



TUGAS AKHIR - VM180629

KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT AMPAS TEBU BERMATRIKS
RESIN *EPOXY* SEBAGAI PENGGANTI KAMPAS REM

Mohamad Yusuf Ardiansyah

NRP. 10211600000107

Dosen Pembimbing :

Ir. Eddy Widiyono, MSc.

NIP. 19601025 198701 1 001

PROGRAM STUDI DIPLOMA III

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI



TUGAS AKHIR - VM180629

**KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT AMPAS TEBU
BERMATRIKS RESIN *EPOXY* SEBAGAI BAHAN
ALTERNATIF PENGGANTI KAMPAS REM**

**Mohamad Yusuf Ardiansyah
NRP. 10211600000107**

**Dosen Pembimbing :
Ir. Eddy Widiyono, MSc.
NIP. 19601025 198701 1 001**

**PROGRAM STUDI DIPLOMA III
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN INDUSTRI
FAKULTAS VOKASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019**

LEMBAR PENGESAHAN

**KOMPOSIT BERPENGUAT SERAT AMPAS TEBU
BERMATRIKS RESIN *EPOXY* SEBAGAI PENGGANTI
KAMPAS REM**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Mernenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh
Gelar

Ahli Madya

Pada

Program Studi Diploma III

Jurusan Departemen Teknik Mesin Industri

Fakultas Vokasi

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

MOH. YUSUF ARDIANSYAH

NRP. 1021160000107

Mengetahui dan Menyetujui

Dosen Pembimbing

Ir. Eddy Widiyono, MSc.

NIP. 19601025 198701 1 001

SURABAYA, MARET 2020

PERNYATAAN TIDAK MELAKUKAN PLAGIAT

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

NAMA : MOH. YUSUF ARDIANSYAH

NRP : 10211600000107

Program Studi : Diploma III Teknik Mesin

Departemen : Teknik Mesin Industri

Fakultas : Vokasi

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Tugas Akhir (TA) yang saya tulis ini benar-benar tulisan saya dan bukan merupakan hasil plagiasi. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan TA ini hasil plagiasi, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Departemen Teknik Mesin Industri, Fakultas Vokasi - ITS.

Surabaya, Maret 2020

Yang Membuat Pernyataan

Moh. Yusuf Ardiansyah

10211600000107

ABSTRAK

Pada umumnya 60% material dari komposisi kampas rem ini adalah Asbestos sebagai serat utama pembuatan kampas rem, Resin, Friction Aditive, Filler, serpihan 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.

Untuk mencari perbandingan dari hasil kampas rem dengan komposit harus menghitung perhitungan elemen mesin pada kampas rem komersial terlebih dahulu setelah itu melakukan pemodelan simulasi ansys dan membuat komposit untuk diuji keausan agar dapat membanding kampas rem komersial dengan komposit serat tebu nantinya.

Setelah dilakukan perhitungan elemen mesin pada kampas rem komersial memiliki nilai $2,4475710^{-7}$ mm²/kg. Untuk permodelan simulasi *ansys* pada kampas rem komersial dan komposit serat ampas tebu memiliki masing-masing nilai total deformasi sebesar $2,0747E-07$ untuk kampas rem komersial dan $2,1237E-07$ untuk komposit serat ampas tebu. Nilai keausan material komposit serat ampas tebu memiliki rata-rata $2.27189E-07$ mm²/kg. Sedangkan material kampas rem komersial memiliki nilai keausan rata-rata $2,44757E-07$ mm²/kg. Dengan demikian, material komposit memiliki ketahanan keausan lebih baik dibandingkan material kampas rem komersial. Maka dari itu komposit serat ampas tebu dapat menggantikan bahan material dari kampas rem komersial.

ABSTRACT

In general, 60% of the material of the composition of this brake lining is Asbestos as the main fiber for making brake linings, resins, friction additives, fillers, metal flakes, synthetic rubber and ceramics as wear-resistant pads. Asbestos brake pads will fade at 200°C, this is due to the high resin content factor in asbestos so that at high temperatures brake pads tend to be glazing and harden, also when exposed to water

To find a comparison of the results of the brake lining with composites must calculate the calculation of the engine elements in commercial brake linings after that, then do ansys simulation modeling and make composites to be tested for wear in order to be able to compare commercial brake linings with cane fiber composites later.

After calculating the engine element in a commercial brake lining, it has a value of $2.44757 \text{ E-}07 \text{ mm}^2 / \text{kg}$. For the modeling simulation of ansys on commercial brake lining and bagasse fiber composites each has a total deformation value of $2.0747\text{E-}07$ for commercial brake lining and $2.1237\text{E-}07$ for sugarcane bagasse composite. The wear value of sugarcane bagasse fiber composite material has an average of $2.27189\text{E-}07 \text{ mm}^2 / \text{kg}$. Whereas commercial brake lining material has an average wear value of $2.44757\text{E-}07 \text{ mm}^2 / \text{kg}$. Thus, composite materials have better wear resistance than commercial brake pads. Therefore, bagasse fiber composites can replace materials from commercial brake linings.

KATA PENGANTAR

AlhamdulillahRabbil‘Alamin, segala puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan karunia, rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan dan menuntaskan seluruh pengerjaan Tugas Akhir ini yang berjudul : *“Komposit Berpenguat Serat Ampas Tebu Bermatriks Resin Epoxy Sebagai Pengganti Bahan Kampas Rem.”*

Penyelesaian Tugas Akhir ini merupakan syarat kelulusan akademis dan memperoleh gelar Ahli Madya dalam menempuh pendidikan di program studi D3 Teknik Mesin, Departemen Teknik Mesin Industri, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Dalam terselesaikannya tugas akhir ini, penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada banyak semua pihak yang telah membantu secara moral maupun materi, yaitu :

1. Bapak Ir. Eddy Widiyono, MSc. Selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah banyak memberikan bimbingan dan ilmu – ilmu yang bermanfaat sehingga terselesaikannya tugas akhir ini.
2. Bapak Ir. Suhariyanto, MT. Selaku Koordinator Tugas Akhir Departemen Teknik Mesin Industri FV – ITS.
3. Bapak Dr. Ir. Heru Mirmanto, MT. Selaku Kepala Departemen Teknik Mesin Industri FV - ITS.
4. Bapak Ir. Giri Nugroho, MSc. Selaku dosen wali selama berada di Departemen Teknik Mesin Industri FV – ITS.
5. Bapak dan Ibu dosen penguji yang memberikan kritik, saran, dan masukan yang bermanfaat untuk penyempurnaan tugas akhir ini.

6. Ibu Sri Agus Tina yang selalu memberikan cinta kasih, doa dan dukungan.
7. Seluruh dosen dan karyawan yang telah membimbing penulis dalam menggali ilmu di Departemen Teknik Mesin Industri FV – ITS.
8. Intan Aprilia Kharisma yang selalu memberikan bantuan serta dukungan dan do'a kepada penulis.
9. Gigih, Osda dan Galang atas kerjasamanya dalam mengerjakan dan menjadi partner yang baik dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
10. Seluruh teman – teman warga D3MITS angkatan 2016 khususnya penghuni Kos Rego Kost G5 yang selalu membantu dan memberikan semangat kepada penulis. Terimakasih atas segala kritik dan saran serta motivasi yang telah kalian berikan.
11. Semua pihak yang belum disebutkan diatas yang telah memberikan do'a, bantuan dan dukungannya bagi penulis hingga tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.

Penulis mengharapkan kritik dan saran demi kesempurnaan tugas akhir ini. Akhirnya, penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dimasa depan.

Surabaya, Desember2019

Penulis

DAFTAR ISI

TUGAS AKHIR - VM180629	ii
PERNYATAAN TIDAK MELAKUKAN PLAGIAT	iv
ABSTRAK	v
ABSTACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II	7
TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Tinjauan Pustaka	7
2.2 Pengertian Komposit	7
2.2.1 Klasifikasi Komposit	9
2.3 Matriks	11

2.4	Fiber (Serat).....	14
2.5	Ampas Tebu.....	17
2.6	Proses Pembuatan Komposit Hand Lay Up.....	19
2.7	Simulasi Ansys.....	20
2.8	Uji Keausan.....	21
BAB III		27
METODOLOGI PENELITIAN		27
3.1	Diagram Alir Penelitian.....	27
3.2	Studi Literatur.....	28
3.3	Survey.....	29
3.4	Perhitungan Elemen Mesin.....	29
3.4.1	Gambar Solidwork Ampas Rem.....	30
3.4.2	Free Body Diagram.....	30
3.5	Simulasi <i>Anzys</i>	31
3.6	Simulasi <i>Anzys</i> Serat Tebu.....	31
3.7	Pembuatan Komposit.....	31
3.7.1	Metode Hand Lay Up.....	32
3.7.2	Matrik.....	32
3.7.3	Fiber.....	33
3.8	Pengujian.....	33
3.8.1	Pengujian Keausan.....	34
3.9	Hasil dan Analisa.....	34
3.10	Pembahasan Kesimpulan.....	34
BAB IV		35

PEMBAHASAN	35
4.1 Perhitungan Elemen Mesin.....	35
4.2 Simulasi <i>Ansys</i> Pada Kampas Rem Komersial..	38
4.4 Hasil Pengujian dan Analisa.....	40
BAB V	42
KESIMPULAN DAN SARAN.....	42
5.1 Kesimpulan	42
5.2 Saran	42
DAFTAR PUSTAKA	44
LAMPIRAN.....	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Penyusun Komposit.....	8
Gambar 2.2 Wax Release Agent.....	18
Gambar 2.3 PVAL Release Agent.....	19
Gambar 2.4 Metode Hand Lay Up.....	19
Gambar 2.5 Simulasi Ansys Explicit Dinamic.....	20
Gambar 2.6 Simulasi Ansys.....	21
Gambar 2.8 Pengujian keausan Dengan Metode Ogoshi.....	22
Gambar 2.9 Keausan Metode Adhesive.....	23
Gambar2.10 Keausan Metode Abrasive.....	24
Gambar 2.11 Keausan Lelah.....	25
Gambar 2.12 Keausan Oksidasi.....	26
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	28
Gambar 3.2 Solidwork Disc Brake.....	30
Gambar 3.3 Solidwork Kampas Rem.....	30
Gambar 3.4 Free Body Diagram Gaya yang Bekerja.....	31
Gambar 3.5 Diagram Perhitungan Beban Pengereman.....	31
Gambar 4.1 Free Body Diagram.....	37
Gambar 4.2 Simulasi Ansys Kampas Rem Komersial.....	36
Gambar 4.3 Simulasi Ansys Komposit Kampas Rem.....	37
Gambar 4.4 Grafik Pengujian Keausan.....	38

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Sifat Mekanik Resin Polyester.....	12
Tabel 2.2 Sifat Mekanik Resin Epoxy.....	13
Tabel 2.3 Komposisi Unsur Kimia Serat Alam.....	14
Tabel 2.4 Sifat Mekanis Serat Alam.....	15
Tabel 4.1 Hasil Uji Keausan.....	38

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada umumnya 60% material dari komposisi kampas rem ini adalah Asbestos sebagai serat utama pembuatan kampas rem, Resin, Friction Aditive, Filler, serpihan 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.

