ANALISA PROSES PENGOLAHAN KARET ALAM DENGAN PENAMBAHAN FRAKSI MASSA *CARBON BLACK* TERHADAP PENGARUH KOEFISIEN KONDUKTIFITAS TERMALNYA

SKRIPSI

Konsentrasi Teknik Produksi

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
Memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun Oleh :

ANDRIAN S. JANUARTHA

NIM. 0210620012

DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

JURUSAN MESIN

MALANG

2007

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

ANALISA PROSES PENGOLAHAN KARET ALAM DENGAN PENAMBAHAN FRAKSI MASSA *CARBON BLACK* TERHADAP PENGARUH KOEFISIEN KONDUKTIFITAS TERMALNYA

SKRIPSI

Konsentrasi Teknik Produksi

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik

Disusun oleh :

ANDRIAN S. JANUARTHA
NIM. 0210620012

DOSEN PEMBIMBING I	DOSEN PEMBIMBING II
Ir. Marsoedi Wirohardjo, MMT	**Putu Hadi Setyarini, ST. MT.**
NIP. 130 531 861	**NIP. 132 304 301**

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

ANALISA PROSES PENGOLAHAN KARET ALAM DENGAN PENAMBAHAN FRAKSI MASSA *CARBON BLACK* TERHADAP PENGARUH KOEFISIEN KONDUKTIFITAS TERMALNYA

Disusun oleh :

ANDRIAN S. JANUARTHA
NIM. 0210620012

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
tanggal 31 Juli 2007

DOSEN PENGUJI

Skripsi 1	Skripsi 2
Prof. Ir. I.N.G. Wardana, M.Eng., Ph. D.	Ir. Bambang Indrayadi, MT
NIP. 131 286 308	NIP. 131 653 469

23/8'07.

Komprehensif

Ir. Djoko Sutikno, M. Eng.
NIP. 131 276 249

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Slamet Wahyudi, ST, MT.
NIP. 132 159 708

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

KATA PENGANTAR

Puji syukur paling tulus terucap kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-NYA kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan sebaik-baiknya.

Atas segala bantuan dan semangat yang telah diberikan, maka pada kesempatan ini penyusun mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Ayah, Ibu, adikku dan seluruh keluarga besar di Mataram, Sumbawa dan Pasuruan.
2. Bapak Dr. Slamet Wahyudi, ST. MT., selaku Ketua Jurusan Mesin Fakulltas Teknik Universitas Brawijaya.
3. Bapak Ir. Tjuk Oebandono, MSc. CSE., selaku Sekretaris Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
4. Bapak Ir. Marsoedi Wirohardjo, MMT., selaku Dosen Pembimbing I.
5. Ibu Putu Hadi Setyarini, ST. MT., selaku Dosen Pembimbing II.
6. Bapak Ir. Djarot B Darmadi, MT., selaku Ketua Kelompok Konsentrasi Teknik Produksi.
7. Aneng Wicaksono selaku teman seperjuangan dalam penyelesaian skripsi.
8. Mbak Indah sekeluarga di Singosari
9. Ncik dan karyawan PT. New World-Lawang.
10. Keluarga besar Simpang Gajayana 53 Malang.
11. Seluruh teman-teman dan semua pihak yang secara langsung atau tidak langsung khususnya Mesin angkatan 2002 dan anak-anak Mataram di Malang yang telah membantu dan berpartisipasi dalam pengerjaan skripsi ini.

Penulis menyadari dalam penulisan skripsi ini tentunya ada kekurangan, maka diharapkan adanya saran dan kritik yang membangun guna kesempurnaan skripsi ini.

Malang, April 2007

Penulis

DAFTAR ISI

Kata Pengantar i
Daftar Isi ii
Daftar Gambar iv
Daftar Tabel v
Daftar Lampiran vi
Ringkasan vii

BAB I PENDAHULUAN
1.1. Latar belakang Masalah 1
1.2. Rumusan Masalah 2
1.3. Batasan Masalah 2
1.4. Tujuan Penelitian 3
1.5. Manfaat Penelitian 3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA
2.1. Penelitian Sebelumnya 4
2.2. Karet 4
2.2.1. Karet Alam 4
2.2.1.1. Jenis-jenis Karet Alam 5
2.2.1.2. Bahan-bahan kimia 6
2.2.2. Karet Sintesis 7
2.3. *Carbon Black* 8
2.4. Komposit 10
2.5. Polimer 11
2.5.1. Termoplastik 12
2.5.2. Termoset 13
2.5.3. Karet 13
2.6. Karekteristik Polimer 13
2.6.1. Massa Jenis 13
2.6.2. Sifat Mekanik 14
2.6.3. Koefisien Konduktifitas Termal 15
2.7. Teori Penguatan Komposit 17

2.8. Metode Pembuatan Komposit Karet 18
2.9. Hipotesis 18

BAB III METODOLOGI
3.1. Metode yang Dipergunakan 19
3.2. Variabel Penelitian 19
3.3. Alat dan Bahan yang Digunakan 19
3.3.1. Alat yang digunakan 19
3.3.2. Bahan yang digunakan 22
3.4. Tempat dan Waktu Penelitian 22
3.5. Prosedur Pembuatan Spesimen 22
3.6. Metode Pengujian Konduktifitas Termal 23
3.7. Rancangan Penelitian 25
3.7.1. Analisa Varian Satu Arah 25
3.7.2. Interval Penduga 27
3.7.3. Analisa Regresi 28
3.8. Diagram Alir Penelitian 29

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN
4.1. Uji Konduktifitas Termal 30
4.1.1. Data Hasil Pengujian Konduktifitas Termal 30
4.1.2. Analisa Varian Konduktifitas Termal 31
4.1.3. Interval Penduga Konduktifitas Termal 33
4.1.4. Analisa Regresi Konduktifitas Termal 34
4.2. Grafik dan Pembahasan 36
4.2.1. Analisa Penambahan Fraksi Massa *Carbon Black* Terhadap Koefisien Konduktifitas Termal Komposit Karet Alam 36

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN
5.1. Kesimpulan 39
5.2. Saran 39

DAFTAR PUSTAKA
LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 : Molekul c*arbon black* 9
Gambar 2.2 : Metode penguatan pada komposit polimer 11
Gambar 2.3 : Klasifikasi polimer sebagai matrik komposit 12
Gambar 3.1 : Alat tekan manual dengan pemanas..... 20
Gambar 3.2 : *Rubber Mill* 21
Gambar 3.3 : *Thermal Conductivity Measuring Apparatus* 22
Gambar 3.4 : Instalasi uji konduktivitas termal..... 24
Gambar 3.5 : Spesimen uji konduktivitas termal 24
Gambar 3.4 : Diagram Alir Penelitian 29
Gambar 4.1 : Grafik pengaruh fraksi massa *carbon black* terhadap konduktifitas termal karet alam..... 37
Gambar 4.2 : Material uji konduktivitas termal 38

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 : Sifat fisik *carbon black* 9
Tabel 2.2 : Konduktifitas termal beberapa jenis karet 17
Tabel 3.1 : Dimensi spesimen uji hantaran panas *k* 24
Tabel 3.2 : Tabel pengamatan konduktivitas termal 25
Tabel 3.3 : Tabel analisa varian satu arah 27
Tabel 4.1 : Data nilai konduktivitas termal 30
Tabel 4.2 : Analisa Varian Satu Arah 33
Tabel 4.3 : Interval penduga rata-rata konduktivitas termal 34
Tabel 4.4 : Perhitungan analisa regresi pada konduktivitas termal 35

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 : Peralatan dan bahan
Lampiran 2 : Tabel Distribusi F
Lampiran 3 : Tabel Distribusi t
Lampiran 4 : Data pengujian
Lampiran 5 : Surat keterangan bebas laboratorium

repository.ub.ac.id
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

RINGKASAN

Andrian S. Januartha, Juli 2007. Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang, *Analisa Pengaruh Fraksi Massa Carbon Black Terhadap Koefisien Konduktifitas Termal Karet Alam.* Pembimbing : Ir. Marsoedi Wirohardjo, MMT dan Putu Hadi Setyarini, ST. MT.

Karet banyak digunakan karena mempunyai tahanan listrik yang baik, tahan korosi, mampu cetak yang baik, dapat didaur ulang dan harganya yang murah. Meningkatnya kebutuhan produk dari karet, memerlukan pemikiran lebih lanjut mengenai bahan yang sesuai dengan kegunaan produk serta biaya produksi yang harus dikeluarkan dengan tujuan untuk meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan dan meningkatkan nilai ekonomisnya.

Penelitian ini menggunakan bahan karet alam jenis RSS 1 sebagai matrik dan *carbon black* jenis N330 sebagai *filler*nya. Metode yang digunakan adalah metode eksperimental nyata. Parameter dalam penelitian ini adalah fraksi massa *carbon black* dengan variasi (0 phr, 20 phr, 40 phr, 60 phr, dan 80 phr) sebagai variabel bebas, konduktifitas termal sebagai variabel terikat, temperatur pemanasan mesin tekan *manual* 160 °C, temperatur *rubber mill* 75 ^{o}C dan putaran rotor *rubber mill* sebesar 77 rpm sebagai variabel terkendali. Proses pembuatan komposit karet alam menggunakan sistem penekanan dengan pemanasan setelah terlebih dahulu dibentuk menggunakan *rubber mill*. Pengujian konduktifitas termal dilaksanakan di Laboratorium Phenomena Dasar Mesin, Jurusan Mesin, Universitas Brawijaya. Data yang diperoleh diolah dengan analisa varian satu arah dan analisa regresi polinomial serta digambarkan dalam bentuk grafik.

Dari hasil pengolahan data terbukti bahwa fraksi massa *carbon black* berpengaruh nyata terhadap koefisien konduktifitas termal komposit karet alam. Koefisien konduktifitas termal komposit.meningkat seiring dengan peningkatan fraksi massa *carbon black*. Koefisien konduktifitas termal tertinggi didapat pada spesimen dengan penambahan fraksi massa *carbon black* sebanyak 40 phr, yaitu sebesar 0,651148 W/m ^{o}C, dan nilai koefisien konduktifitas termal terendah dihasilkan oleh spesimen dengan penambahan fraksi massa *carbon black* sebanyak 0 phr, yaitu sebesar 0,348239 W/m ^{o}C.

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Karet adalah istilah yang digunakan untuk menyatakan berbagai jenis bahan dengan kekenyalan seperti karet dan bersifat lentur, dapat dideformasikan beberapa kali lebih panjang dan dapat dikembalikan ke bentuk semula (Tata Surdia, 1985 : 239).

Karet banyak digunakan karena mempunyai tahanan listrik yang baik, tahan korosi, mampu cetak yang baik, dapat didaur ulang, dan harganya yang murah. Penggunaan karet tersebar luas dalam berbagai sektor riil seperti kendaraan bermotor, alas kaki, konstruksi sipil, material rumah sakit dan berbagai kebutuhan sosial lainnya. Meningkatnya kebutuhan produk dari karet, memerlukan pemikiran lebih lanjut mengenai bahan yang sesuai dengan kegunaan produk serta biaya produksi yang harus dikeluarkan dengan tujuannya untuk meningkatkan kualitas produk yang dihasilkan dan meningkatkan nilai ekonomisnya.

Berdasarkan segi kegunaan, banyak produk karet yang harus memiliki sifat termal yang baik karena penggunaanya yang berhubungan erat dengan temperatur. Salah satu nilai yang penting bagi karet adalah koefisien konduktifitas termal sehubungan dengan panas percetakan dan penggunaan produknya. Semakin tinggi nilai koefisien konduktifitas termal karet maka daya hantar panasnya akan semakin baik, begitu pula sebaliknya semakin rendah nilai koefisien konduktifitas termal maka daya hantar panasnya akan semakin buruk. Nilai koefisien konduktifitas termal yang rendah menguntungkan pada proses manufaktur akibat karet tidak cepat dingin setelah diberi pemanasan sehingga lebih mudah diolah. Selain itu karet dengan nilai koefisien konduktifitas termal yang rendah dapat digunakan untuk mengisolasi suatu area agar tidak mudah panas akibat tingginya temperatur area sekitarnya. Sementara itu karet dengan nilai koefisien konduktifitas termal yang tinggi baik digunakan untuk daerah yang membutuhkan transfer panas yang cepat akibat tingginya temperatur wilayah sekitar sehingga tidak merusak permukaan karet yang berarti memperpanjang usia karet (A. T. McPherson, 1956 : 101)

Karet memiliki karakteristik yang terbatas sehingga harus ada modifikasi agar karakteristik yang diinginkan dapat tercapai. Salah satu cara untuk menambah konduktifitas termal produk karet adalah dengan penambahan material lain. Produk yang dihasilkan dari proses pencampuran 2 atau lebih material yang berbeda

karakteristiknya disebut material komposit. Komposit merupakan jenis material baru yang penting karena memiliki karakteristik yang lebih baik sehingga banyak digunakan sebagai meterial pengganti logam dalam dunia industri. Komposit terdiri atas dua material penyusun utama yaitu matriks dan *filler* (pengisi). Matriks dalam komposit dapat berupa logam, keramik, atau polimer. Karet termasuk polimer. *Filler* yang digunakan dapat berbentuk partikel atau serat.

