kekerasan kanvas rem yang ada di pasaran. Dapat disimpulkan nilai kekerasan yang mendekati nilai kekerasan kanvas rem yang ada di pasaran adalah pada prosentase 40:40:20 dengan nilai kekerasan 21,52 BHN.

SUMMARY

Effect of Composition Material of Hardness in the Making Composition Epoxy Wood Powder-Alumunium for Brake Lining; Yurike Elok Purwanti. 111910101067; 45 Pages; Mechanical Engineering Department of Engineering Faculty, University of Jember.

Brake lining is functioning components slow down and stop rotation shaft, control shaft and for the safety of the rider himself. Brake lining too hard causing the life of the drum or disc becomes short, whereas if it is too soft, the life of the brake pads will be short. Brake lining temperature will rise due to friction that occurs during braking. Braking time determines the temperature that arises on the brake.

The composite material is a material made of two or more substances that are separate and distinct, but form a single component. Composite comes from the verb "to compose" which means make up or merge. So simply a composite material means a composite material of two or more different materials. The term composite in terms of mean composite materials consist of two or more different materials are combined or mixed macroscopic. The merger of two or more different materials, the aim is to produce the properties of different materials on the properties of the constituent material elements.

Powder metallurgy is the process of making a commercial object by using powder as the starting material prior to the forming process. Principle in the formation of the powder is a powder compacting powders into a desired metal and then heating it below its melting temperature. So that the metal particles fuse due to the mechanism of transformation as a result of the diffusion of atoms between the mass of the particle surface. Heating in the manufacture of powder known as sinter which produce fine particle bonds, thereby increasing their physical strength and properties. The results of powder metallurgy products consisting of a mixture of powders of various kinds of metal or nonmetal.

This study began by preparation of weighted powder in accordance with the percentage of each ingredient is epoxy: sawdust: 40:10:50 aluminum powder; 40:20:40; 40:30:30 40:40:20; and 40:50:10. Giving a load of 20N when pressing and then sintering at a temperature of 150oC for 30 minutes. This research looks at the hardness value of each percentage is then compared with the violence on the brake on the market. The hardness value of each variation of the percentage is 44.84 BHN, 33.8 BHN, 33.28 BHN, BHN 21.52, and 34.52 BHN. This study aims to find perbandingan composite epoxy composition: sawdust sengon: aluminum powder

which has a hardness approaching the hardness value Kamas brake on the market. It can be concluded hardness approaching the hardness brake on the market is at 40:40:20 percentage with 21.52 BHN hardness value.



PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Pengaruh Komposisi Bahan Terhadap Kekerasan Pada Pembuatan Komposit *Epoxy* Serbuk Kayu-Alumunium Untuk Kampas Rem”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan nikmat dan karunia yang tidak pernah henti dalam hidup ini.
2. Ayah Purwo Hariyono dan Ibu Sugiyati Erna Kustatik yang telah menjadi orang tua yang sangat baik dalam hal mendidik, mengarahkan, memberi nasehat demi kehidupan penulis yang lebih baik, selalu memberikan kasih sayang, perhatian, materi, dan yang terpenting adalah doa yang selalu beliau haturkan setiap saat untuk penulis dan keluarga.
3. Adik-adikku tersayang Atlanta Iwandana dan Melinda Chundiharti, yang selalu memberi semangat baik moral, motivasi, serta pelajaran-pelajaran berharga yang lainnya dan do'a untuk keluarga.
4. Sahabatku Indri Yunia Kinarti, Ikawati, Novia Devi Triana, Adinda Trisna A., Risan Nur Santi, Siti Aminatus Solehah, dan Mas Ikhwanudin yang selalu memberi semangat, dukungan, motivasi dan do'a-do'a yang selalu terucap.
5. Bapak Ir. Ahmad Syuhri, M.T. selaku Dosen Pembimbing Utama, Bapak M. Fahrur Rozy H., S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing Anggota, dan Bapak Ir.

- FX. Kristianta, M.Eng. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah meluangkan waktu, pikiran, dan perhatian dalam penulisan skripsi ini;
6. Bapak Sumarji, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji Utama dan Bapak R. Koekoeh KW, S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji Anggota yang telah banyak sekali memberikan saran dan berbagai pertimbangan menuju ke arah yang benar dalam penulisan skripsi ini;
 7. Bapak Dosen Universitas Jember khususnya Jurusan Teknik Mesin yang telah membimbing penulis selama menjadi mahasiswa;
 8. Satu tim skripsi kampas rem (Adam Malik) yang telah banyak membantu dan memberi masukan tentang penulisan dan sumber-sumber referensi.
 9. Kepada MAHDIPA dan saudaraku yang memberikan banyak pelajaran dan mengajarkan arti kebersamaan “BERSAMA BERSODARA”.
 10. Ketua Angkatan BEDEBA TM 11 Universitas Jember, M. Syaifuddin Ihsan, yang telah sabar dan mengayomi dulur-dulur di angkatan 2011. Serta seluruh DULUR SAK LAWASE, Meinovan, Luki, Doni, Abid, Mar'i, Rudin, Farihen, Upit, Kiki, Aisyah, Bangkit, Amril, Arif Rahmat, Ario, Mahfud, Niko, dll. Semoga persaudaraan ini akan tetap terjaga hingga akhir waktu.
 11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Akhirnya penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat

Jember, 08 September 2015

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
MOTTO	iv
PERNYATAAN	v
PEMBIMBING	vi
PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	xii
DAFTAR ISI	xiv
BAB 1. PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Kampas Rem	5
2.2 Bahan Komposit.....	6
2.3 Alumunium.....	6
2.4 Serbuk Kayu Sengon.....	7
2.5 Resin <i>Epoxy</i>	8
2.6 Metalurgi Serbuk.....	9
2.6.1 Karakteristik Seruk	11
2.6.2 Pencampuran Serbuk	11

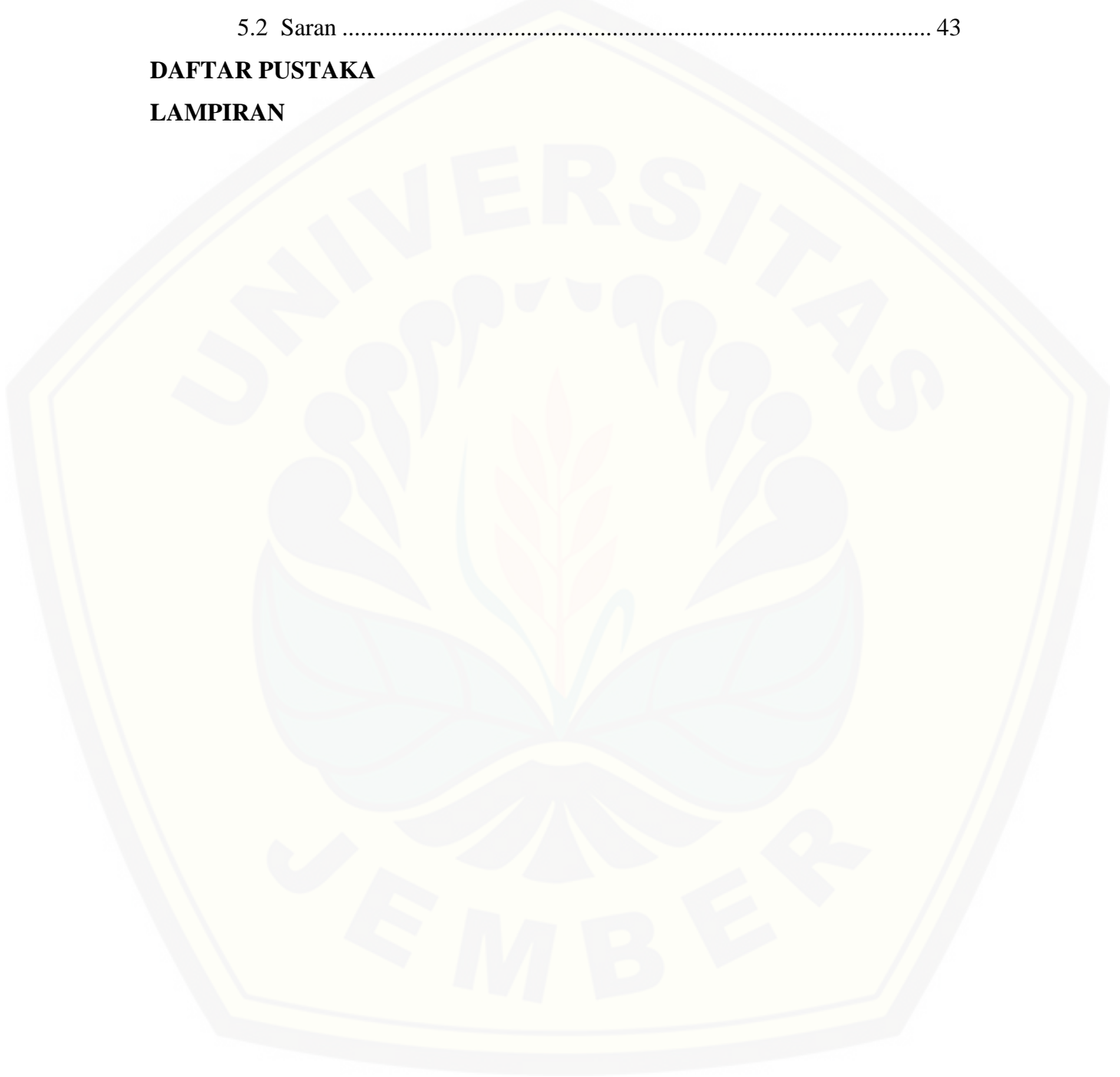
2.6.3 Pengertian <i>Sintering</i>	12
2.7 Pengujian	13
2.8 Hipotesis	14
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Metodologi Penelitian.....	15
3.2 Tempat dan Waktu Pengambilan Data	15
3.3 Bahan Dan Alat Penelitian.....	16
3.3.1 Bahan	16
3.3.2 Alat.....	16
3.4 Variabel Penelitian.....	17
3.4.1 Variabel Bebas.....	17
3.4.2 Variabel Terikat	17
3.5 Metode Pengumpulan Data.....	18
3.5.1 Data Primer	18
3.5.1 Data Sekunder.....	18
3.6 Analisa Data	18
3.7 Prosedur Penelitian	18
3.7.1 Persiapan Serbuk.....	18
3.7.2 Pembuatan Spesimen	18
3.7.3 Pengujian	19
3.8 Diagram Alir	20
3.9 Penyajian Data Penelitian	21
BAB 4. HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Pengujian Kekerasan Brinell	26
4.2 Data Penelitian Terdahulu	39
4.3 Pengolahan Data Dengan Perhitungan Menggunakan ANOVA	39
4.5 Pembahasan.....	41

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan	43
5.2 Saran	43

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan industri otomotif ini meliputi komponen-komponen sepeda motor dengan berbagai macam produk dan merek sehingga menyebabkan persaingan antar produsen, baik dalam persaingan harga, mutu dan kualitas produk. Rem merupakan komponen yang sangat vital untuk keselamatan pengendara terutama pada komponen kampas rem. Karena rem merupakan suatu peranti untuk memperlambat atau menghentikan gerakan roda, secara otomatis gerak kendaraan menjadi pelan. Energi kinetik yang hilang dari benda yang bergerak ini biasanya diubah menjadi panas karena gesekan, maka dari itu konsumen harus lebih teliti dalam memilih komponen terutama kampas rem kendaraan sehingga tidak dirugikan dari segi ekonomi ataupun keselamatan. Sepeda motor tentunya membutuhkan perawatan dan penggantian komponen seperti halnya kampas rem.

Wahyudi, Didik, dkk (2002) kualitas kampas rem harus memenuhi standar, salah satunya tergantung dari kekerasannya. Kekerasan kampas rem berkaitan dengan umur kampas rem, umur drum atau piringan serta jenis kendaraan. Untuk mendapatkan hasil produksi optimal, maka akan dilakukan eksperimen dari faktor-faktor yang mempengaruhi nilai kekerasan kampas rem dan menentukan *level* dari faktor-faktor tersebut.