Kampas Rem (*Brake Shoe*) adalah plat yang digesekkan terhadap piringan rem pada saat rem diaplikasikan, sehingga kecepatan kendaraan melambat. Kampas rem merupakan salah satu komponen dari kendaraan bermotor ataupun bermobil yang berfungsi untuk sebagai memperlambat atau menghentikan putaran cakram dan roda atau laju perlambatan pada mobil atau motor. Pada saat menginjak rem, dilinder master rem akan mengirim minyak rem yang bertekanan tinggi ke kaliper rem. Setelah itu kaliper rem akan menekan kampas rem agar bergesekan pada *disc brake* dan memperlambat kecepatan kendaraan. Seiring waktu kampas rem akan menipis dan akan menjadi habis. Pada umumnya kampas rem kendaraan harus diganti setiap 30.000-35.000 km untuk mobil dan 15.000-20.000 km untuk motor. Tapi jika pemakaian kendaraan semakin sering maka kampas rem akan semakin cepat habis.

Fungsi rem adalah menghentikan putaran poros, mengatur putaran poros, dan juga mencegah putaran yang tidak dikehendaki. Efek pengereman secara mekanis diperoleh dengan gesekan, dan secara listrik dengan serbuk magnet, arus pusar, fasa yang dibalik, arus searah yang dibalik, atau penukaran katup. Untuk mendapatkan pengereman yang

maksimal maka dibutuhkan kampas rem dengan kemampuan pengereman yang baik, Kualitas kampas rem dipengaruhi oleh kekerasan dan bahan kampas rem. Disamping itu semakin tinggi laju kendaraan maka semakin besar pula beban pengereman yang berdampak pada keausan permukaan kampas rem.

Bahan kampas rem pada penelitian ini dibuat dari ampas tebu dengan matrik resin epoxy yang bebas dari asbestos. Sehingga diperlukan penelitian bagaimana membuat kampas rem menggunakan bahan – bahan tersebut dengan membuat campuran bahan-bahan selain asbes dengan komposisi yang ditentukan. Kemudian dilakukan pengujian untuk mengetahui morfologi komposit, keausan dan kekerasan komposit.

Penulis tertarik untuk meneliti sifat mekanik dari komposit epoxy yang berpenguat serat ampas tebu untuk pengaplikasian kampas rem. Pemilihan resin epoxy ini dikarenakan resin epoxy memiliki sifat mekanik dan termal yang tinggi, penyusutan rendah, tahan terhadap air, stabilitas dimensi yang baik, tahan temperatur hingga 220°C, daya tahan kimia dan usia pakai lama, sifat-sifat listrik yang baik, kuat dan daya lekat pada gelas dan logam yang baik dibanding resin lainnya. Resin epoxy juga termasuk kelompok polimer jenis termoset yang banyak digunakan sebagai bahan pelapis, perekat, dan sebagai matriks pada material komposit.

Lalu pemilihan pada variasi komposit yang berpenguat serat ampas tebu dikarenakan bentuk serat ampas tebu hampir menyerupai bentuk fiber sintetik yang tersedia di pasaran. Kandungan ampas tebu terdiri dari selulosa (52,42%), hemiselulosa (25,8%), lignin (21,69%), abu (2,73%) dan ethanol (1,66%). Kadar serat pada ampas tebu yang cukup tinggi sekitar 44%-48% menyebabkan material ini dapat digunakan sebagai material tambahan untuk memberikan kekuatan pada material lain. Kandungan selulosa yang cukup tinggi juga memberikan sifat kuat pada serat ampas tebu.

Kandungan selulosa tersebutlah yang nantinya akan sebagai penguat dalam komposit ini.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana nilai perhitungan elemen mesin pada kampas rem nogogeni ?
2. Bagaimana nilai kekuatan maksimal menggunakan simulasi *anzys* pada kampas rem komersial dan komposit variasi serat tebu ?
3. Bagaimana nilai keuasan pada pengujian komposit serat ampas tebu ?
4. Apakah komposit variasi serat tebu matriks *epoxy* dapat untuk menggantikan kampas rem ?

1.3 Batasan Masalah

Untuk menyelesaikan permasalahan-permasalahan pengujian kampas rem pada kendaraan bermotor mx king 150 ini, diperlukan batasan-batasan dengan tujuan memudahkan dalam penitikberatan permasalahan dan agar pembahasan berlangsung dengan baik. Batasan-batasan masalah tersebut adalah sebagai berikut:

1. Pengujian ini menggunakan sistem pengereman hidraulik disc brake, *four piston fix caliper* pada setiap roda.
2. Diameter disc brake pada roda nogogeni.
3. Menggunakan kampas rem mobil nogogeni untuk percobaan.
4. Rancang bangun sistem pengereman tidak dibahas.
5. Kerugian gesekan pada poros dianggap tidak ada.
6. Kerugian atau losses distribusi minyak rem diabaikan.
7. Beban pengendara 70 kg.
8. Pengereman pada lintasan datar dan lurus.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Menganalisis nilai kekuatan kampas rem menggunakan perhitungan elemen mesin pada.

2. Menganalisis nilai kekuatan maksimal menggunakan simulasi *anzys* pada komposit resin epoksi berpenguat serat ampas tebu.
3. Untuk mengetahui nilai spesifik keausan komposit serat ampas tebu.
4. Untuk menggantikan bahan kampas rem dengan komposit bervariasi ampas tebu.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Memberikan alternatif material di masa yang akan datang dengan memanfaatkan sumber daya alam di lingkungan sekitar kita.
2. Memberikan pengetahuan mengenai kekuatan maksimal dari kampas rem.
3. Memberikan pengetahuan mengenai kekuatan dari komposit serat ampas tebu bermatrik *epoxy* sebagai pengganti kampas rem.
4. Memanfaatkan limbah pabrik gula berupa ampas tebu dan meningkatkan nilai guna ampas tebu.
5. Memberikan pengetahuan mengenai sifat fisik dan mekanik dari komposit resin epoksi berpenguat serat ampas tebu.
6. Memberikan pengetahuan mengenai nilai keausan dari komposit resin epoksi berpenguat serat ampas tebu dan serbuk tembaga.
7. Sebagai acuan penelitian yang berkaitan di masa yang akan datang.
8. Untuk mengetahui komposit serat ampas tebu sebagai pengganti kampas rem.

1.6 Sistematika Penulisan

Laporan ini akan disusun dalam bentuk bab-bab dan beberapa sub bab sebagai tambahan keterangan. Bab-bab tersebut adalah sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini menguraikan tentang latar belakang pembuatan tugas akhir komposit serat tebu yang

diaplikasikan pada kampas rem mobil nogogeni, penggalian masalah kekuatan kampas rem pada mobil nogogeni, melakukan pembatasan masalah pada kondisi kerja kendaraan, menentukan tujuan dan sistematika penulisan laporan tugas akhir.

BAB II DASAR TEORI

Pada bab ini berisi tentang dasar teori tentang kampas rem dan sistem pengereman mobil nogogeni yang digunakan sebagai pendukung perhitungan didalam tugas akhir ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini dijelaskan tentang bagaimana proses perencanaan dan simulasi kampas rem nogogeni.

BAB IV PEMBAHASAN

Pada bab ini terdapat uraian perencanaan dalam pembuatan komposit ampas tebu yang diaplikasikan ke kampas rem nogogeni yang mencakup semua perhitungan dengan batasan masalah yang telah ditentukan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini berisi tentang kesimpulan yang diuraikan hasil perencanaan dan perhitungan secara singkat serta saran untuk kedepan dalam pengembangan pengganti kampas rem pada mobil nogogeni berdasarkan tujuan tugas akhir dan rumusan masalah yang dibuat.

“HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Komposit umumnya terdiri dari dua atau lebih material, yaitu serat sebagai bahan penguat dan bahan pengikat serat-serat tersebut yaitu matriks. Unsur komposit yang utama adalah serat, sedangkan bahan polimer menjadi pengikat yang mudah di bentuk dan memiliki daya pengikat yang tinggi. Kegunaan utama dari serat adalah sebagai penentu karakteristik dari bahan komposit. Material komposit memiliki kelebihan mudah diarahkan, sehingga kekuatan komposit dapat diatur sesuai dengan yang dikendaki. Diantara sifat-sifat istimewa yang dimiliki komposit adalah kuat, ringan, mampu bersaing dengan bahan logam tanpa kehilangan kekuatan dan karakteristik mekanisnya dan tidak terpengaruh oleh korosi. (S, Sari, Yudhyadi, Sinarep, & Topan, 2012).

Teknologi material komposit dengan menggunakan serat alam sebagai penguat telah banyak dikembangkan untuk dapat menggantikan serat sintetis. Hal ini disebabkan karena serat alam mempunyai berbagai keunggulan, diantaranya : harga yang relative murah, mampu meredam suara, ramah lingkungan, mempunyai densitas rendah, dan kemampuan mekanik yang tinggi. Komposit serat alam banyak digunakan sebagai interior mobil,peredam akustik, dan panel pintu. Penggunaan serat alam dapat mengurangi berat sampai 80%. (Schuh; 1999).

2.2 Pengertian Komposit

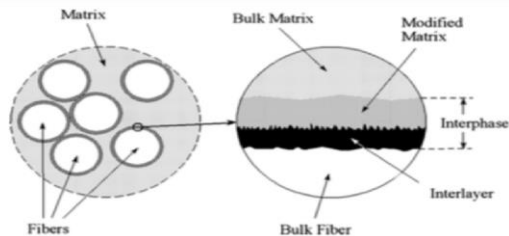
Komposit merupakan gabungan dari dua atau lebih bahan yang berbeda yang digabung atau dicampur menjadi satu secara makroskopis. Bahan komposit pada umumnya terdiri dari dua unsur yaitu serat (*fiber*) sebagai bahan pengisi dan bahan pengikat serat-serat tersebut yang disebut matrik. Didalam komposit unsur utamanya adalah serat, sedangkan

bahan pengikatnya menggunakan bahan polimer yang mudah dibentuk dan mempunyai daya pengikat yang tinggi. Penggunaan serat untuk menentukan karakteristik bahan komposit seperti : kekakuan, kekuatan, serta sifat-sifat mekanis lainnya. Sebagai bahan pengisi, matrik sendiri mempunyai fungsi melindungi dan mengikat serat agar dapat bekerja dengan baik terhadap gaya-gaya yang terjadi. (Schwartz, 1983).

