



**PENGARUH FRAKSI VOLUME SERBUK ALUMINIUM, SERBUK ARANG
KAYU GLUGU DAN SERAT TEBU TERHADAP KONDUKTIVITAS
THERMAL KAMPAS REM KOMPOSIT HYBRID**

SKRIPSI

Oleh

**Ady Purwanto
NIM 121910101055**

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2016**



**PENGARUH FRAKSI VOLUME SERBUK ALUMINIUM, SERBUK ARANG
KAYU GLUGU DAN SERAT TEBU TERHADAP KONDUKTIVITAS
THERMAL KAMPAS REM KOMPOSIT HYBRID**

SKRIPSI

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

Oleh

Ady Purwanto
NIM 121910101055

**PROGRAM STUDI STRATA 1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2016**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Ibunda Kaspin Tri Ningsih yang telah melahirkan saya ke dunia ini, Ayahanda Tirta Wasono yang telah berjuang mendidik saya dan senantiasa memberikan semangat, dorongan, kasih sayang dan pengorbanan yang tiada batas hingga saat ini serta doa yang tiada hentinya beliau haturkan dengan penuh keikhlasan;
2. Kakak saya Dwi Susanti, dr., MPH dan Hari Susanto yang telah membiayai semua keperluan saya selama perkuliahan serta selalu setia menyemangati dan memberikan motivasi.
3. Dosen pembimbing mobil listrik Muh. Nurkoyim K., S.T., M.T. yang selalu sabar membimbing dalam perjalanan hidup saat diperkuliahan maupun diluar dunia perkuliahan.
4. Dosen tersabar Bapak Dr. Agus Triono, S.T., M.T. yang rela meluangkan waktunya untuk membimbing dan Ahmad Adib Rosyadi, S.T., M.T. sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
5. Seluruh dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang senantiasa memberikan ilmunya. Semoga ilmu yang kalian berikan bermanfaat dan barokah untukku dan untuk kalian serta menjadi amalan penolong kalian kelak.
6. Saudaraku Teknik Mesin angkatan 2012 Universitas Jember dan teman – teman kos p. Ma’ruf, N. Latif, imam sya’roni, M. Tontowi, R. Febrianto, Lutfi, M. Luqman Hakim, Agung Suseno, Moh. Sya’roni dan lain-lain, yang selalu memberikan motivasi dan semangat persaudaraan selama perkuliahan hingga saat ini dan teruslah bersaudara hingga kita bisa berbagi kesenangan dan kebahagiaan lagi di surga-NYA kelak, panjang umur dan berbahagialah kalian;
7. Seluruh civitas akademik baik di lingkungan UNEJ maupun seluruh instansi pendidikan, perusahaan dan lembaga terkait.

MOTTO

“Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman diantaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat.”

(Al-Quran Surat Al-Mujadalah ayat 11)

“Dua hal yang tiada bandingannya dalam keutamaan, yaitu beriman kepada Allah, dan bermanfaat kepada kaum muslimin. Dan dua hal (pula) tiada bandingannya dalam keburukan, yaitu menyekutukan Allah dan berbuat aniaya (merugikan) kaum muslimin.”

(Nabi Muhammad S.A.W)

“Bermimpilah setinggi langit. Jika engkau jatuh, engkau akan jatuh diantara bintang-bintang.”

“Barang siapa ingin mutiara, harus berani terjun di lautan yang dalam”

(Ir. Soekarno)

^{*)} Departemen Agama Republik Indonesia. 1998. Al-Qur'an dan Terjemahannya. Semarang: PT Kumudasmoro Grafindo

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Ady Purwanto

NIM : 121910101055

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul “PENGARUH FRAKSI VOLUME SERBUK ALUMINIUM, SERBUK ARANG KAYU GLUGU DAN SERAT TEBU TERHADAP KONDUKTIVITAS THERMAL KAMPAS REM KOMPOSIT HYBRID” adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada institusi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus 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, 16 Desember 2016
Yang menyatakan,

(Ady Purwanto)
NIM 121910101055

SKRIPSI

**PENGARUH FRAKSI VOLUME SERBUK ALUMINIUM, SERBUK ARANG
KAYU GLUGU DAN SERAT TEBU TERHADAP KONDUKTIVITAS
THERMAL KAMPAS REM KOMPOSIT HYBRID**

Oleh

Ady Purwanto

121910101055

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Agus Triono, S.T., M.T

Dosen Pembimbing Anggota : Ahmad Adib Rosyadi, S.T., M.T

PENGESAHAN

Skripsi berjudul “Pengaruh fraksi volume serbuk aluminium, serbuk arang kayu glugu dan serat tebu terhadap konduktivitas thermal kampak rem komposit hybrid” telah diuji dan disahkan pada:

Hari, tanggal : jumat, 16 Desember 2016

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji,

Ketua,

Sekretaris,

Dr. Agus Triono, S.T., M.T.
NIP 197008072002121001

Ahmad Adib Rosyadi, S.T., M.T.
NIP 19850117201221001

Anggota I,

Anggota II,

Dr. Salahuddin junus, S.T., M.T.
NIP 197510062002121002

Ir. Dwi Djumhariyanto, M.T.
NIP 196008121998021001

Mengesahkan
Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.UM.
NIP 196612151995032001

RINGKASAN

Pengaruh fraksi volume serbuk aluminium, serbuk arang kayu glugu dan serat tebu terhadap konduktivitas thermal kampas rem komposit hybrid; Ady Purwanto, 121910101055; 2016; 51 halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Konduktivitas thermal yang diartikan sebagai kemampuan suatu material untuk menghantarkan panas, sedangkan Perpindahan panas adalah bentuk energi dalam transisi. Dimana hal ini disebabkan oleh terjadinya perbedaan temperatur. Semakin besar perbedaan temperatur yang terjadi maka semakin besar pula laju perpindahan panas yang terjadi.

Dalam penelitian ini, difokuskan pada nilai konduktivitas thermal dan perpindahan panas. Variasi yang digunakan adalah Variasi fraksi volume bahan penyusun komposit yaitu; serbuk alluminium (40%, 30%, 20%). Serbuk arang kayu glugu (20%, 30%, 40%). Serat tebu (20%) dan phenolik resin (20%). Penelitian ini dilakukan di LPM. Universitas Jember.

Penelitian ini bertujuan mengetahui nilai konduktivitas thermal dan nilai perpindahan panas pada komposit. Berdasarkan pengujian yang sudah dilakukan didapatkan nilai konduktivitas termal terendah pada komposit adalah 4.47 watt/m°C dengan perbandingan fraksi volume alluminium, serbuk arang kayu glugu, serat tebu dan phenolik resin 20% : 40% :20% :20%. Sedangkan nilai konduktivitas termal tertinggi pada komposit adalah 6.75 watt/m°C dengan perbandingan fraksi volume 40% : 20% : 20%: 20%. Nilai perpindahan panas terendah pada komposit yaitu 294.56 watt, dengan perbandingan volume alluminium, serbuk arang kayu glugu, serat tebu dan phenolik resin 20% : 40% :20% :20%. Sedangkan nilai konduktivitas termal tertinggi pada komposit adalah 760.27 watt, dengan perbandingan fraksi volume 40% : 20% : 20%: 20%.

SUMMARY

Volume Fraction Influence Of Aluminium Powder, Glugu Charcoal Powder and Cane Fiber To The Hybrid Composite Brake Lining Thermal Conductivity : Ady Purwanto, 121910101055; 2016; 51 pages; Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Jember.

Thermal conductivity is defined as the ability of a material to conduct heat, while heat transfer is a form of energy in transition. Where it is caused by the temperature difference. The greater the temperature difference occurs, the greater the rate of heat transfer occurs.

In this study, focused on the value of thermal conductivity and heat transfer. Variations used are variations of the volume fraction of the composite building blocks namely; alluminium powder (40%, 30%, 20%). Glugu wood charcoal powder (20%, 30%, 40%). Cane fiber (20%) and phenolic resin (20%). This research was conducted in the LPM. University of Jember.

This study aims to determine the value of thermal conductivity and heat transfer value on the composite. Based on testing that has been done the lowest thermal conductivity values obtained in the composite is 4.47 watts / m ° C with a ratio of the volume fraction of alluminium, wood charcoal powder glugu, sugarcane fiber and phenolic resin is 20%: 40%: 20%: 20%. While the value of the highest thermal conductivity in the composite was 6.75 watts / m ° C with a ratio of volume fraction of 40%: 20%: 20%: 20%. Heat transfer value is the lowest at 294.56 watts composite, with the volume ratio alluminium, wood charcoal powder glugu, sugarcane fiber and phenolic resin is 20%: 40%: 20%: 20%. While the value of the highest thermal conductivity in the composite was 760.27 watts, with a ratio of volume fraction of 40%: 20%: 20%: 20%

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah SWT. atas segala rahmat dan karuniaNya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “pengaru fraksi volume serbuk aluminium, serbuk arang kayu glugu dan serat tebu terhadap konduktivitas thermal kamps rem komposit hybrid”. 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 dapat penulis rasakan setiap detik dalam hidup ini.
2. Ibunda Kaspin Tri Ningsih yang telah melahirkan saya ke dunia ini, Ayahanda Tirto Wasono yang telah berjuang mendidik saya dan senantiasa memberikan semangat, dorongan, kasih sayang dan pengorbanan yang tiada batas hingga saat ini serta doa yang tiada hentinya beliau haturkan dengan penuh keikhlasan;
3. Kakak saya Dwi Susanti, dr., MPH dan Hari Susanto yang telah membiayai semua keperluan saya serta selalu setia menyemangati dan memberikan motivasi.
4. Ust. Ysa Bukhori dan ust. Imam Bukhori terima kasih atas pedoman hidup dan ajaran yang telah diberikan.
5. Pahlawan tanpa tanda jasa saya sejak taman kanak-kanak, sekolah dasar, sekolah menengah pertama, hingga sekolah menengah akhir yang telah bersedia mendidik dan berbagi ilmu.
6. Dosen tersabar Bapak Dr. Agus Triono, S.T., M.T. yang rela meluangkan waktunya untuk membimbing dan Ahmad Adib Rosyadi, S.T., M.T. sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

7. Bapak Dr. Salahudin yunus, S.T., M.T. dan Bapak Ir. Dwi Djumarianto, M.T. selaku dosen penguji yang tak lelah memberikan kritik dan saran sehingga penelitian dan penulisan ini menjadi lebih baik.
8. Bapak Santoso Mulyadi, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing akademik saya
9. Bapak Muh. Nurkoyim K., S.T., M.T. yang selalu sabar membimbing dalam perjalanan hidup saat diperkuliahan maupun diluar dunia perkuliahan.
10. Semua dosen Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember yang senantiasa memberikan ilmunya. Semoga ilmu yang Bapak/Ibu berikan bermanfaat dan barokah untukku dan untuk pribadi masing-masing serta menjadi amalan penolong Bapak/Ibu kelak;
11. Saudaraku Teknik Mesin 2012 Universitas Jember yang selalu memberikan motivasi dan semangat persaudaraan selama perkuliahan hingga saat ini dan teruslah bersaudara hingga kita bisa berbagi kesenangan dan kebahagiaan lagi di surga-NYA kelak, panjang umur dan berbahagialah kalian;
12. Teman - teman kos P. Ma'ruf yang senantiasa meberikan saya motivasi dan selalu ada di saat susah maupun senang.
13. 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, 14 Desember 2016

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL	ii
PERSEMBAHAN	iii
MOTTO	iv
PERNYATAAN	v
PEMBIMBING	vi
PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	ix
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan dan Manfaat	3
1.4.1 Tujuan	3
1.4.2 Manfaat	4
1.5 Hipotesa	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pengertian Rem	5

	Halaman
2.1.1 Konsep dasar Pengereman	5
2.1.2 Fungsi Rem	5
2.1.3 Rem Cakram	6
2.1.4 Kampas Rem.....	8
2.2 Bahan Dan Proses Pembuatan Kampas Rem.....	10
2.2.1 Aluminium.....	10
2.2.2 Phenolic resin.....	10
2.2.3 Serbuk Kayu Glugu/ Pohon Kelapa.....	11
2.2.4 Ampas tebu	12
2.2.5 Proses Kompaksi	13
2.2.6 Proses <i>Sintering</i>	15
2.3 Komposit	17
2.3.1 Jenis komposit berdasarkan matriknya	18
2.3.2 Jenis komposit berdasarkan penguatnya.....	19
2.4 Konduktivitas Thermal	20
2.5 Laju Perpindahan Panas	23
2.4.1 Konduksi.....	23
2.4.2 Konveksi	25
2.4.3 Radiasi	25
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN.....	29
3.1 Waktu dan Tempat	29
3.2 Alat dan Bahan.....	29
3.2.1 Alat	29
3.2.2 Bahan	30
3.3 Variabel Pengukuran.....	30

	Halaman
3.3.1 Variabel Terikat	30
3.3.2 Variabel Bebas	31
3.4 Proses pembuatan dan Pengujian Spesimen	31
3.4.1 Pembuatan Spesimen	31
3.4.2 Proses Penekanan	32
3.4.3 Proses Pemanasan	33
3.4.4 Proses Pengujian Konduktivitas Thermal	33
3.4.5 Proses Pengujian Perpindahan Panas	34
3.6 Diagram Alir Penelitian	36
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	37
4.1 Data Pengujian Konduktivitas Thermal.....	37
4.2 Data Pengujian Perpindahan Panas.....	39
4.3 Analisis dan Hasil Penelitian.....	42
4.3.1 Analisis dan Hasil Penelitian Konduktivitas Thermal.....	42
4.3.2 Analisis dan Hasil Perhitungan Perpindahan Panas	45
BAB 5. PENUTUP.....	50
5.1 Kesimpulan	50
5.2 saran	50
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

	Halaman
3.1 Variasi pencampuran bahan per spesimen	31
4.1 Hasil pengukuran temperatur dengan spesifikasi bahan serbuk aluminium, serbuk arang kayu glugu, serat tebu dan phenolik resin : 40 :20 :20 :20.....	38
4.2 Hasil pengukuran temperatur dengan spesifikasi bahan serbuk aluminium, serbuk arang kayu glugu, serat tebu dan phenolik resin: 30 :30 :20 :20	38
4.3 Hasil pengukuran temperatur dengan spesifikasi bahan serbuk aluminium, serbuk arang kayu glugu, serat tebu dan phenolik resin: 20 :40 :20 :20	39
4.4 hasil pengukuran konduktivitas thermal aluminium.....	39
4.5 Hasil pengukuran temperatur dengan spesifikasi bahan serbuk aluminium, serbuk arang kayu glugu, serat tebu dan phenolik resin : 40 :20 :20 :20.....	41
4.6 Hasil pengukuran temperatur dengan spesifikasi bahan serbuk aluminium, serbuk arang kayu glugu, serat tebu dan phenolik resin: 30 :30 :20 :20.....	41
4.7 Hasil pengukuran temperatur dengan spesifikasi bahan serbuk aluminium, serbuk arang kayu glugu, serat tebu dan phenolik resin: 20 :40 :20 :20	41
4.8 Hasil perhitungan nilai konduktivitas thermal dengan spesifikasi bahan serbuk aluminium, serbuk arang kayu glugu, phenolik resin, serat tebu: 40 :20 :20 :20.....	43
4.9 Hasil perhitungan nilai konduktivitas thermal dengan spesifikasi bahan serbuk aluminium, serbuk arang kayu glugu, phenolik resin, serat tebu: 30 :30 :20 :20.....	43
4.10 Hasil perhitungan nilai konduktivitas thermal dengan spesifikasi bahan serbuk aluminium, serbuk arang kayu glugu, phenolik resin, serat tebu: 20 :40 :20 :20	44
4.11 Hasil perhitungan nilai perpindahan panas dengan spesifikasi bahan serbuk aluminium, serbuk arang kayu glugu, phenolik resin,	

serat tebu: 40 :20 :20 :20	46
4.12 Hasil perhitungan nilai perpindahan panas dengan spesifikasi bahan serbuk aluminium, serbuk arang kayu glugu, phenolik resin, serat tebu: 30 :30 :20 :20	46
4.13 Hasil perhitungan nilai perpindahan panas dengan spesifikasi bahan serbuk aluminium, serbuk arang kayu glugu, phenolik resin, serat tebu: 20 :40 :20 :20	47

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
2.1 Rem cakram.....	7
2.2 Kampas rem	8
2.3 Serbuk arang kayu glugu	12
2.4 proses kompaksi	14
2.5 <i>Hot compaction</i>	14
2.6 <i>cold compaction</i>	15
2.7 Proses sintering.....	16
2.8 Komposit partikulit dengan arah penguatan isotropik	19
2.9 Arah penguat komposit	20
2.10 Analisa konduksi dinding datar satu dimensi	24
2.11 Perpindahan kalor satu dimensi melalui dinding komposit	24
3.1 cetakan spesimen	30
3.2 Desain Alat Press	33
3.3 Specimen Benda Uji Perambatan Panas	35
3.4 Diagram alir proses	36
4.1 Alat uji konduktivitas thermal	37
4.2 (a), (b) pemasangan benda uji ke alat konduktivitas thermal	37
4.3 pegujian perpindahan panas	40
4.4 grafik nilai konduktivitas thermal	44
4.5 grafik nilai perpindahan panas (q)	47
4.6 grafik hubungan antara perpindahan panas dan konduktivitas thermal	48

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Negara Indonesia mempunyai kekayaan alam yang sangat melimpah, salah satunya adalah kekayaan hutan yang menghasilkan kayu yang sangat melimpah jumlahnya maupun jenisnya. Kita kenal pulau-pulau yang hutannya sangat luas yaitu Kalimantan Sumatra, Irian Jaya dan lainnya.