Kampas rem yang secara umum bahannya terbuat dari asbes tetapi ada juga yang terbuat dari non-asbes. Bahan kampas rem yang terbuat dari asbes sangat membahayakan kesehatan karena dapat mengganggu pencernaan dan banyak negara-negara maju telah menghentikan produksi bahan gesek asbes, karena bahan asbes dapat menyebabkan penyakit kanker pada paru-paru (Sutikno, 2008). Teknologi

komposit pun sudah mulai bergeser dengan memanfaatkan bahan-bahan alam, seperti serat alam, kayu alam dan limbah olahan kayu. Sebagai contoh, Diharjo dkk (2005-2007) juga telah memanfaatkan bahan serat kenaf dan kayu sengon laut sebagai bahan rekayasa pembuatan panel komposit *sandwich* dan panel akustik. Para peneliti di Indonesia sudah sewajarnya merasa bangga memanfaatkan *local genius* material sebagai bahan rekayasa, seperti bahan serat alam, kayu dan limbah pengolahan kayu (termasuk serbuk gergaji). Serbuk gergaji merupakan jenis serat alam dalam bentuk partikel. Massa jenis serat alam adalah sekitar $1,3 - 1,4 \text{ gr/cm}^3$. Dengan demikian, massa jenis serbuk gergaji pun akan hampir sama dengan massa jenis serat alam. Oleh sebab itu, banyak inovasi mengenai bahan untuk pembuatan kampas rem dan kini bahan asbes tersebut dapat digantikan oleh bahan lain seperti serbuk kayu. Harga akan relatif murah apabila memanfaatkan serat alami. Berdasarkan proses pembuatannya, kampas rem sepeda motor, termasuk pada "*particulate composite*". Komposit jenis ini, bahan penguatnya (*reinforced*) terdiri atas partikel yang tersebar merata dalam matriks yang berfungsi sebagai pengikat, sehingga menghasilkan bentuk solid yang baik. Bahan pengikat dapat membentuk sebuah matriks pada suhu yang relatif stabil. Bahan pengikat terdiri dari berbagai jenis resin diantaranya *phenolic*, *polyester*, ataupun *epoxy*. Resin tersebut berfungsi untuk mengikat berbagai zat penyusun di dalam bahan friksi. Melalui proses penekanan yang kemudian dilakukan pemanasan di dalam alat furnace (*sintering*) akan dihasilkan kekuatan, kekerasan serta gaya gesek yang semakin meningkat. Hal inilah yang menyebabkan harga kampas rem cukup mahal.

Limbah serbuk kayu banyak sekali dijumpai dan masih sedikit dalam pengolahan untuk dimanfaatkan lebih luas lagi. Sehingga uraian di atas menunjukkan bahwa ketersediaan limbah serbuk kayu dalam jumlah banyak perlu dikembangkan penggunaannya menjadi produk rekayasa yang lebih bermanfaat, seperti sebagai bahan komposit untuk kampas rem kendaraan ringan. Sebelum digunakan sebagai kampas rem, berbagai kajian sifat fisis-mekanis komposit berbahan dasar serbuk gergaji bermatrik *epoxy* perlu dilakukan yang kemudian akan diuji untuk mengetahui

berapa kekerasan kanvas rem yang berbahan serbuk kayu dan serbuk alumunium dengan matrik *epoxy*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, maka dapat dirumuskan permasalahan yaitu berapa nilai kekerasan dari komposit bahan kanvas rem dengan variasi *epoxy* : serbuk kayu : serbuk alumunium pada prosentase 40:10:50 ; 40:20:40 ; 40:30:30 ; 40:40:20 ; dan 40:50:10.

1.3 Batasan Masalah

Untuk mengetahui dan memberikan gambaran mengenai masalah-masalah apa saja yang akan dibahas pada penelitian ini. Maka perlu diberikan batas pembahasan yang nantinya akan terfokus pada masalah.

Adapun batasannya adalah sebagai berikut:

1. Bahan yang akan digunakan adalah serbuk kayu-Alumunium.
2. Matrik yang digunakan adalah *epoxy*.
3. *Sintering* dengan suhu 150°C dengan *holding time* 30 menit.
4. Pengujian mekanik menggunakan uji kekerasan *brinell*.
5. Pengotor diabaikan.
6. Proses pencampuran bahan dilakukan dengan *dry mixing*.
7. Serbuk kayu yang digunakan adalah serbuk kayu sengon.

1.4 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka tujuan yang akan dibahas adalah untuk mengetahui pengaruh komposisi komposit *epoxy* serbuk kayu-Alumunium pada prosentase 40:10:50 ; 40:20:40 ; 40:30:30 ; 40:40:20 ; dan 40:50:10 terhadap kekerasan.

1.5 Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat menghasilkan material alternatif pada pembuatan kampas rem yang ramah lingkungan dengan menggunakan metode metalurgi serbuk. Selain itu penelitian ini juga mampu digunakan sebagai referensi untuk penelitian-penelitian selanjutnya guna mengembangkan kualitas kampas rem. Sehingga dapat dijadikan inovasi dalam pembuatan kampas rem.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kampas Rem

Kampas rem merupakan komponen berfungsi memperlambat dan menghentikan putaran poros, mengendalikan poros dan untuk keselamatan pengemudi sendiri. Kampas rem yang terlalu keras menyebabkan umur drum atau cakram menjadi pendek, sedangkan jika terlalu lunak maka umur kampas rem akan pendek. Temperatur kampas rem akan naik akibat gesekan yang terjadi selama pengereman. Waktu pengereman menentukan temperatur yang timbul pada kampas rem. (Susilo Adi Widyanto, 2008).

Komposisi struktur bahan kampas rem ada dua macam yaitu asbestos dan non asbestos. Keduanya memiliki perbedaan dalam ketahanan terhadap suhu yang terjadi dimana kampas rem masih mampu bekerja. Kampas rem asbestos akan terjadi blong atau tidak bekerja pada suhu pengereman 200°C yang berakibat tingkat kecelakaan akan mudah terjadi. Sedangkan untuk kampas rem yang terbuat dari non asbestos lebih tahan panas dan terjadi rem blong pada saat suhu pengereman di atas 350°C hal ini karena serat selulosa dan serat lainnya dapat meredam panas lebih baik dibandingkan serat asbes (Wawan Kartiwa Haroen dan Arief Tri Waskito, 2013).

Kampas rem akan semakin keras seiring waktu akibat adanya gesekan dan penekanan. Hal ini disebabkan karena benda uji mengalami perubahan temperatur akibat dari gesekan disertai penekanan antara kampas rem dengan tromol yang menimbulkan panas diikuti pendinginan oleh udara. Akibat dari itu panas tersebut yang akan merubah susunan partikel menjadi lebih padat (Ahmad Multazam, dkk, 2012).

2.2 Bahan Komposit

Material komposit adalah material yang terbuat dari dua bahan atau lebih yang terpisah dan berbeda tetapi membentuk komponen tunggal. *Composite* berasal dari kata kerja “*to compose*” yang berarti menyusun atau menggabung. Jadi secara sederhana bahan komposit berarti bahan gabungan dari dua atau lebih bahan yang berlainan. Istilah komposit dalam pengertian bahan komposit berarti terdiri dari dua atau lebih bahan yang berbeda yang digabung atau dicampur secara makroskopis. Adanya penggabungan dua atau lebih bahan yang berlainan, tujuannya adalah untuk menghasilkan sifat-sifat bahan yang berbeda terhadap sifat-sifat unsur bahan penyusunnya. Komposit terdiri dari suatu bahan utama (matrik-matrik) dan suatu jenis penguatan (*reinforcement*) yang ditambahkan untuk meningkatkan kekuatan dan kekakuan matrik. Penguatan ini biasanya dalam bentuk resin (*epoxy*). Material komposit terdiri dari lebih dari satu tipe material dan dirancang untuk mendapatkan kombinasi karakteristik terbaik dari setiap komponen penyusunnya. Bahan komposit memiliki banyak keunggulan, diantaranya berat yang lebih ringan, kekuatan dan ketahanan yang lebih tinggi, tahan korosi dan ketahanan aus (Smallman & Bishop, 2000).

2.3 Alumunium

Alumunium merupakan logam ringan yang banyak terdapat di alam dan menduduki nomor dua tingkat produksinya setelah besi atau baja. Selain itu alumunium ini memiliki sifat-sifat yang baik, seperti lebih tahan korosi dibandingkan dengan besi, memiliki daya hantar listrik yang baik dan ringan. Penggunaan logam alumunium ini tidak hanya untuk dunia peralatan rumah tangga tapi juga dipakai untuk keperluan material pesawat terbang, mobil, kapal laut, bahkan untuk bangunan. Hal ini dikarenakan logam alumunium ini sangat ringan dibandingkan besi ataupun baja.

Serbuk alumunium yang umumnya dihasilkan dari proses atomisasi memiliki karakteristik seperti tabel 2.1. Nilai berat jenis di bawah ini merupakan fungsi ukuran partikel.

Tabel 2.1 Nilai Berat Jenis untuk Serbuk Aluminium Hasil Proses Atomisasi.

Sifat	Satuan SI	Nilai
<i>Apparent density</i>	g/cm^3	0,8 - 1,3
<i>Tap density</i>	g/cm^3	1,2 - 1,5
Kandungan oksigen	Wt%	0,1 - 1,0

Sumber: *ASM Handbook Volume 7. Powder Metallurgy Technologies and Applications. USA: ASM International. 1990.*

Serbuk aluminium berbentuk padat, serbuk, atau serpihan, berwarna perak hingga abu-abu dan tidak berbau. Masa jenis $2,7 \text{ g/cm}^3$ memiliki titik didih $4220,6^\circ\text{F}$ (2327°C), titik lebur 1220°F (660°C). Aluminium 1050 merupakan aluminium dengan kekerasan 19-57,8 BHN (ASM Specialty Hand Book, 1993).

2.4 Serbuk Kayu Sengon

Serbuk kayu merupakan limbah dari kayu produksi. Kayu-kayu yang telah memperoleh perlakuan permesinan akan menghasilkan limbah berupa serbuk. Serbuk ini sangat banyak jumlahnya sehingga perlu pengolahan ulang agar lebih bermanfaat. Purwanto dkk, (1994) menyatakan komposisi limbah pada kegiatan pemanenan dan industri pengolahan kayu adalah sebagai berikut :

1. Pada pemanenan kayu, limbah umumnya berbentuk kayu bulat, mencapai 66,16%.
2. Pada industri penggergajian limbah kayu meliputi serbuk gergaji 10,6%. Sebetan 25,9% dan potongan 14,3%, dengan total limbah sebesar 50,8% dari jumlah bahan baku yang digunakan.
3. Limbah pada industri kayu lapis meliputi limbah potongan 5,6%, serbuk gergaji 0,7%, sampah vinir basah 24,8%, sampah vinir kering 12,6% sisa kupasan 11,0% dan potongan tepi kayu lapis 6,3%. Total limbah kayu lapis ini sebesar 61,0% dari jumlah bahan baku yang digunakan.

Data Departemen Kehutanan dan Perkebunan tahun 1999/2000 menunjukkan bahwa produksi kayu lapis Indonesia mencapai 4,61 juta m³ sedangkan kayu gergajian mencapai 2,06 juta m³. Dengan asumsi limbah yang dihasilkan mencapai 61% maka diperkirakan limbah kayu yang dihasilkan mencapai lebih dari 5 juta m³ (BPS, 2000).

Kayu Sengon (*Albizia chinensis*) merupakan kayu produksi yang banyak diproduksi dan menghasilkan serbuk yang menjadi limbah, sehingga hal ini memunculkan ide untuk menggunakan serbuk tersebut sebagai salah satu bahan penelitian dalam pembuatan kampas rem.