Penggabungan dua atau lebih material untuk membentuk komposit dapat memperbaiki sifat-sifat mekanik, fisik, dan kimiawinya yang diantaranya adalah (Sulistijono, 2012):

1. Konduktivitas Termal
2. Ketahanan Fatik
3. Kekuatan
4. Tampilan
5. Kekakuan
6. Ketahanan Korosi
7. Ketahanan Gesek
8. Insulasi Listrik
9. Berat
10. Insulasi Panas

Penyusun dari komposit menimbulkan beberapa daerah pada komposit dan istilah penyebutannya; Matrik yaitu penyusun komposit dengan fraksi volume terbesar, penguat yaitu penahan beban utama, *interphase* yaitu pelekats antar dua penyusun komposit, *interface* yaitu permukaan fasa yang berbatasan dengan fasa lain (Schwartz, 1983).



Gambar 2.1 Penyusu-penyusun komposit

2.2.1 Klasifikasi Komposit

Berdasarkan matrik, komposit dapat diklasifikasikan kedalam tiga kelompok besar yaitu:

- a) Komposit matrik polimer (PMC), polimer sebagai matrik PMC

adalah salah satu jenis komposit yang menggunakan polimer sebagai pengikat. Matrik merupakan bagian terbesar dalam komposit. Untuk memperoleh sifat komposit seperti yang diinginkan maka kita perlu mempelajari sifat dari matrik yang akan kita pakai. Dengan pengetahuan akan sifat dari matrik yang akan kita gunakan maka selanjutnya kita dapat menentukan material apa yang akan kita tambahkan sebagai kedalam matrik tersebut. Pada dasarnya matrik meneruskan tegangan yang diberikan pada partikel pengisi sehingga ketahanan komposit bertambah. (Callister, 2013).

Karakteristik utama suatu material komposit ditentukan oleh matriknya, namun bahan pengisi (*filler*) juga mempunyai peranan yang sangat penting untuk memperbaiki karakteristik material komposit. Bahan pengisi biasanya digunakan untuk mengurangi biaya produksi, selain itu *filler* juga berfungsi sebagai bahan penguat sehingga nantinya akan diperoleh sifat baru berupa gabungan sifat unggul dari matrik dan *filler* yang digunakan bahkan lebih unggul dari gabungan keduanya (Callister, 2013).

- b. Komposit matrik logam (MMC), logam sebagai matrik.

Berkembang pada industri otomotif, bahan ini pada umumnya menggunakan suatu logam seperti *aluminium* (Al) sebagai matrik dan penguatnya dengan serat *silicon carbida* (SiC) (Callister, 2013).

- b) Komposit matrik keramik (CMC), keramik sebagai matrik.

Material komposit ini biasanya digunakan pada Material komposit ini biasanya digunakan padalingkungan bertemperatur sangat tinggi, bahan ini menggunakan keramik sebagai matrik dan diperkuat dengan serat pendek,

atau serabut-serabut (*whiskers*) yang terbuat dari silikon karbida atau boron nitrida (Callister, 2013).

berdasarkan jenis penguat yang digunakan komposit dapat dibagi menjadi tiga jenis, yaitu:

a. Particulate Composite

Komposit Partikel merupakan komposit yang menggunakan partikel atau serbuk sebagai penguatnya dan didistribusi secara merata dalam matrik. Komposit yang terdiri dari partikel dan matrik yaitu butiran (batu, pasir) yang diperkuat semen yang kita jumpai sebagai beton, senyawa kompleks ke dalam senyawa kompleks. Komposit partikel merupakan produk yang dihasilkan dengan menempatkan partikel-partikel dan sekaligus mengikatnya dengan suatu matriks bersama-sama dengan satu atau lebih unsur-unsur perlakuan seperti panas, tekanan, kelembaban, katalisator dan lain-lain. Komposit partikel ini berbeda dengan jenis serat acak sehingga bersifat isotropis. Kekuatan komposit serat dipengaruhi oleh tegangan koheren di antara fase partikel dan matrik yang menunjukkan sambungan yang baik.

b. Fibre Composite

Komposit serat merupakan jenis komposit yang menggunakan serat sebagai penguat. Serat yang digunakan biasanya berupa serat gelas, serat karbon, serat aramid dan sebagainya. Serat ini bisa disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman.

Bila peningkatan kekuatan menjadi tujuan utama, komponen penguat harus mempunyai rasio aspek yang besar, yaitu rasio panjang terhadap diameter harus tinggi, agar beban ditransfer melewati titik dimana mungkin terjadi perpatahan (Vlack L. H., 2004).

Tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat tergantung dari serat yang digunakan, karena tegangan yang dikenakan pada komposit mulanya diterima oleh

matrik akan diteruskan kepada serat, sehingga serat akan menahan beban sampai beban maksimum. Oleh karena itu serat harus mempunyai tegangan tarik dan modulus elastisitas yang lebih tinggi dari pada matrik penyusun komposit (Vlack L. H., 1985).

c. **Laminate Composite**

Komposit Laminat merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabungkan menjadi satu dan setiap lapisannya memiliki karakteristik khusus. Komposit laminat ini terdiri dari empat jenis yaitu komposit serat kontinyu, komposit serat anyam, komposit serat acak dan komposit serat hybrid.

2.3 Matriks

Matriks adalah fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (dominan). Matriks mempunyai fungsi sebagai berikut :

1. Mentransfer tegangan ke serat.
2. Membentuk ikatan koheren, permukaan matrik atau serat.
3. Melindungi serat.
4. Memisahkan serat dan Melepas ikatan.
5. Membantu distribusi beban
6. Mengendalikan sifat elektrik kimia dari komposit
7. Membawa regangan interlaminer.

Untuk mendapatkan pelekat yang baik antara fasa matriks dengan fasa penguat (pengisi) pembasahan yang sempurna harus terjadi agar interaksi antara fasa matriks dan fasa penguat menghasilkan kekuatan interlamina yang baik.

Peranan fasa matriks pada suatu komposit yaitu :

- a. Fasa matriks merupakan bahan padat yang mampu memindahkan tegangan yang dikenakan pada fasa penguat (Hull, 1992 ; Varma & Agarwal, 1991 dan Schwartz 1992)
- b. Menjaga fasa penguat dari kerusakan lingkungan seperti panas, cuaca dan kelembapan (Kennedy & Kelly, 1996)
- c. Sebagai pengikat antara fasa matriks dan fasa penguat (Kennedy dan Kelly, 1996).

Pemilihan matriks memiliki beberapa kriteria yaitu :

- a. Keserasian terhadap bahan pengisi karena akan menentukan interaksi antar muka fasa matriks dengan fasa pengisi.
- b. Sifat akhir komposit yang dihasilkan.
- c. Aplikasi dari komposit yang dihasilkan.
- d. Kemudahan pemrosesan.
- e. Biaya yang digunakan untuk menghasilkan komposit .

Berikut adalah matrik yang sering digunakan dalam pembuatan struktur komposit.

1. Resin polyester

Resin polyester juga dikenal sebagai resin fiberglass. Resin polyester biasanya dipadukan dengan serat fiberglass ataupun carbon. Resin polyester memiliki sifat yang kental seperti madu. Jenis resin ini tidak memerlukan tekanan apapun dalam proses pembuatan. Untuk hasil akhir dari resin ini dapat diampelas dan dipoles untuk mendapatkan permukaan yang jernih dan mengkilap. Keunggulan resin polyester antara lain yaitu harganya yang relative murah dan mudah diproses. Kekurangan resin polyester yaitu mempunyai massa jenis yang besar, modulus elastisitas dan kekurangan tarik yang relative kecil. Data sifat mekanik polyester bisa dilihat dalam tabel.

Tabel 2.1 Sifat Mekanik Resin Polyester

Sifat	Metric
Massa Jenis	1.215 g/m ³
Modulus Elastisitas	0.03 Mpa
Kekuatan Tarik Ultimate	55 Mpa

2. Resin Epoxy

Salah satu resin yang sering digunakan sebagai matriks komposit yaitu resin epoxy. Epoxy adalah suatu bahan kimia yang merupakan salah satu jenis resin yang diperoleh dari polimerisasi dari epoksida. Resin epoxy biasanya dipadukan dengan serat glass, carbon, boron

grafit dan hybrid. Resin epoxy pertama kali dirumuskan pada tahun 1930 di Amerika Serikat dan Swiss, kemudian dilakukan pengembangan lebih lanjut. Selanjutnya epoxy diproduksi sebagai perekat atau lem (lem epoxy) pada tahun 1946 dan sebagai pelapis atau cat pada tahun 1947, yang kemudian pelapis atau cat epoxy ini semakin dikembangkan kualitasnya dan makin ramah terhadap lingkungan. Resin epoxy mempunyai banyak keunggulan jika dibandingkan dengan resin polyester, seperti massa jenis yang lebih rendah, modulus elastisitas, dan kekuatan tarik yang tinggi, juga lebih tahan panas. Umumnya epoksi resin adalah *diglycidyl ether of bisphenol A* (DGEBA) yang dihasilkan dari reaksi *epichlorohydrin* (ECD) dengan *bisphenol A* (BPA). ECD dihasilkan dari polypropylenen dengan mereaksikan klorin dengan natrium hidroksida. Setelah ECD terbentuk, kemudian ECD direaksikan dengan BPA dengan adanya sodium hidroksida. Dalam reaksi ini terjadi pembelahan cincin oksirane dalam ECD oleh gugus hidroksil BPA. Kemudian terjadi siklisasi yang menyebabkan terbentuknya rantai epoksi setengah jadi. Kemudian rantai epoksi tersebut diekstensi oleh BPA sehingga terbentuklah resin epoksi (Debdatta, 2009). Namun epoxy pun mempunyai kekurangan jika dibandingkan dengan polyester yaitu harganya yang relative mahal. Data sifat mekanik resin epoxy dapat dilihat pada tabel 2.4

Tabel 2.2 Sifat Mekanik Epoxy

Sifat	Metric
Massa Jenis	1.13 g/m ³
Modulus Elastisitas	2.25 Gpa
Kekuatan Tarik Ultimate	70 pa

3. Vinylester Resin

Resin ini dapat memiliki kekuatan kurang dari resin *epoxy*. Mereka dapat melekat buruk pada *Carbon Fiber* dan Aramid (Kevlar), tetapi itu tergantung pada finish atau ukuran pada serat komposit. Resin ini kebanyakan digunakan untuk *fiber glass*.

2.4 Fiber (Serat)

Serat (*fiber*) adalah suatu jenis bahan berupa potongan-potongan komponen yang membentuk jaringan yang utuh. Contoh serat yang paling sering dijumpai adalah serat pada kain. Material ini sangat penting dalam ilmu biologi baik hewan maupun tumbuhan sebagai pengikat dalam tubuh. Manusia menggunakan serat dalam banyak hal antara lain untuk serat sintetis (serat buatan manusia). Serat sintesis dapat diproduksi secara murah dalam jumlah yang besar. Namun demikian, serat alami memiliki berbagai kelebihan khususnya dalam hal kenyamanan.