Saat ini *carbon black* merupakan pengisi (*filler*) yang paling sering digunakan di dalam industri karet, karena kemampuannya untuk menguatkan material karet dalam sifat mekanis (Wang *et al*., 1991). *Carbon black* juga meningkatkan usia material karet. Ini disebabkan oleh kemampuan *carbon black* untuk menyerap sinar *ultraviolet*, yang jika tidak diserap oleh polymer akan menyebabkan reaksi *photo-oxidative* yang dapat mengakibatkan pembusukan (Hawkins dan Winslow, 1965). Dengan nilai koefisien konduktifitas termal lebih tinggi dari karet diharapkan *carbon* black mampu meningkatkan koefisien konduktifitas termal material komposit karet.

Untuk mendapatkan nilai koefisien konduktifitas termal yang lebih baik diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai seberapa jauh pengaruh campuran antara material karet alam dengan *carbon black*. Dalam penelitian ini menggunakan proses penekanan manual dengan pemanasan.

1.2 Rumusan Masalah

Bagaimanakah pengaruh fraksi massa *carbon black* terhadap koefisien konduktifitas termal karet alam ?

1.3 Batasan Masalah

Untuk lebih mengarahkan penelitian yang dilakukan, maka ada beberapa masalah yang perlu dibatasi. Batasan-batasan masalah tersebut adalah :

1. Proses yang digunakan adalah proses *rubber mill* dan proses penekanan *manual* dengan pemanasan.
2. Komposit yang digunakan terdiri dari karet alam sebagai matriks dan *carbon black* sebagai *filler*nya.
3. Digunakan bahan kimia ZnO, asam stearat, TMQ, ULTRA lub, PVI dan CBS untuk mempercepat reaksi.
4. Pengujian yang dilakukan adalah pengujian koefisien konduktifitas termal.
5. Hanya membahas koefisien konduktifitas termal karet alam.

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah untuk mengetahui adakah pengaruh fraksi massa *carbon black* terhadap koefisien konduktifitas termal karet alam.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang bisa didapatkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Sebagai tambahan informasi mengenai karet alam.
2. Menambah pengetahuan untuk menerapkan teori yang diperoleh dalam perkuliahan khususnya mengenai Polimer dan Komposit
3. Memberikan sumbangan dalam bidang ilmu pengetahuan dan teknologi khususnya mengenai teknologi karet alam.
4. Sebagai bahan pertimbangan untuk dijadikan sebagai pembanding dan dasar pendekatan bagi penelitian selanjutnya.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

1.6 Penelitian Sebelumnya

M. N. Ichazo, *et.al* (2005) memperlihatkan bahwa *carbon black* mampu meningkatkan kemampuan mekanik material karet lebih besar bila dibandingkan dengan serbuk kayu. Modulus untuk peregangan hingga 300% meningkat dari 1.6 MPa pada karet tanpa pengisi (*filler*) menjadi 4,92 MPa pada karet dengan pengisi (*filler*) *carbon black*, sementara tegangan tarik meningkat dari 18 MPa pada karet tanpa pengisi (*filler*) menjadi 26 MPa pada karet dengan pengisi (*filler*) *carbon black*.

Edi Cahyono (2005) meneliti tentang pengaruh fraksi volume *carbon black* terhadap tegangan tarik komposit polietilen. Hasil penelitian menunjukkan bahwa fraksi volume *carbon black* yang ditambahkan ke dalam matrik meningkatkan tegangan tarik komposit polietilen. Tegangan tarik mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya fraksi volume hingga 25% *carbon black*, namun mengalami penurunan tegangan tarik pada fraksi volume 35%.

1.7 Karet

Istilah ini digunakan untuk menyatakan berbagai jenis bahan dengan kekenyalan seperti karet dan bersifat lentur, dapat dideformasikan beberapa kali lebih panjang dan dapat dikembalikan ke bentuk semula. Karena berat molekul karet cukup besar, mempunyai struktur dan sifat-sifat yang rumit disebabkan oleh jumlah atom pembentuk yang jauh lebih besar dibandingkan dengan senyawa yang berat atomnya rendah maka karet tergolong polimer.

2.3.1 Karet Alam

Karet alam dibuat dari sari getah pohon karet (lateks). Sari yang berupa susu dipanaskan sampai kering untuk dibuat karet mentah, kemudian dimastikasi dan diplastiskan agar dapat diproses dengan lebih mudah, serta dicampur pengisi seperti *carbon black*, zat perwarna, belerang, dibuat campuran, dibentuk dengan tekanan, dan divulkanisasi oleh reaksi penyilangan sambil dipanaskan untuk mendapatkan benda cetakan.

Walaupun saat ini jumlah produksi dan konsumsinya jauh di bawah karet sintesis atau karet buatan pabrik, tetapi sesungguhnya karet alam belum dapat digantikan oleh karet sintesis. Bagaimanapun, keunggulan yang dimiliki karet alam sulit ditandingi oleh karet sintesis. Adapun kelebihan-kelebihan yang dimiliki karet alam dibanding karet sintesis adalah baik dalam kekenyalan, tinggi kekuatan tariknya dan

rendah titik transisi gelasnya (T_g kira-kira -78°C), yang menunjukkan kekenyalan karet yang menguntungkan pada temperatur biasa.

a. Sifat-sifat

Warnanya agak kecoklat-coklatan, tembus cahaya atau setengah tembus cahaya, dengan berat jenis 0,91gr/cm^3-0,93gr/cm^3. Sifat mekaniknya tergantung pada derajat vulkanisasi, sehingga dapat dihasilkan berbagai jenis karet olahan mulai dari jenis yang lentur sampai jenis yang kaku seperti ebonit. Temperatur penggunaan paling tinggi sekitar 99°C, melunak pada 130°C dan mengurai pada kira-kira 200°C. Sifat isolasi listriknya berbeda karena perbandingan pencampuran dengan aditif, tetapi pada umumnya menguntungkan. Sifat kimianya jelek terhadap ketahanan minyak dan ketahanan pelarut. Zat tersebut hampir-hampir tak tahan pelarut hidrokarbon, ester asam asetat, dan sebagainya. Karet yang kenyal agak mudah didegradasi oleh sinar ultraviolet dan ozon. Selama ini tidak ada masalah dalam kemampuan cetaknya.

b. Penggunaan

Bahan ini digunakan secara luas untuk ban mobil, pengemas karet, penutup isolasi listrik, sol sepatu dan lain-lainnya.

2.2.1.1. Jenis-jenis Karet Alam

Ada beberapa macam karet alam yang dikenal, di antaranya merupakan bahan olahan. Bahan olahan ada yang setengah jadi ada yang sudah jadi. Ada juga karet yang diolah kembali berdasarkan bahan karet yang sudah jadi.

Jenis-jenis karet alam yang dikenal luas adalah:

a. Bahan olah karet (lateks kebun, *sheet* angin, *slab* tipis dan *lump* segar).
b. Karet konvensional (*ribbed smoked sheet*, *white crepes* dan *pale crepe*, *estate brown crepe*, *compo crepe*, *thin brown crepe remills*, *thick blanket crepe ambers*, *flat bark crepe*, *pure smoke blanket crepe*, dan *off crepe*).
c. Lateks pekat.
d. Karet bongkah (*block rubber*).
e. Karet spesifikasi teknis (*crumb rubber*).
f. Karet reklim (*reclaimed rubber*).

2.2.1.2. Bahan-bahan kimia

Dalam pengolahan karet alam banyak sekali digunakan bahan-bahan kimia. Sesuai dengan proses yang dibantunya bahan itu ada yang berfungsi sebagai bahan pokok, yaitu sebagai bahan pembeku, penggelantang, vulkanisasi, pencepat reaksi,

penggiat, antioksidan dan antiozonan, pengisi, pewarna, peniup, pencegah pravulkanisasi dan bahan pewangi.

a. Bahan pembeku :

   Untuk proses pembekuan lateks ada beberapa macam bahan kimia yang bisa digunakan. Biasanya jenis-jenis asam seperti asam format atau asam semut dan asam asetat atau asam cuka.

b. Bahan penggelantang :

   Biasanya warna lateks agak kekuningan sampai kuning. Bahan penggelantang seperti RPA-3 dapat menguranginya hingga sesuai dengan yang diinginkan pasar.

c. Bahan vulkanisasi :

   Bahan kimia ini bertujuan agar kompon karet lebih cepat matang. Bahan yang sering digunakan adalah *sulfur* (belerang), damar fenolik, peroksida organik, radiasi sinar gamma, serta uretan.

d. Bahan pencepat reaksi :

   Reaksi vulkanisasi biasanya berlangsung sangat lambat. Bahan pencepat reaksi digunakan untuk mengatasi kelambatan ini. Beberapa bahan yang sering digunakan adalah MBT, MBTS, DPG, DOTG, CBS, Santocure NS, ZDC, ZDCB, TMTM dan TMTD.

e. Bahan penggiat :

   Fungsi bahan penggiat adalah menambah cepat kerja bahan pencepat reaksi. Seng oksida dan asam stearat adalah contoh bahan penggiat yang paling banyak dipakai.

f. Bahan antioksidan dan antiozonan :

   Fungsi bahan ini untuk melindungi karet dari kerusakan oksigen maupun ozon yang terdapat di udara. Bahan yang sering digunakan adalah Nonox OD, PAN, PBN, flectol H, Agerite Resin, Santowhite Crystrals, Montaclere, Ionol, Santoflex 13, Nonox DPPD dan UOP 88.

g. Bahan pelunak :

   Bahan pelunak yang banyak digunakan antara lain minyak naftenik, minyak nabati, minyak aromatik, terpinus, lilin parafin, faktis, damar dan bitumen.

h. Bahan pengisi :

Bahn pengisi biasanya ditambahkan sebagai alternatif penghematan biaya dan memperkuat kemampuan karet. Contoh bahan pengisi adalah *carbon black*, kalsium karbonat dan aluminium silikat.

i. Bahan perwarna :

Jenis karet tertentu membutuhkan warna dalam pengolahannya. Untuk keperluan ini bahan perwarna diberikan.

j. Bahan peniup :

Fungsi bahan ini membentuk pori halus sehingga karet menjadi ringan dan empuk. Contohnya Porofor BSH dan Vucacel BN.

k. Bahan pencegah pravulkanisasi :

Fungsi bahan ini mencegah terjadinya pravulkanisasi yang tidak diinginkan pada bagian ekstruder mesin acuan injeksi. Contohnya adalah Santogard PVI dan Vulcalent A.

l. Bahan pewangi :

Bau karet yang khas serta bau bahan kimia yang tidak enak dapat dihilangkan dengan menambahkan bahan pewangi. Contoh bahan pewangi antara lain Rodo 10.

2.2.2 Karet sintesis

Karet sintesis sebagian besar dibuat dengan mengandalkan bahan baku minyak bumi. Tiap jenis memiliki sifat tersendiri yang khas. Ada jenis yang tahan terhadap panas atau suhu tinggi, minyak, pengaruh udara, dan bahkan ada yang kedap gas.

Beberapa jenis karet sintesis yang sering digunakan adalah:

a. SBR (*sytrena butadiene rubber*)

Jenis SBR merupakan jenis karet sintesis yang paling banyak diproduksi dan digunakan. Jenis ini memiliki ketahanan kikis yang baik dan kalor atau panas yang ditimbulkan juga rendah. Namun, SBR yang tidak diberi tambahan bahan penguat memiliki kekuatan yang lebih rendah dibanding vulkanisasi karet alam.

b. BR (*butadiene rubber*) atau *polybutadiene rubber*

Dibanding dengan SBR, karet jenis BR lebih lemah, daya lekat lebih rendah, dan pengolahannya juga tergolong sulit. Karet jenis ini jarang digunakan

tersendiri. Untuk membuat suatu barang biasanya BR dicampur dengan karet alam atau SBR.

c. IR (*isoprene rubber*) atau *polyisoprene rubber*

Jenis karet ini mirip dengan karet alam karena sama-sama merupakan polimer isoprene. Dapat dikatakan, bahwa sifat IR yang mirip sekali dengan karet alam, walaupun tidak secara keseluruhan. Jenis IR memiliki kelebihan lain dibanding karet alam, yaitu lebih murni dalam bahan dan viskositasnya lebih mantap.