Sengon menghasilkan kayu yang ringan sampai agak ringan, dengan densitas 320–640 kg/m³ pada kadar air 15%. Agak padat, berserat lurus dan agak kasar, namun mudah dikerjakan. Kayu terasnya kuning mengkilap sampai cokelat-merah-gading, kekuatan dan keawetannya digolongkan ke dalam kelas kuat III–IV dan kelas awet III–IV dengan berat jenis 0,33 (0,24-0,49). Kayu ini tidak diserang rayap tanah, karena adanya kandungan zat ekstraktif di dalam kayunya (Martawijaya, Kadir, dan Kartasujana, 1973).

Selama ini limbah kayu masih banyak menimbulkan masalah dalam penanganannya yaitu dibiarkan membusuk, ditumpuk, dan dibakar yang itu semua berdampak negatif terhadap lingkungan sehingga perlu dipikirkan jalan keluarnya. Salah satu jalan yang dapat ditempuh adalah memanfaatkannya menjadi produk yang bernilai tambah dengan teknologi yang aplikatif dan kerakyatan sehingga hasilnya mudah disosialisasikan kepada masyarakat.

2.5 Resin Epoxy

Resin *epoxy* termasuk ke dalam golongan thermosetting, sehingga dalam pencetakan perlu diperhatikan hal sebagai berikut:

1. Mempunyai penyusutan yang kecil pada pengawetan.
2. Dapat diukur dalam temperatur kamar dalam waktu yang optimal.

3. Memiliki viskositas yang rendah disesuaikan dengan material penyangga.
4. Memiliki kelengketan yang baik dengan material penyangga.

Resin *epoxy* mengandung struktur *epoxy* atau *oxirene*. Resin ini berbentuk cairan kental atau hampir padat, yang digunakan untuk material ketika hendak dikeraskan. Resin *epoxy* akan direaksikan dengan hardener yang akan membentuk polimer *crosslink*. Hardener untuk sistem *curing* pada temperatur ruang dengan resin *epoxy* pada umumnya adalah senyawa poliamid yang terdiri dari dua atau lebih grup amina. Amina merupakan senyawa organik dan gugus fungsional yang isinya terdiri dari senyawa nitrogen atom dengan pasangan sendiri. *Curing time system epoxy* bergantung pada kereaktifan atom hidrogen dalam senyawa amina.

Reaksi *curing* pada sistem resin *epoxy* secara eksotermis, berarti dilepaskan sejumlah kalor pada proses *curing* berlangsung. Laju kecepatan proses *curing* bergantung pada temperatur ruang. Untuk kenaikan temperatur setiap 10°C, maka laju kecepatan *curing* akan menjadi dua kali lebih cepat, sedangkan untuk penurunan temperaturnya dengan besar yang sama, maka laju kecepatan *curing* akan turun menjadi setengah dari laju kecepatan *curing* sebelumnya. Epoxy akan terdegradasi pada suhu 350°F (177°C). Epoxy memiliki ketahanan korosi yang lebih baik dari pada polyester pada keadaan basah, namun tidak tahan terhadap asam. Epoxy memiliki sifat mekanik, listrik, kestabilan dimensi dan penahan panas yang baik, memiliki harga kekerasan 8,65 kg/mm² dan massa jenis 1.20 gr/cm³ (Akinyede dkk, 2007).

2.6 Metalurgi Serbuk

Jones (1960) menyatakan bahwa metalurgi serbuk merupakan proses pembuatan benda komersial dengan menggunakan serbuk sebagai material awal sebelum proses pembentukan. Prinsip dalam pembentukan serbuk adalah memadatkan serbuk logam menjadi serbuk yang diinginkan kemudian memanaskannya di bawah temperatur lelehnya. Sehingga partikel-partikel logam memadu karena mekanisme transformasi massa akibat difusi atom antar

permukaan partikel. Pemanasan dalam pembuatan serbuk dikenal dengan *sinter* yang menghasilkan ikatan partikel yang halus, sehingga kekuatan dan sifat fisisnya meningkat. Produk hasil dari metalurgi serbuk terdiri dari campuran serbuk berbagai macam logam atau non logam.

Teknik pemrosesan dengan metalurgi serbuk memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan pada produk yang ingin dihasilkan, antara lain sebagai berikut (Ekawati, 2008).

1. Kelebihan

- a. *Part* (bagian-bagian) yang memiliki titik lebur tinggi dan permesinan yang sulit, seperti komponen-komponen *tungsten*, WC (*Cutting tools*).
- b. Kemampuan untuk membuat komponen dengan tingkat kerumitan yang tinggi dan toleransi dimensi yang baik dengan kualitas tinggi.
- c. Material dengan struktur butir yang halus.
- d. *Alloy* dan komposit yang mempersyaratkan susunan partikel-partikel berukuran kecil.
- e. Penggunaan bahan baku yang efisien.
- f. Mengurangi biaya permesinan.
- g. Dapat mengontrol besarnya densitas dan porositas sesuai dengan yang diinginkan.
- h. Dapat meminimalkan terjadinya reaksi-reaksi antarmuka yang tidak diinginkan karena preparasi sampel dilakukan pada kondisi temperatur rendah.

2. Kekurangan

- a. Sulit untuk menghasilkan produk secara massal.
- b. Sulit untuk mendapatkan distribusi partikel yang merata pada produk.
- c. Membutuhkan proses dengan tingkat sangat tinggi.
- d. Terbentuknya inklusi didalam produk yang dapat memberikan efek beracun.
- e. Desain komponen harus dibuat sedemikian serupa sehingga dapat dengan mudah dikeluarkan dari cetaknya.

Beberapa tahapan dalam proses metalurgi serbuk yaitu:

1. Karakterisasi serbuk meliputi ukuran dan distribusi ukuran serbuk, bentuk serbuk, serta komposisi kimia serbuk.
2. *Mixing* atau *blending* (pencampuran serbuk).
3. Pemberian beban.
4. Sintering (pemanasan).

2.6.1 Karakterisasi Serbuk

Karakteristik serbuk awal dapat mempengaruhi sifat serbuk dari logam yang akan dihasilkan dan juga tingkah laku serbuk logam selama pemrosesan. Karakteristik dasar serbuk tersebut meliputi ukuran serbuk, distribusi ukuran serbuk, bentuk serbuk, berat jenis serbuk, mampu alir (*flowability*), dan mampu tekan (*compressibility*). Faktor-faktor yang mempengaruhi proses metalurgi serbuk sebagai berikut:

1. Ukuran dan Distribusi Partikel Serbuk.
2. Bentuk Partikel Serbuk.
3. Mampu Alir Serbuk (*Flowability*).
4. Mampu Tekan Serbuk (*Compressibility*).
5. Berat Jenis Serbuk.

2.6.2 Pencampuran Serbuk

Pencampuran dan pengadukan partikel serbuk didefinisikan sebagai proses bercampurnya serbuk secara sempurna dengan masing-masing besaran komposisi guna menghasilkan serbuk yang homogen. Ada dua macam pencampuran serbuk yaitu.

1. Pencampuran basah (*wet mixing*)

Pencampuran basah merupakan proses pencampuran dimana serbuk *matriks* dan *filler* dicampur terlebih dahulu dengan pelarut polar. Metode ini dipakai apabila material yang digunakan mudah mengalami oksidasi. Tujuan pemberian pelarut polar adalah untuk mempermudah proses pencampuran material yang digunakan untuk melapisi permukaan material supaya tidak terjadi hubungan

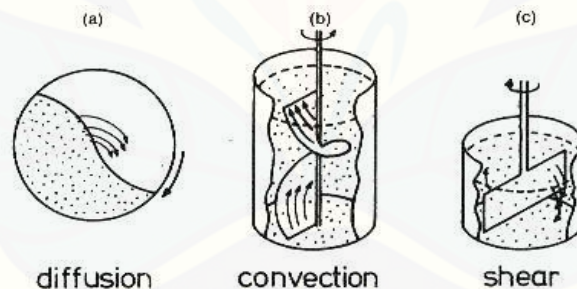
udara luar sehingga mencegah terjadinya oksidasi pada material yang digunakan.

2. Pencampuran kering (*dry mixing*)

Pencampuran kering merupakan proses pencampuran yang dilakukan tanpa menggunakan pelarut untuk membantu melarutkan dan dilakukan di udara terbuka. Metode ini dipakai apabila material yang digunakan tidak mudah mengalami oksidasi.

Mekanisme yang terjadi selama proses pencampuran serbuk tergantung dari metode pencampuran (*mixing*) yang digunakan, yaitu.

- Difusi : terjadinya pencampuran karena gerak antar partikel serbuk yang dihasilkan oleh perputaran drum
- Konveksi : terjadinya pencampuran karena ulir di dalam kontainer berputar pada porosnya
- Geser : terjadinya pencampuran karena menggunakan suatu media pengaduk



Gambar 2.1 Mekanisme pencampuran dan pengadukan serbuk
(German, 1984).

2.6.3 Pengertian *Sintering*

Sintering adalah salah satu tahapan metodologi yang sangat penting dalam ilmu bahan. Selama sintering terdapat dua fenomena utama yaitu pertama adalah penyusutan (*shrinkage*) yaitu proses eliminasi porositas dan yang kedua adalah

pertumbuhan butiran. Fenomena yang pertama dominan selama pemadatan belum mencapai kejenuhan, sedang kedua akan dominan setelah pemadatan mencapai kejenuhan. Parameter sintering diantaranya adalah temperatur, waktu penahanan, kecepatan pendinginan, kecepatan pemanasan dan atmosfer. Dari segi cairan, sintering dapat menjadi dua yaitu sintering fasa padat dan sintering fasa cair. Sintering dengan fasa padat adalah sintering yang dilaksanakan pada suatu temperatur yang telah ditentukan, dimana dalam bahan semuanya tetap dalam fasa padat. Proses penghilangan porositas dilakukan melalui transport massa. Jika dua partikel digabung dan dipanaskan pada suhu tertentu, dua partikel ini akan berikatan bersama-sama dan akan membentuk *neck*. Pertumbuhan disebabkan oleh transport yang meliputi evaporasi, kondensasi, difusi. Setelah dilakukan proses sintering terhadap sampel yang sebelumnya telah dilakukan proses kompaksi maka ikatan antar serbuk akan semakin kuat. Meningkatnya ikatan setelah proses sintering ini disebabkan timbulnya *liquid bridge (necking)* sehingga porositas berkurang dan bahan menjadi lebih kompak. Dalam hal ini ukuran serbuk juga berpengaruh terhadap kompaktibilitas bahan, semakin kecil ukuran serbuk maka porositas kecil dan luas kontak permukaan antar butir semakin luas.

2.7 Pengujian

Pengujian pada suatu material sangatlah dibutuhkan untuk mengetahui hasil dari penelitian kita. Pengujian disini ada bermacam-macam, diantaranya yaitu pengujian kekerasan, uji impact, densitas, dan masih banyak yang lain. Untuk penelitian ini hanya memakai satu pengujian saja yaitu uji kekerasan *brinell*. Alat uji yang digunakan untuk memperoleh nilai kekerasan (BHN) adalah Leeb Hardness Tester TH120.



Gambar 2.2 Alat Uji Kekerasan *Brinnell*

2.8 Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran yang menjadi panduan penelitian, maka diajukan hipotesis (jawaban sementara) yaitu semakin tinggi prosentase komposisi serbuk kayu dibandingkan prosentase serbuk alumunium maka nilai kekerasannya akan menurun. Sebaliknya, semakin turun prosentase serbuk kayu dibandingkan serbuk alumunium maka nilai kekerasannya semakin naik.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metodologi Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, yaitu suatu metode yang digunakan untuk menguji pengaruh sifat mekanik komposit dengan variasi baan terhadap tingkat kekerasan. Atau membandingkan pengujian beberapa variasi bahan.

3.2 Tempat dan Waktu Pengambilan Data

Penelitian akan dilakukan di laboratorium desain dan laboratorium tanah Fakultas Teknik Universitas Jember pada bulan Maret 2015 sampai dengan bulan Juni 2015.