Tabel 2.3 Komposisi Unsur Kimia Serat Alam

Serat	Selulosa (%)	Hemiselulosa (%)	Lignin (%)	Kadar air (%)
Pisang	60-65	6-8	5-10	10-15
Flax	70-72	14	4-5	7
Jute	61-63	1	5-1	12,5
Rami	80-85	3-4	0,5	5-6
Sisal	60-67	10-15	8-12	10-12

(sumber: *Building Material and Technology*)

Salah satu unsur penyusun bahan komposit adalah serat. Serat inilah yang terutama menentukan karakteristik bahan komposit, seperti kekuatan, sifat-sifat mekanik lainnya. Serat inilah yang menahan sebagian besar gaya-gaya yang bekerja pada bahan komposit.

Komposit dengan penguat berbahan serat (*Fibrous Composite*) sangat efektif karena bahan dalam bentuk serat jauh lebih kuat dan lebih kaku dibanding bahan yang sama dalam bentuk padat (*bulk*). Kekuatan serat terletak pada ukurannya yang sangat kecil, kadang-kadang dalam orde mikron. Ukuran yang kecil tersebut menghilangkan cacat-cacat dan ketidaksempurnaan kristal yang biasa terdapat pada bahan berbentuk padat dan besar, sehingga sel menyerupai kristal tunggal yang tanpa cacat. Dengan demikian kekuatannya sangat besar. Sifat mekanis dan dimensi dari beberapa serat alam ditunjukkan oleh tabel

Tabel 2.4 Sifat mekanis beberapa serat alam

Serat	Panjang (mm)	Diameter (mm)	Massa Jenis (Kg/m ³)	Modulus Young (Gpa)	Kekuatan Tarik (Mpa)	Regangan (%)
Bambu	-	0,1-0,4	1500	27	575	3
Pisang	-	0,8-2,5	1350	1,4	95	5,9
Sabut	50-350	0,1-0,4	1440	0,9	200	29
Flax	500	NA	1540	100	1000	2
Kenaf	30-750	0,04-0,09	-	22	295	-
Sisal	-	0,5-2	1450	100	1100	-

(sumber: *Building Material and Technology*)

Menurut Biswas, *et al* (2001), beberapa karakteristik yang juga merupakan kelebihan dari komposit yang diperkuat serat alam yaitu,

1. Dapat dicat, dipoles, maupun dilaminasi.

2. Tahan terhadap penyerapan air
3. Murah karena bahan baku seratnya banyak tersedia di alam dan proses pembuatannya relative mudah dan sederhana.
4. Kuat dan kaku
5. Ramah lingkungan, karena materialnya merupakan bahan organik dan bisa di daur ulang secara alami oleh lingkungan.
6. Memiliki kemampuan dan diproses baik.

Disamping kelebihan-kelebihan di atas, komposit serat alam juga memiliki beberapa kelemahan Rowell (1997) beberapa kelemahan komposit serat alam yaitu,

- 1) Penurunan karena faktor biologi, yaitu adanya organisme yang mungkin tumbuh dan memakan karbohidrat yang terkandung dalam serat, sehingga menimbulkan enzim khusus yang akan merusak struktur serat dan melepaskan ikatan antara serat dan matrik.
- 2) Penurunan kualitas karena panas / *thermal*
- 3) Penurunan panas karena radiasi ultraviolet akan menyebabkan meningkatnya karbohidrat dan berkurangnya lignin. Serat yang banyak mengandung karbohidrat akan memiliki kemampuan ikatan dengan matrik yang rendah. Sehingga kekuatan matrik akan turun.
- 4) Kekuatannya masih lebih rendah.

Serat biasanya terdiri dari bahan yang kuat, kaku, dan getas. Hal ini terjadi karena serat lah yang terutama menahan gaya luar. Serat secara umum terdiri dari dua jenis yaitu serat alam dan serat sintetis. Serat alam adalah serat yang dapat langsung diperoleh dari alam. Biasanya berupa serat yang dapat langsung diperoleh dari tumbuh-tumbuhan dan binatang. Serat ini telah banyak digunakan oleh manusia diantaranya adalah kapas, wol, sutera, pelepah pisang, sabut kelapa, ijuk, bambu, nanas dan knaf atau goni. Serat alam memiliki kelemahan yaitu ukuran serat yang tidak seragam, kekuatan serat sangat

dipengaruhi oleh usia. Serat sintetis adalah serat yang dibuat dari bahan-bahan anorganik dengan komposisi kimia tertentu. Serat sintetis mempunyai beberapa kelebihan yaitu sifat dan ukurannya yang relatif seragam, kekuatan serat dapat diupayakan sama sepanjang serat. Serat sintetis yang telah banyak digunakan antara lain serat gelas, serat karbon, kevlar, nylon, dan lain-lain (Schwartz, 1984).

2.5 Ampas Tebu

Ampas tebu memiliki komposisi berupa 32-44% selulosa, 27-32% hemiselulosa, dan 19-24% lignin (Karp, 2013). Lignin terdapat pada dinding sel tanaman dan berguna untuk menyokong struktur sel, impermeabilitas, dan ketahanan terhadap serangan biologis dan oksidasi. Diantara komponen lignoselulosa lain, lignin merupakan komponen yang paling tahan terhadap biodegradasi. Lignin terbentuk dari tiga precursor alcohol, yaitu *coumaryl alcohol*, *coniferyl alcohol*, dan *sinapyl alcohol*. Selulosa merupakan polimer linear yang terdiri dari D-glukosa subunit yang dihubungkan dengan β -1,4 *glycosidic bond*. Kedua komponen ini membentuk rantai panjang yang dihubungkan oleh ikatan hidrogen serta gaya van der Waals intramolekuler dan intermolekuler. Selulosa biasanya hadir dalam bentuk kristalin dan sedikit bagian dari rantai selulosa yang tidak terorganisir membentuk selulosa amorf. Selulosa merupakan komponen tumbuhan yang paling tahan dari degradasi enzimatik. Hemiselulosa merupakan polisakarida dengan berat molekuler yang lebih rendah dibandingkan dengan selulosa. Hemiselulosa terbentuk dari xylose, mannose, galaktosa, glukosa, dan arabinosa (Karp, 2013).

Katalis merupakan bahan kimia yang ditambahkan pada matrik resin yang bertujuan untuk proses pembekuan matrik. *Katalis* adalah suatu bahan kimia yang dapat meningkatkan laju suatu reaksi tanpa bahan tersebut menjadi ikut terpakai; dan setelah reaksi berakhir, bahan tersebut akan kembali ke bentuk awal tanpa terjadi perubahan kimia. *Katalis* yang digunakan adalah *Epoxy*. Bahan ini digunakan untuk

penggunaan setting dingin. Kecepatan resin untuk menjadi padat pada proses *curing* dapat dikontrol dengan pemberian katalis yaitu sebesar 0,5% sampai dengan 3% dari jumlah fraksi volume matrik. Penambahan katalis yang terlalu sedikit mengakibatkan proses *curing* tidak sempurna (Saito,1993 :257).

Penggunaan katalis dapat menurunkan tingkat aktifasi energy yang dibutuhkan, membuat reaksi terjadi lebih cepat atau pada suhu yang lebih rendah.

Material yang digunakan untuk mempermudah pelepasan hasil produksi fiberglass dari cetakan. Dengan kata lain sebagai isolasi yang sangat tipis antara permukaan cetakan dari permukaan fiberglass. Release agent dilapiskan atau dikuaskan pada permukaan cetakan sebelum pelaminasian dilakukan. Jenis release agent:

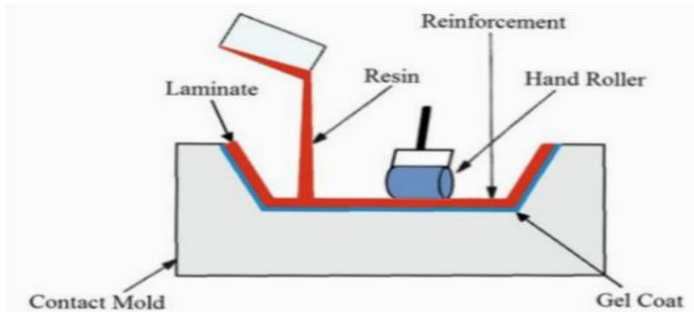
a. Wax Release Agent

yaitu semacam semir padat berwarna putih digosokkan kepermukaan cetakan dengan menggunakan kain halus, biasanya digunakan untuk permukaan material yang memerlukan penutupan pori-pori atau material yang sedikit kasar.



Gambar 2.2 Wax Release Agent

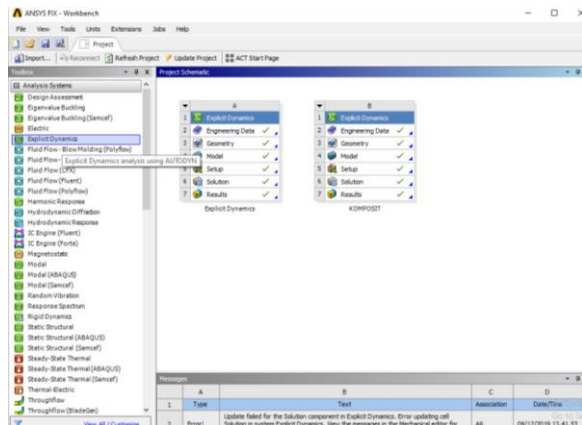
pada metoda hand lay up ini resin yang paling banyak digunakan adalah polyester dan epoxy. Proses ini dapat kita lihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.4 Metode *Hand Lay Up* (chawla 2013)

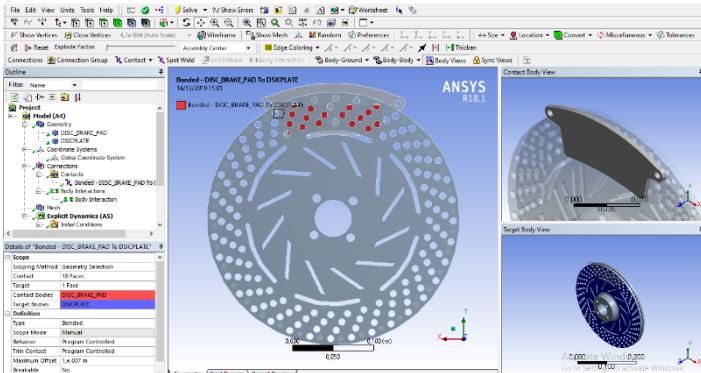
Pada metoda hand lay up ini resin yang paling banyak di gunakan adalah *polyester* dan *epoxies*. Proses ini dapat kita lihat pada Gambar 2.5.