Kebutuhan akan kayu untuk industri semakin meningkat, sehingga penebangan hutan untuk dimanfaatkan kayunya otomatis semakin meningkat pula. Apalagi sekarang banyak hutan Indonesia ditebangi secara liar dan tidak terkontrol. Kalau hal ini terus dibiarkan maka hutan kita akan habis. Untuk itu dibutuhkan usaha untuk memanfaatkan kayu semaksimal mungkin, sehingga tidak banyak terbuang secara percuma.

Dari industri penggergajian, banyak dihasilkan limbah kayu yang berupa serbuk kayu (grajen) dan potongan kayu (tatal). Dari hasil pengamatan dilapangan limbah penggergajian yang dihasilkan menjadi serbuk kayu per gelondong dengan diameter 30 cm dan panjang 1 m dengan 5 kali penggergajian, tebal gergaji 0,8 cm dihasilkan 0,0088 m³ / gelondong hanya dibuang atau dibakar. (I Gusti Gde Badrawada, Agung Susilo ,2009).

Dari kenyataan yang ada ini timbul pemikiran kami untuk memanfaatkan limbah kayu tersebut menjadi bahan dasar untuk pembuatan kampas rem. Dengan diprosesnya limbah kayu menjadi kampas rem diharapkan limbah kayu yang selama ini dihasilkan oleh industri penggergajian dapat dimanfaatkan.

Dari pemanfaatan limbah kayu untuk di jadikan sebagai bahan dasar kampas rem untuk kendaraan bermotor, Masyarakat Indonesia mayoritas menggunakan alat transportasi sepeda motor dan akhir-akhir ini sepeda motor banyak beralih menggunakan perangkat rem cakram dibandingkan rem tromol.

Rem merupakan komponen yang sangat vital untuk keselamatan pengendara terutama pada komponen kampas rem. Kampas rem adalah suatu komponen yang sangat penting pada sepeda motor karena berfungsi memperlambat dan menghentikan putaran poros, mengendalikan poros dan untuk keselamatan pengendara sendiri.

Merk komponen kampas rem ditawarkan oleh para produsen sangat beragam, mulai dari standart pabrikan sepeda motor hingga bervariasi merk yang laris dipasaran karena lebih terjangkau harganya, sehingga harus lebih selektif dalam memilih suatu produk. Akan tetapi untuk standard keselamatan tidak pernah ada toleransi, kampas rem harus tahan aus dari gesekan dan harus aman pada temperatur tinggi yaitu pada saat waktu pengereman lama seperti di jalan menurun yang panjang. Semakin tinggi kecepatan maka semakin tinggi juga panas yang ditimbulkan pada saat pengereman kecepatan tinggi. Dengan adanya permasalahan tersebut maka perlu dilakukan analisis perbandingan tingkat panas kampas rem cakram ditinjau dari komposisi struktur penyusun bahan kampas. (sukamto ,2014).

Pemakaian rem yang terlalu berlebihan akan menyebabkan kerusakan, sehingga rem tidak bekerja sempurna. Kampas rem mengalami *fading* yang terjadi akibat panas yang berlebihan yang disebabkan karena gesekan terus menerus antara kampas rem dan teromol atau cakram, sehingga membuat kemampuan pengereman akan hilang.

Pada rem jenis cakram bisa diketahui panas berlebih akibat pengereman yaitu dengan menyentuh permukaan *caliper* , Kampas rem yang panas akan menyebabkan *caliper* menjadi panas sehingga menyebabkan minyak rem menguap dan gelembung uap akan dihasilkan di dalam saluran rem. Gejala ini disebut *vapor lock* , dimana pada saat awal aksi pengereman baik tetapi perlahan-lahan berkurang. Disamping itu bisa juga dikenali dari bau kampas yang terbakar. (sukamto, AJ. Bardi ,2013).

Laju perambatan panas pada kampas rem dengan komposisi struktur yang berbeda tentunya akan berbeda pula sehingga dapat dirumuskan permasalahan, bagaimanakah perbandingan tingkat perambatan panas kampas rem cakram dengan komposisi struktur bahan berbeda pada kampas rem sepeda motor.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, maka dapat ditetapkan rumusan masalah sebagai berikut:

- a. Bagaimana mengetahui nilai konduktivitas termal pada kampas rem ?
- b. Bagaimana mengetahui perpindahan panas pada kampas rem ?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang diberlakukan agar penelitian dapat berjalan secara fokus dan terarah, serta dapat mencapai tujuan yang diinginkan adalah sebagai berikut:

- a. Pengujian yang dilakukan adalah mengetahui konduktivitas termal dan cepat rambat panas pada kampas rem.
- b. Spesimen yang dihasilkan dari perlakuan kompaksi seragam dengan penekanan 2 ton.
- c. Suhu ruangan pada proses pembuatan dan pengujian pada setiap spesimen dianggap sama.

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

- a. Mengetahui pengaruh fraksi volume serbuk aluminium, serbuk arang kayu glugu dan serat tebu konduktivitas thermal kampas rem komposit hybrid.
- b. Mengetahui nilai cepat rambat panas dari variasi fraksi volume serbuk aluminium, serbuk arang kayu glugu dan serat tebu pada kampas rem komposit hybrid.

1.4.2 Manfaat

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian pada ini adalah:

- a. Memberikan informasi mengenai nilai konduktivitas thermal dan cepat rambat panas kampas rem dengan bahan serbuk arang kayu glugu dan serbuk aluminium.
- b. Sebagai acuan untuk penelitian selanjutnya mengenai perpindahan dan konduktivitas termal.

1.5 Hipotesa

Dari pemilihan bahan dengan menggunakan serbuk arang kayu glugu diharapkan mempunyai nilai koefisien gesek yang tinggi dengan pencampuran aluminium sebagai tahanan panas dan serat tebu sebagai penguat pada kampas rem. Dengan demikian diharapkan dalam penelitian ini dihasilkan produk yang berupa kampas rem dengan nilai konduktivitas thermal yang rendah dan laju perpindahan panas yang juga rendah.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Rem

Rem adalah suatu piranti untuk memperlambat atau menghentikan gerakan roda. Karena gerak roda di perlambat, secara otomatis gerak kendaraan menjadi lambat. Energi kinetik yang hilang dari benda yang bergerak ini biasanya menjadi panas karena gesekan.

Proses pengereman sebenarnya soal keseimbangan energi. Tujuan dari pengereman adalah untuk mengubah energi mekanik dari kendaraan yang bergerak ke dalam bentuk lain, yang bertujuan untuk mengurangi kecepatan kendaraan. Energi kinetik berubah menjadi panas dengan menggunakan efek gesekan kering dan, setelah itu, hilang ke lingkungan. (Predrag D dkk, 2010).

2.1.1 Konsep Dasar Pengereman

Pada setiap kendaraan bermotor kemampuan sistem pengereman menjadi suatu yang penting karena mempengaruhi keselamatan berkendara. Semakin tinggi kemampuan kendaraan tersebut melaju maka semakin tinggi pula tuntutan kemampuan sistem rem yang lebih handal dan optimal untuk menghentikan atau memperlambat laju kendaraan. Untuk mencapainya diperlukan perbaikan-perbaikan dalam sistem pengereman tersebut. Sistem rem yang baik adalah sistem rem yang jika dilakukan pengereman baik dalam kondisi apapun pengemudi tetap dapat mengendalikan arah dari laju kendaraannya. (Ian Hardianto Siahaan, HongYung Sen, 2008).

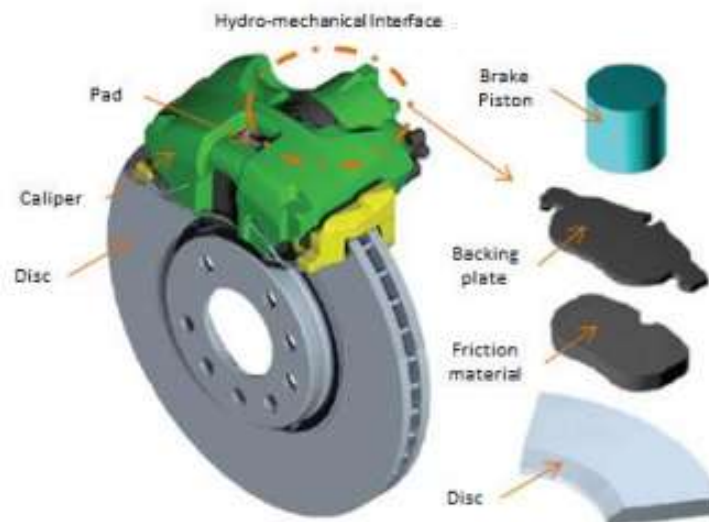
2.1.2 Fungsi Rem

Laju suatu kendaraan dapat dihentikan dengan beberapa cara, antara lain: penggunaan perangkat pengereman seperti rem cakram maupun rem tromol. Tetapi ada cara lain yang dapat digunakan untuk menghentikan laju kendaraan, yaitu dengan

menggunakan bantuan *engine brake*. Prinsipnya dengan menurunkan gigi persnelling pada gigi yang lebih rendah akan memberikan efek pengereman, meskipun tidak sekuat jika dilakukan dengan rem. Biasanya *engine brake* digunakan untuk membantu meringankan kerja dari rem tersebut. Perangkat pengereman dari suatu kendaraan dibedakan menjadi dua jenis, yaitu: rem cakram dan rem drum. (Ian Hardianto Siahaan, HongYung Sen, 2008).

2.1.3 Rem Cakram

Rem cakram terdiri dari piringan yang dibuat dari logam, piringan logam ini akan dijepit oleh kanvas rem (*brake pad*) yang didorong oleh sebuah torak yang ada dalam silinder roda. Untuk menjepit piringan ini diperlukan tenaga yang cukup kuat. Guna untuk memenuhi kebutuhan tenaga ini, pada rem cakram dilengkapi dengan sistem *hydraulic*, agar dapat menghasilkan tenaga yang cukup kuat. Sistem *hydraulic* terdiri dari master silinder, silinder roda, reservoir untuk tempat oli rem dan komponen penunjang lainnya. Pada kendaraan roda dua, ketika handel rem ditarik, bubungan yang terdapat pada handel rem akan menekan torak yang terdapat dalam master silinder. Torak ini akan mendorong oli rem ke arah saluran oli, yang selanjutnya masuk ke dalam ruangan silinder roda. Pada bagian torak sebelah luar dipasang kanvas atau *brake pad*, *brake pad* ini akan menjepit piringan metal dengan memanfaatkan gaya/tekanan torak ke arah luar yang diakibatkan oleh tekanan oli rem tadi. (Ian Hardianto Siahaan, HongYung Sen, 2008).



Gambar 2.1 Rem cakram (Jared Fiest, 2014)

Piringan rem, juga disebut rotor, merupakan komponen yang berputar dalam rem sistem yang terhubung ke hub roda. *disc* menyediakan permukaan gesekan untuk kampas rem, yang menghasilkan torsi pengereman. Pada *disk* biasanya di beri lubang atau dibor untuk memudahkan disipasi panas. (Jared Fiest, 2014).

Pemakaian rem yang terlalu berlebihan akan menyebabkan kerusakan sehingga rem tidak bekerja sempurna. Kampas rem mengalami *fading* yang terjadi akibat panas yang berlebihan yang disebabkan karena gesekan terus menerus antara kampas rem dan teromol atau cakram, sehingga membuat kemampuan pengereman akan hilang.

Fading adalah hilangnya kemampuan pengereman. Kejadian ini dapat terjadi jika terjadi panas yang berlebihan yang disebabkan karena gesekan terus menerus antara kampas rem dan teromol atau cakram, sehingga membuat kemampuan pengereman akan hilang. Banyak sekali orang yang berpendapat bahwa dengan membuat alur pada permukaan *lining* kampas rem akan mengatasi rem blong, padahal itu adalah kesalahan yang fatal. Pakem atau tidaknya kampas rem tergantung dari formula/ komposisi material kampas rem tersebut. (Sukamto ,2014).

Pada umumnya 60% material dari komposisi kampas rem ini adalah Asbestos sebagai serat utama pembuatan kampas rem, Resin, *Friction Aditive*, *Filler*, sepihan logam, karet sintetis dan keramik sebagai bantalan tahan aus. Kampas rem asbestos akan *fading* pada temperatur 200°C, ini disebabkan karena faktor kandungan resin yang tinggi pada asbestos sehingga pada temperatur tinggi kampas rem cenderung licin (*glazing*) dan mengeras, juga ketika terkena air. (Sukamto ,2014).

2.1.4 Kampas Rem

Sejalan dengan meningkatnya pengguna kendaraan bermotor roda 4 atau roda 2 makin tinggi dan laju pertumbuhan kebutuhan *spare part* kampas rem juga berkorelasi positif. Bahkan saat harga BBM semakin tinggi masyarakat pengguna kendaraan roda 2 melaju pesat 2-3 kali lipat dari 5 tahun sebelumnya. Kondisi ini merupakan mangsa empuk bagi pasar komponen kendaraan bermotor kampas rem yang umurnya relatif singkat.



Gambar 2.2 Kampas Rem (Ryan Bagus Wicaksono, dkk)

Komponen ini perlu mendapat perhatian terhadap kualitas yang mengacu pada standar nasional atau internasional. Mengingat masyarakat manusia berdasarkan kemampuan ekonominya sangat beragam dan umumnya bila mencari komponen akan mencari yang murah tanpa memperhatikan kualitas yang berkaitan dengan keselamatan jarang diperhitungkan. Walaupun hal ini rasanya sudah terbiasa, namun peran pemerintah untuk mengeluarkan kebijakan terhadap produk standar perlu

dilakukan evaluasi atau revisi sesuai perkembangan teknologi dan mengutamakan faktor keselamatan serta perlindungan konsumen dari akal-akalan produsen. Masing-masing tipe sepeda motor memiliki bentuk serta kualitas bahan kampas rem khusus. Secara umum bagian-bagian kampas rem terdiri dari daging kampas (bahan friksi), dudukan kampas (*body brake shoe*) dan 2 buah spiral. Pada aplikasi sistem pengereman otomotif yang aman dan efektif, bahan friksi harus memenuhi persyaratan minimum mengenai unjuk kerja, *noise* dan daya tahan.

Bahan rem harus memenuhi persyaratan keamanan, ketahanan dan dapat mengerem dengan halus. Selain itu juga harus mempunyai koefisien gesek yang tinggi, keausan kecil, kuat, tidak melukai permukaan roda dan dapat menyerap getaran. Komposit digunakan sebagai material kampas rem karena memiliki banyak kelebihan dari material lainnya. Kelebihan tersebut antara lain adalah, ramah lingkungan, lima kali lebih ringan sehingga mudah dipasang, tahan lama, memiliki tingkat keausan yang mudah dimodifikasi, ketahanan terhadap korosi dan pengaruh zat kimia, serta memiliki tingkat kebisingan yang rendah.

Banyak faktor yang bisa menjadi penyebab kegagalan pada kampas rem komposit. Sifat-sifat material gesek blok rem komposit, baik sifat mekanik dan fisik material akan mempengaruhi kemampuan kampas rem menerima beban ketika pengereman terjadi. Kondisi operasi pengereman akan mempengaruhi pembebanan mekanik pada kampas rem. Rancangan dari *backing plate* kampas rem komposit juga akan mempengaruhi kemampuan kampas rem komposit menerima beban. Bahan friksi tersusun atas tiga komponen yaitu penguat, bahan pengikat serta bahan pengisi. (Pratama ,2011).

2.2 Bahan dan Proses Pembuatan Kampas Rem

2.2.1 Aluminium

Aluminium banyak digunakan dalam berbagai bidang kehidupan, terutama di *aerospace* dan industri mobil, karena aluminium mempunyai stabilitas termal yang baik dan kekuatan tertentu yang sangat baik.