Selain jenis yang sudah disebutkan di atas ada juga beberapa jenis karet sintesis untuk kegunaan khusus. Jenis ini antara lain IIR (*isobutene isoprene rubber*), NBR (*nytrile butadiene rubber*) atau *acrilonytrile butadiene rubber*, CR (*clhoroprene rubber*), EPR (*ethylene propylene rubber*), karet *akrilat*, karet *polisulfida*, karet *poliuretan*, karet *flour*, karet *epikhlorhidrin*, dan karet silikon. Hanya untuk barang-barang tertentu dan kegunaan spesifik saja yang membutuhkan bahan baku karet sintesis ini. Harga jenis karet ini tergolong mahal. Contohnya karet *flour*, harganya bisa mencapai 45 kali harga karet SBR.

1.8 *Carbon Black*

Carbon black dihasilkan dari pembakaran tidak sempurna suatu sumber karbon, misalnya minyak atau gas. *Carbon black* dapat dihasilkan dari proses-proses yang berbeda, dimana proses pembakaran adalah yang paling sering digunakan saat ini (Donnet *et al*., 1993). Karakteristik dari *carbon black* sangat bergantung pada proses yang digunakan. Dengan mengontrol kondisi manufakturnya, dapat dihasilkan *carbon black* dengan *grades number* yang tinggi.

Penamaan *carbon black* berdasarkan sistem ASTM diawali oleh huruf N atau S, diikuti dengan tiga angka dibelakangnya. Huruf S melambangkan pemanasan yang lambat (*slow curing*) sementara huruf N melambangkan pemanasan yang normal (*normal curing*). Angka pertama setelah huruf N atau S melambangkan ukuran *range* partikel utama. Sementara dua angka terakhir melambangkan struktur *carbon* yang membedakan dengan *carbon* lain yang memiliki ukuran partikel utama yang sama. Sebagai contoh N220 adalah *carbon black* yang dihasilkan dari pemanasan normal dengan ukuran partikel antara 20 nm sampai 25 nm dan memiliki struktur yang tinggi (*Swedish Institution of Rubber Technology*, 1986).

Gambar 2.1 Molekul *Carbon Black*
(http://www.colombianchemical.com)

Sifat fisik *carbon black* ditunjukkan oleh tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1 Sifat fisik *carbon black*

Atomic Number	6
Molecular Weight (g/mol.)	12.0111
Apparent Density (g/cm³)	2.26
Compacted Density (g/l)	120-500
Melting Point (°C)	3727 deg.C
Boiling Point (°C)	4830 deg.C
Surface Area (m²/g)	90-460
Thermal Conductivity (cal/s-cm-°C)	0.057
Mohs Hardness @20°C	2 - 2.9
pH	3-10
Particle Shape	*spherical, irregular, flake, shot, needle, crystal*
Specific Heat @ 25 deg.C	0.165 cal/g
Crystallography	*Hexagonal*

Sifat kimia seperti sifat asam, basa atau *amfoter* dari *carbon black* merupakan sifat kimia yang paling banyak berperan dalam aplikasinya. Sifat asam, basa atau *amfoter* dari *carbon black* disebabkan karena adanya gugus fungsional yang mengandung oksigen yang ada pada permukan karbon dimana hal ini bisa digunakan untuk memperkirakan sifat dari permukaan karbon.

1.9 Komposit

Secara umum komposit dapat didefinisikan sebagai kombinasi antara dua material atau lebih yang berbeda bentuknya, komposisi kimianya, dan tidak saling

melarutkan antar materialnya dimana material yang satu berfungsi sebagai penguat dan material yang lain berfungsi sebagai pengikat untuk menjaga kesatuan unsur-unsurnya.

Dari definisi diatas, komposit terdiri dari material matriks dalam hal ini adalah polimer dan material pengisi (*filler*). Penambahan *filler* ke dalam matriks bertujuan mengurangi densitas, meningkatkan kekakuan dan mengurangi biaya per unit volume (Jastzebski, 1987:522).

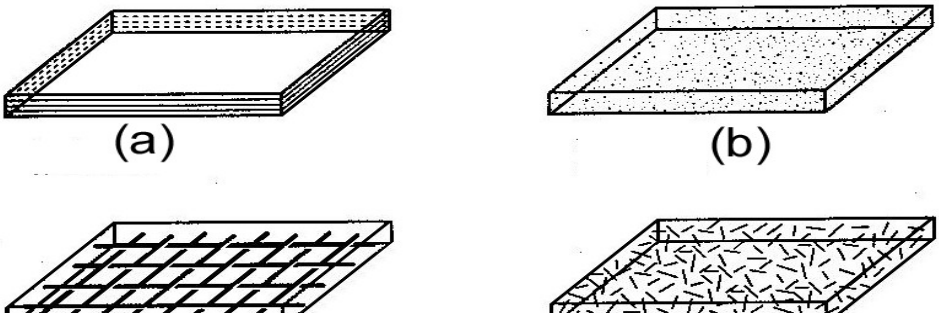
Keuntungan material komposit adalah:
(http:\\www.engr.utk.edu/=cmc/429/lec1/p1.html)

(1) Bobotnya ringan tetapi mempunyai kekuatan dan kekakuan yang baik.
(2) Biaya produksi murah.
(3) Hasil akhir (permukaan dan penampilan) yang baik.
(4) Tahan terhadap korosi.
(5) Umur pemakaian lama.

Sedangkan kekurangan material komposit adalah :

(1) Komposit tertentu peka terhadap perubahan temperatur yang drastis.
(2) Perbaikan pada saat terjadi kerusakan lebih sulit.
(3) Beberapa bahan penyusun komposit mudah terbakar

Karakteristik komposit tergantung dari jenis polimer yang digunakan sebagai matriks, jenis pengisi yang umumnya bahan penguat (*reinforcement*), perbandingan antara polimer dengan penguat (fraksi massa), dan metode penyusunan atau pembuatannya. Gambar 2.2 menunjukan berbagai jenis metode penguatan pada komposit polimer.



Gambar 2.2. : (a) laminar, (b) *particulate,*(c) serat kontinyu, (d) serat tidak kontinyu, (e) *flake*, dan (f) sarang tawon (*honeycomb*).
Sumber : Budinski, 1996 : 121

1.10 Polimer

Polimer merupakan macromolekul yang tersusun dari berbagai pengulangan kelompok atom yang berasal dari bahan organik atau sintetis sehingga mempunyai berat molekul yang besar. Polimer dibentuk oleh reaksi molekul-molekul lebih kecil yang disebut monomer. Monomer-monomer tersebut bergabung melalui sebuah reaksi yang disebut dengan reaksi polimerisasi. Secara garis besar ada dua jenis reaksi polimerisasi, yaitu reaksi adisi dan reaksi kondensasi. Reaksi adisi adalah reaksi dimana ikatan-ikatan rangkap berubah menjadi ikatan tunggal bersamaan dengan terjadinya pemanjangan rantai. Sementara pada reaksi kondensasi adalah pemanjangan rantai molekul terjadi dengan bereaksinya gugus fungsi yang sering disertai dengan pelepasan molekul-molekul kecil, biasanya molekul air.

Umumnya suatu polimer dibangun oleh satuan struktur tersusun secara berulang diikat oleh gaya tarik – menarik yang kuat, yaitu ikatan kovalen, dimana setiap atom dari pasangan terikat memberikan satu elektron untuk membentuk sepasang elektron. Polimer banyak digunakan untuk membuat produk dengan bentuk – bentuk yang sulit dan beragam.

Secara umum polimer memiliki beberapa sifat yang menguntungkan, yaitu :

a. Tahan tehadap korosi kimia.
b. Massa jenis rendah.

c. Dapat diwarnai.

d. Mempunyai permukaan yang baik.

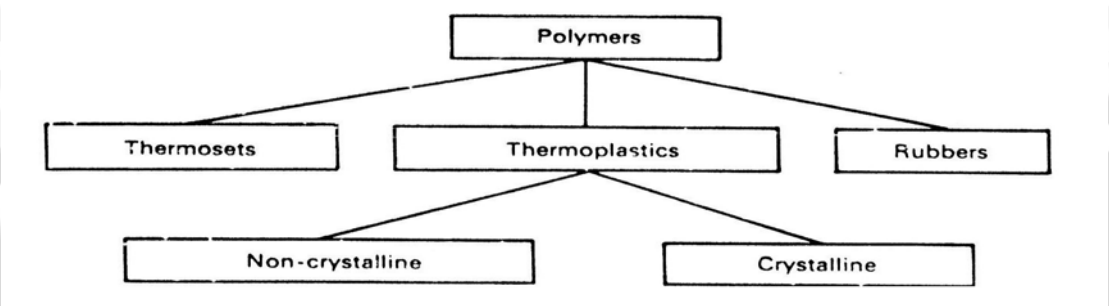
Sedangkan kekurangannya adalah :

a. Mudah rusak pada suhu rendah.

b. Modulus elastisitas (keuletan) rendah.

c. Mudah terbakar.

Berdasarkan klasifikasi penggunaan polimer sebagai matrik dalam komposit, maka polimer dapat diklasifikasikan menjadi tiga yaitu termoset, termoplastik dan karet seperti ditunjukkan pada gambar 2.3 sebagai berikut:



Gambar 2.3. : Klasifikasi Polimer Sebagai Matrik Komposit
Sumber : Matthews and Rawlings, 1994 : 169

2.5.1 Termoplastik

Resin termoplastik memiliki ikatan linier antar monomer-monomernya, sehingga kestabilan struktur kimianya relatif rendah. Reaksi kimianya bersifat *reversible* sehingga dapat didaur ulang. Termoplastik terdiri dari dua jenis yaitu *amorphous* dan kristalin. Rantai-rantai polimer simetrik cenderung kristalin, walaupun tidak pernah 100%. Polimer dengan kristalinitas yang tinggi memiliki titik leleh (Tm) yang agak tajam. Polimer yang semi kristalin (kristalinitasnya rendah) atau amorf sama sekali tidak memiliki titik leleh yang jelas karena susunan molekulnya acak. Segmen-segmen polimer tidak bergerak dan polimer sering rapuh pada suhu di bawah temperatur gelas (Tg). Dengan naiknya temperatur mendekati temperatur gelas, segmen-segmen polimer mulai dapat bergerak. Mobilitas segmen – segmen polimer relatif tinggi pada saat di atas temperatur gelas sehingga dapat mengalir seperti cairan kental.

Dalam kenyataan sulit ditemukan material yang murni kristalin. Sebagai contoh semi kristalin adalah *nylon polyethylene*. Contoh *amorphous* adalah *polysterene* dan *acrylic*.

2.5.2 Termoset

Resin termoset akan mengeras bersama dengan terbentuknya jaringan ikatan kimia monomer, sehingga ikatannya relatif stabil. Sifat ikatan kimia resin ini *irreversible.* Resin termoset terbentuk dari proses pembentukan *crosslinking* atau hubungan silang sehingga tidak dapat dicairkan kembali walaupun diberi panas. Material akan terbakar atau hangus bila diberikan panas yang berlebih.

Sifat mekanik polimer termoset tergantung pada jarak dan kerapatan mata rantai ikatan kimia serta monomer pembentuknya. Contoh jenis termoset yaitu: *polyester, phenolic, alkyds, melamin* dan *epoxy.*

2.5.3 Karet

Karet alam merupakan hasil pengolahan lateks dari pohon *Hevea Brasiliensis*. Saat ini yang menguasai pasar secara luas adalah produk-produk yang berbahan karet sintetis. Untuk meningkatkan karakteristiknya untuk berbagai keperluan penggunaan karet, maka hampir semua jenis karet harus dilakukan proses vulkanisasi, yaitu suatu proses yang pada intinya merubah rantai panjang molekul menjadi rantai *cross-link*.