2.7 Simulasi Ansys



Gambar 2.5 simulasi ansys explicit dynamic
Explicit dynamic adalah type dari structural analysis, dimana explicit dynamic analysis hanya terdapat dalam ANSYS

LS-DYNA program. Explicit dynamic analysis untuk menganalisa calculate fast solutions for large deformation dynamics and complex contact problems.



Gambar 2.6 simulasi ansys

Pada bagian ini untuk membedakan bagian yang mana yang menjadi kontak bodinya dan bagian mana yang menjadi target bodinya untuk dijadikan beban nantinya.

2.8 Uji Keausan

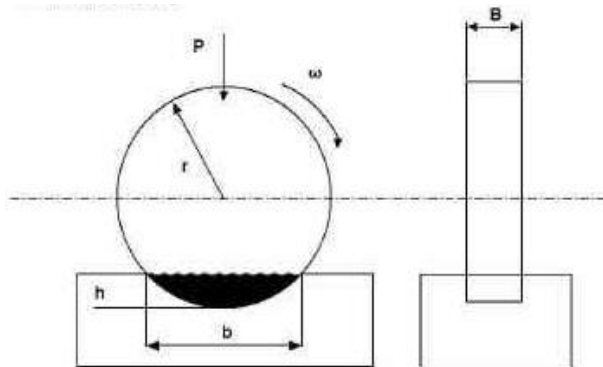
Suatu komponen struktur dan mesin agar berfungsi dengan baik sebagaimana mestinya sangat tergantung pada sifat-sifat yang dimiliki material, Material yang tersedia dan dapat digunakan oleh para engineer sangat beraneka ragam, seperti logam, polimer, keramik, gelas, dan komposit. Sifat yang dimiliki oleh material terkadang membatasi kinerjanya. Namun demikian, jarang sekali kinerja suatu material hanya ditentukan oleh satu sifat, tetapi lebih kepada kombinasi dari beberapa sifat. Salah satu contohnya adalah ketahanan aus.

Wear resistance merupakan fungsi dari beberapa sifat material (kekerasan, kekuatan dan lain-lain), friksi serta pelumasan. Oleh sebab itu penelaahan subyek ini yang dikenal dengan nama ilmu tribologi. Keausan dapat didefinisikan sebagai rusaknya permukaan padatan, umumnya melibatkan kehilangan material yang progresif akibat adanya gesekan (friksi) antar permukaan padatan. Keausan bukan merupakan sifat dasar material, melainkan respon material terhadap sistem

luar (kontak permukaan). Keausan merupakan hal yang biasa terjadi pada setiap material yang mengalami gesekan dengan material lain.

Pengujian keausan dapat dilakukan dengan berbagai macam metode dan teknik, yang semuanya bertujuan untuk mensimulasikan kondisi keausan aktual. Salah satunya adalah metode Ogoshi dimana benda uji memperoleh beban gesek dari cincin yang berputar (revolving disc)

Pembebanan gesek ini akan menghasilkan kontak antar permukaan yang berulang-ulang yang pada akhirnya akan mengambil sebagian material pada permukaan benda uji. Besarnya jejak permukaan dari material tergesek itulah yang dijadikan dasar penentuan tingkat keausan pada material. Semakin besar dan dalam jejak keausan maka semakin tinggi volume material yang terkelupas dari benda uji. Ilustrasi skematis dari kontak permukaan antara revolving disc dan benda uji diberikan oleh gambar berikut ini.



Gambar 2.8 Pengujian Keausan Dengan Metode Ogoshi

$$V = \frac{W}{X} = \frac{B \times b^3}{12r \times X} \qquad W = \frac{B \times b^3}{12r}$$

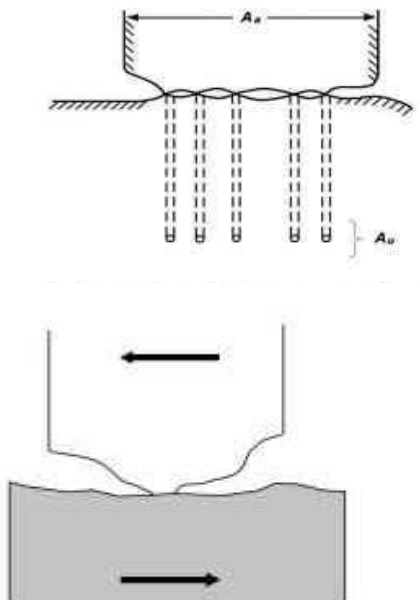
B : tebal revolving disc (mm)

r : jari-jari disc (mm)

b : lebar celah material yang terabrasi (mm)

1. Keausan Adhesive

Terjadi bila kontak permukaan dari dua material atau lebih mengakibatkan adanya perlekatan satu sama lainnya (adhesif) serta deformasi plastis dan pada akhirnya terjadi pelepasan atau pengoyakan salah satu material, seperti diperlihatkan pada gambar 2. Di bawah ini :



Gambar 2.9 Keausan Metode Adhesive

Faktor yang menyebabkan adhesive wear :

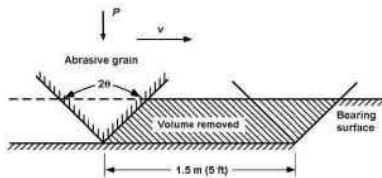
1. Kecenderungan dari material yang berbeda untuk membentuk larutan padat atau senyawa intermetalik.
2. Kebersihan permukaan.

Akibat terjadinya aus melalui mekanisme adhesive ini dapat dikurangi dengan cara, antar lain :

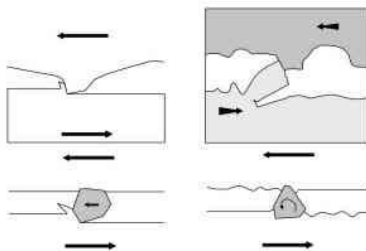
1. Menggunakan material keras.
2. Material dengan jenis yang berbeda, misal berbeda struktur kristalnya.

2. Keausan Abrasive

Terjadi bila suatu partikel keras (asperity) dari material tertentu meluncur pada permukaan material lain yang lebih lunak sehingga terjadi penetrasi atau pemotong material yang lebih lunak, seperti diperlihatkan pada gambar 2. Di bawah ini. Tingkat keausan pada mekanisme ini ditentukan oleh derajat kebebasan (*degree of freedom*) partikel keras atau asperity tersebut.



Gambar 4.4. Ilustrasi skematis keausan abrasif.



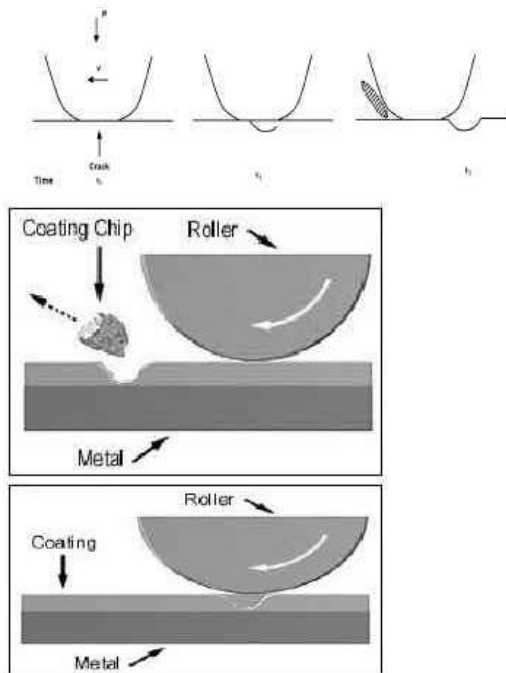
Gambar 2.10 Keausan Metode Abrasive

3. Keausan Lelah

Merupakan mekanisme yang relatif berbeda dibandingkan dua mekanisme sebelumnya, yaitu dalam hal interaksi permukaan. Baik keausan adhesive maupun aprasive melibatkan hanya satu interaksi, sementara pada keausan fatik dibutuhkan

interaksi. Keausan ini terjadi akibat interaksi permukaan dimana permukaan yang mengalami beban berulang akan mengarah pada pembentukan retak-retak mikro.

Retak-retak mikro tersebut pada akhirnya menyatu dan menghasilkan pengelupasan material. Tingkat keausan sangat bergantung pada tingkat pembebanan. Gambar 2. Memberikan skematis mekanisme keausan lelah.

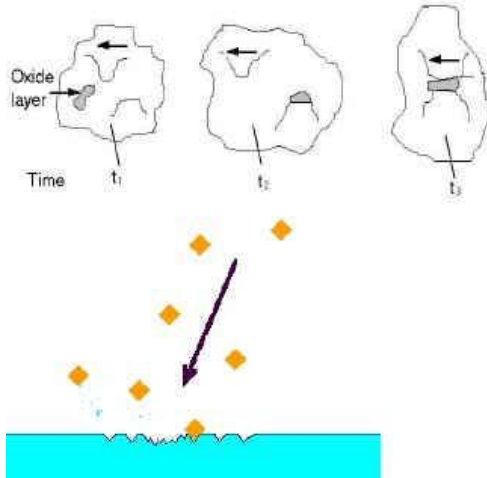


Gambar 2.11 Keausan Lelah

4. Keausan Oksidasi

Proses kerusakan dimulai dengan adanya perubahan kimiawi material di permukaan oleh faktor lingkungan. Kontak dengan lingkungan ini menghasilkan pembentukan lapisan pada

permukaan dengan sifat yang berbeda dengan material aslinya. Sebagai konsekuensinya, material akan mengarah kepada perpatahan interface antara lapisan permukaan dan material asli dan akhirnya seluruh lapisan permukaan itu akan terkikis