Aluminium merupakan logam ringan yang mempunyai ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik dan sifat-sifat yang baik lainnya sebagai logam. Sebagai tambahan terhadap kekuatan mekaniknya yang sangat meningkat dengan penambahan Cu, Mg, Si, Mn, Zn, Ni dan sebagainya secara satu persatu atau bersama-sama. Penambahan unsur tersebut juga memberikan sifat-sifat baik lainnya seperti ketahanan korosi, ketahanan aus dan koefisien pemuaian rendah. (Faiz Ahmad, dkk, 2013)

Saat ini serbuk logam telah diproduksi dalam jumlah besar dan penggunaan untuk pembuatan komponen pun sudah semakin meluas, di mana masing-masing jenis bahan memiliki keunggulan tersendiri, begitu pula serbuk aluminium memiliki karakteristik tersendiri. Serbuk aluminium yang disinter memiliki sifat yang berbeda dengan kebanyakan jenis material yang lainnya. Lapisan oksida akan terbentuk di permukaan serbuk logam aluminium jika kontak dengan udara sehingga produk yang dihasilkan akan mengandung sejumlah oksida aluminium. Oksida aluminium akan mencegah pertumbuhan butir sehingga memberikan kekuatan yang tinggi dan tahan temperatur tinggi. (Imam Setiyanto ,2009).

2.2.2 Phenolic Resin

Resin *phenolic*, merupakan resin sintetik yang dibuat dengan mereaksikan *phenol* dengan *formaldehida*, wujudnya keras, kuat, awet dan dapat dicetak pada berbagai kondisi. *Resin phenol* termasuk dalam golongan polimer termoset yang mempunyai rumus kimia $C_7H_8O_2$. *Resin phenol* mempunyai daya tahan panas dan air dan dapat diberi macam-macam warna, serta tidak menimbulkan efek racun. *Resin* ini sering digunakan sebagai bahan pelapis dan laminating, pengikat

batu gerinda, pengikat logam atau gelas. *Resin phenolic* dapat diolah kedalam berbagai bentuk seperti, lembaran, plat, batang dan lain-lain. (lanang bagus yurqa, surjito, 2016).

Resin *phenolic* juga merupakan salah satu bahan yang banyak digunakan industri. Resin ini biasanya berbentuk semi padat. Resin phenolic merupakan salah satu resin yang sering dipakai sebagai bahan pengikat atau matriks komposit, karena sifat kerekatannya serta tahan panas yang cukup tinggi sampai 300° C, mempunyai kemampuan berikatan dengan serat alam tanpa menimbulkan reaksi dan gas. (yohanes, dkk, 2014).

Dalam (Kenneth G, 1999). Adapun spesifikasi teknisnya adalah sebagai berikut: (Rahmat kusuma, dkk, 2012).

1. Massa jenis : 1,15 gram/cm³
2. Modulus young : 3,0 GPa
3. Kekuatan Tarik : 50 GPa

2.2.3 Serbuk Kayu glugu / pohon kelapa

Serbuk kayu merupakan limbah dari kayu produksi. 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).



Gambar 2.3 Serbuk arang kayu (Gustan Pari)

Serbuk kayu merupakan limbah produksi sawmill, dihasilkan dari kayu yang telah melalui proses penggergajian, selama ini tidak dimanfaatkan dan terabaikan, serta dianggap tidak memiliki nilai ekonomis (Diharjo dkk, 2007).

2.2.4 Ampas Tebu

Tebu adalah tanaman yang ditanam untuk bahan baku gula. Tanaman ini hanya dapat tumbuh di daerah beriklim tropis. Tanaman ini termasuk jenis rumput-rumputan. Umur tanaman sejak ditanam sampai bisa dipanen mencapai kurang lebih 1 tahun. Di Indonesia tebu banyak dibudidayakan di pulau Jawa dan Sumatra. andungan kimia yang terkandung dalam batang *Saccharum officinarum* adalah glikosida, saponin, flavonoida dan polifenol. Tebu merupakan salah satu sumber energi yang dikenal manusia sekaligus komoditas penting di dunia yang menghasilkan serat, biofuel, pupuk, selain produk utamanya yaitu gula. (Subraiya Nasir, 2008).

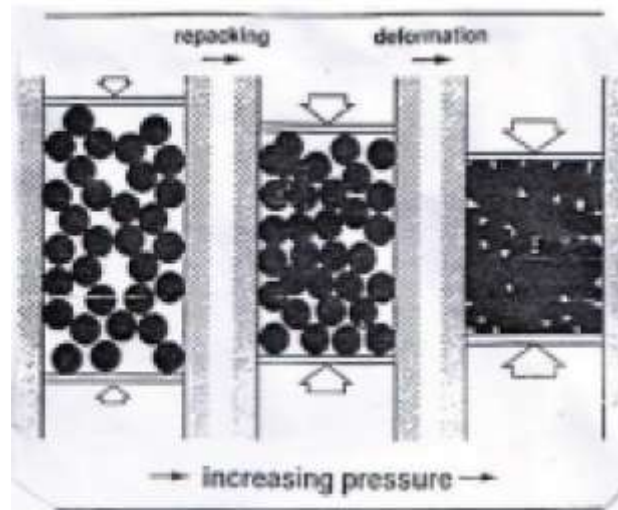
Tebu merupakan bahan baku utama dalam pembuatan gula. Bagian tebu yang diambil sebagai bahan dasar pembuatan gula adalah cairan yang terdapat pada batang tebu. Pada proses ekstraksi (pemerahan) cairan tebu menghasilkan hasil samping berupa ampas tebu.

Ampas tebu lazim juga disebut bagase. Istilah bagase pertama kali dipakai di Prancis untuk ampas tebu dari perasan minyak zaitun, lalu oleh persatuan teknisi gula internasional dipakai untuk residu hasil. Ampas tebu memiliki serat yang mengandung lignin, selulosa dan hemiselulosa. (Fitri Maiwita, 2014).

Pada umumnya, pabrik gula di Indonesia memanfaatkan ampas tebu sebagai bahan bakar bagi pabrik yang bersangkutan, setelah ampas tebu tersebut mengalami pengeringan. Disamping untuk bahan bakar, ampas tebu juga banyak digunakan sebagai bahan baku pada industri kertas, *particleboard*, *fibreboard*, dan lain-lain. (Sita Agustina Anggraini, 2010). Oleh karena itu, penelitian mengenai pemanfaatan ampas tebu perlu dikembangkan lebih lanjut agar dapat meningkatkan nilai ekonomi dari ampas tebu.

2.2.5 Proses Kompaksi

Proses kompaksi adalah proses pemampatan serbuk sehingga serbuk akan saling merekat dan rongga udara antar partikel akan terdorong keluar. Semakin besar tekanan kompaksi jumlah udara (porositas) diantara partikel akan semakin sedikit, namun porositas tidak mungkin mencapai nilai nol. Hasil kompaksi biasa disebut *green body*. Proses pemampatan adalah suatu proses mesin kompaksi yang memberikan gaya penekanan *uniaksial*. Pemberian tekanan yang sangat besar terhadap material serbuk yang bertujuan untuk mendapatkan specimen benda uji yang di inginkan, proses kompaksi dapat dilihat pada gambar di bawah ini.

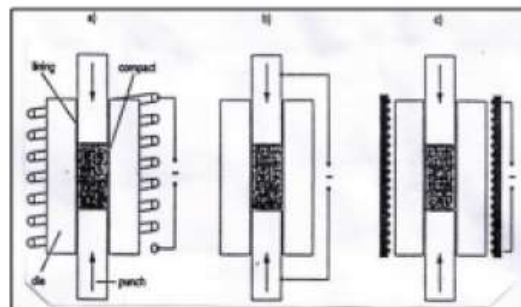


Gambar 2.4 proses kompaksi (Fuad Dwi Fitrianto ,2012).

Kompaksi dapat dilakukan dengan satu arah sumbu, dua arah sumbu atau dari segala arah. Kompaksi dua arah ini bias jadi dengan arah berlawanan. Kebanyakan proses menggunakan penekanan (*punch*) atas dan bawah. Penekanan bawah sekaligus berfungsi sebagai injector untuk mengeluarkan benda yang dicetak. Permukaan dalam cetakan (*dies*) harus halus untuk mengurangi gesekan. (Fuad dwi fitrianto, 2012). Berdasarkan cara kompaksi dapat di bagi menjadi dua yaitu :

1. Hot Compaction (kompaksi dengan temperatur)

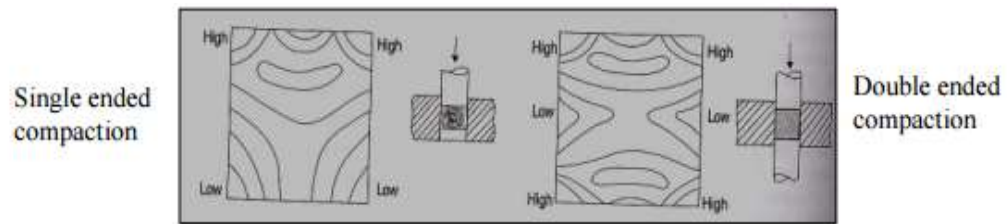
Proses kompaksi pada dies dimana terdapat dua *punch* yaitu *upper punch* dan *lower punch* yang berfungsi menekan campuran homogeny serbuk di dalam *disk* dan diberikan temperature tertentu saat kompaksi berlangsung.



Gambar 2.5 Hot compaction (Fuad Dwi Fitrianto, 2012)

2. *Cold Compaction* (kompaksi tanpa temperatur)

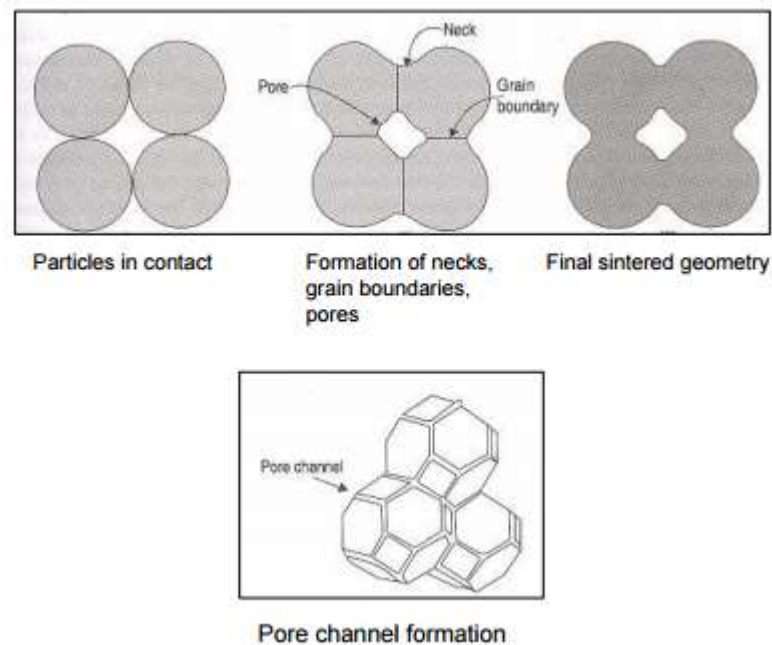
Proses pada kompaksi metode *cold compaction* adalah sama halnya dengan *hot compaction* pada *punch* serta *dies* yang di gunakan, akan tetapi tidak diberikan temperatue pada saat proses kompaksi berlangsung.



Gambar 2.6 *cold compaction* (R. Ganesh Naryanan)

2.2.7 Proses *Sintering*

Sintering merupakan metode pembuatan material dari serbuk dengan pemanasan sehingga terbentuk ikatan partikel. *Sintering* adalah pengikatan bersama antar partikel pada suhu tinggi. Proses sintering sangat rumit dan melibatkan beberapa mekanisme bahan transportasi, interaksi gas-padat dan reaksi kimia selama suhu tinggi. Jika ada beberapa bahan dicampur dan suhu semakin meningkat mungkin ada satu atau lebih bahan tersebut akan meleleh, proses tersebut adalah fase sintering cair, tapi unsur utama harus solid untuk mengamankan stabilitas. Selama sintering, penyusutan komponen mungkin penghematan. bubuk halus cenderung menyusut lebih dan tentu saja lebih tinggi hasil kepadatan. Jika penyusutan terjadi berbeda dalam arah yang berbeda masalah akan terjadi dengan stabilitas dimensi. Kontrol suhu sangat diperlukan untuk mengoptimalkan hasil akhir. (Olle Skrinjar, 2005)



Gambar 2.7 Proses sintering (R. Ganesh Naryanan).

Peralatan yang paling penting dalam proses sintering adalah dapur *sinter*. Dapur ini harus dapat mengatur temoeratur, waktu pemanasan, kecepatan pemanasan dan lingkungan dalam dapur itu sendiri. Pemilihan dapur *sinter* bergantung pada penggunaannya. Secara umum pemeliharaannya tergantung pada daerah kerja, ukuran *green body*, atmosfer atau lingkungan yang di inginkan dan biaya produksinya.

Ada dua tipe dapur *sinter*, yaitu dapur satu (*batch furnace*) dan dapur kontinyu (*continuous furnace*). *Batch furnace* diisi material yang akan disinter lalu temperature diatur sesuai dengan kebutuhan. Sedangkan dapur kontinyu dilengkapi dengan serbuk yang terdiri dari jalinan kawat dimana diletakkan *green body*. Sabuk ini bergerak menuju daerah pemanasan, kemudian ke daerah pendingin, proses sinter dengan jumlah banyak. *Batch furnace* digunakan pada siklus *sintering* khusus dengan produksi terbatas. Pemilihan temperature *sinter* untuk terjadinya katan antar partikel akan sangat tergantung dari jenis material itu sendiri. Tidak ada kondisi temperature yang tepat untuk proses *sinter* pada suatu bahan tertentu, akan tetapi ada ketentuan

umum mengenai *sinter* padat yang dilakukan di bawah temperature lebur dari bahan tersebut. (Fuad Dwi Fitrianto, 2012).

2.3 Komposit

.komposit adalah material hasil kombinasi mikroskopis dari dua atau lebih komponen yang berbeda, dengan tujuan untuk mendapatkan sifat – sifat fisik dan mekanik tertentu yang lebih baik daripada sifat masing – masing komponen penyusunnya. Komponen penyusun dari komposit, yaitu berupa penguat (*reinforcement*) dan pengikat (*matrik*). (Fransiska Pramiji Lestari, 2008)

Konsep 'komposit' bukanlah penemuan manusia. Kayu adalah material komposit alami yang terdiri dari satu spesies polimer, serat selulosa dengan kekuatan yang baik dan kekakuan dalam matriks resin dari polimer lain, lignin polisakarida.

Alam membuat pekerjaan jauh lebih baik dari desain dan pembuatan dari yang kita lakukan, meskipun manusia mampu mengenali bahwa cara untuk mengatasi dua kelemahan utama kayu alami yang ukuran (pohon memiliki dimensi transversal terbatas), dan bahwa anisotropi (Sifat yang sangat berbeda dalam aksial dan arah radial) adalah untuk membuat komposit materi yang kita sebut kayu lapis. Tulang, gigi dan kerang moluska yang komposit alam lainnya, menggabungkan keras keramik memperkuat fase dalam matriks polimer organik alami. Tapi itu hanya di yang terakhir setengah abad bahwa ilmu pengetahuan dan teknologi dari material komposit telah dikembangkan untuk menyediakan insinyur dengan kelas baru bahan dan alat yang diperlukan untuk memungkinkan dia untuk menggunakannya. (Bryan Harris, 1999)

2.3.1 Berdasarkan matriknya, komposit dibedakan menjadi 3 jenis yaitu :

a. Komposit Matrik Logam

Komposit matrik logam merupakan gabungan dari sekurang-kurangnya dua jenis material, dimana salah satunya adalah logam sebagai material induk (matrik) dan material kedua sebagai pengikat. Biasanya matrik dari logam paduan yang diperkuat dengan serat kontinu, *whisker* (serat-seratnya pendek yang berbentuk kristal tunggal), atau partikel, keramik oksida, karbida dan nitrida karena komposit ini menggunakan metal sebagai matrik, maka komposit jenis ini memiliki ketahanan yang tinggi terhadap temperatur, tetapi memiliki berat yang tinggi.

b. Komposit Matrik Keramik

Komposit matrik keramik merupakan gabungan material dua fasa dengan satu fasa dimana material dua fasa berfungsi sebagai penguat dan material satu fasa bertindak sebagai matrik. Pada umumnya serat penguatnya dapat berupa serat kontinu, diskontinu, ataupun berbentuk partikel yang tersusun dari bahan keramik ataupun grafit. Komposit ini memiliki ketahanan temperatur 16 - 45 °C.