Tabel 3.1 Jadwal Kegiatan Penelitian

No	Jenis Kegiatan	Bulan																							
		Maret				April				Mei				Juni				Juli				Agustus			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1.	Studi literatur	■	■																						
2.	Penyusunan proposal			■	■	■	■																		
3.	Penelitian pendahuluan					■	■	■	■																
4.	Seminar proposal									■	■														
5.	Pelaksanaan penelitian											■	■	■											
6.	Pengolahan dan Analisa data																	■	■	■	■	■	■	■	■

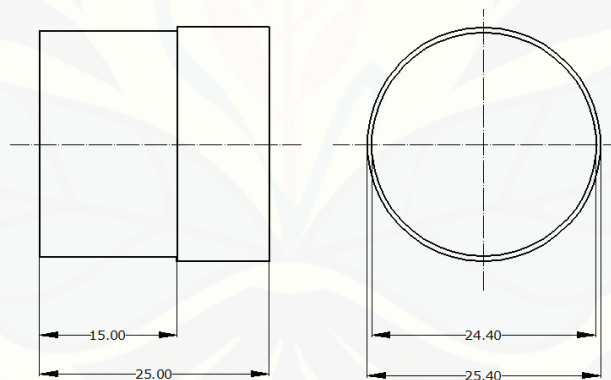
3.3 Bahan Dan Alat Penelitian

3.3.1 Bahan

1. Serbuk Kayu Sengon.
2. Serbuk Al.
3. Resin *epoxy*.

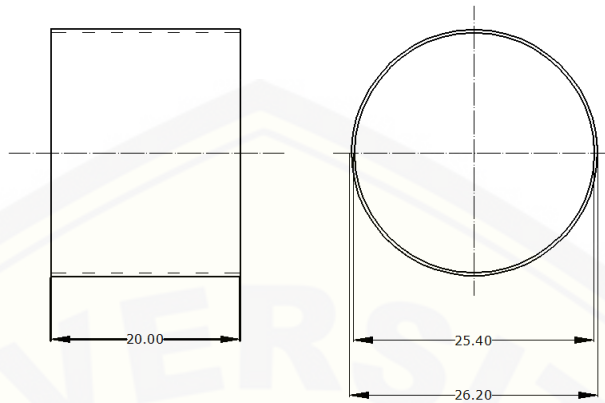
3.3.2 Alat

1. Alat Uji Kekerasan *Brinell* .
2. Timbangan digital.
3. Spidol/ pen.
4. Kamera digital.
5. Bak plastik.
6. Penggaris.
7. Mikrometer.
8. Cetakan spesimen.



Gambar 3.1 *Punch*

Punch berfungsi sebagai penutup dan penekan pada cetakan ketika bahan telah dimasukkan ke dalam *die*.



Gambar 3.2 Die

9. Sendok.
10. Oven pemanas.
11. Pemberat.
12. Ayakan mesh 40.

3.4 Variabel Penelitian

3.4.1 Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang bebas ditentukan oleh peneliti sebelum melakukan penelitian, variabel bebas yang digunakan adalah prosentase komposisi komposit *epoxy* : serbuk kayu : serbuk Alumunium yaitu 40:10:50 ; 40:20:40 ; 40:40:20 ; 40:30:30 ; 40:50:10.

3.4.2 Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang besarnya tidak dapat ditentukan sepenuhnya oleh peneliti, tetapi besarnya tergantung pada variabel bebasnya. Penelitian ini mempunyai variabel terikat yang meliputi data-data yang diperoleh pada pengujian dengan menganalisa data-datanya yang meliputi nilai kekerasan.

3.5 Metode Pengumpulan Data

Data yang dipergunakan dalam pengujian ini meliputi:

3.5.1 Data primer

Merupakan data yang diperoleh langsung dari pengukuran dan pembacaan pada alat ukur pada masing – masing pengujian spesimen.

3.5.2 Data sekunder

Merupakan data yang diperoleh dari angka pada alat pengujian yang menunjukkan nilai kekerasannya dengan satuan BHN.

3.6 Analisa Data

Data yang diperoleh dari data primer dan sekunder diolah ke dalam rumus, dengan menggunakan aplikasi SPSS, kemudian data dari perhitungan disajikan dalam bentuk tabulasi dan grafik.

3.7 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini dibagi menjadi beberapa tahap, yaitu:

3.7.1 Persiapan Serbuk

Serbuk digunakan akan diberikan perlakuan seperti berikut:

1. Pengambilan serbuk kayu sengon di penggergajian kayu Desa Kalisat.
2. Serbuk gergaji diayak dengan mesh 40.
3. Menyiapkan bahan serbuk alumunium dengan mesh 80.

3.7.2 Pembuatan Spesimen

Proses pembuatan spesimen uji dengan menggunakan resin *epoxy* sebagai berikut:

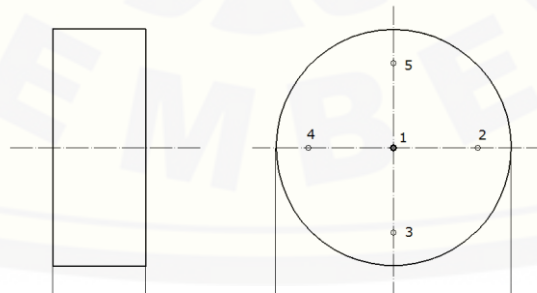
1. Alat dan bahan dipersiapkan terlebih dahulu.
2. Tahap awal yaitu olesi cetakan dengan oli untuk memudahkan pengambilan benda uji dari cetakan saat mengeras.
3. Timbang bahan-bahan yang akan di *mixing* dengan neraca sesuai dengan prosentase bahan yang ditetapkan.

4. Campurkan serbuk kayu dan serbuk alumunium ke dalam bak plastik.
5. Tuangkan *epoxy* sesuai perhitungan yang telah ditentukan ke dalam bak plastik yang sebelumnya telah diaduk sebanyak 50 kali kearah kiri dan 50 kali ke arah kanan, kemudian di aduk hingga campuran tersebut merata.
6. Kemudian tuang perlahan ke cetakan yang telah di olesi oli.
7. Die yang terisi campuran bahan diberikan beban.
8. Keluarkan spesimen dari cetakan dan di *sintering* pada suhu 150°C selama 30 menit. Ulangi proses diatas dengan variasi berbeda yaitu dengan prosentase 40:10:50 ; 40:20:40 ; 40:30:30 ; 40:40:20 ; dan 40:50:10.
9. Amplas permukaan spesimen agar rata.

3.7.3 Pengujian

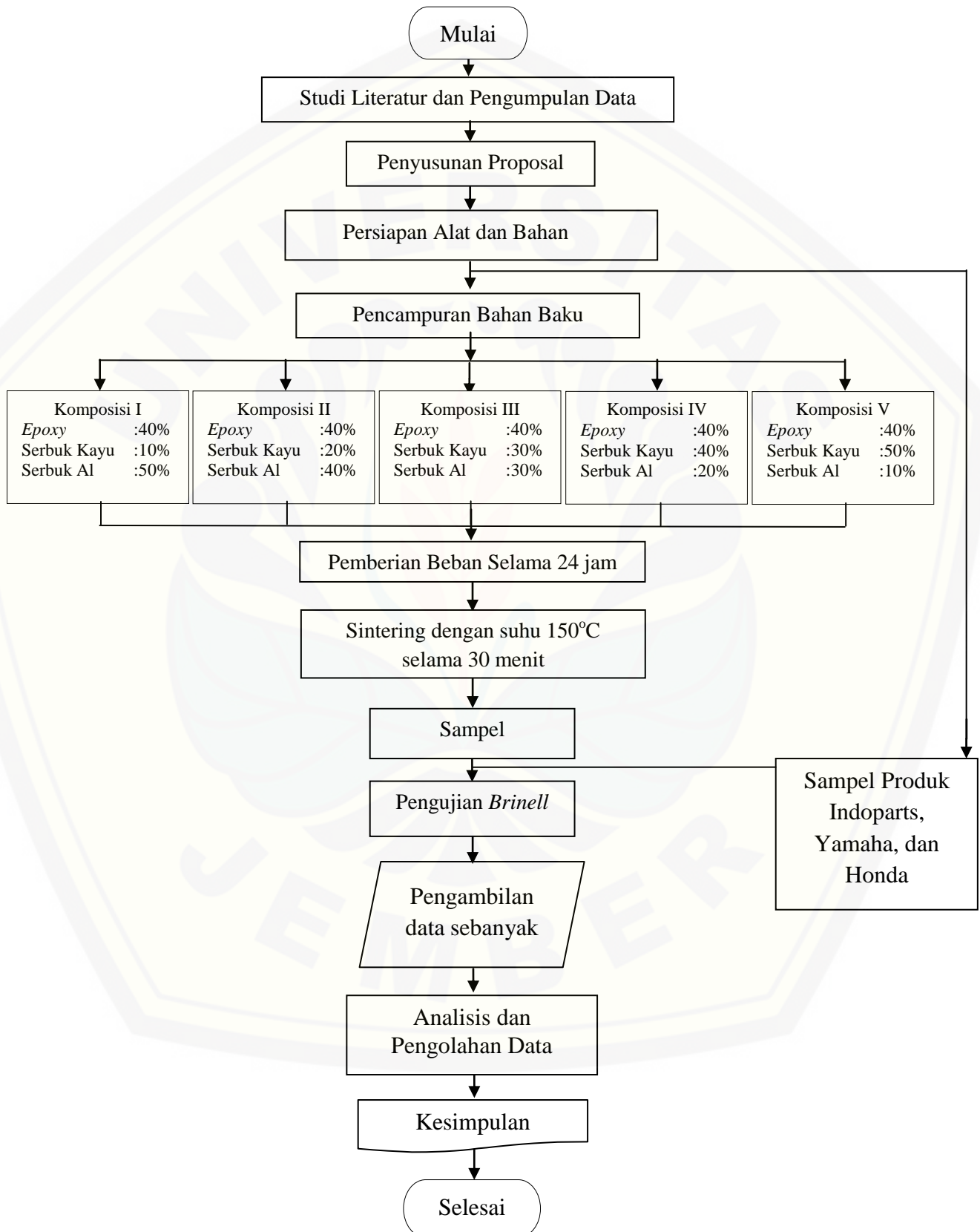
Tahapan-tahan dalam pengujian spesimen adalah sebagai berikut:

1. Siapkan bagian pada benda uji yang akan diberi pembebanan dengan memberikan tanda.
2. Tekan tombol on pada alat uji *brinell*.
3. Tempatkan ujung indentor pada posisi yang akan dikenai.
4. Lakukan proses pemberian beban pada benda uji dengan cara mendekatkan indentor pada benda uji, lalu handle dilepas sehingga indentor yang berupa bola baja menekan permukaan benda uji. Proses ini dilakukan selama 10-20 detik.
5. Lihat angka yang tertera pada alat uji kekerasan *brinell*.
6. Mengulangi langkah nomor 5 pada 5 titik berikutnya.