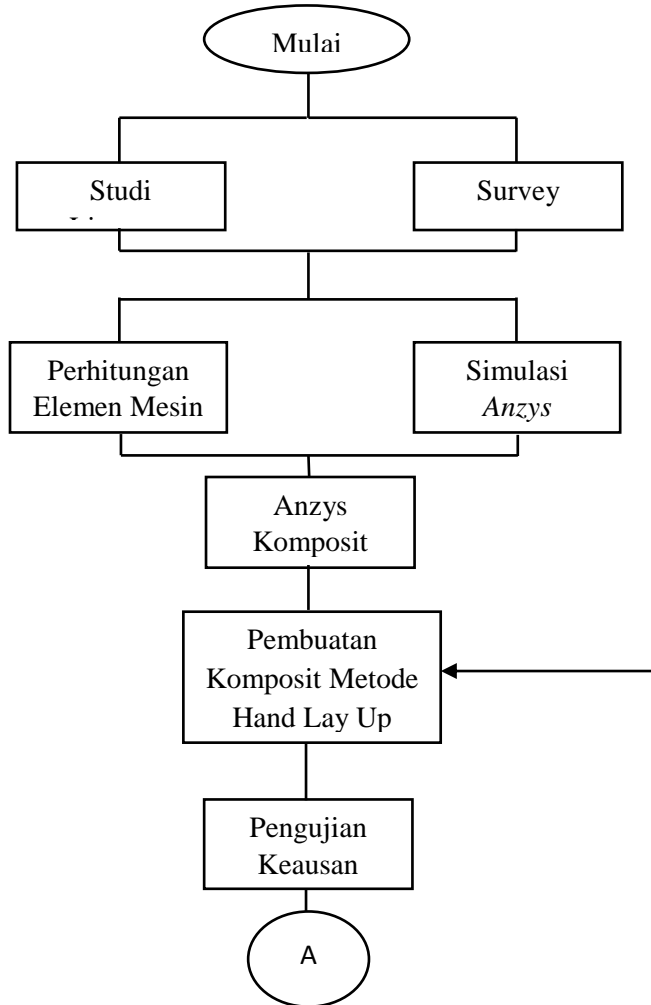


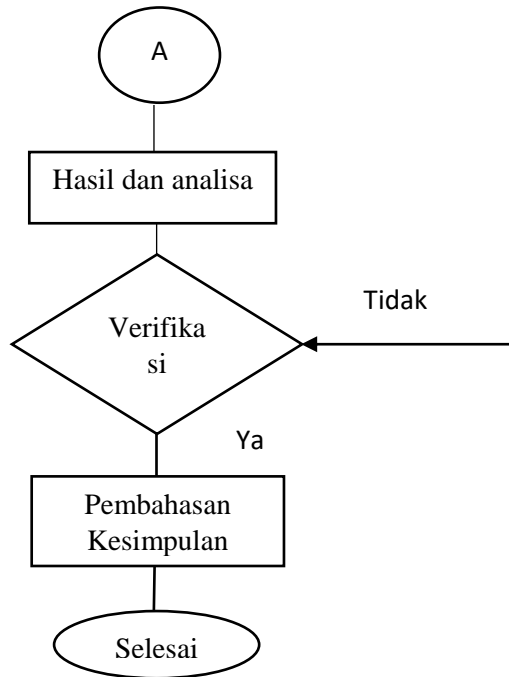
Gambar 2.12 Keausan Oksidasi

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Diagram alir terhadap penelitian tersebut :





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Studi Literatur

Pada tahapan awal identifikasi dilakukan pengamatan terhadap masalah yang dirumuskan menjadi tujuan dari penelitian. Studi literatur meliputi mencari dan mempelajari bahan pustaka yang berkaitan dengan:

1. Sistem kerja dan kegunaan kampas rem.
2. Macam-macam kampas rem.
3. Pengertian komposit.
4. Macam-macam komposit.
5. Perhitungan elemen mesin pada kampas rem (rem cakram).

6. Pengujian Kekerasan, pengujian keausan, dan pengujian gesekan.

Studi literatur ini diperoleh dari berbagai sumber text book maupun jurnal-jurnal yang ada. Kemudian dilakukan pengamatan lapangan secara langsung pada kendaraan bermotor. Observasi meliputi identifikasi spesifikasi komponen pada sistem pengereman kendaraan bermotor.

3.3 Survey

Survey merupakan metode pengumpulan data yang bertentangan dengan kegiatan yang akan diteliti atau dijadikan bahan tugas akhir ini. Dari studi literatur dan Observasi mengenai sistem pengereman pada kendaraan bermotor, lalu dilakukan pengambilan data spesifikasi rem yang digunakan pada kendaraan bermotor tepatnya pada nogogeni.

Setelah melakukan pengambilan data yang diperlukan, kemudian dilakukan perhitungan sistem pengereman, rem cakram pada mobil nogogeni untuk mencari gaya yang dibutuhkan untuk pengereman jika dengan kecepatan 80 km/jam.

Setelah itu, analisis juga dilakukan pada bentuk kampas rem dan ukuran atau spesifikasi pada nogogeni agar mampu mengetahui gaya apa saja yang mempengaruhinya dan berapa gaya yang berpengaruh pada kampas rem nogogeni.

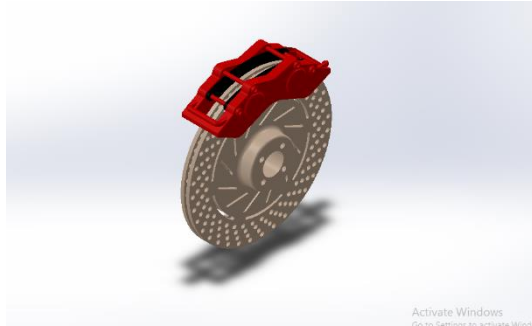
3.4 Perhitungan Elemen Mesin

Kegiatan ini dilakukan agar mendapatkan mengetahui gaya-gaya yang diterima pada kampas rem, sehingga nantinya dapat mengetahui tegangan pada kampas rem tersebut dengan cara :

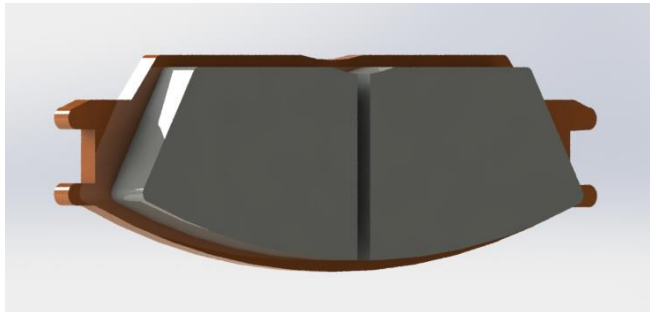
1. Menggambar kampas rem sebenarnya dengan solidwork.
2. Menggambar free body diagram untuk menentukan gaya-gaya yang ditentukan.
3. Perhitungan dari free body diagram.

3.4.1 Gambar Solidwork Ampas Rem

Kegiatan ini agar mendapatkan mengetahui dimensi pada kampas rem yang sebenarnya, yang nantinya akan dapat mengetahui luas kampas rem tersebut.



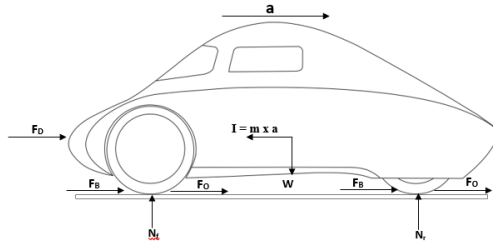
Gambar 3.2 Disc Brake



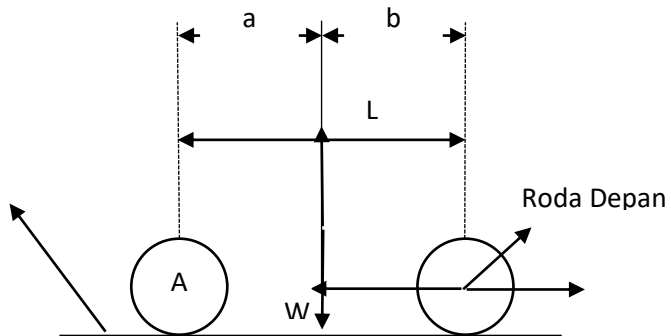
Gambar 3.3 Solidwork Kampas Rem

3.4.2 Free Body Diagram

Kegiatan ini untuk dapat mengetahui gaya-gaya yang mempengaruhi pada kampas rem yang nantinya dapat mempermudah kita dalam perhitungan elemen mesin atau gaya pada kampas rem tersebut.



Gambar 3.4 Free Body Diagram Gaya yang Bekerja



Gambar 3.5 Diagram Perhitungan Beban Pengereman

3.5 Simulasi Anzys

Kegiatan ini dilakukan agar mendapatkan tegangan atau kekuatan maksimal yang bekerja pada kampas rem yang nantinya akan dijadikan suatu perbandingan dengan komposit serat ampas tebu.

3.6 Simulasi Anzys Serat Tebu

Kegiatan ini dilakukan untuk mendapatkan kekuatan komposit dengan variasi perbandingan serat ampas tebu dengan resin *Epoxy*.

3.7 Pembuatan Komposit

Sebelum melakukan pembuatan komposit, terlebih dahulu dilakukan persiapan bahan pembuat komposit. Tahap

persiapan bahan merupakan tahanan yang sangat penting karena dapat mempengaruhi hasil pengujian dan dapat mempengaruhi hasil dan analisa data dan pembahasan penelitian yang dilakukan. Cetakan dibuat dengan ukuran 7 cm x 7 cm x 6 cm terbuat dari kayu agar kemudian spesimen dapat dipotong sesuai dengan dimensi yang diinginkan.

Preparasi serat ampas tebu :

1. Mencuci serat ampas tebu dengan aquades kemudian dikeringkan.
2. Membilas serat yang sudah direndam dengan aquades.
3. Mengeringkan serat yang sudah dicuci dengan aquades di dalam oven dengan temperatur 85 C-100 C selama 1 jam.
4. Menghaluskan serat ampas tebu yang sudah dioven dengan blender.
5. Menimbang massa serat ampas tebu dengan variasi yang sudah ditentukan dengan simulasi *anzys*

3.7.1 Metode Hand Lay Up

Hand lay-up adalah metode yang paling sederhana dan merupakan proses dengan metode terbuka dari proses fabrikasi komposit, adapun proses dari pembuatan dengan metode ini adalah dengan cara menuangkan resin dengan tangan kedalam serat yang berada pada cetakan, kemudian memberi tekanan sekaligus meratakannya menggunakan rol atau kuas. Proses tersebut dilakukan berulang-ulang hingga ketebalan yang diinginkan tercapai. Pada proses ini resin langsung berkontak dengan udara dan biasanya proses pencetakan dilakukan pada temperatur tertentu. Jenis resin yang biasa digunakan pada metode hand lay-up ini ada dua yaitu resin poliester dan resin epoksi dengan jenis fiber yang biasa digunakan adalah serat kaca atau fiber.

3.7.2 Matrik

Matrik dalam komposit berfungsi sebagai bahan mengikat serat menjadi sebuah unit struktur, melindungi dari perusakan eksternal, meneruskan atau memindahkan beban eksternal pada bidang geser antara serat dan matrik, sehingga matrik dan serat saling berhubungan.

Pembuatan komposit serat membutuhkan ikatan permukaan yang kuat antara serat dan matrik. Selain itu matrik juga harus mempunyai kecocokan secara kimia agar reaksi yang tidak diinginkan tidak terjadi pada permukaan kontak antara keduanya. Untuk memilih matrik harus diperhatikan sifat-sifatnya antara lain seperti tahan terhadap panas, tahan cuaca yang buruk dan tahan terhadap guncangan yang biasanya menjadi pertimbangan dalam pemilihan material matrik.