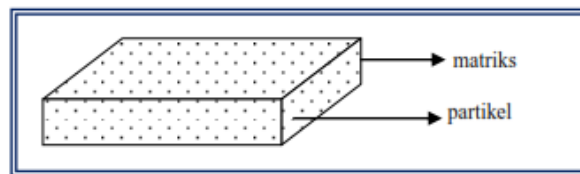
c. Komposit Matrik Polimer

Komposit matriks polimer merupakan komposit yang paling banyak digunakan sebagai pengganti logam, terdiri dari polimer (*epoxy, polyester, urethane*) kemudian diperkuat dengan fiber yang berdiameter kecil (grafit, aramids, boron serta serat alam). Material komposit dengan matriks polimer memiliki rasio berat berbanding kekuatan yang tinggi. Sebagai contoh, komposit epoksi dengan fiber grafit memiliki kekuatan lima kali lebih besar dibandingkan baja dengan berat yang sama serta biaya rendah proses yang tidak rumit. dan material yang memiliki ketahanan temperatur yang tinggi disebut dengan resin termoset (Junus, 2011).

2.3.2 Berdasarkan penguatnya, komposit dibagi menjadi 2, yaitu: (Fransiska Pramiji Lestari, 2008)

a. Komposit Isotropik

Komposit isotropik adalah komposit yang penguatnya memberikan penguatan yang sama untuk berbagai arah (dalam arah transversal maupun longitudinal) sehingga segala pengaruh tegangan atau regangan dari luar akan mempunyai nilai penguatan yang sama. Pada gambar di bawah ini merupakan gambar dari komposit isotropik.

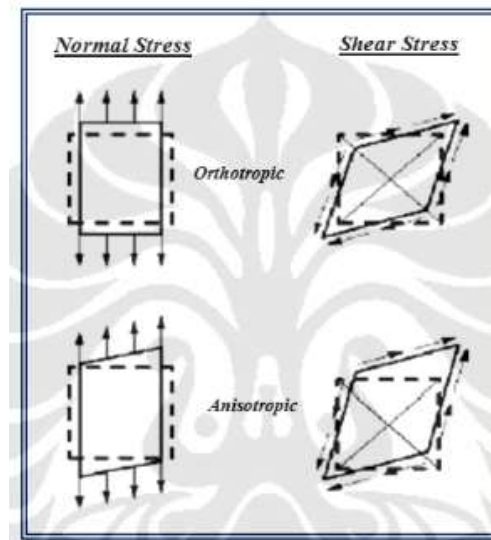


Gambar 2.8 Komposit partikulit dengan arah penguatan isotropik(Fransiska Pramiji Lestari, 2008)

Dari gambar di atas menerangkan bahwa pada komposit isotropik bila diberikan gaya luar akan memberikan tegangan atau penguatan yang sama ke segala arah.

b. Komposit Anisotropik

Komposit anisotropik adalah komposit yang matriksnya memberikan penguatan tidak sama terhadap arah yang berbeda, misalnya nilai penguatan untuk arah transversal tidak sama dengan penguatan arah longitudinal.



Gambar 2.9 Arah penguat komposit (Fransiska Pramiji Lestari, 2008)

Gambar di atas menerangkan mengenai arah penguatan komposit dan menunjukkan bahwa pada komposit anisotropik jika diberikan gaya luar yang sama, maka efek yang di timbulkan akan mempunyai tegangan yang berbeda tiap arah penguatnya. Biasanya penguatan paling besar terjadi pada penguat arah serat.

2.4 Konduktivitas Thermal

Dibidang keilmuan fisika dikenal adanya aliran panas atau konduktivitas thermal, dimana setiap medium yang di alirinya memiliki nilai konduktivitas thermal berbeda-beda. Untuk mengetahui nilai dari konduktivitas thermal ini maka diperlukan sebuah alat yang dapat mengukur nilai dari konduktivitas thermal secara akurat. Akan tetapi dalam pembuatan alat ini, keakuratan nilai konduktivitas thermal ini susah didapat, dikarenakan adanya beberapa faktor penyebab. Diantaranya adalah lepasnya panas dari alat ukur ke lingkungan luar disaat pengukuran. Dengan mengatur parameter pembuatan alat seperti bahan dasar pembuatan alat, ukuran alat yang harus presisi dan adanya usaha untuk mengisolasi panas pada pengukuran agar suhu yang tercatat tidak dipengaruhi oleh suhu lingkungan luar.

Penentuan nilai konduktivitas thermal dari suatu bahan sangat diperlukan dalam bidang keilmuan fisika dasar, yaitu untuk mempelajari sifat medium atas faktor aliran panas. Begitu juga bidang fisika material atau pada bidang industri material. (Isnaini, 2012).

Konduktivitas thermal yang diartikan sebagai kemampuan satu materi untuk menghantarkan panas, merupakan salah satu parameter yang diperlukan dalam sifat karakteristik suatu material. Pada kebanyakan pengerjaan, diperlukan pemasukan atau pengeluaran kalor. Mencapai dan mempertahankan keadaan yang dibutuhkan sewaktu proses berlangsung. Kondisi pertama yaitu mencapai keadaan yang dibutuhkan untuk pengerjaan, bila pengerjaan harus berlangsung pada suhu tertentu dan suhu ini harus dicapai dengan jalan pemasukan atau pengeluaran kalor. Kondisi kedua yaitu mempertahankan keadaan yang di butuhkan untuk operasi proses, terdapat pada pengerjaan eksoterm dan endoterm. Disamping perubahan secara kimia, keadaan ini dapat juga merupakan pengerjaan secara alami. Pada pengupuan dan pada umumnya pada pelarutan, kalor harus dimasukkan. (Sucipto, dkk, 2013).

Konduktivitas termal juga dapat didefinisikan sebagai jumlah kalor yang mengalir secara konduksi dalam suatu unit waktu melalui penampang tertentu yang diakibatkan karena adanya perbedaan suhu. Kalor akan berpindah dari bagian bersuhu tinggi ke bagian lain yang memiliki suhu lebih rendah. (Fitri Mawita dkk. 2014).

Kalor mengalir dari suhu tinggi ke suhu rendah. Misalnya, sebatang logam di celupkan ke dalam tangki yang berisi air kalor. Suhu awal logam ialah T_1 dan suhu akhir ialah T_2 , dimana $T_2 \gg T_1$, maka logam dikatakan lebih dingin daripada air.

Kalor (Q) adalah bentuk energi yang berpindah melewati batas sistem pada temperatur tertentu ke sistem lain (sekelilingnya) dengan temperatur lebih rendah, karena adanya perbedaan temperatur antara sistem-sistem itu. Jadi panas dipindahkan dari sistem bertemperatur tinggi ke sistem bertemperatur rendah

Besarnya kalor yang diserap/dilepas suatu benda berbanding lurus dengan massa benda, kalor jenis benda dan perubahan suhu. Besarnya kalor tersebut dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$Q = mc\Delta T$$

Konstanta Q merupakan besar kalor yang diserap/dilepas (J), m adalah massa benda (kg), c merupakan kalor jenis benda (J/kg C), dan merupakan perubahan suhu (C) Perpindahan energi akan terjadi apabila pada suatu benda terdapat gradien suhu (temperature gradient). Bisa dikatakan bahwa energi berpindah secara konduksi (conduction) atau hantaran dan laju perpindahan kalor itu berbanding dengan gradient suhu normal:

$$\frac{q}{A} \sim \frac{dT}{dX}$$

Jika dimasukkan konstanta proporsionalitas (proportionality constant) atau disebut juga tetapan kesebandingan, sehinggadapat dirumuskan:

$$q = -k A \frac{dT}{dx}$$

Koefisien q menunjukkan laju perpindahan kalor dan dT/dx merupakan gradient suhu kearah perpindahan kalor. Konstanta positif k disebut konduktivitas termal. Tanda minus pada rumus di atas diselipkan agar memenuhi hukum termodinamika kedua, yaitu kalor mengalir dari tempat yang tinggi ke tempat yang lebih rendah dalam skala suhu. Pengukuran nilai konduktivitas termal bertujuan untuk melihat pengaruh laju dari konduksi termal dalam beberapa jenis material.(Fitri Mawita dkk. 2014).

Konduktivitas thermal suatu bahan dapat menyatakan sifat dari bahan tersebut. Bahan dengan konduktivitas therma yang besar, mempunyai sifat penghantar panas yang besar pula. Begitupun sebaliknya, bila harga konduktivitas kecil maka, bahan itu kurang baik sebagai penghantar panas tetapi merupakan penyekat yang baik. Umumnya bahan logam lebih besar konduktivitas thermalnya daripada non logam.

Guna mengetahui karakteristik suatu logam dalam menghantar panas maka diperlukan perancangan alat uji konduktivitas panas. (Sucipto, dkk, 2013)

2.5 Laju Perpindahan Panas

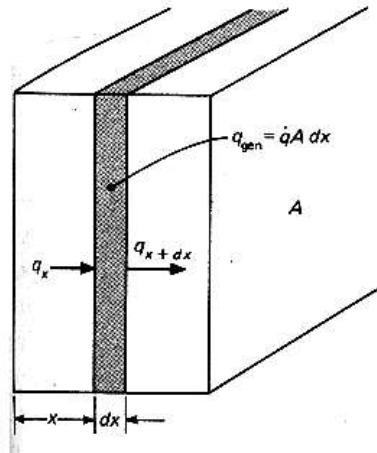
Perpindahan panas adalah bentuk energi dalam transisi. Dimana hal ini disebabkan oleh terjadinya perbedaan temperature. Semakin besar perbedaan temperature yang terjadi maka semakin besar pula laju perpindahan panas yang terjadi. Selain itu besar laju perpindahan panas yang terjadi juga disebabkan oleh nilai konduktivitas panas suatu benda.

Kampas rem mengalami kenaikan temperatur akibat gesekan yang terjadi dengan disk atau drum selama pengereman. Panas harus dibuang agar temperatur tidak naik sampai melebihi batas karena akan menyebabkan rem tidak bekerja karena permukaan kampas menjadi licin atau yang disebut fading. Panas tersebut bisa mengalir atau berpindah apabila ada perbedaan suhu antara kedua permukaan benda atau suatu benda terdapat yang gradien suhu maka akan terjadi perpindahan energi dari bagian bersuhu tinggi ke bagian bersuhu rendah. Proses perpindahan panas dapat terjadi dengan 3 cara yaitu: (Sukanto, A.J Bardi. 2013)

2.5.1 Konduksi

Hubungan dasar untuk perpindahan panas dengan cara konduksi di usulkan oleh ilmuwan Prancis, J.B.J, Fourier, dalam tahun 1822. Hubungan ini menyatakan bahwa qk laju aliran panas dengan cara konduksi dalam suatu bahan sama dengan hasil kali dari tiga buah besaran berikut (I Gusti Gde Badrawada, Agung Susilo, 2009)

- a) k , konduktivitas panas bahan.
- b) A , luas penampang melalui mana panas mengalir dengan cara konduksi, yang harus diukur tegak lurus terhadap arah aliran panas.
- c) dT/dx , gradient suhu pada penampang tersebut, yaitu laju perubahan temperatur T terhadap jarak dalam arah aliran panas.



Gambar 2.10 Analisa konduksi dinding datar satu dimensi (I Gusti Gede Badrawada, dkk, 2009)

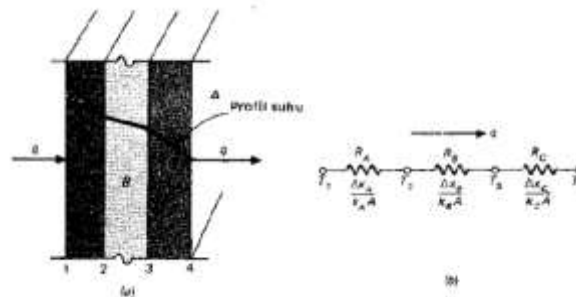
$$q = -k A \frac{dT}{dx} \dots\dots\dots (1.1)$$

Keterangan : q : Laju aliran panas (watt/s)

k : Konduktivitas thermal bahan (Watt/m.C)

A : Luas penampang (m²)

$\frac{dT}{dx}$: Gradien temperatur (C/m)



Gambar 2.11 Perpindahan kalor satu dimensi melalui dinding komposit (I Gusti Gede Badrawada, dkk, 2009)

$$q = -k_A A \frac{T_2 - T_1}{\Delta x_A} = -k_B A \frac{T_3 - T_2}{\Delta x_B} = -k_C A \frac{T_4 - T_3}{\Delta x_C}$$

$$q = \frac{T_1 - T_4}{\Delta x_A / k_A A + \Delta x_B / k_B A + \Delta x_C / k_C A} \dots\dots\dots(1.2)$$

atau

$$qk = UA\Delta T_{\text{menyeluruh}} \dots\dots\dots(1.3)$$

dimana koefisien perpindahan panas konduksi menyeluruh (U) adalah:

$$U = \frac{1}{\Delta x_A / k_A + \Delta x_B / k_B + \Delta x_C / k_C} \dots\dots\dots(1.4)$$

2.5.2 Konveksi

Adalah proses transport energi dengan kerja gabungan dari konduksi panas, penyimpanan energi dan gerakan mencampur. Konveksi sangat penting sebagai mekanisme perpindahan energi antara permukaan benda padat, cair, dan gas. Perpindahan kalor tanpa ada sumber gerakan fluida disebut konveksi alamiah (bebas), jika fluida digerakkan disebut konveksi paksa.

2.5.3 Radiasi

Adalah proses dengan mana panas mengalir dari benda yang bersuhu tinggi ke benda yang bersuhu rendah bila benda-benda itu terpisah di dalam ruang, bahkan bila terdapat ruang hampa diantara benda-benda tersebut. Istilah radiasi biasa dipakai dalam gelombang elektromagnetik. Besarnya energi yang diubah menjadi panas karena berhubungan dengan bahan gesek yang dipakai. Pemanasan yang berlebihan bukan hanya akan merusak bahan lapisan rem, akan tetapi juga akan menurunkan daya gesek kampas rem itu sendiri. Oleh karena itu dalam penelitian ini penting untuk mengetahui perambatan panas saat pengereman terjadi, yaitu dari panas gesekan

kampas rem untuk mengetahui laju perambatan panas dari kampas rem. Panas tergantung pada sejumlah faktor lainnya, misalnya bahan kampas rem, tekanan, kecepatan, dan suhu sekitar. (Sukamto, A.J Bardi. 2013)

Gabungan banyak faktor tersebut menyebabkan metode perhitungan panas kampas rem tidak menyeluruh, akan tetapi dipakai sebagai perkiraan terhadap laju perambatan panas untuk perbandingan penyerapan panas kampas rem satu dengan yang lainnya, sehingga dapat mengetahui kampas rem dengan kualitas penyerapan panas yang baik.

Beberapa faktor yang mempengaruhi nilai konduktivitas termal suatu material, yaitu sebagai berikut

1. Kandungan Uap Air

Konduktivitas termal air sebesar 25 kali konduktivitas udara tenang. Oleh karena itu, apabila suatu benda berpori diisi air, maka akan berpengaruh terhadap nilai konduktivitas termalnya. Konduktivitas termal yang rendah pada bahan isolator adalah selaras dengan kandungan udara dalam bahan tersebut. Kadar air merupakan banyaknya air di dalam papan partikel. Lama pengeringan dan suhu kempa yang tinggi akan mempengaruhi kadar air karena dapat membuat partikel-partikel penyusunya mengering dan pada saat air dikeluarkan dari dinding-dinding sel, molekulmolekul berantai panjang bergerak saling mendekat dan ikatan antar partikel menjadi kuat sehingga pori-pori menjadi lebih kecil

2. Suhu

Pengaruh suhu terhadap konduktivitas termal sebenarnya kecil, tapi secara umum apabila suhu meningkat maka konduktivitas termalnya juga akan meningkat.

3. Porositas dan Kepadatan

Kerapatan merupakan ukuran kekompakan partikel dalam suatu bahan dan merupakan sifat khas dari suatu bahan, kerapatan dipengaruhi oleh temperature dan tekanan

Perpindahan panas adalah proses terjadinya transport energi, bila dalam suatu sistem tersebut terdapat gradien temperatur, atau bila dua sistem yang temperaturnya

berbeda disinggungkan, maka akan terjadi perpindahan energi. Energi yang dipindahkan dinamakan kalor atau panas. Energi termal pada zat padat dihantarkan melalui dua mekanisme yaitu:

1. Melalui angkutan elektron bebas, dimana elektron bebas yang bergerak didalam struktur kisi-kisi bahan, disamping dapat mengangkut muatan listrik, dapat pula membawa energi kalor dari daerah yang memiliki suhu lebih tinggi ke daerah bersuhu lebih rendah, elektron ini disebut juga gas elektron.