Gambar 3.3 Spesimen pegujian

3.8 Diagram Alir Penelitian



3.9 Penyajian Data Penelitian

Penyajian data penelitian seperti tabel berikut:

Tabel 3.2 Data Pengujian Kekerasan Pada Variasi Bahan Komposit

No	Prosentase Volume (%) (Epoxy:Serbuk Kayu:Serbuk Al)	Pengulangan Spesimen	Titik Pengujian	Nilai Kekerasan (BHN)
1	40:10:50	A	1	$\bar{x} = \Sigma \text{nilai} / 5$
			2	
			3	
			4	
			5	
		B	1	$\bar{x} = \Sigma \text{nilai} / 5$
			2	
			3	
			4	
			5	
		C	1	$\bar{x} = \Sigma \text{nilai} / 5$
			2	
			3	
			4	
			5	
		D	1	$\bar{x} = \Sigma \text{nilai} / 5$
			2	
			3	
			4	
			5	
		E	1	$\bar{x} = \Sigma \text{nilai} / 5$
			2	
			3	
			4	
			5	

No	Prosentase Volume (%) (Epoxy:Serbuk Kayu:Serbuk Al)	Pengulangan Spesimen	Titik Pengujian	Nilai Kekerasan (BHN)
2	40:20:40	A	1	$\bar{x}=\Sigma\text{nilai}/5$
			2	
			3	
			4	
			5	
		B	1	$\bar{x}=\Sigma\text{nilai}/5$
			2	
			3	
			4	
			5	
		C	1	$\bar{x}=\Sigma\text{nilai}/5$
			2	
			3	
			4	
			5	
		D	1	$\bar{x}=\Sigma\text{nilai}/5$
			2	
			3	
			4	
			5	
		E	1	$\bar{x}=\Sigma\text{nilai}/5$
			2	
			3	
			4	
			5	

No	Prosentase Volume (%) (Epoxy:Serbuk Kayu:Serbuk Al)	Pengulangan Spesimen	Titik Pengujian	Nilai Kekerasan (BHN)
3	40:30:30	A	1	$\bar{x} = \Sigma \text{nilai} / 5$
			2	
			3	
			4	
			5	
		B	1	$\bar{x} = \Sigma \text{nilai} / 5$
			2	
			3	
			4	
			5	
		C	1	$\bar{x} = \Sigma \text{nilai} / 5$
			2	
			3	
			4	
			5	
		D	1	$\bar{x} = \Sigma \text{nilai} / 5$
			2	
			3	
			4	
			5	
		E	1	$\bar{x} = \Sigma \text{nilai} / 5$
			2	
			3	
			4	
			5	

No	Prosentase Volume (%) (Epoxy:Serbuk Kayu:Serbuk Al)	Pengulangan Spesimen	Titik Pengujian	Nilai Kekerasan (BHN)
4	40:40:20	A	1	$\bar{x} = \Sigma \text{nilai} / 5$
			2	
			3	
			4	
			5	
		B	1	$\bar{x} = \Sigma \text{nilai} / 5$
			2	
			3	
			4	
			5	
		C	1	$\bar{x} = \Sigma \text{nilai} / 5$
			2	
			3	
			4	
			5	
		D	1	$\bar{x} = \Sigma \text{nilai} / 5$
			2	
			3	
			4	
			5	
		E	1	$\bar{x} = \Sigma \text{nilai} / 5$
			2	
			3	
			4	
			5	

No	Prosentase Volume (%) (Epoxy:Serbuk Kayu:Serbuk Al)	Pengulangan Spesimen	Titik Pengujian	Nilai Kekerasan (BHN)
5	40:50:10	A	1	$\bar{x} = \Sigma \text{nilai} / 5$
			2	
			3	
			4	
			5	
		B	1	$\bar{x} = \Sigma \text{nilai} / 5$
			2	
			3	
			4	
			5	
		C	1	$\bar{x} = \Sigma \text{nilai} / 5$
			2	
			3	
			4	
			5	
		D	1	$\bar{x} = \Sigma \text{nilai} / 5$
			2	
			3	
			4	
			5	
		E	1	$\bar{x} = \Sigma \text{nilai} / 5$
			2	
			3	
			4	
			5	

BAB 4. HASIL PENGUJIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pengujian Kekerasan Brinell

Pengujian spesimen berbahan *Epoxy* : serbuk kayu : serbuk alumunium dengan prosentase 40:10:50 ; 40:20:40 ; 40:30:30 ; 40:40:20 ; 40:50:10 dapat dilihat melalui tabel di bawah ini :

Tabel 4.1 Pengujian Kekerasan *Brinell* (40:10:50)

No	Prosentase Volume (%) (<i>epoxy</i> :serbuk kayu:serbuk Al)	Pengulangan Spesimen	Titik Pengujian	Nilai Kekerasan (BHN)	
1.	40:10:50	A	1	43	
			2	42	
			3	42	
			4	49	
			5	48	
					$\bar{x}=44,8$
		B	1	42	
			2	49	
			3	46	
			4	40	
			5	40	
					$\bar{x}=43,4$
		C	1	37	
			2	43	
			3	41	
			4	38	
			5	40	
					$\bar{x}=39,8$
		D	1	42	
			2	49	
3	48				

No	Prosentase Volume (%) (<i>epoxy</i> :serbuk kayu:serbuk Al)	Pengulangan Spesimen	Titik Pengujian	Nilai Kekerasan (BHN)		
1.	40:10:50	D	4	45		
			5	51		
						$\bar{x}=47$
		E	1	44		
			2	50		
			3	47		
			4	51		
			5	54		
						$\bar{x}=49,2$

Tabel 4.2 Nilai Rata-Rata Kekerasan *Brinell* (40:10:50)

Prosentase Volume (%) (<i>epoxy</i> :serbuk kayu:serbuk Al)	Pengulangan Spesimen	Nilai Rata-Rata Kekerasan (BHN)
40:10:50	A	44,8
	B	43,4
	C	39,8
	D	47
	E	49,2
	\bar{x}	44,84

Tabel 4.3 Pengujian Kekerasan *Brinell* (40:20:40)

No	Prosentase Volume (%) (<i>epoxy</i> :serbuk kayu:serbuk Al)	Pengulangan Spesimen	Titik Pengujian	Nilai Kekerasan (BHN)		
2.	40:20:40	A	1	35		
			2	31		
			3	27		
			4	26		
			5	34		
						$\bar{x}=30,6$
		B	1	45		
			2	39		
			3	44		
			4	42		
			5	31		
						$\bar{x}=40,2$
		C	1	29		
			2	27		
			3	34		
			4	34		
			5	29		
						$\bar{x}=30,6$
		D	1	31		
			2	36		
			3	33		
			4	29		
			5	27		
						$\bar{x}=31,2$
		E	1	35		
2	28					
3	39					
4	32					
5	38					
				$\bar{x}=34,4$		

Tabel 4.4 Nilai Rata-Rata Kekerasan *Brinell* (40:20:40)

Prosentase Volume (%) (<i>epoxy</i> :serbuk kayu:serbuk Al)	Pengulangan Spesimen	Nilai Rata-Rata Kekerasan (BHN)
40:20:40	A	30,6
	B	40,2
	C	30,6
	D	31,2
	E	36,4
	\bar{x}	33,8

Tabel 4.5 Pengujian Kekerasan *Brinell* (40:30:30)

No	Prosentase Volume (%) (<i>epoxy</i> :serbuk kayu:serbuk Al)	Pengulangan Spesimen	Titik Pengujian	Nilai Kekerasan (BHN)	
3.	40:30:30	A	1	34	
			2	35	
			3	29	
			4	28	
			5	33	
					$\bar{x}=31,8$
		B	1	39	
			2	29	
			3	35	
			4	28	
			5	28	
					$\bar{x}=31,8$
		C	1	34	
			2	43	
			3	34	
			4	33	
			5	34	
					$\bar{x}=35,6$
		D	1	30	
			2	29	

No	Prosentase Volume (%) (<i>epoxy</i> :serbuk kayu:serbuk Al)	Pengulangan Spesimen	Titik Pengujian	Nilai Kekerasan (BHN)
3.	40:30:30	E	3 4 5 1 2 3 4 5	34 40 38 $\bar{x}=34,2$ 30 32 29 37 37 $\bar{x}=33$

Tabel 4.6 Nilai Rata-Rata Kekerasan *Brinell* (40:30:30)

Prosentase Volume (%) (<i>epoxy</i> :serbuk kayu:serbuk Al)	Pengulangan Spesimen	Nilai Rata-Rata Kekerasan (BHN)
40:30:30	A B C D E \bar{x}	31,8 31,8 35,6 34,2 33 33,28

Tabel 4.7 Pengujian Kekerasan *Brinell* (40:40:20)

No	Prosentase Volume (%) (<i>epoxy</i> :serbuk kayu:serbuk Al)	Pengulangan Spesimen	Titik Pengujian	Nilai Kekerasan (BHN)		
4.	40:40:20	A	1	20		
			2	21		
			3	21		
			4	19		
			5	22		
						$\bar{x}=20,6$
		B	1	19		
			2	21		
			3	23		
			4	19		
			5	20		
						$\bar{x}=20,4$
		C	1	25		
			2	21		
			3	20		
			4	20		
			5	24		
						$\bar{x}=22$
		D	1	23		
			2	20		
			3	22		
			4	27		
			5	21		
						$\bar{x}=22,6$
		E	1	26		
2	20					
3	19					
4	24					
5	21					
				$\bar{x}=22$		

Tabel 4.8 Nilai Rata-Rata Kekerasan *Brinell* (40:40:20)

Prosentase Volume (%) (<i>epoxy</i> :serbuk kayu:serbuk Al)	Pengulangan Spesimen	Nilai Rata-Rata Kekerasan (BHN)
40:40:20	A	20,6
	B	20,4
	C	22
	D	22,6
	E	22
	\bar{x}	21,52

Tabel 4.9 Pengujian Kekerasan *Brinell* (40:50:10)

No	Prosentase Volume (%) (<i>epoxy</i> :serbuk kayu:serbuk Al)	Pengulangan Spesimen	Titik Pengujian	Nilai Kekerasan (BHN)	
5.	40:50:10	A	1	33	
			2	38	
			3	32	
			4	35	
			5	36	
					$\bar{x}=34,8$
		B	1	38	
			2	36	
			3	35	
			4	37	
			5	37	
					$\bar{x}=36,6$
		C	1	31	
			2	33	
			3	32	
			4	32	
			5	32	
					$\bar{x}=32$
		D	1	36	

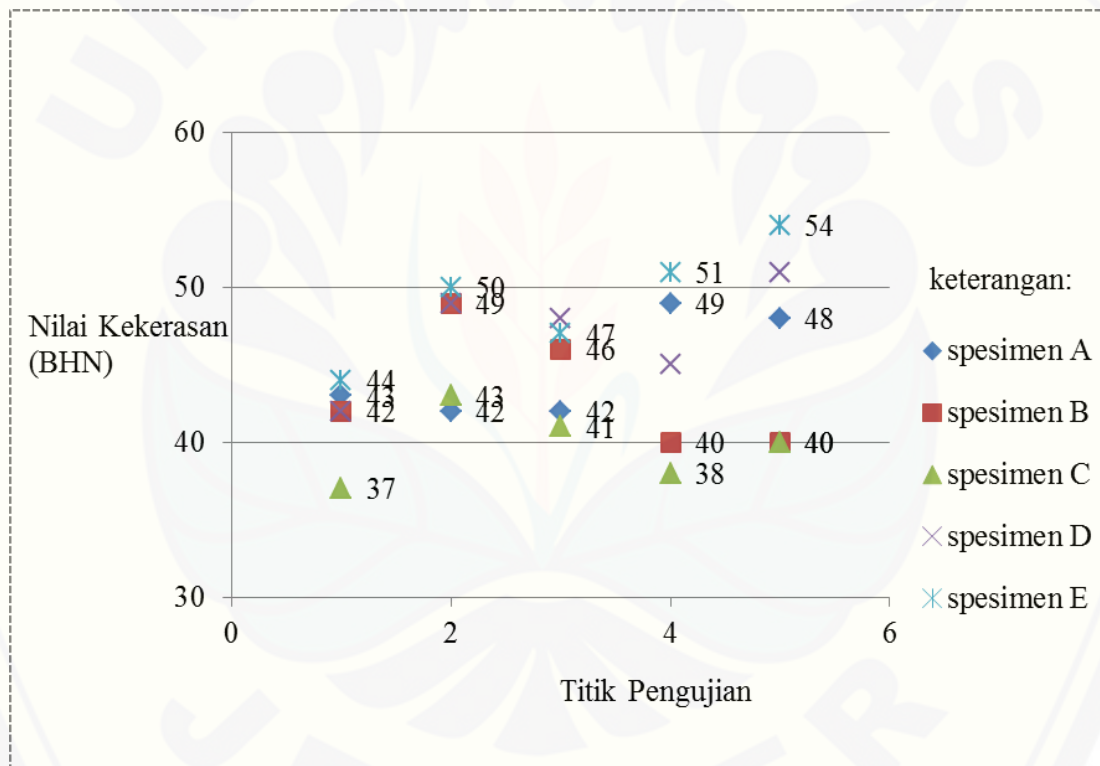
No	Prosentase Volume (%) (epoxy:serbuk kayu:serbuk Al)	Pengulangan Spesimen	Titik Pengujian	Nilai Kekerasan (BHN)
5.	40:50:10	D	2	35
			3	33
			4	36
			5	34
				$\bar{x}=34,8$
		E	1	33
			2	39
			3	33
			4	34
			5	33
	$\bar{x}=34,4$			