1.11 Karakteristik Polimer

Pemilihan bahan polimer merupakan pertimbangan yang penting untuk mendapatkan karekteristik yang diinginkan, antara lain:

2.6.1 Massa Jenis

Massa jenis polimer cenderung lebih rendah daripada logam ($2{,}7 gr/cm^3$–$9 gr/cm^3$) dan keramik ($2{,}1 gr/cm^3$-$5{,}3 gr/cm^3$). Oleh karena itu harga per satuan massa jenis polimer sering lebih besar daripada bahan lain. Diperbandingkan dalam volume yang sama, lebih mudah didapat bahan yang lebih ringan dan lebih kuat. Dilihat dari mahal atau murahnya, massa jenis adalah faktor yang penting. Untuk membandingkan bahan-bahan yang menyangkut berat dan volume, selanjutnya bahan polimer kadang-kadang dipakai memperkecil massa jenis dengan pembusaan, karena itu massa jenisnya menjadi lebih penting daripada bahan lain. Polietilen dan polipropilen mempunyai massa jenis lebih kecil dari air, yang memungkinkan membuat suatu barang terapung di atas air. Pada nilon, poliester, polipropilen, polietilen dan seterusnya, yang mengandung

kristal, massa jenis di bagian yang berkristal lebih tinggi daripada di bagian amorf, karena itu massa jenisnya tergantung pada derajat kristalinitasnya. Hubungan antara massa jenis (ρ) dan kristalinitas (χ) dapat dirumuskan sebagai berikut;

$$\rho = \frac{\rho c}{\chi}\left(\frac{\rho - \rho a}{\rho c - \rho a}\right) \quad \text{..... (2.1)}$$

dengan ρ adalah massa jenis bahan, ρc dan ρa adalah masing-masing massa jenis bagian kristal dan amorf, χ adalah kristalinitas (kristalinitas berat), dan χv didapat dari;

$$\chi v = \left(\frac{\rho - \rho a}{\rho c - \rho a}\right) \quad \text{..... (2.2)}$$

dengan χv adalah kristalinitas volume

2.6.2 Sifat Mekanik

Sifat mekanik material polimer cukup unik dengan kelakuan viskoelastisnya yang dominan. Sebagai contoh pemelaran (*creep*) dan relaksasi mudah terjadi, serta pada pengujian tarik karakteristiknya sangat dipengaruhi oleh laju tegangan. Sifat-sifat mekanik material polimer sangat dipengaruhi oleh perubahan temperatur. Oleh sebab itu perlu pemahaman yang cukup tentang sifat-sifat mekanik material polimer sebelum menggunakannya. Secara sederhana, kelakuan viskoelastis merupakan salah satu kekhasan dari bahan polimer. Bahan yang mempunyai kedua sifat elastik dan kental disebut bahan viskoelastik.

Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam penggunaan bahan polimer pada sifat-sifat mekaniknya adalah sebagai berikut:

1) Sifat-sifatnya sangat berubah karena temperatur, kadang-kadang berbeda banyak meskipun dalam daerah temperatur yang relatif rendah. Karena ketahanan panasnya buruk, diperlukan perhatian yang cukup untuk tidak dipakai pada temperatur tinggi.
2) Karena sifat viskoelastik yang dapat diamati, banyak bahan biasa mengalami pemelaran dan relaksasi tegangan. Terutama bagi polietilen dan polipropilen, yang gaya antar molekulnya lemah dan dikonfigurasikan hanya oleh gaya van der Waals. Akan tetapi pada bahan

polimer yang mempunyai banyak ikatan hidrogen dengan gaya antar molekul yang kuat dan demikian juga plastik termoset yang terbentuk dengan ikatan kovalen tiga dimensi, pengaruh tersebut di atas agak kurang.

3) Bahan harus dipilih secara hati-hati karena beberapa diantaranya ketahanan impaknya kecil. Akan tetapi, sekarang telah dikembangkan plastik yang mempunyai kekuatan impak tinggi seperti polikarbonat, polisulfon, poliasetal dan sebagainya.
4) Demikian juga bagi bahan yang tidak tahan lelah. Ada beberapa bahan yang dapat mengatasi tegangan tarik sederhana dan pemelaran tetapi tidak tahan terhadap kelelahan karena terjadi kombinasi beban antara penekanan dan penarikan.
5) Apabila dicelupkan ke dalam minyak, pelarut, air dengan surfaktan dst, beberapa bahan tahan untuk waktu singkat, tetapi apabila disertai tegangan dapat terjadi retak dan akhirnya putus. Terhadap bahan tersebut harus berhati-hati.
6) Regangan sisa dari pencetakan terjadi pada waktu pemanasan, mudah menyebabkan retakan karena tegangan.
7) Bahan yang cukup stabil harus dipilih, menghindari bahan ini yang tidak tahan radiasi ultra violet, oksigen, dst.

2.6.3 Koefisien konduktifitas Termal

Kalor merupakan salah satu bentuk energi yang saat ini banyak diteliti oleh para ahli untuk diambil manfaatnya. Perpindahan kalor merupakan peristiwa perpindahan energi akibat perbedaan temperatur sehingga kalor dapat berpindah dari suhu tinggi ke suhu rendah.

Salah satu bentuk perpindahan kalor yang terjadi adalah perpindahan kalor secara konduksi. Konduksi merupakan perpindahan kalor yang tidak diikuti perpindahan massa. Mekanisme perpindahan kalor pada zat padat ada dua, yaitu melalui angkutan elektron bebas dan dengan getaran kisi. Konduksi dengan mekanisme angkutan elektron terjadi akibat tingginya temperatur pada material yang mengakibatkan pergerakan molekul yang lebih cepat dari pada elektron yang bertemperatur rendah. Elektron-elektron itu bergerak secara acak, saling bertabrakan sehingga terjadi pertukaran energi. Dari peristiwa tersebut elektron yang membawa

temperatur tinggi akan menyerahkan sebagian temperaturnya kepada elektron yang bertemperatur lebih rendah. Mekanisme ini terjadi pada material konduktor (logam). Energi dapat pula berpindah sebagai energi getaran dalam struktur kisi bahan. Getaran kisi adalah berupa gelombang tetap yang bergerak melalui material.

Karena tidak memiliki elektron bebas yang terdapat dalam material non logam, maka perpindahan panas konduksi yang terjadi pada semua bahan non logam adalah dengan getaran kisi. Hal ini mengakibatkan rendahnya nilai koefisien konduktifitas termal pada material jenis ini. Gejala ini dapat dilihat dari besarnya perbedaan temperatur sebelum dengan sesudah melewati material.

Laju perpindahan panas konduksi steady satu dimensi dalam suatu bahan persatuan waktu dalam beda temperatur sebesar ∂T antara kedua sisi permukaan bahan dan luas permukaan bahan sebesar A serta tebal bahan sebesar ∂X dapat dihitung dengan menggunakan persamaan Fourier seperti yang dirumuskan pada persamaan 2.11 sebagai berikut (Holman, 1994 : 26):

$$q_x = -k.A.\frac{\partial T}{\partial x} \quad \text{..... (2.3)}$$

∂T merupakan selisih suhu (T2-T1), sehingga didapatkan persamaan 2.12 sebagai berikut:

$$q_x = k.A.\frac{(T1-T2)}{x} \quad \text{..... (2.4)}$$

dengan:

T_1 = Bagian yang bertemperatur tinggi (^oC)

T_2 = Bagian yang bertemperatur rendah (^oC)

A = Luas penampang bahan (m^2)

x = Tebal bahan (m)

k = Koefisien konduktifitas termal bahan (W/m. ^oC)

q_x = Laju perpindahan panas konduksi (watt)

$\partial T/\partial x$ = Gradien temperatur (^oC /m)

Koefisien konduktifitas termal bahan didefinisikan sebagai laju aliran panas persatuan luas tegak lurus pada arah aliran persatuan gradien suhu. Koefisien konduktifitas termal pada bahan polimer sangat penting pada kecepatan pencetakan dan penggunaan produknya. Polimer memiliki koefisien konduktifitas termal yang rendah sehingga banyak digunakan pada alat-alat elektronik ataupun teknik.

Tabel 2.2 menunjukkan koefisien konduktifitas termal beberapa jenis karet yang paling sering digunakan.

Tabel 2.2. Koefisien konduktifitas termal beberapa jenis karet

Material	Koefisien konduktifitas Termal ($Cal\ sec^{-1}\ cm^{-1}\ deg^{-1}$)
Karet Alam, tanpa vulkanisir	0.00034
Neoprene, tipe GN	0.00046
GR-S, pure gum	0.00059
Acrylonitrile rubber	0.00059
Butyl	0.00022

Sumber: AT McPherson, 1992:102

Ketahanan panas polimer juga harus diperhatikan dalam penggunaannya. Ketahanan panas bahan komposit polimer dipengaruhi oleh keadaan lingkungan, bentuk bahan, macam dan jumlah fraksi volume pengisi (*filler*), serta adanya bahan penstabil. Temperatur tinggi tidak akan berpengaruh banyak terhadap ketahanan panas jika waktunya relatif cepat. Pada temperatur yang lebih rendah dengan waktu yang relatif lama memberikan pengaruh yang besar terhadap kerusakan pada bahan polimer.

1.12 Teori Penguatan Komposit

Kekuatan komposit ditentukan berdasarkan perbandingan jumlah antara matrik dengan pengisinya (*filler*). Dalam hal ini, koefisien konduktifitas termal komposit ditentukan berdasarkan perbandingan fraksi massa *carbon black* sebagai *filler* dan karet alam sebagai matrik.

Untuk semua nilai koefisien konduktifitas termal spesimen:

$$q_c' = q_f' \frac{M_f}{M_f + M_m} + q_m' \frac{M_m}{M_f + M_m} \quad \text{..... (2.5)}$$

dimana q' menunjukkan nilai koefisien konduktifitas termal dan M menunjukkan fraksi massa komponen di dalam komposit. Indeks *c, f* dan *m* menunjukkan komposit, *filler* dan matrik. Persamaan (2.5) ini dikenal sebagai aturan campuran (*rule of mixture*).

1.13 Metode Pembuatan Komposit Karet

Prinsip pengolahan karet adalah mengubah lateks segar menjadi lembaran karet. Lateks yang telah dibekukan dan diasapi akan dibentuk menjadi lembaran menggunakan

rubber mill. Karet yang telah berbentuk lembaran kemudian dicetak dengan proses penekanan manual dengan pemanasan untuk menghasilkan bentuk yang diinginkan.

1.14 Hipotesis

Dari teori dan penelitian sebelumnya diketahui bahwa penambahan material *carbon black* sebagai *filler* pada komposit matriks polimer akan menaikkan nilai koefisien konduktifitas termal, karena nilai koefisien konduktifitas termal *carbon black* lebih tinggi daripada nilai koefisien konduktifitas termal karet alam.

BAB III
METODOLOGI PENELITIAN

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimental sejati *(true experimental research)*. Data-data dan informasi tambahan didapatkan dari studi literatur berupa buku, internet dan jurnal.

3.2 Variabel Penelitian

Variabel penelitian terdiri dari tiga macam yaitu varibel bebas dan variabel terikat dan variabel terkendali.

a. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi variabel lain. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah perbandingan fraksi massa *carbon black* yaitu : (0 phr (*per hundred rubber*)), (20 phr), (40 phr), (60 phr) dan (80 phr)

b. Variabel Terikat

Variabel ini dipengaruhi oleh variabel lain, variabel ini disebut juga variabel terikat. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah koefisien konduktifitas termal produk hasil.

c. Variabel Terkendali

Variabel terkendali dalam penelitian ini adalah temperatur karet pada mesin tekan *manual* 160 °C, temperatur *rubber mill* 75 ^{o}C dan putaran rotor *rubber mill* sebesar 77 rpm.

3.3 Alat dan Bahan yang Digunakan

3.3.1 Alat yang digunakan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian adalah:

a. Cetakan spesimen.

   Cetakan spesimen digunakan untuk membentuk spesimen sesuai dengan bentuk yang diinginkan.

b. *Stop Watch*.

   Untuk mengukur waktu yang dibutuhkan dalam proses pembuatan komposit.

c. Timbangan digital.

Untuk mengukur massa tiap bahan yang digunakan dalm pembuatan komposit.

d. Mesin tekan (*press tool*) manual dengan pemanas.

Alat ini bertujuan menekan cetakan spesimen dan memberikan panas pada spesimen.

Gambar 3.1 : Alat tekan manual dengan pemanas
Sumber : Indah (Karet *home industry*)

e. Mesin *rubber mill*.

Alat ini digunakan untuk membentuk campuran komposit karet alam dengan *carbon black* dengan penambahan zat adiktif. Dengan spesifikasi sebagai berikut :

Model	: XK – 400
Diameter rol	: 400 mm
Panjang rol	: 1000 mm
Daya motor	: 45 KW
Kecepatan putar rol	: 19,12 $M/_{\text{min}}$
Rasio kecepatan putar	: 1 : 1,27
Produksi	: DALIAN LUSHUN RUBBER AND PLASTIC MACHINERY WORK.
Tahun pembuatan	: 1994

Gambar 3.2: *Rubber mill*
Sumber : PT. New World

f. *Thermocouple*.

Untuk mengukur temperatur spesimen selama proses pengujian.

g. *Thermal Conductivity Measurement Apparatus*

Alat ini digunakan untuk mengetahui nilai koefisien konduktifitas termal dari material. Spesifikasinya adalah sebagai berikut:

Model : HVS – 40 – 200SE
Temperatur maksimal : 200 ^{o}C
Produksi : OGAWA SEIKI CO.LTD
Tahun pembuatan : 1987

Gambar 3.3: *Thermal conductivity measuring apparatus*
Sumber : Laboratorium Phenomena Dasar Mesin

3.3.2 Bahan yang digunakan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

a. Karet alam jenis RSS (*ribbed smoke sheet*) 1.
b. *Filler* digunakan *carbon black grade* N330.