2. Melalui getaran kisi (phonon), pada mekanisme ini energi berpindah sebagai energi getaran dalam struktur kisi bahan. Getaran kisi-kisi dalam gelombang tetap (standing waves) yang bergerak melalui material dengan kecepatan suara.

Pada bahan-bahan non logam perpindahan kalor hampir seluruhnya dilakukan oleh getaran kisi (phonon). Jadi pengaruh dari kontribusi elektron dapat diabaikan. Hal ini mengakibatkan rendahnya konduktivitas kalor pada bahan isolator. Pada bahan isolator dan material bangunan biasanya merupakan material berpori. Rendahnya nilai konduktivitas termal diantaranya disebabkan rendahnya konduktivitas udara yang terjebak di dalam pori-pori material.

Penggunaan pada temperatur tinggi secara berkelanjutan cenderung akan menyebabkan pemadatan yang mengurangi kualitasnya sebagai isolator panas. Isolator panas yang paling baik yaitu pada ruang hampa, karena perpindahan panas hanya bisa terjadi melalui radiasi. Jenis material polimer yang porous bisa saja mendekati kualitas ruang hampa ketika temperaturnya sangat rendah, gas yang terdapat dalam pori-pori yang membeku menyisakan ruang hampa yang berperan sebagai isolator. Jenis material isolator seperti ini banyak diaplikasikan sebagai bahan penyekat. (Fitri Mawita dkk. 2014).

Ilmu perpindahan kalor tidak hanya menjelaskan bagaimana energi kalor itu dipindahkan dari satu benda ke benda yang lain, tetapi juga dapat meramalkan laju perpindahan kalor dan konduktivitas termal bahan dimana yang akan dilakukan pada penelitian ini. Suatu bahan yang mempunyai konduktivitas panas

yang rendah maka dapat dikatakan bahan tersebut merupakan penghambat panas yang baik yang disebut dengan isolator, sedangkan bahan yang mempunyai konduktivitas tinggi disebut konduktor karena dapat menghantarkan panas dengan baik. Bahan yang baik untuk isolator panas memiliki nilai konduktivitas termal sekitar $0,1 \text{ W/m}$.

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat

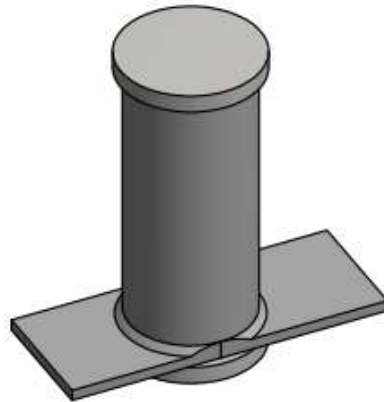
Penelitian ini dilakukan di LPM (ruang riset tim mobil listrik TITEN Fakultas Teknik) Universitas Jember. Waktu penelitian dilakukan pada bulan maret 2016 sampai selesai.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Termocouple
2. Mesin Tribometer Tipe Prony Brake
3. Alat pres hidrolik
4. Kawat nikelin diameter 0.9mm
5. Timbangan digital 0.01 g
6. Ayakan mesh 50
7. Spidol/ pen
8. Gelas ukur
9. Mesin bor
10. Termometer digital
11. Termokontrol
12. Gypsum
13. *Tachometer*
14. *Wattmeter*
15. Cetakan spesimen



Gambar 3.1 cetakan spesimen

3.2.2 Bahan

1. Serbuk Arang Kayu Glugu
2. Serbuk Aluminium fine powder, stabilized about 2% fat

Spesifikasi :

Assay (complexometric)	: 90 %
Heavy Metals (as.Pb)	: 0.03 %
As (Arsenic)	: 0.0005 %
Fe (Iron)	: 1.0 %

3. Phenolik resin
4. Ampas tebu

3.3 Variable Pengukuran

3.3.1 Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang dipengaruhi oleh variabel prediktor, peneliti tidak dapat mengendalikan besar kecilnya variabel terikat. Dalam penelitian ini yang merupakan variabel terikat adalah nilai konduktivitas *thermal* bahan dan nilai koefisien gesek bahan.

3.3.2 Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang bebas ditentukan oleh peneliti sebelum melakukan penelitian, variabel bebas yang digunakan adalah prosentase komposisi komposit phenolik resin : serbuk arang kayu : serbuk Aluminium : ampas tebu yaitu 20:40:20:20 ; 30:30:20:20 ; 20:40:20:20

3.4 Proses Pembuatan dan Pengujian Spesimen

3.4.1 Pembuatan Spesimen

Proses pertama yang dilakukan adalah persiapan bahan antara lain serbuk arang kayu, serbuk aluminium, ampas tebu dan phenolic resin. Serbuk arang kayu dan ampas tebu yang merupakan partikel pengisi disaring dengan ayakan mesh 50. Setelah itu dilakukan penimbangan untuk mengetahui massa jenis bahan dengan persamaan

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Setelah massa jenis bahan diketahui kita bisa mencampur bahan tersebut dengan prosentase volume yang sudah di tetapkan. Berikut adalah pencampuran serbuk arang kayu glugu, serbuk aluminium, serat tebu dan phenolic resin dengan variasi fraksi volume masing - masing yang mengacu pada tabel 3.1

Table 3.1 Variasi Pencampuran Bahan per Spesimen

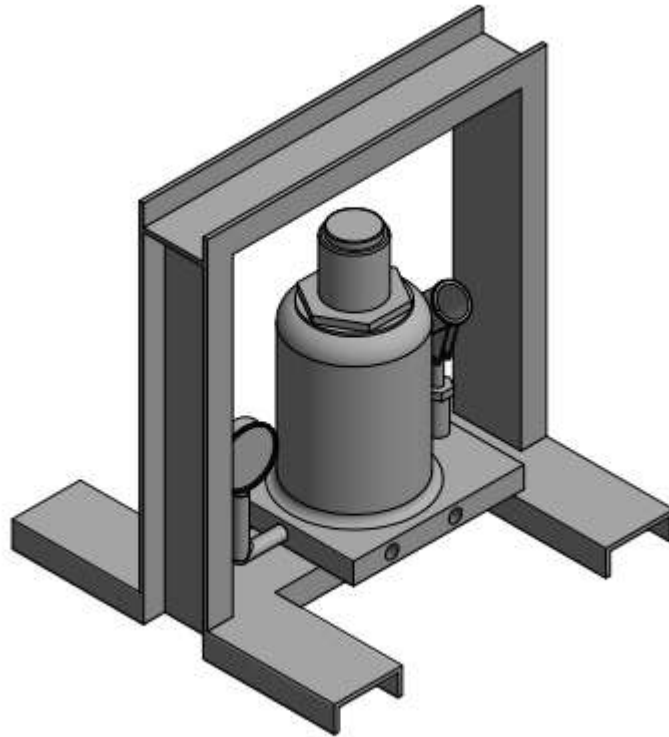
NAMA	Al (%)	Phenolik resin (%)	Serbuk Arang Kayu Glugu (%)	Ampas tebu (%)
Sampel 1	20	40	20	20
Sampel 2	30	30	20	20
Sampel 3	40	20	20	20

Untuk cetakan pengujian konduktivitas thermal dan perpindahan panas menggunakan bahan yang sama dengan ukuran cetakan diameter 30 mm dengan tinggi 80 mm. Satu kali pencetakan menghasilkan 1 spesimen.. Akan tetapi dalam pembuatan adonan matriks, banyak rugi-rugi yang diakibatkan menempelnya adonan pada pengaduk dan terbangnya partikel aluminium ke udara akibat partikel aluminium yang sangat kecil. Sehingga adonan di tambah untuk memnuhi dalam perhitungan teoritis. Dalam pencampuran serbuk arang kayu, aluminium, ampas tebu dan phenolik resin di aduk sampai mencapai campuran homogen.

Proses selanjutnya adalah proses memasukkan matriks ke dalam cetakan, akan tetapi terlebih dahulu cetakan diberi oli sebagai pelumas agar tidak lengket saat pelepasan. Setelah adonan di masukkan ke dalam cetakan, lalu adonan di tutup bagian atas dan bawah. Kemudian cetakan diletakkan di atas hidrolis untuk proses penekanan, pada proses penekanan juga dilakukan sintering.

3.4.2 Proses Penekan

Proses selanjutnya adalah proses penekanan, proses ini bertujuan untuk memadatkan adonan menjadi sampel dengan bentuk tertentu sesuai dengan cetakannya . Pada proses penekanan menggunakan metode *hot compaction* yaitu penekanan dengan temperatur sekitar 150 °C, *hot compaction* merupakan metode pembuatan material dari serbuk dengan pemanasan sehingga terbentuk ikatan antar partikel. Adonan ditekan menggunakan alat pres kapasitas 3 ton dengan pembebanan 2 ton dengan lama waktu 15 menit seperti pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Desain Alat Press

3.4.3 Proses Pemanasan

Proses pemanasan, proses ini dilakukan dibawah titik leleh material (*Smallman dan Bishop, 2000*). Pada proses pemanasan menggunakan pemanas kawat nikelin diameter 0.9 mm dililitkan pada cetakan, dengan suhu pemanasan 150 °C selama 10 menit. Pemanasan dilakukan selama proses penekanan dengan tujuan mengikat antar partikel bahan. Setelah dilakukan proses pemanasan spesimen di keluarkan dari cetakan dalam kondisi temperature sekitar 50 °C.

3.4.4 proses pengujian konduktivitas thermal

Pengujian konuktivitas thermal dilakukan dengan mencari nilai C (faktor koreksi) benda uji yang sudah di ketahui nilai konduktivitas termalnya untuk

mengetahui nilai konduktivitas termal benda uji yang belum di ketahui nilai konduktivitas termalnya dengan rumus :

$$q = -kA \frac{dT}{dx} C$$

Keterangan : q = daya pemanas (watt)

k = konduktivitas thermal bahan (w/m °c)

A = luasan benda uji (m)

dT = selisih suhu pada benda uji (°c)

dx = jarak antara T1 dan T2 (m)

C = faktor koreksi

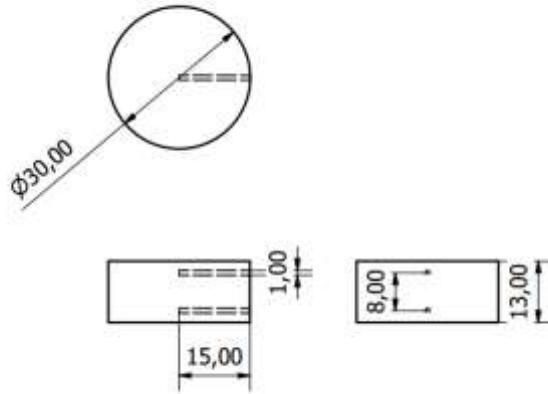
Langkah pengujian :

1. Samakan dimensi benda uji yang belum maupun yang sudah di ketahui nilai konduktivitas thermalnya.
2. Tentukan daya dan lama waktu pemanasan.
3. Masukkan benda uji yang sudah diketahui konduktivitas thermalnya ke alat konduktivitas thermal untuk mencari nilai C.
4. Setelah nilai C di dapat, lakukan pengujian yang sama pada benda uji yang belum di ketahui nilai konduktivitas thermalnya.
5. Hitung nilai konduktivitas thermalnya dengan nilai C yang sudah ada.

3.4.5 Proses pengujian perpindahan panas

Pengujian perambatan panas dilakukan dengan menggesek permukaan benda uji kampas rem pada piringan yang berputar dengan menentukan kecepatan putaran skitar 300 rpm dan dengan tekanan sekitar 2000 gram. Kemudian setelah 60 detik benda uji diukur suhunya pada 2 titik dengan jarak 8 mm. Langkah Pengujian :

1. Benda yang di uji dibuat specimen dengan diameter 30mm dan tinggi 13 mm.

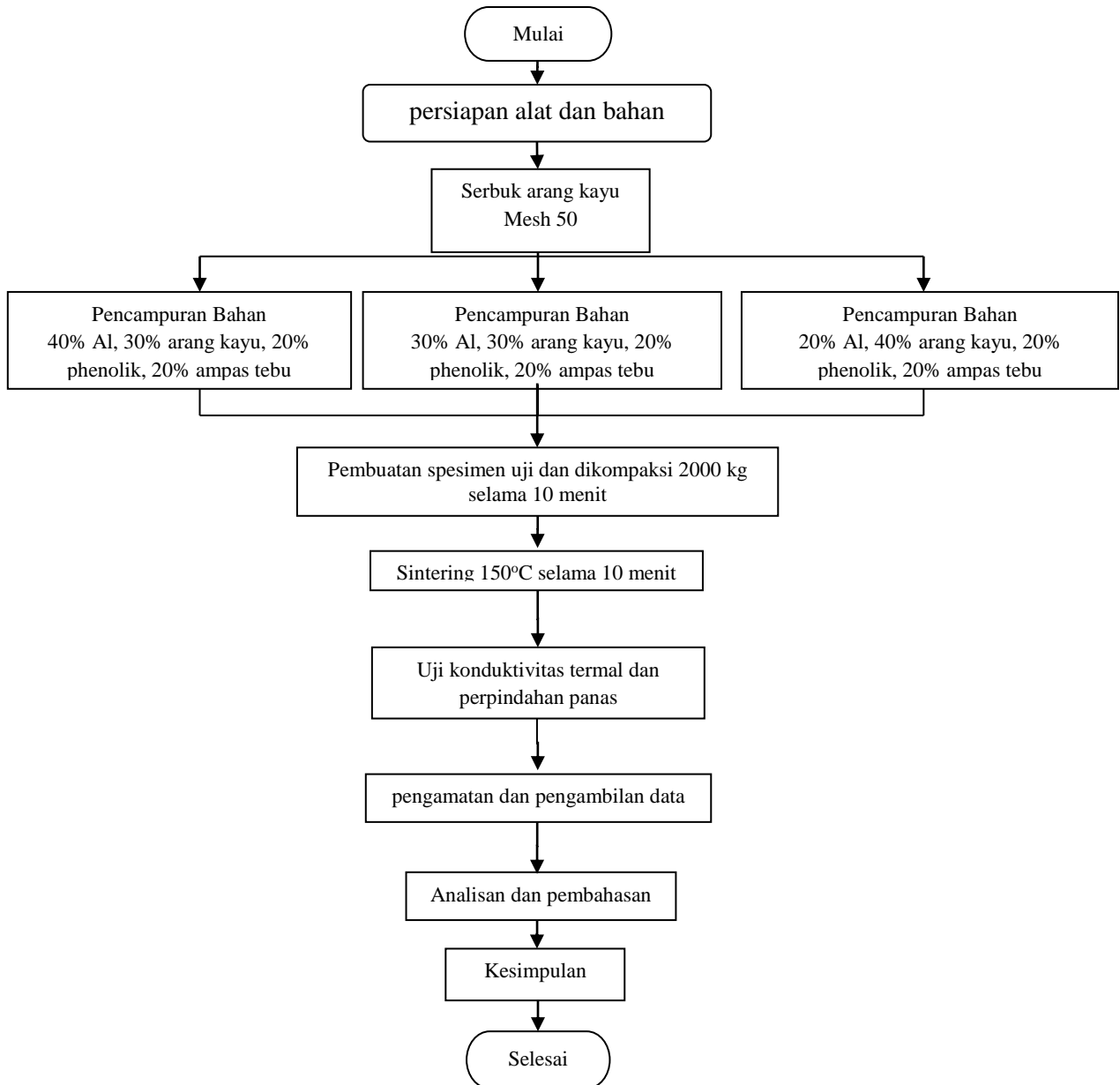


Gambar 3.3 Specimen Benda Uji Perambatan Panas

2. Bor benda uji dengan diameter 1 mm dengan jarak lubang 1 dan 2 adalah 8 mm
3. Rekatkan benda uji pada besi kampak rem dengan cara di lem dan pasang pada kaliper.
4. Tentukan beban tekan 2000 gram.
5. Tentukan waktu pengausan 60 detik.
6. Tentukan rpm motor yaitu kurang lebih pada 300 rpm.
7. Pasang termocouple pada 2 lubang yang ada pada benda kerja.
8. Setelah 60 detik catat temperatur yang terbaca pada termometer digital.

3.6 Diagram Alir Penelitian

Gambar 3.4 menunjukkan dari proses awal pembuatan spesimen, pengujian spesimen sampai pengolahan data.