Tabel 4.10 Nilai Rata-Rata Kekerasan *Brinell* (40:50:10)

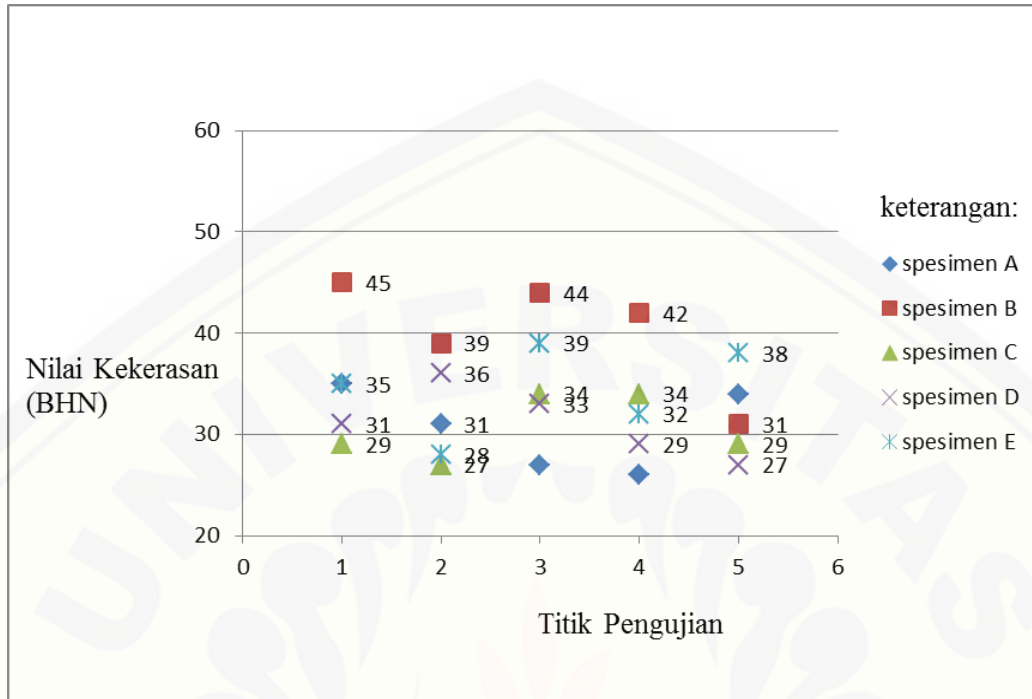
Prosentase Volume (%) (epoxy:serbuk kayu:serbuk Al)	Pengulangan Spesimen	Nilai Rata-Rata Kekerasan (BHN)
40:50:10	A	34,8
	B	36,6
	C	32
	D	34,8
	E	34,4
	\bar{x}	34,52

Tabel 4.11 Nilai Rata-Rata Kekerasan *Brinell* Variasi Prosentase Volume Bahan

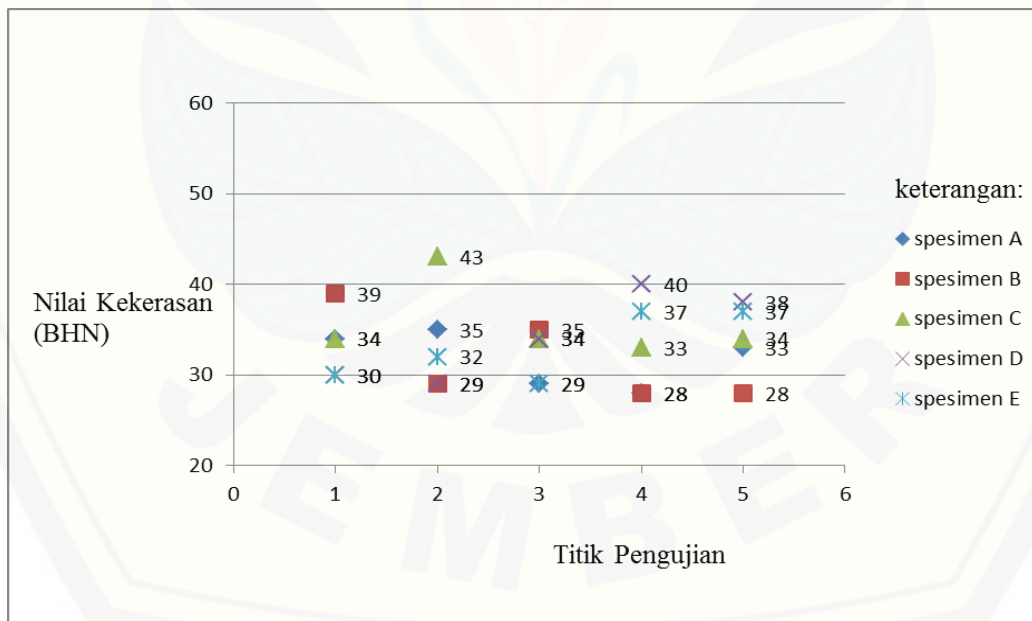
No	Prosentase Volume (%) Epoxy:serbuk kayu:serbuk Al	Nilai Rata-Rata Kekerasan (BHN)
1.	40:10:50	44,84
2.	40:20:40	33,8
3.	40:30:30	33,28
4.	40:40:20	21,52
5.	40:50:10	34,52



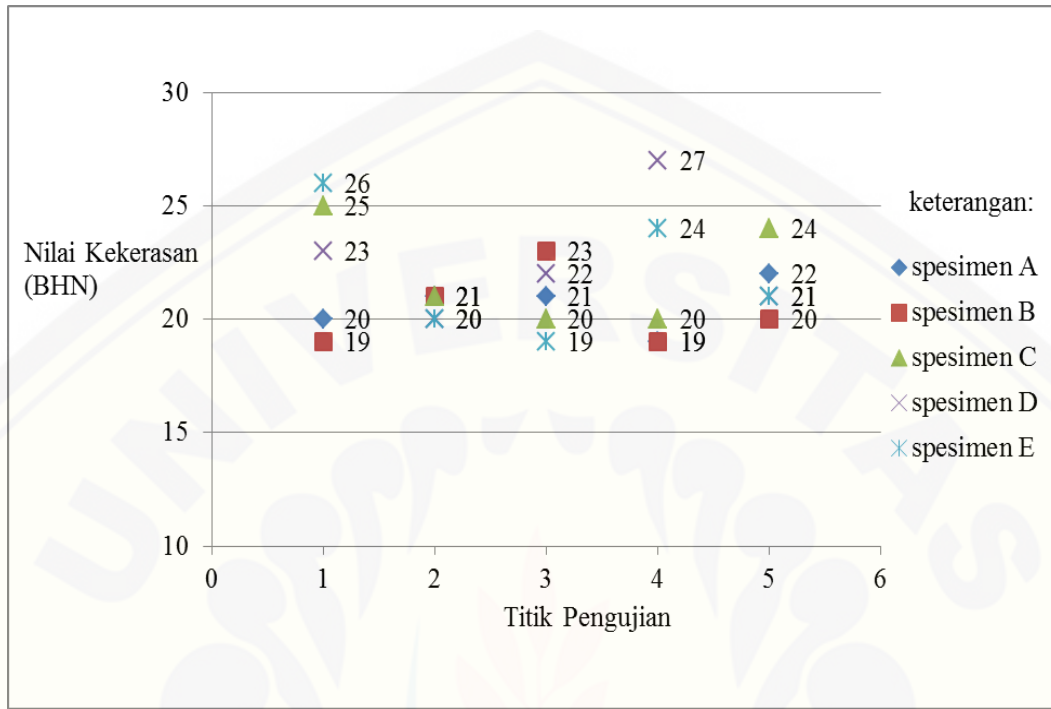
Gambar 4.1 Grafik Nilai Kekerasan *Brinell* (BHN) dengan Prosentase Volume (epoxy:serbuk kayu:serbuk Al) 40:10:50



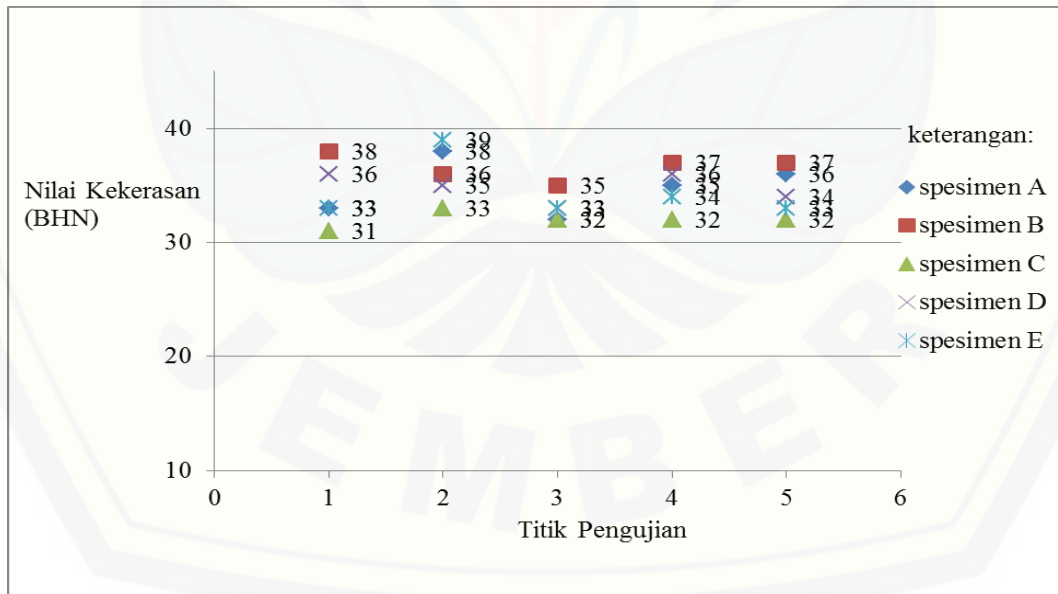
Gambar 4.2 Grafik Nilai Kekerasan *Brinell* (BHN) dengan Prosentase Volume (*epoxy*:serbuk kayu:serbuk Al) 40:20:40