3.4 Tempat dan Waktu Penelitian

Untuk memperoleh data yang dipakai dalam penyusunan skripsi, penelitian dilaksanakan pada bulan Maret 2007 sampai dengan Mei 2007 di:

a. Laboratorium Fenomena Dasar Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Brawijaya.
b. PT. New World, Jl. Sumber Pacar no. 1, Lawang – Malang.
c. Karet home industry, Jl. Perusahaan gg.III RT.02 RW.08 Tunjung Tirto, Singosari – Malang.

3.5 Prosedur Pembuatan Spesimen Komposit

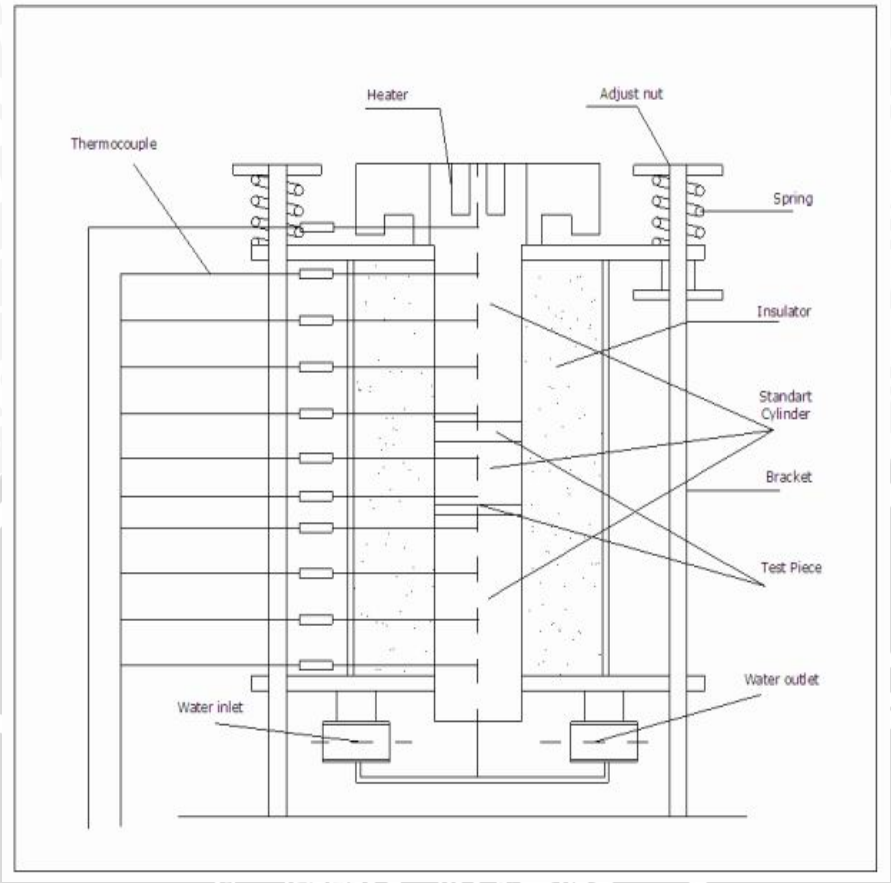
a. Karet alam jenis RSS 1 dimastikasi menggunakan mesin *rubber mill* selama kurang lebih 1,75 menit .
b. Kemudian bahan kimia khusus karet berupa Arpus dicampurkan kedalam mesin *rubber mill* untuk diaduk selama 1 menit.
c. Setelah karet telah bercampur dengan Arpus, *carbon black* dimasukkan kedalam mesin *rubber mill* secara bertahap selama kurang lebih 3 menit.

d. Asam stearat, ZnO, TMQ dan ULTRA lub ditambahkan untuk kemudian dicampurkan kedalam *rubber mill* selama kurang lebih 1 menit.
e. Tahap akhir dari penambahan bahan kimia adalah pencampuran PVI dan CBS.
f. Untuk pencetakan, karet dibentuk dalam bentuk lembaran.
g. Karet kemudian dicetak dengan mesin tekan (*press*) *manual* dengan pemanasan.
h. *Finishing* untuk mendapatkan bentuk spesimen uji koefisien konduktifitas termal.

3.6 Metode Pengujian Koefisien konduktifitas Termal

Pengujian koefisien konduktifitas termal dilakukan dengan menggunakan *thermal conductivity measuring apparatus* yang memerlukan dua spesimen yang mempunyai diameter sama tetapi tebalnya berbeda untuk tiap-tiap pengujian. Pada dasarnya pengujian ini dilakukan untuk mencari beda temperatur pada dua belah sisi spesimen. Dari perubahan temperatur yang dihasilkan kedua belah sisi tersebut nantinya akan diolah untuk mencari nilai koefisien konduktifitas termal spesimen. Langkah-langkah pelaksanaan pengujian adalah :

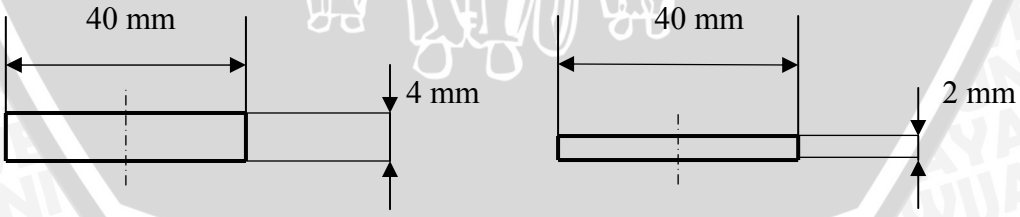
a. Benda uji dipasang, dimana spesimen dengan tebal 4 mm di posisi atas dan spesimen dengan tebal 2 mm di bawah.
b. Logam penghantar panas dihimpitkan tepat diatas spesimen.
c. Batang logam dan spesimen ditutup dengan selubung penutup utuk menghindari pengaruh konveksi dari udara sekitar.
d. Suhu maksimum pemanasan diatur pada 100 ^{o}C
e. *Heater* dinyalakan dan ditunggu beberapa saat sampai suhu benar-benar stabil mencapai 100 ^{o}C.
f. Data temperatur diambil pada tiap-tiap titik sensor.
g. Pengulangan dilakukan sebanyak 3 kali untuk tiap-tiap persentase penambahan fraksi massa.
h. Untuk pergantian jenis spesimen dengan persentase fraksi massa yang berbeda, batang penghantar ditunggu sampai dingin dan dilakukan pengulangan langkah a sampai f.



Gambar 3.4: Instalasi uji koefisien konduktifitas termal

Sumber : Laboratorium Phenomena Dasar Mesin

Gambar 3.5 menunjukkan spesimen yang digunakan dalam pengujian koefisien konduktifitas termal.



Gambar 3.5: Spesimen uji koefisien konduktifitas termal

Tabel 3.1. Dimensi spesimen uji hantaran panas *k*

Spesimen	Diameter (d)	Tebal (t)	Volume (V)
I	40 mm	4 mm	5.024 mm^3
II	40 mm	2 mm	2.512 mm^3

3.7 Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian ini merupakan cara untuk menentukan keberhasilan suatu penelitian atau eksperimen dan juga menentukan analisa yang tepat sehingga didapat suatu analisa dan kesimpulan yang tepat.

Pencatatan data merupakan hal yang sangat penting dalam proses analisa data untuk memperoleh informasi tentang sesuatu hal yang benar. Oleh karena itu diperlukan ketelitian serta adanya sampel yang cukup mewakili populasi dari masalah yang akan diteliti.

Data yang telah diperoleh kemudian diolah dengan analisa statistik dengan mengunakan analisa varian satu arah dan analisa regresi.

3.7.1 Analisa Varian Satu Arah

Berdasarkan analisa varian satu arah akan diketahui ada tidaknya pengaruh fraksi massa *carbon black* terhadap koefisien konduktifitas termal karet alam. Hasil komposit karena pengaruh variasi fraksi massa dianggap sebagai μ_1 = 0 % C, μ_2 = 10 %, μ_3 = 20%, μ_4 = 30 %, μ_5 = 40 %. Maka hipotesis penelitian ditulis sebagai berikut :

H_0 : $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$ (tidak ada pengaruh nyata terhadap variasi fraksi massa *carbon black* terhadap koefisien konduktifitas termal komposit karet alam).

VS

H_1 : $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$ (ada pengaruh nyata terhadap variasi fraksi massa *carbon black* terhadap koefisien konduktifitas termal komposit karet alam).

Tabel 3.2 Tabel pengamatan koefisien konduktifitas termal

Fraksi Massa *Carbon Black* (phr)	**Data Koefisien konduktifitas Termal (Cal sec^{-1} cm^{-1} deg^{-1})**		
	1	**2**	**3**
0	Y_{11}	Y_{12}	Y_{13}
20	Y_{21}	Y_{22}	Y_{23}
40	Y_{31}	Y_{32}	Y_{33}
60	Y_{41}	Y_{42}	Y_{43}
80	Y_{51}	Y_{52}	Y_{53}

Berdasarkan pada tabel :

- Jumlah seluruh perlakuan = $\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{k} Y_{ij}$ .....(3.1)
- Jumlah kuadrat seluruh perlakuan = $\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{k} Y_{ij}^{\ 2}$ .....(3.2)
- Faktor koreksi (FK)

$$fk = \frac{\left(\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} Y_{ij}\right)^2}{\sum ni} \quad \text{.....(3.3)}$$

- Jumlah kuadrat total (JKT)

$$JKT = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{k} Y_{ij}^{\ 2} - fk \quad \text{.....(3.4)}$$

- Jumlah kuadrat perlakuan (JKP)

$$JKP = \frac{\sum_{j=1}^{k}\left[\sum_{i=1}^{n} Y_{ij}\right]^2}{ni} - fk \quad \text{.....(3.5)}$$

- Jumlah kuadrat galat (JKG)

$$JKG = JKT - JKP \quad \text{.....(3.6)}$$

- Kuadrat tengah perlakuan (KTP)

$$KTP = \frac{JKP}{k-1} \quad \text{.....(3.7)}$$

- Kuadrat tengah galat (KTG)

$$KTG = \frac{JKG}{db} \quad \text{.....(3.8)}$$

- Nilai F_{hitung}

$$F_{hitung} = \frac{KTP}{KTG} \quad \text{.....(3.9)}$$

Tabel 3.3 Analisa varian satu arah

Sumber Kevarianan	Derajat bebas	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Rata-rata	F_{hitung}	F_{tabel}
Perlakuan	k-1	JKP	KTP	F_{hitung}	$F(\alpha, k, db)$
Galat	k(n-1)	JKG	KTG		
Total	nk-1	JKT			

Pengujian ada tidaknya pengaruh perlakuan adalah dengan membandingkan antara F_{hitung} dengan F_{tabel}

1. Jika $F_{hitung} > F(\alpha, k, db)$ berarti H_o ditolak, menyatakan bahwa ada perbedaan yang berarti antara komposisi fraksi volume serbuk kaca (%) terhadap kekuatan tarik dan kekuatan tekuk.
2. Jika $F_{hitung} < F(\alpha, k, db)$ berarti H_o ditolak, menyatakan bahwa tidak ada perbedaan yang berarti antara komposisi fraksi volume serbuk kaca (%) terhadap kekuatan tarik dan kekuatan tekuk.