Bahan polimer yang sering digunakan sebagai material matrik dalam komposit ada dua macam yaitu thermoplastik dan *termosetting*. Pada pemilihan matrik kali ini penulis menggunakan *termosetting* yaitu matrik *epoxy*.

3.7.3 Fiber

Serat atau *fiber* adalah suatu jenis bahan berupa potongan-potongan komponen yang membentuk jaringan memanjang yang utuh. Serat dapat digolongkan menjadi dua jenis yaitu:

1. Serat alami.
2. Serat sintetis (serat buatan manusia).

Jenis-jenis serat yang banyak tersedia untuk menggunakan komposit, dan jumlahnya hampir meningkat. Kekakuan spesifik yang tinggi (kekuatan dibagi oleh berat jenisnya) dan kekuatan spesifik yang tinggi (kekuatan dibagi oleh berat jenisnya) serat-serat tersebut disebut *advanced fiber*. Komposit terbuat dari serat-serat tersebut yang disebut *advanced composite*.

Pada penelitian ini penulis menggunakan serat alami yaitu serat ampas tebu untuk pembuatan komposit yang menggunakan matrik *epoxy*.

3.8 Pengujian

Pada proses pembuatan komposit variasi serat ampas tebu dengan matrik *epoxy* dengan pengaplikasian kamps rem ini akan dilakukan satu pengujian berupa pengujian keausan.

3.8.1 Pengujian Keausan

Pengujian keausan dengan menggunakan alat *Ogoshi High Speed Universal Wear Testing Machine* (tipe OAT-U). Pengujian keausan bertujuan untuk mengetahui laju keausan dari spesimen uji. Prinsip dasar pengujian keausan yaitu material akan diberikan beban gesek dari piringan yang berputar (*revolving disc*). Pembebanan ini akan menghasilkan kontak yang pada akhirnya akan menggerus sebagian spesimen uji. Besarnya jejak permukaan inilah yang digunakan untuk menentukan laju keausan spesimen uji. Semakin besar dan dalam jejak keausan maka semakin tinggi volume material yang tergerus dari spesimen uji.

3.9 Hasil dan Analisa

Tahapan ini merupakan perhitungan kekuatan maksimal pada komposit serat ampas tebu bermatrik *epoxy* dan analisis dari kanvas rem pada mobil nogogeni.

3.10 Pembahasan Kesimpulan

Tahapan ini merupakan ujung dari perhitungan dan analisis kekuatan maksimal kampas rem dan komposit serat ampas tebu pada mobil nogogeni yaitu dengan menarik kesimpulan yang didapat dari hasil perhitungan gaya yang dibutuhkan untuk pengereman dengan kecepatan rata-rata 80 km/jam dan kemampuan driver untuk mengerem.

BAB IV

PEMBAHASAN

Penelitian ini merupakan pembuatan komposit serat alam yang menggunakan resin epoksi sebagai matriks dan ampas tebu. Kemudian dilakukan analisa dari hasil pengujiannya untuk mengetahui sifat fisik dan nilai keausan dari komposit resin epoxy berpenguat ampas tebu.

4.1 Perhitungan Elemen Mesin

Perhitungan elemen mesin ini dilakukan untuk mengetahui nilai keausan dari kampas rem komersial sehingga nantinya dapat dibandingkan dengan nilai keausan komposit yang telah diuji.

Pada analisa rem cakram menggunakan perhitungan elemen mesin dengan tanpa pembebanan atau beban kosong dan mengambil data dari dimensi rem cakram.

Data yang dapat diketahui:

W (berat total) = 95 kg

W_D (beban depan) = 77 kg

W_B (beban belakang) = 83 kg

R (jari – jari efektif ban) = 500 mm

r (jari – jari rem) = 220 mm

r_m (jari – jari rata – rata rem cakram) = 90,83

s (panjang sisi silinder hidrolik) = 60 mm x 35 mm

θ (sudut kontak lapisan) = 41,98

Koefisien gesek Kampas rem (μ_K) = 0.38

jarak dari roda depan = 819.228 mm

jarak dari roda belakang = 760.772 mm

jarak dari permukaan tanah = 279,585 mm

Asumsi :

Q (gaya pedal) = $Q < 30$ kg

μ (bahan gesek kanvas rem terbuat dari besi cor) = 0,20

$$\alpha' \text{ (perlambatan)} = 0,6g \text{ m/s}^2$$

$$v \text{ (Kecepatan Maksimum kendaraan)} = 60 \text{ km/h}$$

Untuk mengetahui gaya pengereman, pertama akan mencari jarak *center of gravity* pada arah horizontal dan vertikal. Menghitung Center of gravity dapat dihitung menggunakan perbandingan berat pada roda depan dan belakang.

1. Percepatan Gerak Lurus Berubah Beraturan

$$a = \frac{dv}{dt} \rightarrow dv = a dt$$

$$\int_0^t dv = \int_0^t a dt$$

$$v - v_0 = a (t - t_0)$$

$$v = v_0 + a \times \Delta t$$

$$v = v_0 + a \times t \dots \dots \dots (1)$$

$$v = \frac{ds}{dt} \rightarrow ds = v dt$$

$$\int_0^t ds = \int_0^t v dt$$

$$\int_0^t ds = \int_0^t (v_0 + a \times t) dt$$

$$s - s_0 = v_0(t - t_0) + \frac{1}{2}a \times t(t - t_0)$$

$$s - s_0 = v_0 \times t - v_0 \times t_0 + \frac{1}{2}a \times t^2 - \frac{1}{2}a \times t \times t_0$$

$$s = v_0 \times t + \frac{1}{2}a \times t^2 \dots \dots \dots (2)$$

2. Perlambatan Gerak Lurus Berubah Beraturan

$$a = \frac{dv}{dt} \rightarrow \int_0^s a ds = \int_t^0 \frac{dv}{dt} ds$$

$$\int_0^s a \, ds = \int_t^0 dv \times v$$

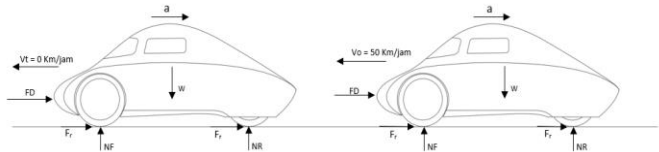
$$a(s - s_0) = \frac{1}{2}(v_0^2 - v_t^2)$$

$$2 \cdot a(s - s_0) = v_0^2 - v_t^2$$

$$2 \cdot a \times s - 2 \cdot a \times s_0 = v_0^2 - v_t^2$$

$$2 \cdot a \times s = v_0^2 - v_t^2$$

$$v_t^2 = v_0^2 - 2 \cdot a \times s \dots \dots \dots (3)$$



Gambar 4.1 free body diagram

$$V_t^2 = V_0^2 - 2 \times a \times s$$

$$0 = (13,8)^2 - 2 \times a \times 15m$$

$$a = \frac{(13,8)^2}{2 \cdot 15m}$$

$$a = -6.348 \, m/s^2$$

Waktu yang Dibutuhkan untuk Mengerem

$$v = v_0 + a \times t$$

$$0 = 13,8 + (-6.348 \times t)$$

$$-13,8 = -6.348 \times t$$

$$t = \frac{13,8}{6.348}$$

$$t = 2.174 \, s$$

Mencari volume keausan

$$V = \frac{m_1 - m_2}{\rho}$$

$$= \frac{80 \times 77,6}{1,7}$$

$$= 3651,764705 \, mm^3$$

Mencari koefisien keausan

$$\begin{aligned}K_D &= \frac{V}{F_N \times S} \\&= \frac{3651,764705 \text{ mm}^3}{1264091 \times 200 \text{ m}} \\&= 0,0014445272\end{aligned}$$

Mencari laju keausan

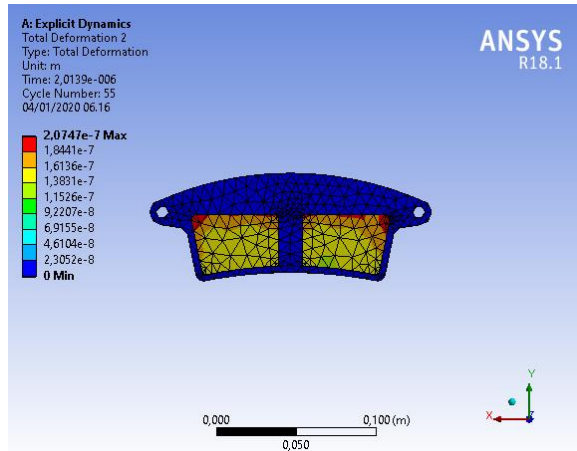
$$\begin{aligned}N &= \frac{m_1 - m_2}{t \times A} \\&= \frac{80 - 77,6}{60 \times 1689,13} \\&= 0,0000236808 \text{ gram/s} \cdot \text{mm}^2 \\&= 0,023 \times 10^{-7} \text{ kg/s} \cdot \text{mm}^2\end{aligned}$$

Mencari nilai keausan spesifik

$$\begin{aligned}W_s &= \frac{B \times (bo)^3}{8 \times r \times P_o \times l_o} \\&= \frac{3 \times (1,07)^3}{8 \times 13,3 \times 2,12 \times 66,6} \\&= \frac{3,675129}{15022,8288} \\&= 2,446362831 \times 10^{-7} \\&= 2,44636 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{kg}\end{aligned}$$

4.2 Simulasi *Ansys* Pada Kampas Rem Komersial

Simulasi *ansys* ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan nilai keausan antara kampas rem komersial. Simulasi *ansys* dilakukan dengan metode *explicit dinamic*.

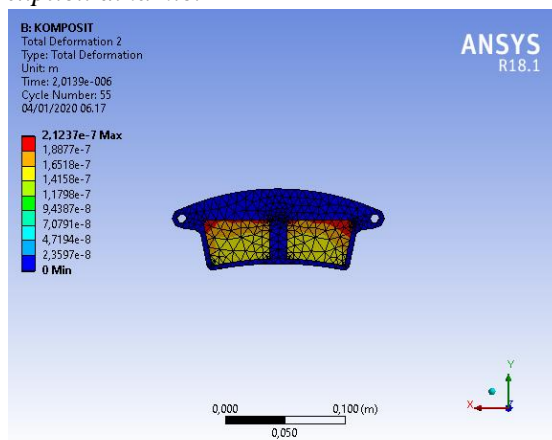


Gambar 4.2 Simulasi Ansys Kampas Rem Komersial

Dari simulasi *ansys* kampas rem komersial dapat diketahui nilai total deformasi maksimalnya ialah $2,074710^{-7}$.