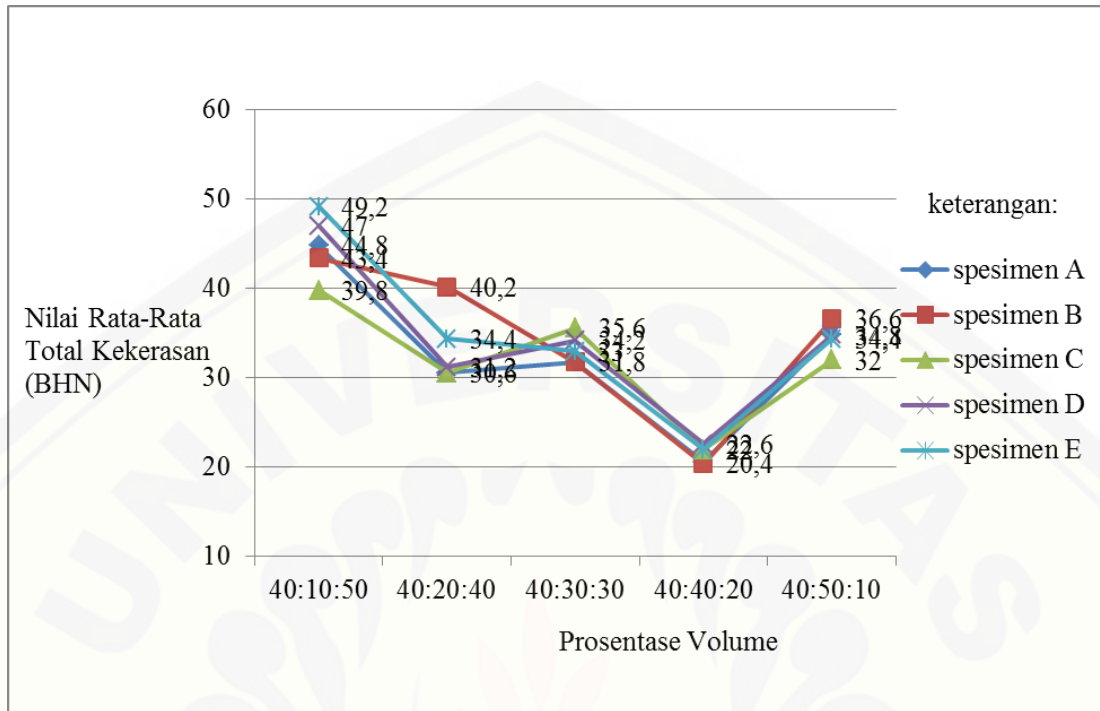
Gambar 4.3 Grafik Nilai Kekerasan *Brinell* (BHN) dengan Prosentase Volume (*epoxy*:serbuk kayu:serbuk Al) 40:30:30



Gambar 4.4 Grafik Nilai Kekerasan *Brinell* (BHN) dengan Prosentase Volume (epoxy:serbuk kayu:serbuk Al) 40:40:20



Gambar 4.5 Grafik Nilai Kekerasan *Brinell* (BHN) dengan Prosentase Volume (epoxy:serbuk kayu:serbuk Al) 40:50:10



Gambar 4.6 Grafik Nilai Kekerasan *Brinell* Rata-Rata (BHN) pada Masing-Masing Prosentase Volume (*epoxy*:serbuk kayu:serbuk Al)

Tabel 4.12 Pengujian Kekerasan *Brinell* Kampas Rem Indoparts

Pengujian Kekersan Pada Titik	Nilai Rata-Rata Kekerasan(BHN) Pada Pengulangan		
	A	B	C
1	27	25	20
2	26	21	19
3	20	20	20
4	28	22	20
5	20	27	20
\bar{x}	24,2	23	20

Rata-rata total nilai kekerasan kampas rem merek Indoparts sebesar 22,4 BHN

Tabel 4.13 Pengujian Kekerasan *Brinell* Kampas Rem Yamaha

Pengujian Kekersan Pada Titik	Nilai Rata-Rata Kekerasan(BHN) Pada Pengulangan		
	A	B	C
1	21	26	20
2	26	21	21
3	20	22	22
4	22	20	27
5	20	29	20
\bar{x}	21,8	23,6	22

Rata-rata total nilai kekerasan kampas rem merek Yamaha sebesar 22,47 BHN

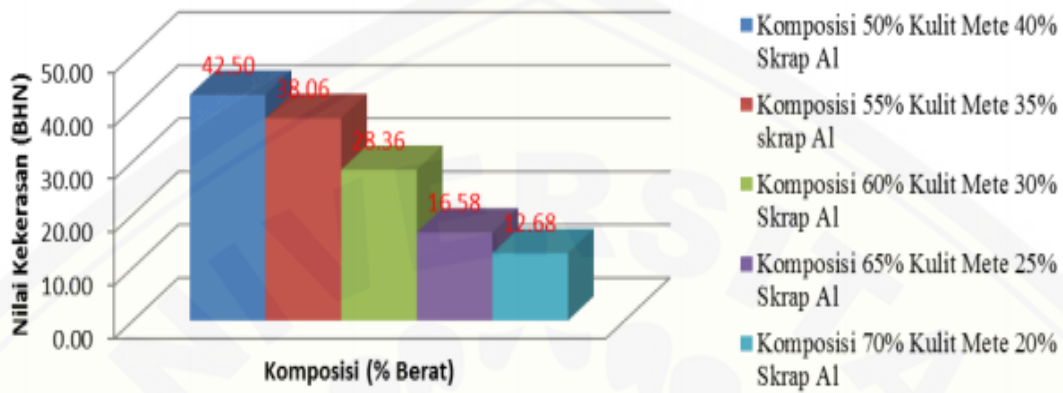
Tabel 4.14 Pengujian Kekerasan *Brinell* Kampas Rem Honda

Pengujian Kekersan Pada Titik	Nilai Rata-Rata Kekerasan(BHN) Pada Pengulangan		
	A	B	C
1	23	24	20
2	25	24	25
3	20	20	26
4	23	27	24
5	25	21	27
\bar{x}	23,2	23,2	24,4

Rata-rata total nilai kekerasan kampas rem merek Yamaha sebesar 23,6 BHN

4.2 Data Penelitian Terdahulu

Bahan Serbuk Kulit Mete



Gambar 4.8 Grafik Pengaruh Variasi Komposisi Bahan Kampas Rem terhadap Kekerasan (Priyambodo dkk,2014)

Pada grafik kekerasan ditemukan bahwa penambahan sekrap alumunium dan pengurangan persentase berat serbuk kulit mete memberikan peningkatan terhadap nilai kekerasannya. Untuk nilai kekerasan yang paling tinggi yaitu 42.5 BHN komposisi 40% skrap alumunium dan 50% serbuk kulit mete dan nilai kekerasan terkecil 12.68 BHN komposisi 20% skrap alumunium dan 70 % serbuk kulit mete.

4.3 Pengolahan Data Dengan Perhitungan Menggunakan ANOVA

Tabel 4.12 Tabel ANOVA Pengujian Kekerasan
Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Hasil Pengujian

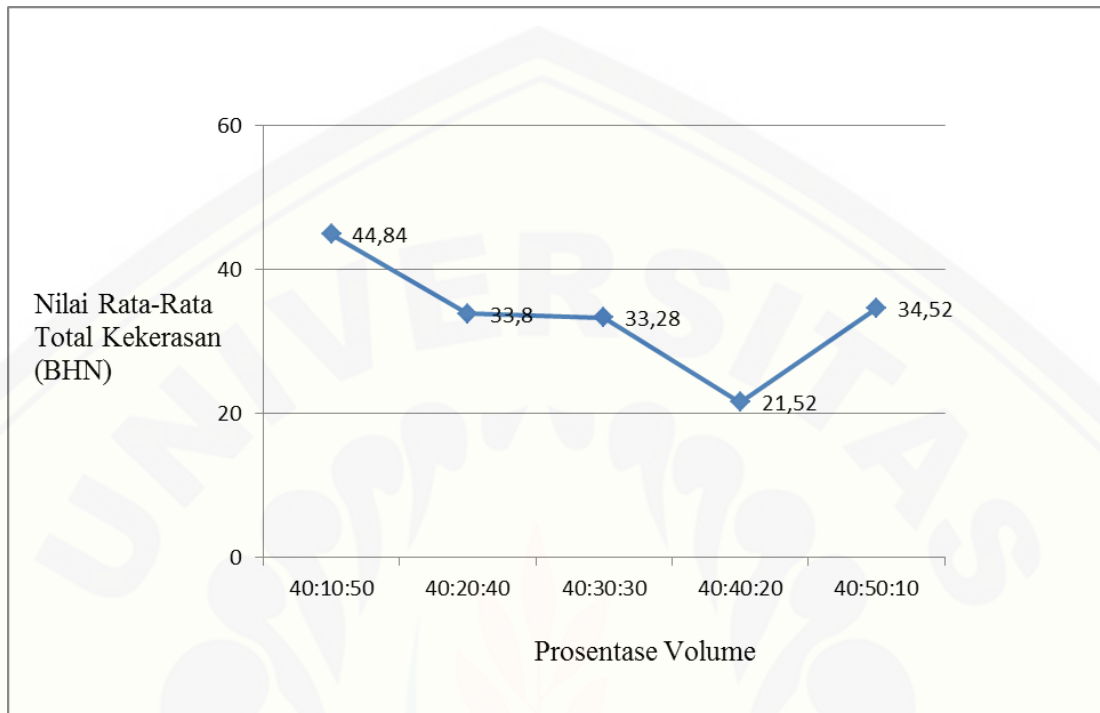
Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	7551.232 ^a	24	314.635	27.893	.000
Intercept	140381.768	1	140381.768	1.2454	.000
prosentase	139.792	4	34.948	3.098	.019
Titik pengujian	6830.352	4	1707.588	151.382	.000

prosentase* titik pengulangan	581.088	16	36.318	3.220	.000
Error	1128.000	100	11.280		
Total	149061.000	125			
Corrected Total	8679.232	124			

a. R Squared = .870 (Adjusted R Squared = .839)

Setelah dilakukan perhitungan analisis sidik ragam (Anova) di atas dapat disimpulkan hipotesis yaitu, Dengan nilai $\alpha = 0,05$ dapat dilihat nilai F_{hitung} sebesar (27.893) lebih besar dari pada nilai sig atau F_{tabel} $\alpha = 0,05$ sebesar 0.000. Nilai F_{hitung} sebesar (1.2454) lebih besar dari pada nilai sig atau F_{tabel} $\alpha = 0,05$ sebesar 0.000. Nilai F_{hitung} sebesar (3.098) lebih besar dari pada nilai sig $\alpha = 0,05$ sebesar 0.019 namun lebih kecil dari F_{tabel} sebesar 4. Nilai F_{hitung} sebesar (151.382) lebih besar dari pada nilai sig atau F_{tabel} $\alpha = 0,05$ sebesar 0.000. Nilai F_{hitung} sebesar (3.220) lebih besar dari pada nilai sig $\alpha = 0,05$ sebesar 0.000 tetapi lebih kecil dari F_{tabel} sebesar 16. $F_{hitung} < F_{tabel}$ itu pada titik pengujian dan prosentase*titik pengulangan namun nilai sig $< \alpha$. Hal tersebut menunjukkan bahwa adanya masalah spsimen dan paduannya pada prosentase bahan tertentu. Sehingga data ini tidak signifikan karena adanya $F_{hitung} < F_{tabel}$.

4.3 Pembahasan



Gambar 4.9 Grafik Nilai Kekerasan *Brinell* Rata-Rata Total (BHN) pada Masing-

Masing Prosentase Volume (*epoxy*:serbuk kayu:serbuk Al)

Nilai kekerasan yang muncul pada alat Leeb Hardness Tester TH120 berfungsi untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh variasi prosentase bahan yang telah ditetapkan. Jika dilihat dari tabel yang telah diperoleh, grafik menunjukkan adanya pengaruh variasi prosentase bahan komposit. Hal ini bisa dilihat pada prosentase 40% *epoxy*, 10% serbuk kayu sengon, 50% serbuk alumunium memiliki nilai kekerasan sebesar 44,84 BHN. Pada prosentase 40% *epoxy*, 20% serbuk kayu sengon, 40% serbuk alumunium turun menjadi 33,80 BHN. Pada prosentase 40% *epoxy*, 30% serbuk kayu sengon, 30% serbuk alumunium mengalami penurunan sehingga nilai kekerasannya sebesar 33,28 BHN. Pada 40% *epoxy*, 40% serbuk kayu sengon, 20% serbuk alumunium mengalami penurunan kembali menjadi 21,52 BHN dan pada prosentase 40%

epoxy, 50% serbuk kayu sengon, 10% serbuk alumunium mengalami kenaikan menjadi 34,52 BHN.

Dengan pengambilan 5 titik pada setiap sample dan 5 sample setiap variasi diperoleh data nilai kekerasan sebanyak 25 kali. Dimana setiap kali pengambilan titik pada setiap sampel nantinya diambil rata-ratanya. Nilai kekerasan pada tabel, nilai kekerasan yang mendekati nilai kekerasan kampas rem Indoparts, Yamaha, dan Honda adalah pada prosentase bahan 40% *epoxy*, 40% serbuk kayu sengon, 20% serbuk alumunium yaitu sebesar 21,52 BHN.