3.7.2 Interval Penduga

merupakan perhitungan statistik untuk menentukan interval pendugaan rata-rata dari data diatas. Persamaan – persamaan yang dipakai adalah :

- Data rata-rata

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad \text{..... (3.10)}$$

- Standar Deviasi

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum \left(x - \bar{x}\right)^2}}{n-1} \quad \text{..... (3-11)}$$

- Standar Deviasi Rata-rata

$$\bar{\sigma} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad \text{..... (3-12)}$$

- Interval penduga

$$\bar{x} - t\left(\frac{\alpha}{2}; db\right)\bar{\sigma} < \mu < \bar{x} + t\left(\frac{\alpha}{2}; db\right)\bar{\sigma} \quad \text{..... (3-13)}$$

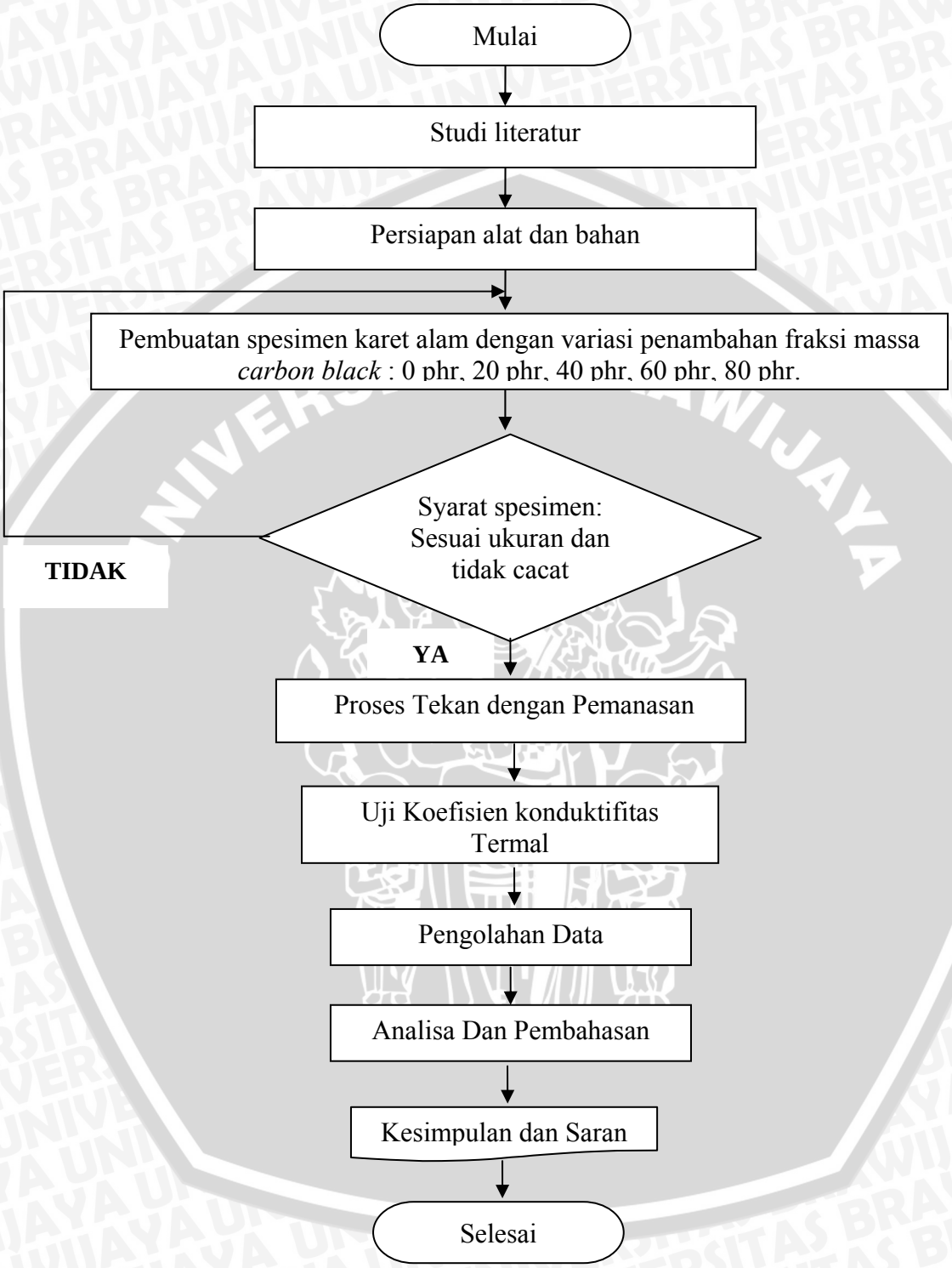
3.7.3 Analisa Regresi

Untuk mencari hubungan dan seberapa besar pengaruh variasi fraksi massa *carbon black* terhadap koefisien konduktifitas termal komposit karet alam, digunakan analisa regresi untuk mengetahui persamaan regresi.

Persamaan regresi yang dipakai adalah model polinomial, dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut :

$$Y = a + bX + cX^2 \quad \text{..... (3-14)}$$

3.8 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.6: Diagram Alir Penelitian

BAB IV
ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Uji Koefisien konduktifitas termal

4.1.1. Data hasil Pengujian Koefisien konduktifitas termal

Dari hasil pengujian koefisien konduktifitas termal yang dilakukan dengan menggunakan *thermal conductivity measuring apparatus* pada komposit karet alam dengan variasi fraksi massa *carbon black*, didapatkan data-data yang ditunjukkan pada tabel 4.1 sebagai berikut :

Tabel 4.1 Data Nilai Koefisien konduktifitas termal (Watt/m ^oC)

Perlakuan / Ulangan	Fraksi Massa *Carbon Black* (phr)				
	0	20	40	60	80
1	0,350062	0,4753	0,5626	0,624168	0,540537
2	0,344593	0,4753	0,742199	0,551348	0,424114
3	0,350062	0,459457	0,648645	0,636171	0,540537
Jumlah	1,044717	1,410057	1,953444	1,811687	1,505189
Rata-rata	0,348239	0,470019	0,651148	0,603896	0,50173

CONTOH PERHITUNGAN :

Nilai koefisien konduktifitas termal spesimen dengan *filler* 40 phr pengulangan ke 3

Diketahui : Temperatur (^{o}C) : t_1=100; t_2=94; t_3=91; t_4=90; t_5=33; t_6=32; t_7=26; t_8=26; t_9=25; t_{10}=24

Koefisien konduktifitas termal Cu; k_R = 320,00 cal/mh ^oC

Tebal spesimen L_a = 2 mm

L_b = 4 mm

L_R = 27 mm

Gradien temperatur Δt_a = 6 ^oC

Δt_b = 57 ^oC

Dicari : k = ?

Jawab: $\Delta t_R = (\Delta t_{2-3} + \Delta t_{3-4} + \Delta t_{7-8} + \Delta t_{8-9} + \Delta t_{9-10})/5$

$= (3+1+0+1+1)/5$

$= 1{,}2\ ^0C$

$$k_a = \frac{\Delta t_R \ .L_a}{\Delta t_a .L_R}.k_R$$
$$= \frac{2\,x\,2}{6\,x\,27}\,x\,320$$
$$= 4{,}74\,kcal/mh^oC$$

$$k = \frac{.L_b - L_a}{\frac{L_b}{k_b} - \frac{L_a}{k_a}}$$
$$= \frac{4-2}{\frac{4}{0{,}99} - \frac{2}{4{,}74}}$$
$$= 0{,}557734\,kcal/mh^oC$$
$$\approx 0{,}648645\,watt/m^oC$$

$$k_b = \frac{\Delta t_R \ .L_b}{\Delta t_b .L_R}.k_R$$
$$= \frac{2\,x\,4}{57\,x\,27}\,x\,320$$
$$= 0{,}99\,kcal/mh^oC$$

4.1.2. Analisa Varian Koefisien konduktifitas termal

Berdasarkan analisa varian satu arah akan diketahui ada tidaknya pengaruh fraksi massa *carbon black* terhadap koefisien konduktifitas komposit karet alam. Hasil komposit karena pengaruh variasi fraksi massa dianggap sebagai μ_1, μ_2, μ_3, μ_4, μ_5, maka hipotesis penelitian dapat ditulis sebagai berikut :

H_0 : $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$ VS

H_1 : $\mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$

Perhitungan varian satu arahnya adalah sebagai berikut :

1. Jumlah Seluruh Perlakuan

$$\sum_{n=1}^{n}\sum_{j=1}^{k} Yij = 7{,}725094$$

2. Jumlah Kuadrat Seluruh Perlakuan

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{k} Yij^2 = 4{,}177389$$

3. Faktor Koreksi (FK)

$$\frac{\left[\sum_{n=1}^{n}\sum_{j=1}^{k} Yij\right]^2}{\sum ni} = \frac{7{,}725094^{\ 2}}{15} = 3{,}978472$$

4. Jumlah Kuadrat Total (JKT)

$$\sum_{n=1}^{n}\sum_{j=}^{k} Yij^2 - FK = 4{,}177389 - 3{,}978472$$

$$= 0{,}198917$$

5. Jumlah Kuadrat Perlakuan (JKP)

$$\frac{\sum_{j=1}^{k}\left[\sum_{i=1}^{n} Y_{ij}\right]^2}{n} - FK = \frac{12{,}44344}{3} - 3{,}978472$$

$$= 0{,}169342$$

6. Jumlah Kuadrat Galat (JKG)

$$JKT - JKP = 0{,}198917 - 0{,}169342$$

$$= 0{,}029575$$

7. Kuadrat Tengah Perlakuan (KTP)

$$\frac{JKP}{k-1} = \frac{0{,}169342}{5-1}$$

$$= 0{,}042336$$

8. Kuadrat Tengah Galat (KTG)

$$\frac{JKG}{N-k} = \frac{0{,}029575}{15-5}$$

$$= 0{,}002957$$

Sehingga F_{hitung} adalah

$$F_{hitung} = \frac{KTP}{KTG} = \frac{0{,}042336}{0{,}002957}$$

$$= 14{,}31472$$

Dengan menentukan tingkat kesalahan (α) adalah 5%, maka untuk F_{tabel} (α ; k-1 ;N-k) = F_{tabel} (0,05; 4; 10) adalah 3,48

Dari perhitungan dapat dibuat tabel 4.2 sebagai berikut :

Tabel 4.2 : Analisa Varian Satu Arah

Sumber Varian	db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Rata-rata	F_{hitung}	F_{tabel}
Perlakuan	4	0,169342	0,042336	14,31472	3,48
Galat	10	0,029575	0,002957		
Total	14	0,198917			

Dari hasil perhitungan terlihat $F_{hitung} > F_{tabel}$, maka H_0 ditolak dan H_1 diterima yang berarti ada pengaruh penambahan fraksi massa *carbon black* terhadap koefisien konduktifitas termal komposit karet alam dengan resiko kesalahan 5%.

4.1.3. Interval Penduga Koefisien konduktifitas termal

Berikut ini salah satu contoh perhitungan statistik nilai koefisien konduktifitas termal untuk data spesimen dengan penambahan *carbon black* sebesar 40 phr :

1. Data rata-rata $(\bar{x})$.

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} = \frac{1,953444}{3} = 0,651148$$

2. Standar deviasi (σ).

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x-\bar{x})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,127033}{2}} = 0,089826$$

3. Standar deviasi rata-rata $(\bar{\sigma})$.

$$\bar{\sigma} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{0,089826}{\sqrt{3}} = 0,051861$$

4. Interval penduga rata-rata koefisien konduktifitas termal.

Derajat kebebasan (db) = n – 1 = 3 – 1 = 2

Dengan mengambil α = 5 %, maka $t\left(\alpha/2; db\right) = (0.025; 2) = 4,303$

$$\bar{x} - t\left(\frac{\alpha}{2}, db\right)\bar{\sigma} < \mu < \bar{x} + t\left(\frac{\alpha}{2}, db\right)\bar{\sigma}$$

$$0,651148 - (4,303 \times 0,051861) < \mu < 0,651148 + (4,303 \times 0,051861)$$

$$0,42799 < \mu < 0,874306$$

dimana nilai μ fraksi massa *carbon black* 40 phr sebesar 0,651148

Interval pendugaan rata-rata koefisien konduktifitas termal spesimen dengan *filler* 40 phr adalah antara 0,42799 watt/m^{o}C sampai dengan 0,874306 watt/m^{o}C, dengan tingkat keyakinan 95%.

Dengan cara yang sama maka dapat ditentukan interval dugaan rata-rata untuk spesimen dengan prosentase spesimen yang lain. Seperti yang terlihat pada tabel 4.3 berikut :

Tabel 4.3 Interval pendugaan rata-rata nilai koefisien konduktifitas termal

Fraksi Massa (phr)	1.15 Koefisien konduktifitas termal
0	0,340394 < μ < 0,356084
20	0,447294 < μ < 0,492744
40	0,427990 < μ < 0,874306
60	0,489861 < μ < 0,717930
80	0,334740 < μ < 0,668720

4.1.4. Analisa Regresi Koefisien konduktifitas termal

Pada analisa ini digunakan persamaan regresi polinomial dengan persamaan umum sebagai berikut:

$$Y = a + bX + cX^2$$

Dari penurunan S secara parsial didapatkan dua persamaan sebagai berikut :

$$\sum_{i=1}^{n} Y_i = na + b\sum_{i=1}^{n} X_i + c\sum_{i=1}^{n} X_i^2$$

$$\sum_{i=1}^{n} X_i Y_i = a\sum_{i=1}^{n} X_i + b\sum_{i=1}^{n} X_i^2 + c\sum_{i=1}^{n} X_i^3$$

$$\sum_{i=1}^{n} X_i^2 Y_i = a\sum_{i=1}^{n} X_i^2 + b\sum_{i=1}^{n} X_i^3 + c\sum_{i=1}^{n} X_i^4$$

Dari data koefisien konduktifitas termal yang diperoleh, dapat dibuat tabel seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 perhitungan analisa regresi pada koefisien konduktifitas termal

No.	X	Y	$Y-\overline{Y}$	XY	X^2	X^2Y	X^3	X^4	$(Y-\overline{Y})^2$
1	0	0,350062	-0,16494	0	0	0	0	0	0,027207
2	0	0,344593	-0,17041	0	0	0	0	0	0,029041
3	0	0,350062	-0,16494	0	0	0	0	0	0,027207
4	20	0,4753	-0,03971	9,506003	400	190,1201	8000	160000	0,001577
5	20	0,4753	-0,03971	9,506003	400	190,1201	8000	160000	0,001577
6	20	0,459457	-0,05555	9,189136	400	183,7827	8000	160000	0,003086
7	40	0,5626	0,047594	22,50401	1600	900,1602	64000	2560000	0,002265
8	40	0,742199	0,227193	29,68798	1600	1187,519	64000	2560000	0,051617
9	40	0,648645	0,133639	25,9458	1600	1037,832	64000	2560000	0,017859
10	60	0,624168	0,109161	37,45006	3600	2247,004	216000	12960000	0,011916
11	60	0,551348	0,036342	33,08089	3600	1984,853	216000	12960000	0,001321
12	60	0,636171	0,121165	38,17026	3600	2290,215	216000	12960000	0,014681
13	80	0,540537	0,025531	43,24299	6400	3459,439	512000	40960000	0,000652
14	80	0,424114	-0,09089	33,92912	6400	2714,329	512000	40960000	0,008261
15	80	0,540537	0,025531	43,24299	6400	3459,439	512000	40960000	0,000652
Σ	600	7,725094	0	335,4552	36000	19844,81	2400000	169920000	0,198917
Σ/n	40	0,515006							

Dari tabel di atas disusun persamaan sebagai berikut :

$7{,}725094 = 15a + 600b + 3600c$

$335{,}4552 = 600a + 36.000b + 2.400.000c$

$19844{,}81 = 36.000a + 2.400.000b + 169.920.000c$

Dari persamaan di atas didapatkan nilai a, b dan c :

$a = 0{,}330224$

$b = 0{,}011865$

$c = -0{,}00012$

Setelah didapatkan nilai a dan b maka dapat disusun persamaan regresinya sebagai berikut :

$$Y = 0{,}330224 + 0{,}011865X - 0{,}00012X^2$$

dengan Y merupakan variabel terikat dan X merupakan variabel bebas.