4.3 Simulasi Ansys Pada Komposit Ampas Tebu

Simulasi *ansys* ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan nilai keausan komposit berpenguat serat tebu bermatriks resin *epoxy*. Simulasi *ansys* dilakukan dengan metode *explicit dinamic*.



Gambar 4.3 Simulasi Ansys Pada Komposit Ampas Tebu

Dari simulasi *ansys* komposit serat ampas tebu dapat diketahui nilai total deformasi maksimalnya ialah $2,123710^{-7}$..

4.4 Hasil Pengujian dan Analisa

Pengujian keausan ini dilakukan untuk mengetahui nilai keausan dari komposit berpenguat serat tebu bermatriks resin epoxy. Pengujian keausan dilakukan dengan *Ogoshi High Speed Universal Wear Testing Machine (Type OAT-U)*. Pengukuran berkas injakan *penetrator* yang dilakukan oleh *revolving disk* dilakukan dengan mikroskop dengan perbesaran 50x. Perhitungan nilai *b* ditentukan dengan:

1. Lensa 50x = 1mm = 19 setrip
2. Lensa 100x = 1mm = 38 setrip
3. Lensa 200x = 1mm = 76 setrip

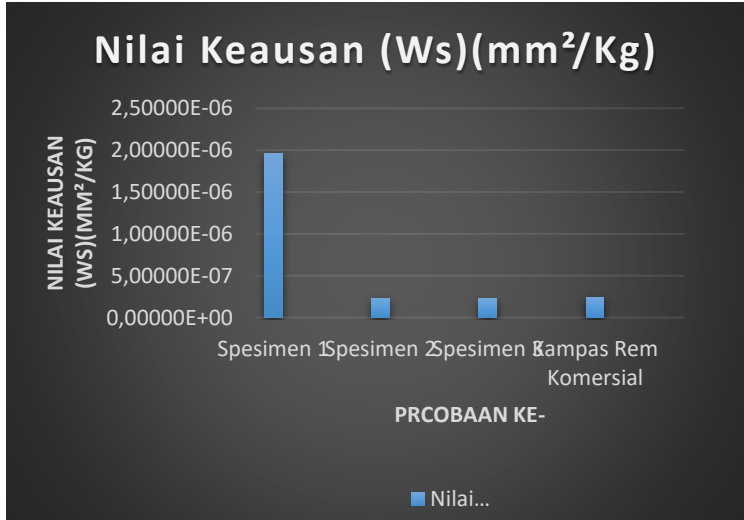
Setelah didapatkan nilai *b*, kemudian dilakukan perhitungan nilai keausan spesifik untuk tiap percobaan komposit. Tabel menunjukkan nilai keausan dari komposit.

Tabel 4.1 Hasil Uji Keausan

Percobaan	Nilai b_0	B (m)	r (m)	P_0 (Kg)	l_0 (m)	Nilai Keausan (W_s)(mm ² /Kg)
Spesimen 1	2,140350877	3	13,3	2,12	66,6	1,95805E-06
Spesimen 2	1,052631579	3	13,3	2,12	66,6	2,32916E-07
Spesimen 3	1,035087719	3	13,3	2,12	66,6	2,21463E-07

Dari Tabel 4.1 Didapat harga keausan rata-rata dari percobaan 1 keausan kering sebesar $1,9580510^{-6}$. mm²/kg,

percobaan 2 uji keausan kering sebesar $2,3291610^{-7}$. mm²/kg, percobaan 3 uji keausan kering sebesar $2,2146310^{-7}$. mm²/kg,



Gambar 4.4 Grafik Keausan Spesifik Komposit dan Kampas Rem Komersial

4.5 Verifikasi Yang Didapatkan Pada Keausan

$$\begin{aligned}
 W_s &= \frac{B \times (bo)^3}{8 \times r \times P_o \times l_o} \\
 &= \frac{3 \times (1,07)^3}{8 \times 13,3 \times 2,12 \times 66,6} \\
 &= \frac{3,675129}{15022,8288} \\
 &= 2,446362831 \times 10^{-7} \\
 &= 2,44636 \times 10^{-7} \text{ mm}^2/\text{kg}
 \end{aligned}$$

Berikut ini adalah salah satu perhitungan elemen mesin kampas rem komersial yang akan dibandingkan dengan hasil pengujian keausan pada komposit serat ampas tebu.

Dari hasil pengujian komposit serat ampas tebu didapatkan nilai rata-rata sebesar 2.27189510^{-7} mm²/kg, sedangkan hasil perhitungan elemen mesin $2,4463610^{-7}$ mm²/kg.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian spesimen komposit serat tebu dengan metode keausan ogoshi dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Dalam perhitungan elemen mesin pada kampas rem komersial memiliki nilai $2,4475710^{-7}$ mm²/kg.
2. Untuk permodelan simulasi *ansys* pada kampas rem komersial dan komposit serat ampas tebu memiliki masing-masing nilai total deformasi sebesar $2,074710^{-7}$ untuk kampas rem komersial dan $2,123710^{-7}$ untuk komposit serat ampas tebu.
3. Nilai keausan material komposit serat ampas tebu memiliki rata-rata 2.2718910^{-7} mm²/kg. Sedangkan material kampas rem komersial memiliki nilai keausan rata-rata $2,4475710^{-7}$ mm²/kg. Dengan demikian, material komposit memiliki ketahanan keausan lebih baik dibandingkan material kampas rem komersial.
4. Maka dari itu komposit serat ampas tebu dapat menggantikan bahan material dari kampas rem komersial.

5.2 Saran

Penulis menyadari bahwa hasil pengujian ini masih sangat jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari pembaca yang bersifat membangun demi kesempurnaan hasil pengujian ini. Selain itu penulis juga menyrankan beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam proses pembuatan komposit, antara lain:

1. Dapat dikembangkan dengan variasi core yang memiliki beragam ketebalan atau tambahan variasi

serbuk tembaga untuk menambahi sifat keuletannya untuk nantinya dapat digunakan dikomponen yang lain.

2. Material komposit yang cocok untuk pengaplikasian pada komponen kampas rem baiknya memiliki ketebalan yang tidak lebih dari namun mampu menerima pembebanan yang besar menurut perhitungan.

DAFTAR PUSTAKA

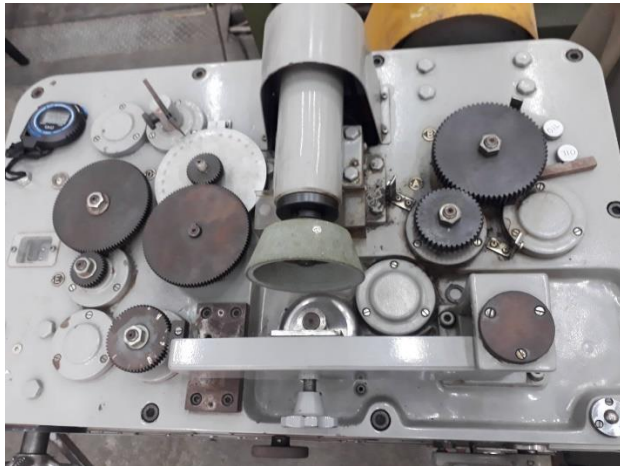
1. Schwartz, M.M, 1984, Composite Material Handbook, Mc Graw Hill, Singapore.
2. Anders, Thygesen. 2006. *Porperties of Hemp Fiber Composite*.
3. *Engineering Third Edition*. USA: Springer. Malmgren, Curt, Augustsson. 2004. *Epoxy Handbook Third Edition*.
4. Farid, M. 2017. Improvement of Acoustical Characteristics: Wideband Bamboo Based Polymer Composite.
5. Honey, B., Singh, V.K., Sushil, K.C. 2015. *Fabrication and Study of Mechanical Properties of Bamboo Fibre Reinforced Bio-Composites*
6. Mohmad, M., Fadli B.A., Ahmed Q.K., *Physical-Mechanical Properties of Palm Kernel Activated Carbon Reinforced Polymeric Composite: Potential as a Self-Lubricating Material*.
7. Schwartz M.M. 1983. *Composite Materials Handbook*.
8. University of Technology. Sameni J. 2003. *Performance of Rubberwood Fibre Thermoplastic Natural Rubber Composites*. Polymer- plastics Technology and Engineering vol.42 (139-152)
9. John Wiley & Sons, Inc, Hoboken. Cech V., E. Palesch, J. Lukes. 2013. *The Glass Fiber–Polymer Matrix Interface/Interphase Characterized by Nanoscale Imaging Techniques*
10. Callister, William J. 2009. *Materials Science And Engineering An Introduction, 8th Edition*.
11. Budrun, dkk. 2014. *Investigation of the Surface Morphology and Structural Characterization of Palm*

Fiber Reinforced Acrylonitrile Butadiene Styrene (PF-ABS) Composites.

12. Chawla, Krishan K. 2013. *Composite Materials Science and engineering third edition.*

LAMPIRAN

1. Gambar *Ogoshi High Speed Universal Wear Testing Machine (Type OAT-U)*.



2. Gambar Type Dan Speed Table Pada *Ogoshi High Speed Universal Wear Testing Machine (Type OAT-U)*.



3. Gambar Hasil Pengujian Keausan Pada Spesimen Pertama.



4. Gambar Hasil Pengujian Keausan Pada Spesimen Kedua.



5. Gambar Hasil Pengujian Keausan Pada Spesimen Ketiga.



BIODATA PENULIS



Penulis merupakan anak terakhir dari 3 bersaudara yang dilahirkan pada tanggal 07 September 1998 di Medan, Provinsi Sumatra Barat. Pendidikan formal yang pernah ditempuh meliputi SDIT THARIQ BIN ZIYAD , SMPN 33 Bekasi, SMA BOARDING SCHOOL AL BAYAN, dan pada tahun 2016 menempuh pendidikan di Departemen Teknik Mesin Industri Fakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama menempuh kuliah di Departemen Teknik Mesin Industri penulis aktif mengikuti kegiatan organisasi di kampus. Pengalaman organisasi yang penulis ikuti antara lain adalah menjadi Kepala Biro Kekeluargaan PSDM HMDM 2017/2018, Staff Kementrian Dalam Negeri BEM ITS 2018/2019, Waki Ketua BEM FV 2019/2020. PT. Risvatama Laras, Bogor, Jawa Barat merupakan tempat kerja praktek penulis selama satu bulan. Divisi Maintenance. Penulis Juga mengikuti beberapa pelatihan yang diadakan baik di jurusan maupun di lingkup ITS yaitu pelatihan Spiritual ITS tahun 2016, PKTI FTI ITS tahun 2016, Pelatihan LKMM Pra TD FTI ITS tahun 2016, Pelatihan LKMM TD X HMDM FV ITS tahun 2017. Bagi pembaca yang ingin mengenal lebih luas tentang penulis dan ingin berdiskusi lebih luas lagi dapat menghubungi E-mail : yusufardiansyah933@gmail.com