Gambar 3.4 Diagram alir proses

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Data Pengujian Konduktivitas Thermal

Pada pengujian konduktivitas thermal di dapatkan nilai T1 dan T2 pada benda uji. Pengujian yang pertama yaitu mengetahui berapa nilai T1 dan T2 alluminium sebagai pembanding atau acuan dari benda uji lainya yang nantinya akan digunakan sebagai perhitungan untuk mencari nilai factor koreksi (C) untuk menghitung nilai konduktivitas thermal benda uji lainya. Pengujian dilakukan dengan satu kali pengujian dengan tiga variasi fraksi volume dan satu variasi ada lima benda uji.



Gambar 4.1 Alat uji konduktivitas thermal



Gambar 4.2 (a), (b) pemasangan benda uji ke alat konduktivitas thermal

Untuk pemasangan benda uji pada alat konduktivitas thermal yaitu dengan meletakkan benda uji pada heater kemudian menancapkan 2 termocople pada lubang yang ada pada benda uji sebagai sensor suhu yang nantinya akan di tampilkan berupa angka oleh termometer digital. Setelah semua terpasang, kemudian menutup benda uji dengan tutup yg terbuat dari gipsum dan kemudian menyisipkan glasswool di sekitar heater dengan tujuan supaya panas yang yang di hasilkan oleh heater tidak keluar ke lingkungan dan yang terakhir yaitu menutup alat ujinya. Pengambilan data uji konduktivitas thermal dilakukan dengan mencatat nilai T1 dan T2 pada setiap benda uji dengan menggunakan termometer digital setelah 120 detik. Dari pengujian yang di lakukan didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 4.1 Hasil pengukuran temperatur dengan spesifikasi bahan serbuk aluminium, serbuk arang kayu glugu , phenolik resin, serat tebu : 40 :20 :20 :20

Spesimen	T1 (°C)	T2 (°C)	ΔT (°C)
1	74	55	-19
2	67	49	-18
3	71	52	-19
4	68	49	-19
5	75	56	-19

Tabel 4.2 Hasil pengukuran temperatur dengan spesifikasi bahan serbuk aluminium, serbuk arang kayu glugu , phenolik resin, serat tebu : 30 :30 :20 :20

Spesimen	T1 (°C)	T2 (°C)	ΔT (°C)
1	81	55	-26
2	78	56	-22
3	78	53	-25
4	80	58	-22
5	81	58	-23

Tabel 4.3 Hasil pengukuran temperatur dengan spesifikasi bahan serbuk aluminium, serbuk arang kayu glugu , phenolik resin, serat tebu : 20 :40 :20 :20

Spesimen	T1 (°C)	T2 (°C)	ΔT (°C)
1	81	52	-29
2	82	52	-30
3	79	52	-27
4	78	51	-27
5	78	49	-29

Tabel 4.4 hasil pengukuran konduktivitas thermal aluminium

pengujian	T1 (°C)	T2 (°C)	ΔT (°C)
1	98	97	-1
2	97	96	-1
3	98	97	-1

4.2 Data Pengujian Perpindahan Panas

Dari pengujian perpindahan panas di dapatkan nilai T1 dan T2 pada benda uji. Panas yang di hasilkan adalah akibat gesekan pada disk brake dan benda uji dengan pembebanan 2kg/cm^3 selama 60 detik dan putaran motor sekitar 300 rpm. Pengujian dilakukan dengan satu kali pengujian dengan tiga variasi fraksi volume dan satu variasi ada lima benda uji.



Gambar 4.3 pegujian perpindahan panas

Pada pengujian ini menggunakan satu kampas rem yang di tekan oleh piston kaliper. Kaliper pada pengujian ini menggunakan single piston yang biasanya di pakai pada motor matic. Untuk mempermudah pemasangan benda uji pada kaliper, digunakan plat besi bekas kampas rem pabrikan kemudian direkatkan dengan lem.

Penggerak pada alat ini menggunakan motor listrik BLDC kelly 800 watt. Untuk proses pengujian, pertama pasang benda uji yang sudah di lem dengan plat kampas rem tersebut pada kaliper, kemudian tancapkan termocople pada benda uji, setelah itu hidupkan motor penggeraknya dan ukur rpmnya dengan tacometer, jika rpm sudah konstan pada angka 300 berikan beban 2kg/cm^3 bersamaan dengan penyalaan *stopwach*, setelah 60 detik catat temperatur yang ada pada termometer digital. Pada pengujian ini didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 4.5 Hasil pengukuran temperatur dengan spesifikasi bahan serbuk aluminium, serbuk arang kayu glugu , phenolik resin, serat tebu: 40 :20 :20 :20

Spesimen	T1 (°C)	T2 (°C)	ΔT (°C)
1	44	33	-11
2	41	33	-8
3	43	33	-10
4	40	32	-8
5	43	32	-11

Tabel 4.6 Hasil pengukuran temperatur dengan spesifikasi bahan serbuk aluminium, serbuk arang kayu glugu , phenolik resin, serat tebu: 30 :30 :20 :20

Spesimen	T1 (°C)	T2 (°C)	ΔT (°C)
1	37	30	-7
2	38	30	-8
3	38	32	-6
4	43	34	-9
5	41	32	-9

Tabel 4.7 Hasil pengukuran temperatur dengan spesifikasi bahan serbuk aluminium, serbuk arang kayu glugu , phenolik resin, serat tebu: 20 :40 :20 :20

Spesimen	T1 (°C)	T2 (°C)	ΔT (°C)
1	36	29	-7
2	35	30	-5
3	34	30	-4
4	37	30	-7
5	35	30	-5

4.3 Analisis dan Hasil Penelitian

4.3.1 Analisis dan Hasil Penelitian Konduktivitas Thermal

Untuk mendapatkan tinggi rendahnya nilai konduktivitas thermal benda uji, maka langkah pertama adalah menghitung nilai faktor koreksi (C) aluminium yang sudah diketahui nilai konduktivitas thermalnya dengan menggunakan persamaan berikut:

$$q = -kA \frac{dT}{dx} C$$

Pada persamaan tersebut diketahui nilai q adalah 820 watt dan dx adalah jarak antara T1 dan T2 pada benda uji yaitu 8 mm, sedangkan luasan benda uji adalah 94,2 mm. Dari data yang diperoleh maka kita bisa menghitung nilai konduktivitas thermal masing-masing benda uji dengan menggunakan persamaan di atas. Berikut adalah contoh perhitungan pada pengujian konduktivitas thermal.

Perhitungan faktor koreksi dengan bahan acuan aluminium

$$q = -kA \frac{dT}{dx} C$$

$$q \cdot dx = -kA dT C$$

$$C = \frac{q \cdot dx}{-kA \cdot dT}$$

$$C = \frac{820 \cdot 0,008}{-205 \cdot 0,0942 \cdot -1}$$

$$C = \frac{10,66}{19,311}$$

$$C = 0,55$$

Perhitungan konduktivitas thermal spesimen 1 pada variasi bahan 40 :20 :20 :20

$$q = -kA \frac{dT}{dx} C$$

$$k = \frac{q \cdot dx}{A dT C}$$

$$k = \frac{820 \times 0,008}{0,0942 \times 19 \times 0,55}$$

$$k = \frac{6,56}{0,984}$$

$$k = 6,67 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

Ket : q = daya (watt)

k = konduktivitas thermal (watt/m °C)

A= luas benda uji (m)

dT= selisih temperatur (°C)

dx = jarak T1 dan T2 pada benda uji (m)

C= faktor koreksi

Tabel 4.8 Hasil perhitungan nilai konduktivitas thermal dengan spesifikasi bahan serbuk aluminium, serbuk arang kayu glugu, phenolik resin, serat tebu : 40 :20 :20 :20

Spesimen	T1 (°C)	T2 (°C)	ΔT (°C)	k (W/m°C)
1	74	55	-19	6,67
2	67	49	-18	7,04
3	71	52	-19	6,67
4	68	49	-19	6,67
5	75	56	-19	6,67
Rata - rata				6,75

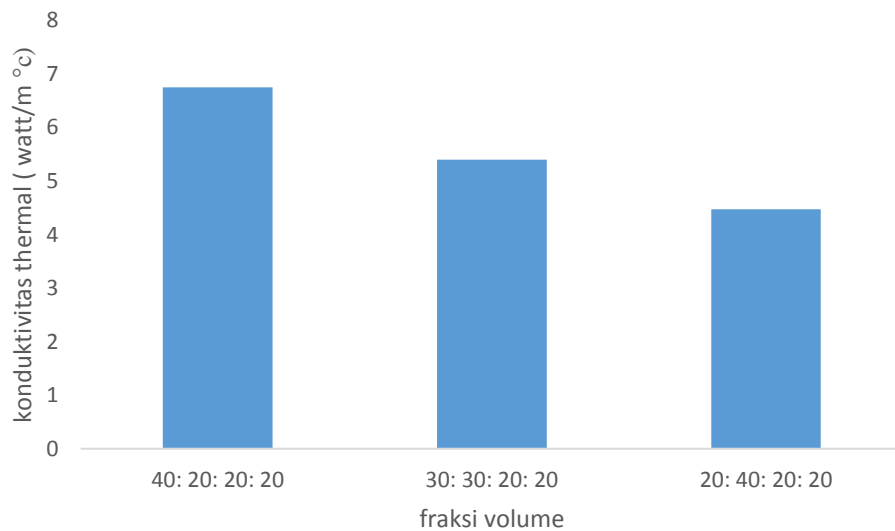
Tabel 4.9 Hasil perhitungan nilai konduktivitas thermal dengan spesifikasi bahan serbuk aluminium, serbuk arang kayu glugu, phenolik resin, serat tebu: 30 :30 :20 :20

Spesimen	T1 (°C)	T2 (°C)	ΔT (°C)	k (W/m°C)
1	81	55	-26	4,88
2	78	56	-22	5,76
3	78	53	-25	5,07
4	80	58	-22	5,76
5	81	58	-23	5,51
Rata - rata				5,40

Tabel 4.10 Hasil perhitungan nilai konduktivitas thermal dengan spesifikasi bahan serbuk aluminium, serbuk arang kayu glugu, phenolik resin, serat tebu: 20 :40 :20 :20

Spesimen	T1 (°C)	T2 (°C)	ΔT (°C)	k (W/m°C)
1	81	52	-29	4,37
2	82	52	-30	4,22
3	79	52	-27	4,69
4	78	51	-27	4,69
5	78	49	-29	4,37
Rata - rata				4,47

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel 4.8, 4.9, 4.10 dapat dipahami bahwa semakin banyak perbandingan aluminium maka semakin besar pula nilai konduktivitas thermal spesimen uji.



Gambar 4.4 grafik nilai konduktivitas thermal

Pada gambar 4.4 menunjukkan grafik nilai pengujian konduktivitas thermal dengan variasi fraksi volume aluminium, serbuk arang kayu glugu, phenolik resin, serat tebu dengan perbandingan prosentase volume yaitu 40% : 20% : 20% : 20% , 30% : 30% : 20% : 20% dan 20% : 40% : 20% : 20%. Pada variasi pertama dengan volume aluminium 40%, didapatkan nilai konduktivitas thermal sebesar 6.75 (watt/m°C) dan pada variasi yang kedua dengan volume aluminium 30% didapatkan hasil nilai konduktivitas thermal 5.40 (watt/m°C), sedangkan pada variasi volume yang terakhir yaitu dengan volume aluminium 20% didapatkan hasil pengujian 4.47 (watt/m°C). Dari grafik pengujian tersebut menggambarkan bahwa semakin besar prosentase aluminium maka akan semakin besar pula nilai konduktivitas thermalnya dan begitu juga sebaliknya semakin kecil volume serbuk arang kayu pada spesimen tersebut maka semakin besar nilai konduktivitas thermalnya. Hal itu disebabkan karena cepat rambat panas aluminium lebih besar dibandingkan dengan cepat rambat panas pada serbuk arang kayu glugu.

4.3.2 Analisis dan Hasil Perhitungan Perpindahan Panas

Setelah nilai konduktivitas thermal semua spesimen diketahui maka selanjutnya perhitungan perpindahan panas dengan menggunakan persamaan berikut

$$q = -kA \frac{dT}{dx}$$

Dari persamaan di atas maka dapat ditentukan nilai perpindahan panas spesimen 1 pada variasi 40 :20 :20 :20

$$q = -kA \frac{dT}{dx}$$

$$q = -6,67 \times 0,0942 \frac{-11}{0,008}$$

$$q = 863,15 \text{ (watt)}$$

dari perhitungan di atas didapatkan data hasil perhitungan semua spesiman pada tabel berikut :

Tabel 4.11 Hasil perhitungan nilai perpindahan panas dengan spesifikasi bahan serbuk aluminium, serbuk arang kayu glugu, phenolik resin, serat tebu : 40 :20 :20 :20

Spesimen	T1 (°C)	T2 (°C)	ΔT (°C)	Q (watt)
1	44	33	-11	863,15
2	41	33	-8	662,62
3	43	33	-10	784,68
4	40	32	-8	627,75
5	43	32	-11	863,15
Rata - rata				760,27

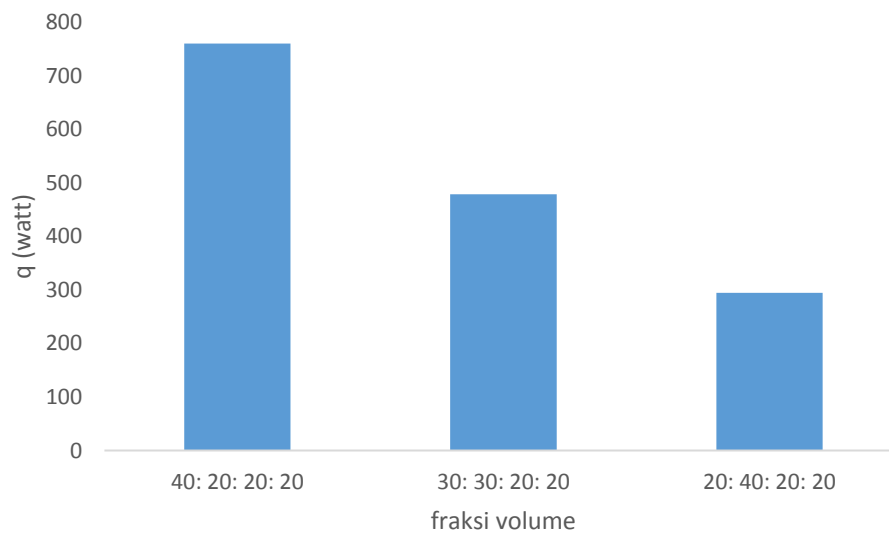
Tabel 4.12 Hasil perhitungan nilai perpindahan panas dengan spesifikasi bahan serbuk aluminium, serbuk arang kayu glugu, phenolik resin, serat tebu: 30 :30 :20 :20

Spesimen	T1 (°C)	T2 (°C)	ΔT (°C)	Q (watt)
1	37	30	-7	401,39
2	38	30	-8	542,14
3	38	32	-6	357,81
4	43	34	-9	609,91
5	41	32	-9	583,39
Rata - rata				498,93

Tabel 4.13 Hasil perhitungan nilai perpindahan panas dengan spesifikasi bahan serbuk aluminium, serbuk arang kayu glugu, phenolik resin, serat tebu: 20 :40 :20 :20

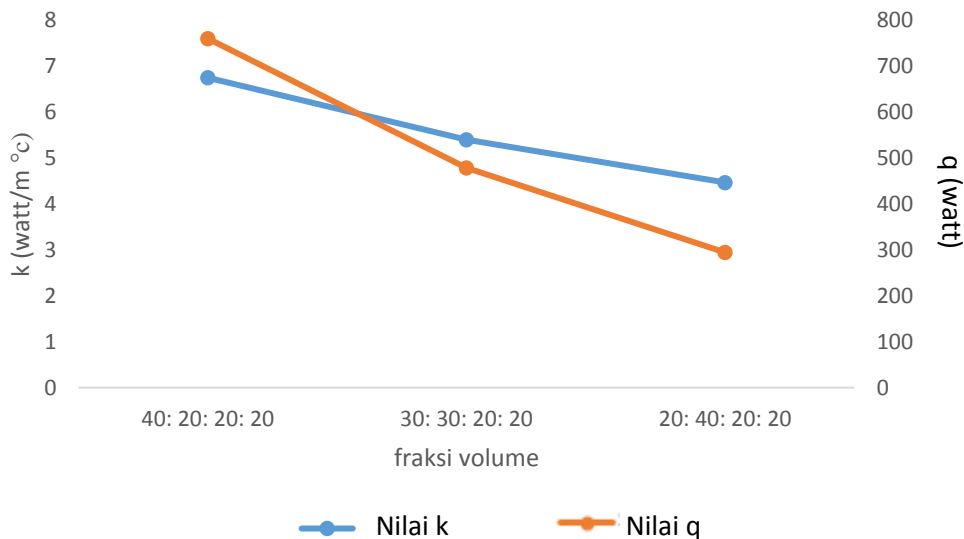
Spesimen	T1 (°C)	T2 (°C)	ΔT (°C)	Q (watt)
1	36	29	-7	359,87
2	35	30	-5	248,48
3	34	30	-4	220,87
4	37	30	-7	386,53
5	35	30	-5	257,05
Rata - rata				294,56

Berdasarkan hasil perhitungan pada tabel 4.10, 4.11, 4.12 dapat dipahami bahwa semakin banyak perbandingan aluminium maka semakin besar pula nilai laju perpindahan panas spesimen uji



Gambar 4.5 grafik nilai perpindahan panas (q)

Pada gambar 4.5 menunjukkan grafik nilai pengujian perpindahan panas dengan variasi volume aluminium, serbuk arang kayu glugu, phenolik resin, ampas tebu dengan perbandingan prosentase volume yaitu 40% : 20% : 20% : 20% , 30% : 30% : 20% : 20% dan 20% : 40% : 20% : 20%. Pada variasi pertama dengan volume aluminium 40%, didapatkan nilai perpindahan panas sebesar 760.27 watt dan pada variasi yang kedua dengan volume aluminium 30% didapatkan hasil nilai perpindahan panas 498,93 watt, sedangkan pada variasi volume yang terakhir yaitu dengan volume aluminium 20% didapatkan hasil pengujian 294.56 watt. Dari grafik pengujian tersebut menggambarkan bahwa semakin besar prosentase aluminium maka akan semakin besar pula nilai perpindahan panas yang terjadi dan begitu juga sebaliknya semakin kecil volume serbuk arang kayu pada spesimen tersebut maka semakin kecil nilai perpindahan panas yang terjadi.