Perhitungan koefisien korelasi (r^2)

$$r^2 = \frac{\left\{ b\left(\sum_{i=1}^{n} X_i Y_i - \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i \sum_{i=1}^{n} Y_i}{n} \right) + c\left(\sum_{i=1}^{n} X_i^2 Y_i - \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i^2 \sum_{i=1}^{n} Y_i}{n} \right) \right\}}{\sum_{i=1}^{n} \left(Y_i - \overline{Y} \right)^2} \times 100\%$$

Sehingga koefisien korelasinya diperoleh :

$$r^2 = \frac{\left\{ 0{,}011865\left(335{,}4552 - \frac{600 \times 7{,}725094}{15} \right) - 0{,}00012\left(1984{,}481 - \frac{36000 \times 7{,}725094}{15} \right) \right\}}{0{,}198917} \times 100\%$$

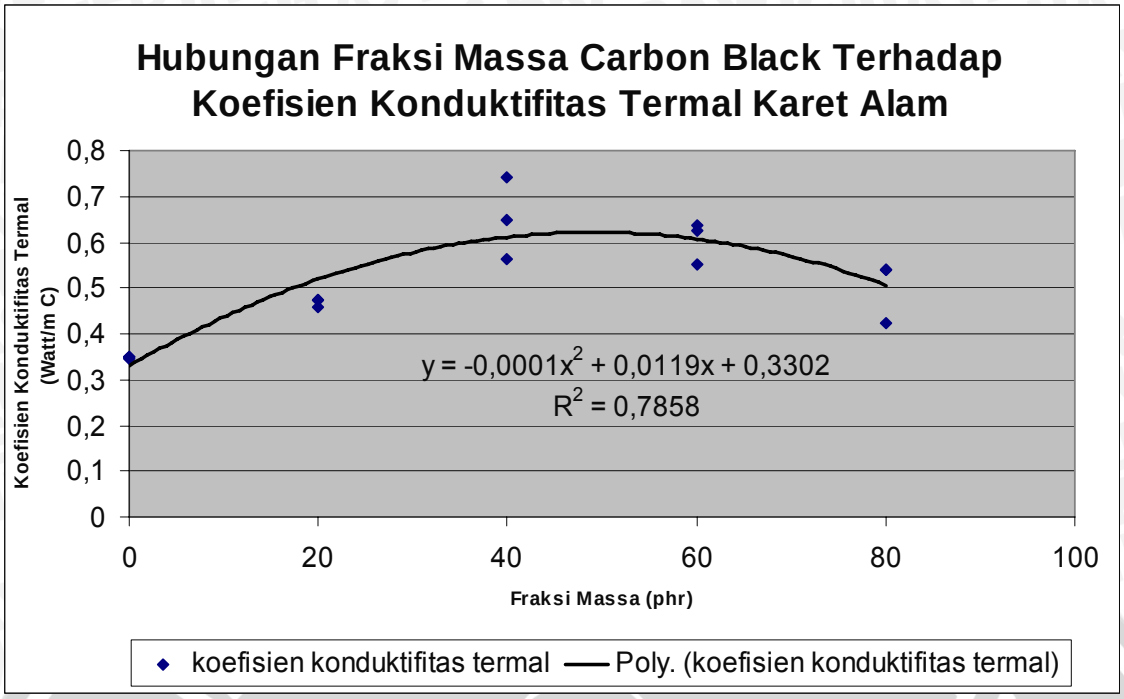
$$= 0{,}785802$$

4.2. Grafik Dan Pembahasan

4.2.1. Analisa Penambahan Fraksi Massa *Carbon Black* Terhadap Koefisien Koefisien konduktifitas Termal Komposit Karet Alam

Berdasarkan hasil analisa varian satu arah seperti ditunjukkan pada tabel 4.2, nilai F_{hitung} lebih besar dari pada nilai F_{tabel}. Besarnya nilai F_{hitung} ini mengartikan bahwa dugaan awal sesuai dengan kenyataan hasil eksperimen yaitu dengan penambahan fraksi massa *carbon black* akan mempengaruhi nilai koefisien konduktifitas termal komposit karet alam secara nyata.

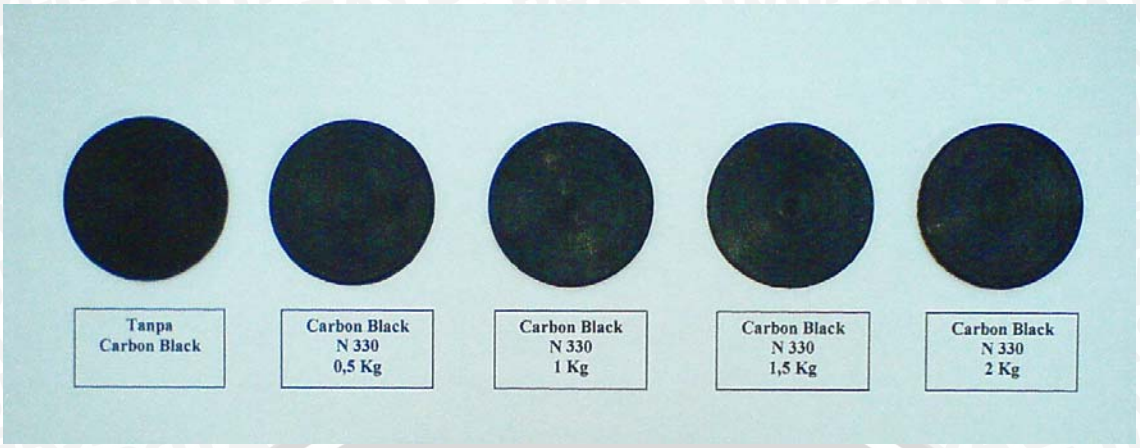
Analisa interval penduga pada tabel 4.3 menunjukkan bahwa data hasil pengujian koefisien konduktifitas termal untuk semua pengulangan, masuk diantara batasan maksimum dan minimum. Pendugaan rata-rata tersebut dapat diartikan bahwa data pengulangan adalah seragam dalam sifat koefisien konduktifitas termalnya. Analisa statistik ini menggunakan derajat kesalahan 5%, berarti analisa yang dipakai memiliki tingkat keyakinan sebesar 95%.



Gambar 4.1: Grafik pengaruh *fraksi massa carbon black* terhadap koefisien konduktifitas termal komposit karet alam.

Gambar 4.1 menggambarkan kurva meningkat seiring bertambahnya persentase fraksi massa *carbon black*. Peningkatan kurva tersebut dapat diartikan bahwa dengan semakin meningkatnya fraksi massa yang ditambahkan ke dalam karet alam, maka semakin tinggi nilai koefisien konduktifitas termal komposit karet alam tersebut. Penambahan *carbon black* diatas 40 phr (*per hundred rubber*) mengalami penurunan nilai koefisien konduktifitas termal namum masih lebih tinggi bila dibandingkan dengan karet alam tanpa penambahan *carbon black*. Kecenderungan nilai koefisien konduktifitas termal turun setelah 40 phr disebabkan *carbon black* cenderung lebih mudah bereaksi dengan sesamanya dibandingkan dengan karet alam sehingga terjadi penggumpalan atau agglomerasi. Agglomerasi menyebabkan penyebaran *carbon black* tidak merata sehingga kemampuan termal komposit karet alam menurun. Nilai koefisien konduktifitas termal terendah dihasilkan oleh spesimen tanpa penambahan fraksi massa *carbon black,* yaitu sebesar 0,348239 W/m ^{o}C. Nilai koefisien konduktifitas termal tertinggi dihasilkan oleh spesimen dengan penambahan fraksi massa *carbon black* sebanyak 40 phr, yaitu sebesar 0,651148 W/m ^{o}C.

Gambar 4.2 menunjukkan spesimen setelah uji koefisien konduktifitas termal pada temperatur 100^{0}C tidak hangus karena karet alam memiliki ketahanan panas sekitar 130^{0}C dan titik leleh *carbon black* adalah sebesar 3727^{0}C.



Gambar 4.2 : Material uji koefisien konduktifitas termal

Mekanisme konduksi pada *carbon black* dan karet alam adalah melalui mekanisme getaran kisi dimana panas merambat dengan cara menggetarkan atom-atom secara berurutan sehingga panas akan bertukar dari atom satu ke atom sebelahnya. Perpindahan panas dengan getaran kisi menghasilkan nilai koefisien konduktifitas termal material yang sangat rendah. Indikasi yang bisa diamati dari mekanisme ini adalah besarnya perbedaan temperatur sebelum dengan sesudah melewati material.

Berdasarkan dasar teori yang ada bahwa nilai koefisien konduktifitas termal *carbon black* lebih besar jika dibandingkan dengan nilai koefisien konduktifitas termal karet alam, sehingga penambahan *filler carbon black* ke dalam komposit, akan meningkatkan nilai koefisien konduktifitas termal komposit tersebut.

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Dari hasil analisa data dan pembahasan yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya, didapatkan kesimpulan bahwa jumlah fraksi massa *carbon black* berpengaruh terhadap koefisien konduktifitas termal komposit karet alam. Penambahan fraksi massa *carbon black* memberikan efek penguatan positif terhadap koefisien konduktifitas termal komposit karet alam. Hal ini ditunjukkan dengan:

- Nilai koefisien konduktifitas termal tertinggi dihasilkan oleh spesimen dengan penambahan fraksi massa *carbon black* sebanyak 40 phr, yaitu sebesar 0,651148 W/m ^{o}C.
- Nilai koefisien konduktifitas termal terendah terdapat pada spesimen dengan penambahan fraksi massa *carbon black* sebanyak 0 phr, yaitu sebesar 0,348239 W/m ^{o}C.

5.2. Saran

- Pengukuran temperatur komposit dengan *thermocouple* mempunyai tingkat ketelitian 1 derajat. Perlu dilakukan penelitian dengan metode lain, dengan ketelitian temperatur lebih tinggi.
- Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai aliran termal didalam komposit karet alam.

DAFTAR PUSTAKA

Bellander, Martin. 1998. *High Pressure Vulcanization*. Department of Polymer Technology Royal Institute of Technology Stockholm.

Budinski, Kenneth G. 1996. *Engineering Material*: *Properties and Selection.* New Jersey: Prentice Hall.

Hifni, H.M. 1993. Metode Statistika. Malang: Koperasi Mahasiswa Universitas Brawijaya.

Holman, J.P. 1994. Perpindahan Kalor: Edisi keenam. Terjemahan E. Jasjfi. Jakarta: Erlangga.

Ichazo. M. N. *et al*. 2005. *Natural Rubber Filled With Woodflour ; Influence of Particle Size*. Budapest : Proceeding of the 8th Polymers for Advanced Technologies International Symposium.

Jastzebski, Zbignew D. 1987. *The Nature and Properties of Engineering Material*. New York: John Wiley & Sons.

Matthew, F. L and Rawlings, R. D. 1994. *Composites Materials : Engineering And Science*, Chapman & Hall, London.

McPherson, A. T. 1956. *Engineering Uses of Rubber*. New York : Reinhold Publishing Corporation.

Morton, Maurice. 1959. *Introduction to Rubber Technology*. New York : Reinhold Publishing Corporation.