Berdasarkan beberapa penelitian terdahulu yaitu penelitian milik Priyambodo,dkk (2014) bahwa penambahan skrap alumunium dan pengurangan persentase berat serbuk kulit mete memberikan peningkatan terhadap nilai kekerasannya. Untuk nilai kekerasan yang paling tinggi yaitu 42.5 BHN komposisi 40% skrap alumunium dan 50% serbuk kulit mete dan nilai kekerasan terkecil 12.68 BHN komposisi 20% skrap alumunium dan 70 % serbuk kulit mete.

Begitu juga dengan penelitian ini, penambahan prosentase serbuk kayu sengon dan penurunan prosentase serbuk alumunium mengakibatkan penurunan nilai kekerasan. Namun pada prosentase 40:50:10 mengalami kenaikan nilai kekerasan. Hal ini disebabkan karena letak spesimen pada saat sintering tidak sama. Sehingga mengakibatkan penerimaan panas yang tidak sama. Secara umum perlakuan sintering bertujuan untuk meningkatkan kerapatan antar permukaan unsur yang berefek pada peningkatan kekerasan sampel seiring dengan berkurangnya porositas. Pada penelitian terhadap komposit Al-Mg-Si tidak memberikan hasil sebagaimana yang diharapkan. Kenaikan suhu sinter justru semakin menurunkan nilai kekerasan pada sampel. Menurunnya nilai kekerasan dapat terjadi karena pada proses pembuatan dengan teknik metalurgi serbuk, memungkinkan distribusi Al-Mg-Si yang tidak merata, yang berakibat pada tidak tercapainya ikatan antar permukaan dengan baik antar penyusun komposit yang juga disebabkan oleh kesalahan pada preparasi sampel (Hafizah dan Faisal, 2012).

BAB 5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

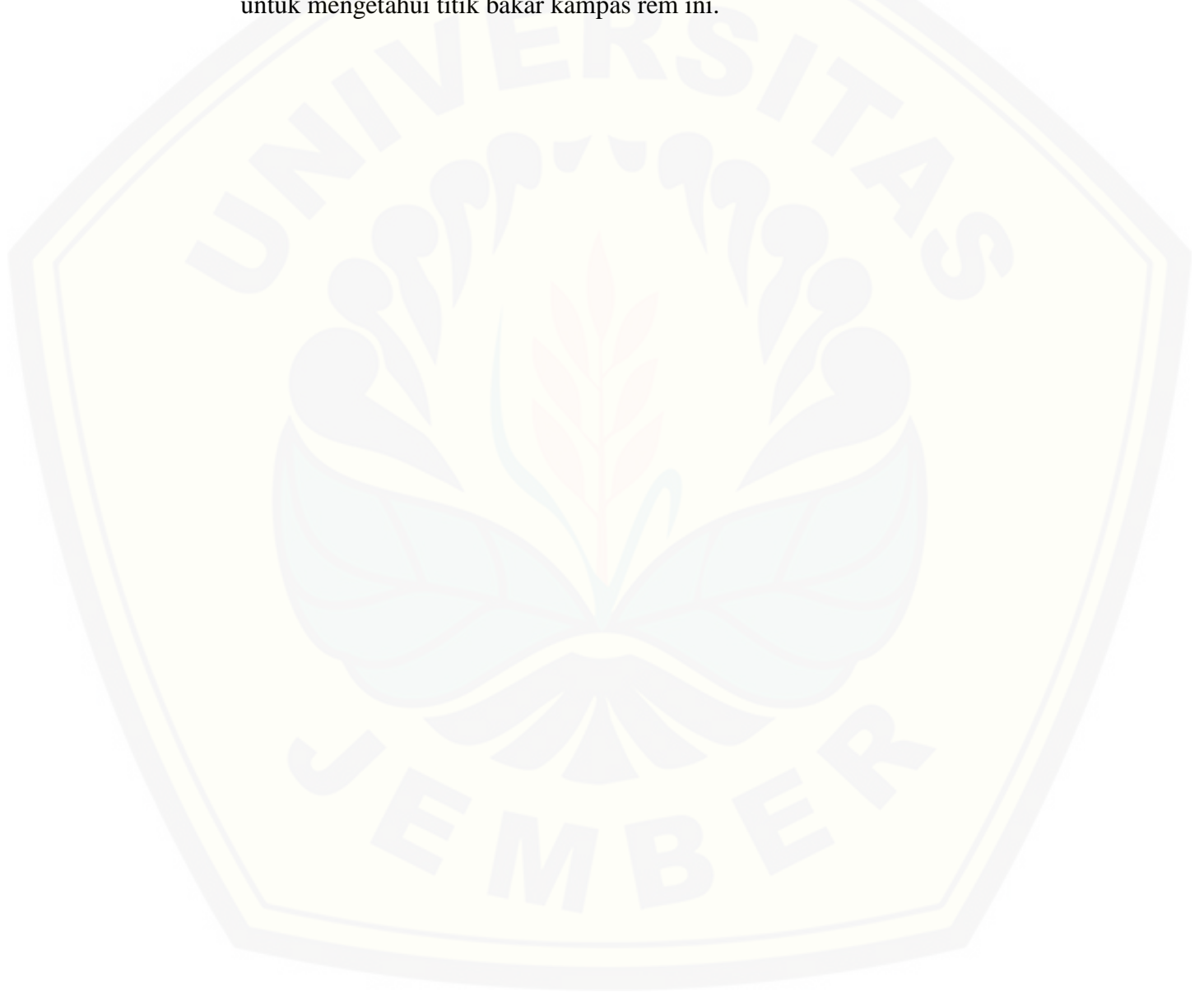
Berdasarkan penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Dari hasil penelitian nilai kekerasan pada setiap variasi prosentase bahan berbeda-beda. Pada prosentase 40:10:50 memiliki nilai kekerasan 44,84 BHN. Pada prosentase 40:20:40 memiliki nilai kekerasan 33,80 BHN, prosentase 40:30:30 nilai kekerasannya menjadi 33,28 BHN, pada prosentase 40:40:20 turun menjadi 21,52 BHN dan saat prosentase 40:50:10 naik menjadi 34,52 BHN. Ini menunjukkan bahwa ada pengaruh dari penambahan prosentase serbuk kayu terhadap kekerasan.
2. Nilai pengujian kekerasan kanvas rem merek indoparts diperoleh angka 22,40 BHN, merek Yamaha 22,47 BHN, dan merek Honda sebesar 23,6 BHN. Sehingga nilai kekerasan yang mendekati nilai kekerasan kanvas rem merek Indoparts, Yamaha, dan Honda adalah adalah pada prosentase 40:40:20.
3. Pada prosentase 40:50:10 mengalami peningkatan nilai kekerasan yaitu sebesar 34,52 BHN. Hal ini disebabkan akibat pencampuran bahan yaitu epoxy dengan serbuk tidak kontinyu. Sehingga ikatannya tidak homogen.

5.2 Saran

1. Sebaiknya memperhatikan pengadukan serbuk kayu dan serbuk aluminium agar lebih kontinyu dan bahan tercampur lebih merata serta posisi spesimen saat sintering.

2. Lebih cermat saat menuangkan dan mengaduk *epoxy* agar matrik lebih baik serta menghindari timbulnya *void*.
3. Untuk penelitian selanjutnya bisa bervariasi serbuk dan prosentase bahan yang lebih bervariasi untuk mengetahui sifat mekanik yang lebih baik.
4. Sebaiknya sebelum menggunakan kampas rem penelitian ini, diharapkan untuk mengetahui titik bakar kampas rem ini.



DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad Multazam, Achmad Zainuri dan Sujita. 2012. *Analisa Pengaruh Variasi Merek Kampas Rem Tromol Dan Kecepatan Sepeda Motor Honda Supra X125 Terhadap Keausan Kampas Rem*. Teknik Mesin Universitas Mataram.
- Akinyede, O., Mohan, R., Kelkar, A., Sankar, J. 2007. *Static And Dynamic Loading Behavior Of Hybrid Epoxy Composite With Alumina Nanoparticles*. Japan: International Conference On Coposite Materials.
- ASM Handbook. 1990. *Powder Metallurgy Technologies and Applications*. USA: ASM International.
- ASM Specialty Hand Book. 1993. *Aluminium and Aluminium Alloy*. Ohio. Hal. 534-645.
- Badan Pusat Statistik. 2000. *Kerangka Teori dan Analisis Tabel Input-Output*. Jakarta: BPS.
- Diharjo K., Masykuri M., Legowo B., dan Abdullah G. 2005-2007. *Rekayasa dan Manufaktur Bahan Komposit sandwich Berpenguat Serat Kenaf Dengan Core Limbah Kayu Sengon Laul Untuk Komponen Gerbong Kereta Api. Laporan Penelitian, Hibah bersaing XIII*. Dikti: Jakarta.
- Ekawati, D. 2008. *Pengaruh Temperatur Sintering Terhadap Karakteristik Komposit Aluminium Grafit dengan Wetting Agent Tembaga*. Depok
- German, R.M. 1984. *Powder Metallurgy Science*. USA: Metal Powder Industries Federation.
- Hafizah dan Faisal. 2012. Pengaruh Variasi Suhu Sintering Pada Komposit Al-Mg-Si Terhadap Kekuatan Dengan Teknik Metalurgi Serbuk. *Jurnal Sains*. Vol 1, No. 2.
- Jones, W.D. 1960. *Fundamental Principles of Powder Metallurgy*. London: Edward Aronold.

- Klar, E. 1983. *Powder Metallurgy Application, Advantages, and Limitation*. Ohio: American Society for Metals.
- Martawijaya, A., Kadir, K., dan Kartasujana, I. 1973. *Catatan Mengenai Daya Tahan Beberapa Jenis Kayu Terhadap Ryap Kayu Keing Cryptotermes Spp*. Bogor: Lembaga Penelitian Hasil Hutan.
- Priyambodo, B.H., dkk. 2014. Pengaruh Variasi Komposisi Bahan Komposit Limbah Kulit Mete/Phenolic Dengan Penguat Skrap Alumunium Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Sebagai Bahan Alternatif Kampas Rem Non Asbestos. *Jurnal Prosiding SNST ke-5*. Vol. 1.
- Purwanto D., Samet, Mahfuz, dan Sakiman. 1994. *Pemanfaatan Limbah Industri Kayu Lapis Untuk Papan Partikel Buatan Secara Laminasi*. Banjar Baru: Departemen Perindustrian.
- Smallman, R.E., dan Bishop, R.J. 2000. *Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material*. Jakarta: Erlangga.
- Sutikno. 2008. Pengaruh Komposisi Serbuk Tempurung Kelapa terhadap Sifat-Sifat Fisik dan Mekanik Bahan Gesek Non Asbes untuk Aplikasi Kampas Rem Sepeda Motor. *Jurnal Ilmiah Populer dan Teknologi Terapan*. Vol. 6, Pp. 893-904.
- Susilo Adi W. 2008. Karakteristik Mekanik Kampas Rem Akibat Variasi Kondisi Pengoperasian. *ROTASI*. Vol. 4, No. 1.
- Wawan Kartiwa H, Arief Tri W. 2013. *Peningkatan Standar Kampas Rem Kendaraan Berbahan Baku Asbestos dan Non Asbestos (Selulose) untuk Keamanan*. PBBPD dan PT. IPB.
- Wahyudi, Didik, dkk. 2002. Optimasi Kekerasan Kampas Rem Dengan Metode Eksperimen. *Jurnal Teknik Mesin*. Vol. 4, Pp. 50-58.

LAMPIRAN 1



Penimbangan Serbuk Kayu



Penimbangan Serbuk Aluminium



Penimbangan Resin *Epoxy*



Proses *Mixing*



Pemberian Beban



Spesimen



Sintering Suhu 150⁰C Selama 30 menit



Punch



Pengujian Sampel