Gambar 4.6 grafik hubungan antara perpindahan panas dan konduktivitas thermal

Percobaan Perpindahan Panas Secara Konduksi ini bertujuan untuk menentukan laju aliran kalor pada setiap variasi fraksi volume yang digunakan. Pada gambar 4.6 didapatkan nilai koefisien pengujian konduktivitas thermal dan

perpindahan panas keseluruhan, koefisien perpindahan panas keseluruhan, dan nilai konduktivitas thermal yang didapat dari variasi pertama dengan 40% aluminium adalah 6.75 Watt/m°C, dan 760.27 Watt. Nilai konduktivitas thermal dan koefisien perpindahan panas keseluruhan yang didapat dari variasi yang kedua dengan 30% aluminium adalah 5.40 Watt/m°C dan 498,93 Watt. Sedangkan nilai konduktivitas thermal dan koefisien perpindahan panas keseluruhan yang didapat dari variasi yang ketiga dengan 20% aluminium adalah 4.47 Watt/m°C, dan 294.56 Watt.

Hal ini mengindikasikan bahwa semakin besar nilai konduktivitas thermal yang didapat, maka akan semakin besar juga nilai perpindahan panas. Berdasarkan literature, semakin tinggi nilai konduktivitas thermal suatu benda, maka semakin cepat benda tersebut mengalirkan panas yang diterima darisatu sisi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa semakin banyak volume aluminium maka akan semakin besar pula nilai konduktivitas dan perpindahan panas yang di hasilkan.

Beberapa kendala pada penelitian ini diantaranya adalah

1. Pada proses pembuatan spesimen dengan menggunakan sintering. Terkendala pada pemanas pada cetakan spesimen yaitu gipsum sebagai isolator pada cetakan selalu pecah pada proses pengambilan spesimen, jadi membutuhkan waktu yang cukup lama untuk membuat 1 spesimen.
2. Pada proses pelepasan spesimen dari cetakan. Jika cetakan dan benda kerja sudah dingin maka untuk mengeluarkan benda kerja dari cetakan cukup sulit meskipun sudah diberi pelumas sebelum pembuatan.
3. Pada proses pengujian konduktivitas thermal terkendala pada heater. setelah proses pengujian 1 spesimen, untuk menguji spesimen lainya harus menunggu sampai temperature heater sama pada pengujian 1.

BAB 5 PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil penelitian diperoleh nilai konduktivitas termal komposit dengan perbandingan variasi fraksi volume aluminium, serbuk arang kayu glugu, phenolik resin dan serat tebu 40% : 20% : 20% : 20% yaitu sebesar 6.75 watt/m°C, 30% : 30% : 20% : 20% yaitu sebesar 5.40 Watt/m°C dan 20% : 40% : 20% : 20% sebesar 4.47 watt/ m°C.. Berdasarkan data yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa, semakin kecil komposisi aluminium dan semakin besar komposisi serbuk arang kayu glugu maka nilai konduktivitas termalnya semakin kecil.
2. Hasil pengujian diperoleh nilai perpindahan panas pada kampas rem dengan perbandingan variasi fraksi volume aluminium, serbuk arang kayu glugu, phenolik resin dan ampas tebu 40% : 20% : 20% : 20% yaitu sebesar 760.27 watt, 30% : 30% : 20% : 20% yaitu sebesar 498,93 watt dan 20% : 40% : 20% : 20% sebesar 294.56 watt. Berdasarkan data yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa, semakin kecil komposisi aluminium dan semakin besar komposisi serbuk arang kayu glugu maka nilai perpindahan panasnya semakin kecil.

5.2 Saran

1. Penelitian ini hanya terbatas pada pengujian perpindahan panas dan konduktivitas thermal oleh karena itu perlu adanya penelitian lanjutan misalnya pada bidang metalurgi dengan pengujian kekerasan dan uji tarik sedangkan pada bidang desain dengan pengujian keausan dan koefisien gesek serta

perhitungan aktual dan teoritis tentang energi serap pada pengereman, supaya mendapatkan data yang kompleks.

2. Pada penelitian ini hanya menggunakan empat variasi volume serbuk arang kayu glugu, serbuk alumunium, ampas tebu dan phenolik resin, perlu adanya penambahan variasi material lain pada penelitian selanjutnya dan serbuk aluminium yang di pakai pada penelitian ini terlalu halus sehingga banyak yang terbang pada proses pembuatan, maka dari itu di sarankan untuk penelitian selanjutnya menggunakan serbuk aluminium yang lebih kasar.

Daftar Pustaka

- Ahmad, Faiz., Jason Lo, S.H., dkk. 2013. *Tribology Behaviour of Alumina Particles Reinforced Aluminium Matrix Composites and Brake Disk Materials*. Malaysia: University Tecnology PETRONAS
- Anggraini, Sita Agustina. 2010. *Pengujian serapan akustik blok berbahan ampas tebu*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret
- Barasa, Frandi, Baldri, Muftil dan Yohanes. 2014. *Kaji pembuatan kanvas rem sepeda motor bahan komposit dengan filler palm slag*. Riau: Universitas Riau
- Belhocine, Ali., Bouchetara, Mostefa. 2011. *Thermal Analysis of a Solid Brake Disk*. Algeria: University of Sciences and the Tecnology of Oran
- 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.
- Feist, Jared. 2014. *Finite Element Modeling of Brake Pad Materials Performance*. Hartford: Rensselear Polytechnic Institute
- Fitrianto, Fuad dwi. 2012. *Pemanfaatan serbuk tongkol jagung sebagai alternatif bahan fraksi kampas rem non-asbestos sepeda motor*. Surakarta: Universitas Sebelas Maret
- Gusti, I. dan Susilo, Agung. 2009. *Pengaruh kepadatan papan partikel dari tiga jenis serbuk kayu terhadap nilai konduktivitas panasnya*. Yogyakarta: Institut Sains & Teknologi AKPRIND Yogyakarta

- Hardianto, Ian dan Sen, Hoo Yung. 2008. *Kinerja rem tromol terhadap kinerja rem cakram kendaraan roda dua pada pengujian stasioner*. Surabaya: Universitas Kristen Petra Surabaya
- Harris, Bryan. 1999. *Engineering Composite Materials*. London: The Institute of Materials
- Karina, Rona Malam. 2011. *Fluida Incompressible sebagai Penyalur Tenaga dalam Sistem Hidrolik Tertutup*. Jakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi
- Kusuma, Rahmat. 2012. *Pengaruh variasi bahan terhadap sifat fisis dan sifat mekanis kopling gesek sepeda motor dengan bahan dasar fiberglass, serbuk aluminium, serbuk tembaga dan resin phenolic*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta
- Maiwita, Fitri, Darvina, Yenni dan Yulkifli. 2014. *Pengaruh variasi komposisi ampas tebu dan serbuk gergaji pada papan partikel terhadap konduktivitas termal*. Padang: Universitas Negeri Padang
- Milenkovic, Predrag D, dkk. 2010. *The Influence of Brake Pads Thermal Conductivity on Passenger Car Brake System Efficiency*. Serbia: University of Kragujevac
- Nasir, Subriyer, dkk. 2008. *Pengaruh kondisi operasi pada pembuatan asap cair dari ampas tebu dan serbuk gergaji kayu kulim*. Palembang: Universitas Sriwijaya
- Pari, Gustam, dkk. 2012. *Teknologi Pembuatan Arang, Briket Arang dan Arang Aktif Serta Pemanfaatannya*. Semarang: Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan
- Pratama. 2011. *Analisa sifat mekanik komposit bahan kanvas rem dengan penguat fly ash batubara*. Makasar: Universitas Hassanudin

- Pramuji, Franciska. 2008. *Pengaruh Temperatur Sinter dan Fraksi Volume Penguat Al_2O_3 Terhadap Karakteristik Komposit Laminat Hibrid Al/SiC- Al_2O_3 Produk Metalurgi Serbuk*. Jakarta: Universitas Indonesia
- Setiyanto, Imam. 2009. *Pengaruh variasi temperatur sintering terhadap ketahanan aus bahan rem sepatu gesek*: Surakarta. Universitas muhammaduyah surakarta
- Sukamto dan Bardi, AJ. 2013. *Analiss perpindahan panas kampas rem pada sepeda motor*. Mataram: Universitas Janabadra
- Sukamto. 2014. *Pengaruh komposisi struktur bahan pada perambatan panas pada kampas rem sepeda motor*. Yogyakarta: Universitas Janabadra
- Skrinjar, Olle. 2005. *Cold Compaction of Composite Powders*. Sweden: Royal Institute of Technology
- Syahputra, Surya dan Rahmawaty. 2015. *Perilaku mekanik keausan dan kekerasan komposit serbuk tempurung kelapa dengan penambahan magnesium oksida sebanyak 30% sebagai bahan alternatif kampas rem sepeda motor*. Yogyakarta: Sekolah Tinggi Teknik Harapan
- Yulqa, Lanang Bagus. 2016. *Studi komposisi resin phenolic Isebagai bahan matrik dalam pembuatan kampas rem metode campur kering*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta

LAMPIRAN

Lampiran A perhitungan pembuatan spesimen

massa jenis bahan di perlukan untuk pembuatan spesimen dengan variasi fraksi volume, massa jenis di dapatkan dengan persamaan berikut :

$$\rho = \frac{m}{V}$$

ket :

ρ = massa jenis (gr/cc)

m = massa bahan (gr)

V = volume bahan (cc)

Hasil penimbangan bahan dengan volume 240 ml yaitu :

Aluminium = 60.05 gr

Arang kayu = 51.01 gr

Phenolik resin = 103.03 gr

Ampas tebu = 14.82 gr

Perhitungan massa jenis bahan :

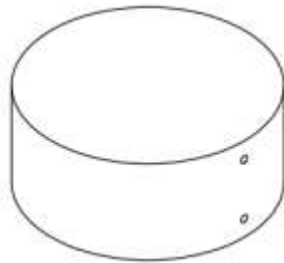
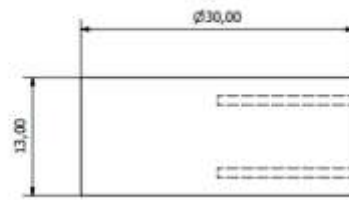
$$\begin{aligned} \text{Massa jenis aluminium} &= \frac{m}{V} \\ &= \frac{60.05 \text{ gr}}{240 \text{ ml}} \\ &= 0.25 \text{ gr/cc} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa jenis arang kayu} &= \frac{m}{V} \\ &= \frac{51.01 \text{ gr}}{240 \text{ ml}} \\ &= 0.21 \text{ gr/cc} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa jenis phenolik resin} &= \frac{m}{V} \\
 &= \frac{103.03 \text{ gr}}{240 \text{ ml}} \\
 &= 0.42 \text{ gr/cc}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Massa jenis ampas tebu} &= \frac{m}{V} \\
 &= \frac{14.82 \text{ gr}}{240 \text{ ml}} \\
 &= 0.06 \text{ gr/cc}
 \end{aligned}$$

Perhitungan prosentase pencampuran per spesimen



$$\begin{aligned}
 V &= \pi \times r^2 \times t \\
 &= 3.14 \times (1.5)^2 \times 1.3 \\
 &= 3.14 \times (2.25) \times 1.3 \\
 &= 9.18 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

perhitungan volume spesimen

Variasi 1 40% serbuk aluminium, 30% serbuk arang kayu glugu, 20% phenolik resin, 20% ampas tebu

Massa jenis Al = 0,25 gr/cc

Massa jenis arang = 0,21 gr/cc

Massa jenis phenolik resin = 0,42 gr/cc

Massa jenis ampas tebu = 0,06 gr/cc

Dengan perbandingan berikut menghasilkan volume keseluruhan

40 : 20 : 20 : 20 = 100

Massa serbuk aluminium = 40 x massa jenis

= 40 x 0,25 gr

= 10 gr

Massa serbuk arang kayu = 20 x massa jenis

= 20 x 0,21 gr

= 4,2 gr

Massa phenolik resin = 20 x massa jenis

= 20 x 0,42 gr

= 8,4 gr

Massa ampas tebu = 20 x massa jenis

= 20 x 0,06 gr

= 1,2 gr

Total = 10 gr + 4,2 gr + 8,4 gr + 1,2 gr = 23,8 gr

Variasi 2 30% serbuk aluminium, 30% serbuk arang kayu glugu, 20% phenolik resin, 20% ampas tebu

Dengan perbandingan berikut menghasilkan volume keseluruhan

$$40 : 20 : 20 : 20 = 100$$

$$\begin{aligned} \text{Massa serbuk aluminium} &= 30 \times \text{massa jenis} \\ &= 30 \times 0,25 \text{ gr} \\ &= 7,5 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa serbuk arang kayu} &= 30 \times \text{massa jenis} \\ &= 30 \times 0,21 \text{ gr} \\ &= 6,3 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa phenolik resin} &= 20 \times \text{massa jenis} \\ &= 20 \times 0,42 \text{ gr} \\ &= 8,4 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa ampas tebu} &= 20 \times \text{massa jenis} \\ &= 20 \times 0,06 \text{ gr} \\ &= 1,2 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\text{Total} = 7,5 \text{ gr} + 6,3 \text{ gr} + 8,4 \text{ gr} + 1,2 \text{ gr} = 23,8 \text{ gr}$$

Variasi 3 20% serbuk aluminium, 40% serbuk arang kayu glugu, 20% phenolik resin, 20% ampas tebu

Dengan perbandingan berikut menghasilkan volume keseluruhan

$$20 : 40 : 20 : 20 = 100$$

$$\begin{aligned} \text{Massa serbuk aluminium} &= 20 \times \text{massa jenis} \\ &= 20 \times 0,25 \text{ gr} \\ &= 5 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa serbuk arang kayu} &= 40 \times \text{massa jenis} \\ &= 40 \times 0,21 \text{ gr} \\ &= 8,4 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa phenolik resin} &= 20 \times \text{massa jenis} \\ &= 20 \times 0,42 \text{ gr} \\ &= 8,4 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa ampas tebu} &= 20 \times \text{massa jenis} \\ &= 20 \times 0,06 \text{ gr} \\ &= 1,2 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\text{Total} = 5 \text{ gr} + 8,4 \text{ gr} + 8,4 \text{ gr} + 1,2 \text{ gr} = 23,8 \text{ gr}$$

Pada pembuatan per 1 spesimen berat total perbandingan dibagi dua yaitu $23,8 / 2 = 11,9 \text{ gr}$

Jadi berat per 1 spesimen dengan volume 9.18 adalah 11,9 gr

Perbandingan	Massa Aluminium	Massa serbuk arang	Massa phenolic	Massa ampas tebu
40% : 20% : 20% : 20%	5 gr	2,1 gr	4,2 gr	0,6 gr
30% : 30% : 20% : 20%	3,75 gr	3,15 gr	4,2 gr	0,6 gr
20% : 40% : 20% : 20%	2,5 gr	4,2 gr	4,2 gr	0,6 gr

Lampiran B gambar dan alat uji

1. Gambar serbuk alluminium



2. Gambar serbuk arang kayu glugu



3. Gambar phenolik resin



4. Gambar ampas tebu



5. Gambar alat press



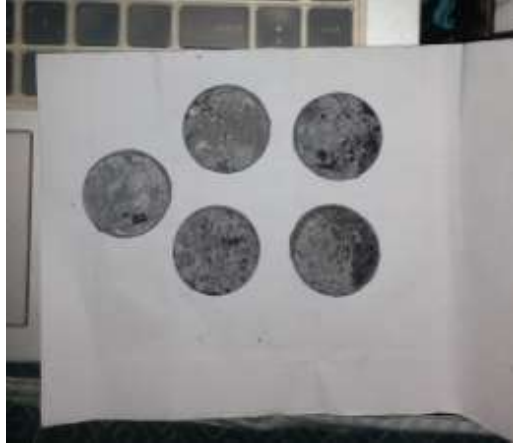
6. Gambar cetakan



7. Gambar termocontrol



8. Gambar spesimen variasi 40 : 20 : 20 : 20



9. Gambar spesimen variasi 30 : 30 : 20 : 20



10. Gambar spesimen variasi 20 : 40 : 20 : 20



11. Gambar alat konduktivitas thermal



12. Heater dan penutup



13. Gambar termometer digital



14. Gambar alat uji perpindahan panas



15. Gambar kaliper alat uji



Lampiran C perhitungan pengujian konduktivitas thermal

Berikut adalah contoh perhitungan pada pengujian konduktivitas thermal.

Perhitungan faktor koreksi dengan bahan acuan aluminium

$$q = -kA \frac{dT}{dx} C$$

$$q \cdot dx = -kA dT C$$

$$C = \frac{q \cdot dx}{-kA \cdot dT}$$

$$C = \frac{820 \cdot 0,013}{-205 \cdot 0,0942 \cdot -1}$$

$$C = \frac{10,66}{19,311}$$

$$C = 0,55$$

Ket : q = daya (watt)

k = konduktivitas aluminium (watt/m °C)

A = luas benda uji (m)

dT = selisih temperatur (°C)

dx = jarak T1 dan T2 (m)

C = faktor koreksi

Contoh perhitungan konduktivitas thermal spesimen 1 pada variasi bahan 40 :20 :20 :20

$$q = -kA \frac{dT}{dx} C$$

$$-k = \frac{q \cdot dx}{A \cdot dT \cdot C}$$

$$-k = \frac{820 \times 0,008}{0,0942 \times -19 \times 0,55}$$

$$-k = \frac{6,56}{-0,984}$$

$$k = 6,67 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

Contoh perhitungan konduktivitas thermal spesimen 2 pada variasi bahan 40 :20 :20 :20

$$q = -kA \frac{dT}{dx} \text{ C}$$

$$-k = \frac{q \cdot dx}{A dT \text{ C}}$$

$$-k = \frac{820 \times 0,008}{0,0942 \times -18 \times 0,55}$$

$$-k = \frac{6,56}{-0,932}$$

$$k = 7,04 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

Contoh perhitungan konduktivitas thermal spesimen 3 pada variasi bahan 40 :20 :20 :20

$$q = -kA \frac{dT}{dx} \text{ C}$$

$$-k = \frac{q \cdot dx}{A dT \text{ C}}$$

$$-k = \frac{820 \times 0,008}{0,0942 \times -19 \times 0,55}$$

$$-k = \frac{6,56}{-0,984}$$

$$k = 6,67 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

Contoh perhitungan konduktivitas thermal spesimen 4 pada variasi bahan 40 :20 :20 :20

$$q = -kA \frac{dT}{dx} \text{ C}$$

$$-k = \frac{q \cdot dx}{A dT \text{ C}}$$

$$-k = \frac{820 \times 0,008}{0,0942 \times -19 \times 0,55}$$

$$-k = \frac{6,56}{-0,984}$$

$$k = 6,67 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

Contoh perhitungan konduktivitas thermal spesimen 5 pada variasi bahan 40 :20 :20 :20

$$q = -kA \frac{dT}{dx} \text{ C}$$

$$-k = \frac{q \cdot dx}{A dT \text{ C}}$$

$$-k = \frac{820 \times 0,008}{0,0942 \times -19 \times 0,55}$$

$$-k = \frac{6,56}{-0,984}$$

$$k = 6,67 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

Hasil perhitungan nilai konduktivitas thermal dengan spesifikasi bahan al, arang, phenolik resin, ampas tebu : 40 :20 :20 :20

Spesimen	T1 (°C)	T2 (°C)	ΔT (°C)	k (W/m°C)
1	74	55	-19	6,67
2	67	49	-18	7,04
3	71	52	-19	6,67
4	68	49	-19	6,67
5	75	56	-19	6,67
Rata – rata				6,75

Contoh perhitungan konduktivitas thermal spesimen 1 pada variasi bahan 30 :30 :20 :20

$$q = -kA \frac{dT}{dx} \text{ C}$$

$$-k = \frac{q \cdot dx}{A dT \text{ C}}$$

$$-k = \frac{820 \times 0,008}{0,0942 \times -26 \times 0,55}$$

$$-k = \frac{6,56}{-1,34}$$

$$k = 4,88 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

Contoh perhitungan konduktivitas thermal spesimen 2 pada variasi bahan 30 :30 :20 :20

$$q = -kA \frac{dT}{dx} \text{ C}$$

$$-k = \frac{q \cdot dx}{A dT C}$$

$$-k = \frac{820 \times 0,008}{0,0942 \times -22 \times 0,55}$$

$$-k = \frac{6,56}{-1,13}$$

$$k = 5,76 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

Contoh perhitungan konduktivitas thermal spesimen 3 pada variasi bahan 30 :30 :20 :20

$$q = -kA \frac{dT}{dx} \text{ C}$$

$$-k = \frac{q \cdot dx}{A dT C}$$

$$-k = \frac{820 \times 0,008}{0,0942 \times -25 \times 0,55}$$

$$-k = \frac{6,56}{-1,29}$$

$$k = 5,07 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

Contoh perhitungan konduktivitas thermal spesimen 4 pada variasi bahan 30 :30 :20 :20

$$q = -kA \frac{dT}{dx} \text{ C}$$

$$-k = \frac{q \cdot dx}{A dT C}$$

$$-k = \frac{820 \times 0,008}{0,0942 \times -22 \times 0,55}$$

$$-k = \frac{6,56}{-1,13}$$

$$k = 5,76 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

Contoh perhitungan konduktivitas thermal spesimen 5 pada variasi bahan 30 :30 :20 :20

$$q = -kA \frac{dT}{dx} \text{ C}$$

$$-k = \frac{q \cdot dx}{A dT C}$$

$$-k = \frac{820 \times 0,008}{0,0942 \times -23 \times 0,55}$$

$$-k = \frac{6,56}{-1,19}$$

$$k = 5,51 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

Hasil perhitungan nilai konduktivitas thermal dengan spesifikasi bahan al, arang, phenolik resin, ampas tebu : 30 :30 :20 :20

Spesimen	T1 (°C)	T2 (°C)	ΔT (°C)	k (W/m°C)
1	81	55	-26	4,88
2	78	56	-22	5,76
3	78	53	-25	5,07
4	80	58	-22	5,76
5	81	58	-23	5,51
Rata – rata				5,40

Contoh perhitungan konduktivitas thermal spesimen 1 pada variasi bahan 20 :40 :20 :20

$$q = -kA \frac{dT}{dx} \text{ C}$$

$$-k = \frac{q \cdot dx}{A dT \text{ C}}$$

$$-k = \frac{820 \times 0,008}{0,0942 \times -29 \times 0,55}$$

$$-k = \frac{6,56}{-1,50}$$

$$-k = 4,37 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

Contoh perhitungan konduktivitas thermal spesimen 2 pada variasi bahan 20 :40 :20 :20

$$q = -kA \frac{dT}{dx} \text{ C}$$

$$-k = \frac{q \cdot dx}{A dT \text{ C}}$$

$$-k = \frac{820 \times 0,008}{0,0942 \times -30 \times 0,55}$$

$$-k = \frac{6,56}{-1,55}$$

$$k = 4,22 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

Contoh perhitungan konduktivitas thermal spesimen 3 pada variasi bahan 20 :40 :20 :20

$$q = -kA \frac{dT}{dx} \text{ C}$$

$$-k = \frac{q \cdot dx}{A dT \text{ C}}$$

$$-k = \frac{820 \times 0,008}{0,0942 \times -2 \times 0,55}$$

$$-k = \frac{6,56}{-1,39}$$

$$k = 4,69 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

Contoh perhitungan konduktivitas thermal spesimen 4 pada variasi bahan 20 :40 :20 :20

$$q = -kA \frac{dT}{dx} \text{ C}$$

$$-k = \frac{q \cdot dx}{A \cdot dT \text{ C}}$$

$$-k = \frac{820 \times 0,008}{0,0942 \times -27 \times 0,55}$$

$$-k = \frac{6,56}{-1,39}$$

$$k = 4,69 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

Contoh perhitungan konduktivitas thermal spesimen 5 pada variasi bahan 20 :40 :20 :20

$$q = -kA \frac{dT}{dx} \text{ C}$$

$$-k = \frac{q \cdot dx}{A \cdot dT \text{ C}}$$

$$-k = \frac{820 \times 0,008}{0,0942 \times -29 \times 0,55}$$

$$-k = \frac{6,56}{-1,50}$$

$$k = 4,37 \text{ W/m}^\circ\text{C}$$

Hasil perhitungan nilai konduktivitas thermal dengan spesifikasi bahan al, arang, phenolik resin, ampas tebu : 20 :40 :20 :20

Spesimen	T1 (°C)	T2 (°C)	ΔT (°C)	k (W/m°C)
1	81	52	-29	4,37
2	82	52	-30	4,22
3	79	52	-27	4,69
4	78	51	-27	4,69
5	78	49	-29	4,37
Rata – rata				4,47

Contoh perhitungan perpindahan panas pada kampas rem

Setelah nilai konduktivitas thermal semua spesimen di ketahui maka selanjutnya perhitungan perpindahan panas dengan menggunakan persamaan berikut

$$q = -kA \frac{dT}{dx}$$

Dari persamaan di atas maka dapat di tentukan nilai perpindahan panas spesimen 1 pada variasi 40 :20 :20 :20

$$q = -kA \frac{dT}{dx}$$

$$q = -6,67 \times 0,0942 \frac{-11}{0,008}$$

$$q = -6,67 \times 0,0942 \times (-1357)$$

$$q = 863,15 \text{ Watt}$$

perhitungan nilai perpindahan panas spesimen 2 pada variasi fraksi volume 40 :20 :20 :20

$$q = -kA \frac{dT}{dx}$$

$$q = -7,04 \times 0,0942 \frac{-8}{0,008}$$

$$q = -7,04 \times 0,0942 \times (-1000)$$

$$q = 662,62 \text{ Watt}$$

perhitungan nilai perpindahan panas spesimen 3 pada variasi fraksi volume 40 :20 :20
:20

$$q = -kA \frac{dT}{dx}$$

$$q = -6,67 \times 0,0942 \frac{-10}{0,008}$$

$$q = -6,67 \times 0,0942 \times (-1250)$$

$$q = 784,68 \text{ Watt}$$

perhitungan nilai perpindahan panas spesimen 4 pada variasi fraksi volume 40 :20 :20
:20

$$q = -kA \frac{dT}{dx}$$

$$q = -6,67 \times 0,0942 \frac{-8}{0,008}$$

$$q = -6,67 \times 0,0942 \times (-1000)$$

$$q = 627,75 \text{ Watt}$$

perhitungan nilai perpindahan panas spesimen 5 pada variasi fraksi volume 40 :20 :20
:20

$$q = -kA \frac{dT}{dx}$$

$$q = -6,67 \times 0,0942 \frac{-11}{0,008}$$

$$q = -6,67 \times 0,0942 \times (-1357)$$

$$q = 863,15 \text{ Watt}$$

dari perhitungan di atas didapatkan data hasil perhitungan semua spesiman pada tabel berikut :

Hasil perhitungan nilai perpindahan panas dengan spesifikasi bahan al, arang, phenolik resin, ampas tebu : 40 :20 :20 :20

Spesimen	T1 (°C)	T2 (°C)	ΔT (°C)	Q (watt)
1	44	33	-11	863,15
2	41	33	-8	662,62
3	43	33	-10	784,68
4	40	32	-8	627,75
5	43	32	-11	863,15
Rata - rata				760,27

perhitungan nilai perpindahan panas spesimen 1 pada variasi fraksi volume 30 :30 :20 :20

$$q = -kA \frac{dT}{dx}$$

$$q = -6,67 \times 0,0942 \frac{-7}{0,008}$$

$$q = -6,67 \times 0,0942 \times (-875)$$

$$q = 401,39 \text{ Watt}$$

perhitungan nilai perpindahan panas spesimen 2 pada variasi fraksi volume 30 :30 :20 :20

$$q = -kA \frac{dT}{dx}$$

$$q = -6,67 \times 0,0942 \frac{-3}{0,008}$$

$$q = -6,67 \times 0,0942 \times (-375)$$

$$q = 203,30 \text{ Watt}$$

perhitungan nilai perpindahan panas spesimen 3 pada variasi fraksi volume 30 :30 :20 :20

$$q = -kA \frac{dT}{dx}$$

$$q = -6,67 \times 0,0942 \frac{-10}{0,008}$$

$$q = -6,67 \times 0,0942 \times (-1250)$$

$$q = 596,36 \text{ Watt}$$

perhitungan nilai perpindahan panas spesimen 4 pada variasi fraksi volume 30 :30 :20 :20

$$q = -kA \frac{dT}{dx}$$

$$q = -6,67 \times 0,0942 \frac{-9}{0,008}$$

$$q = -6,67 \times 0,0942 \times (-1125)$$

$$q = 609,91 \text{ Watt}$$

perhitungan nilai perpindahan panas spesimen 5 pada variasi fraksi volume 30 :30 :20 :20

$$q = -kA \frac{dT}{dx}$$

$$q = -6,67 \times 0,0942 \frac{-9}{0,008}$$

$$q = -6,67 \times 0,0942 \times (-1125)$$

$$q = 583,39 \text{ Watt}$$

Hasil perhitungan nilai perpindahan panas dengan spesifikasi bahan al, arang, phenolik resin, ampas tebu : 30 :30 :20 :20

Spesimen	T1 (°C)	T2 (°C)	ΔT (°C)	Q (watt)
1	37	30	-7	401,39
2	33	30	-3	203,30
3	43	33	-10	596,36
4	43	34	-9	609,91
5	41	32	-9	583,39
Rata - rata				478,87

perhitungan nilai perpindahan panas spesimen 1 pada variasi fraksi volume 20 :40 :20 :20

$$q = -kA \frac{dT}{dx}$$

$$q = -4,37 \times 0,0942 \frac{-7}{0,008}$$

$$q = -4,37 \times 0,0942 \times (-875)$$

$$q = 359,87 \text{ Watt}$$

perhitungan nilai perpindahan panas spesimen 2 pada variasi fraksi volume 20 :40 :20 :20

$$q = -kA \frac{dT}{dx}$$

$$q = -4,22 \times 0,0942 \frac{-5}{0,008}$$

$$q = -4,22 \times 0,0942 \times (-625)$$

$$q = 248,48 \text{ Watt}$$

perhitungan nilai perpindahan panas spesimen 3 pada variasi fraksi volume 20 :40 :20 :20

$$q = -kA \frac{dT}{dx}$$

$$q = -4,69 \times 0,0942 \frac{-4}{0,008}$$

$$q = -4,69 \times 0,0942 \times (-500)$$

$$q = 220,87 \text{ Watt}$$

perhitungan nilai perpindahan panas spesimen 4 pada variasi fraksi volume 20 :40 :20 :20

$$q = -kA \frac{dT}{dx}$$

$$q = -4,69 \times 0,0942 \frac{-7}{0,008}$$

$$q = -4,69 \times 0,0942 \times (-875)$$

$$q = 386,53 \text{ Watt}$$

perhitungan nilai perpindahan panas spesimen 5 pada variasi fraksi volume 20 :40 :20 :20

$$q = -kA \frac{dT}{dx}$$

$$q = -4,37 \times 0,0942 \frac{-5}{0,008}$$

$$q = -4,37 \times 0,0942 \times (-6,25)$$

$$q = 257,05 \text{ Watt}$$

Perhitungan nilai perpindahan panas dengan spesifikasi bahan al, arang, phenolik resin, ampas tebu : 20 :40 :20 :20

Spesimen	T1 (°C)	T2 (°C)	ΔT (°C)	Q (watt)
1	36	29	-7	359,87
2	35	30	-5	248,48
3	34	30	-4	220,87
4	37	30	-7	386,53
5	35	30	-5	257,05
Rata - rata				294,56