Tim Penulis PS, 1992. Seri Agribisnis Karet. Jakarta : PT. Penebar Swadaya

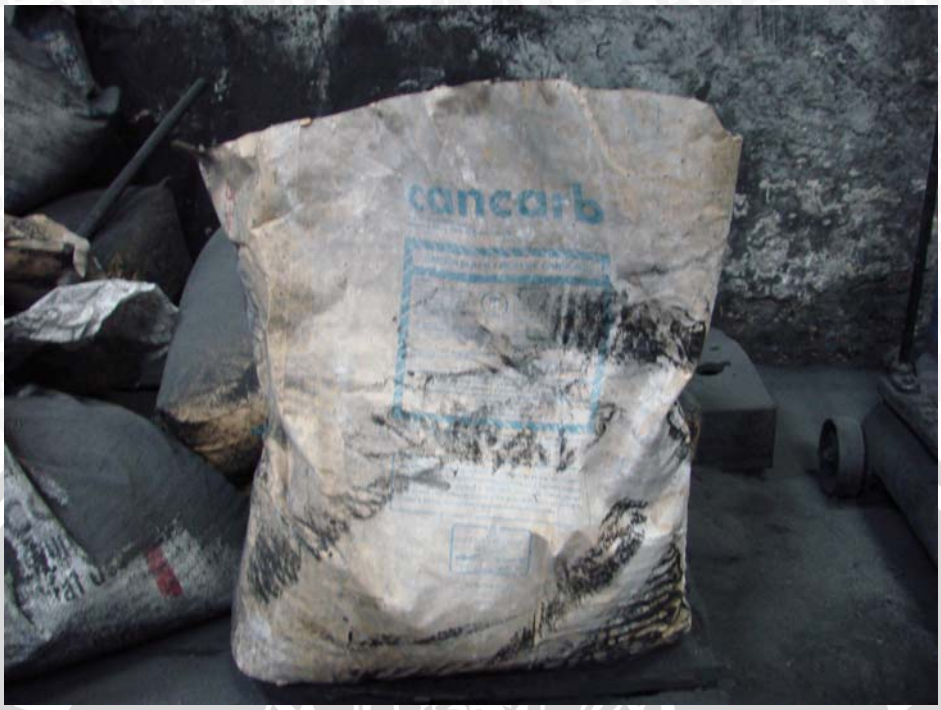
Surdia, Tata. 1999. Pengetahuan Bahan Teknik. Jakarta : Pradnya Paramita.

Cahyono, Edi. 2005. Pengaruh Temperatur Pelelehan dan Fraksi Volume Carbon Black terhadap Tegangan Tarik Komposit Polietilen. Malang: Teknik Mesin Universitas Brawijaya.

(http://www.colombianchemical.com)

(http:\\www.engr.utk.edu/=cmc/429/lec1/p1.html)

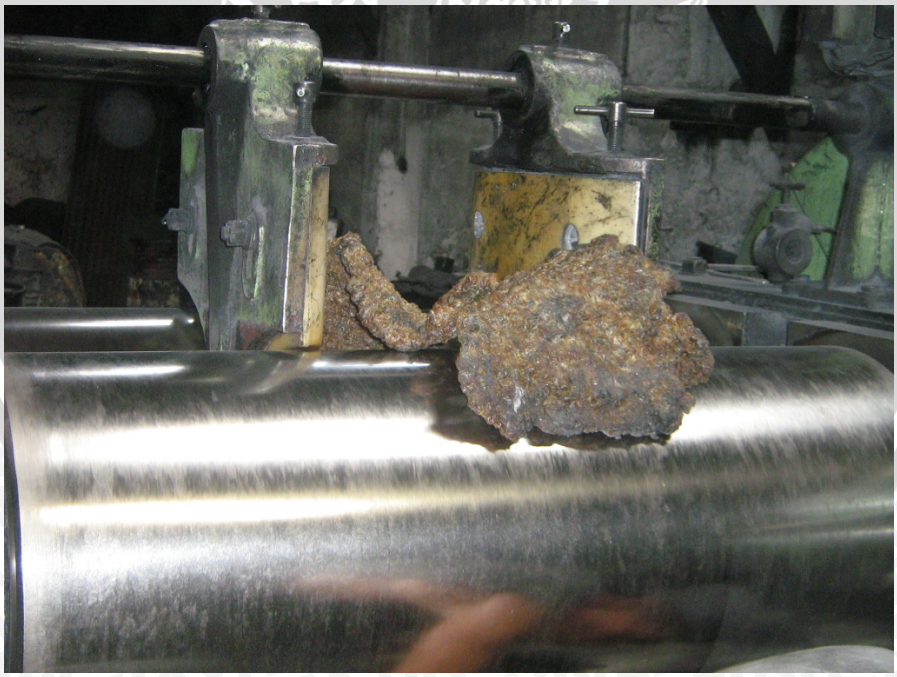
Lampiran 1. Peralatan dan bahan



Carbon Black N 330 dalam kemasan

Bahan-bahan pemercepat reaksi

Karet bongkahan sebelum diolah



Pengolahan karet menggunakan *rubber mill*

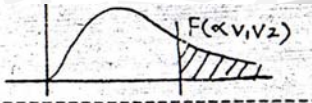
Pengolahan karet menggunakan *rubber mill* setelah mengalami penambahan bahan pemercepat reaksi

Karet setelah selesai pengolahan dan berbentuk lembaran

UNIVERSITAS BRAWIJAYA
repository.ub.ac.id

Lampiran 2. Tabel distribusi F

TABEL F UNTUK α = 5 %

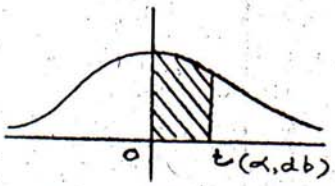


V2 \ V1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	30	40	60	120	~
1	161	200	216	225	230	234	237	239	241	242	244	246	248	250	251	252	253	254
2	18.5	19.0	19.2	19.2	19.3	19.3	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5
3	10.1	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.74	8.70	8.66	8.62	8.59	8.57	8.55	8.53
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.91	5.86	5.80	5.75	5.72	5.69	5.66	5.63
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.68	4.62	4.56	4.50	4.46	4.43	4.40	4.36
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.00	3.94	3.87	3.81	3.77	3.74	3.70	3.67
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.57	3.51	3.44	3.38	3.34	3.30	3.27	3.23
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.28	3.22	3.15	3.08	3.04	3.01	2.97	2.93
9	.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.07	3.01	2.94	2.86	2.83	2.79	2.75	2.71
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.91	2.84	2.77	2.70	2.66	2.62	2.58	2.54
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	-20	30	40	60	120	~
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.79	2.72	2.65	2.57	2.53	2.49	2.45	2.40
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.69	2.62	2.54	2.47	2.43	2.38	2.34	2.30
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.60	2.53	2.46	2.38	2.34	2.30	2.25	2.21
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.53	2.46	2.39	2.31	2.27	2.22	2.18	2.13
15	4.45	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.48	2.40	2.33	2.25	2.20	2.16	2.11	2.07
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.42	2.35	2.28	2.19	2.15	2.11	2.06	2.01
17	4.45	3.59	3.20	2.96	2.81	2.70	2.61	2.55	2.49	2.45	2.38	2.31	2.23	2.15	2.10	2.06	2.01	1.96
18	4.41	3.55	3.16	2.93	2.77	2.66	2.58	2.51	2.46	2.41	2.34	2.27	2.19	2.11	2.06	2.02	1.97	1.92
19	4.38	3.52	3.13	2.90	2.74	2.63	2.54	2.48	2.42	2.38	2.31	2.23	2.16	2.07	2.03	1.98	1.93	1.88
20	4.35	3.49	3.10	2.87	2.71	2.60	2.51	2.45	2.39	2.35	2.28	2.20	2.12	2.04	1.99	1.95	1.90	1.84
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	30	40	60	120	~
25	4.24	3.39	2.99	2.76	2.60	2.49	2.40	2.34	2.28	2.24	2.16	2.09	2.01	1.92	1.87	1.82	1.77	1.71
30	4.17	3.32	2.92	2.69	2.53	2.42	2.33	2.27	2.21	2.16	2.09	2.01	1.93	1.84	1.79	1.74	1.68	1.62
40	4.08	3.23	2.84	2.61	2.45	2.34	2.25	2.18	2.12	2.08	2.00	1.92	1.84	1.74	1.69	1.64	1.58	1.51
60	4.00	3.15	2.76	2.53	2.37	2.25	2.17	2.10	2.04	1.99	1.92	1.84	1.75	1.65	1.59	1.53	1.47	1.39
120	3.92	3.07	2.68	2.45	2.29	2.18	2.09	2.02	1.96	1.91	1.83	1.75	1.66	1.55	1.50	1.43	1.35	1.25
~	3.84	3.00	2.60	2.37	2.21	2.10	2.01	1.94	1.88	1.83	1.75	1.67	1.57	1.46	1.39	1.32	1.22	1.00

Sumber : Hifni, H. M, 1993.

Lampiran 3. Tabel T

TABEL - T



db \ α	0,05	0.01	0.025	0.05	0.10
1	63.657	31.821	12.706	6.314	3.078
2	9.925	6.965	4.303	2.920	1.886
3	5.841	4.541	3.182	2.353	1.638
4	4.604	3.747	2.776	2.132	1.533
5	4.032	3.365	2.571	2.015	1.476
6	3.707	3.143	2.447	1.943	1.440
7	3.499	2.998	2.365	1.895	1.415
8	3.355	2.896	2.306	1.860	1.397
9	3.250	2.821	2.262	1.833	1.383
10	3.169	2.764	2.228	1.812	1.372
11	3.106	2.718	2.201	1.796	1.363
12	3.055	2.681	2.179	1.796	1.363
13	3.0122	2.650	2.160	1.771	1.350
14	2.977	2.624	2.145	1.761	1.341
15	2.947	2.602	2.131	1.753	1.341
16	2.921	2.583	2.120	1.746	.337
17	2.898	2.567	2.110	1.740	1.333
18	2.878	2.552	2.101	1.734	1.330
19	2.861	2.539	2.093	1.729	1.328
20	2.845	2.528	2.086	1.725	1.325
21	2.831	2.518	2.080	1.721	1.323
22	2.819	2.508	2.074	1.717	1.321
23	2.807	2.500	2.069	1.714	1.319
24	2.797	2.492	2.064	1.711	1.318
25	2.787	2.485	2.060	1.708	1.316
26	2.779	2.479	2.056	1.706	1.315
27	2.771	2.473	2.052	1.703	1.314
28	2.763	2.467	2.048	1.701	1.313
29	2.756	2.462	2.045	1.699	1.311
30	2.750	2.457	2.042	1.698	1.310
40	2.704	2.423	2.021	1.684	1.303
60	2.660	2.390	2.000	1.671	1.296
100	2.617	2.358	1.980	1.658	1.289
∞	2.576	2.326	1.960	1.645	1.282

Sumber : Hifni, H. M, 1993.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA
repository.ub.ac.id

LABORATORIUM FENOMENA DASAR MESIN
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN MESIN

EXPERIMENT REPORT THERMAL CONDUCTIVITY MEASURING APPARATUS

Experiment : Effect of *carbon black* filler in thermal conductivity of natural rubber composite

	SPECIMEN	STANDARD CYLINDER
Material	Natural Rubber Composite	Cu
Diameter	40 mm	40 mm
Thickness	L_a = 2 mm ; L_b = 4 mm	L_R = 30 mm
Thermal conductivity	Λ =	Λ_R = 320 Kcal/mh °C

filler	Measurement		Temperature (°C)									
	Review	Heater Temperature	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10
0 phr	1	100	95	93	92	28	27	26	26	26	25	
	2	100	95	93	92	27	27	26	25	25	25	
	3	100	95	94	92	28	27	26	26	25	25	
20 phr	1	100	95	92	91	30	29	26	26	25	25	
	2	100	95	93	91	30	29	26	26	25	25	
	3	100	95	92	91	29	28	26	26	26	25	
40 phr	1	100	93	90	89	33	32	25	25	25	24	
	2	100	94	90	89	32	31	26	25	25	24	
	3	100	94	91	90	33	32	26	26	25	24	
60 phr	1	100	95	92	91	33	32	27	27	26	25	
	2	100	94	93	91	34	33	26	26	25	24	
	3	100	95	92	91	34	32	27	26	26	25	
80 phr	1	100	96	93	92	34	33	26	26	25	25	
	2	100	95	93	92	34	32	26	25	25	25	
	3	100	95	93	92	35	33	27	26	26	25	

Malang, 25 Juni 2006
Waka.Lab Laboratorium Fenomena Dasar Mesin

Eko Siswanto, ST, MT.
NIP 132 206 463

Lampiran 5. Surat keterangan bebas laboratorium

LABORATORIUM FENOMENA DASAR MESIN
FAKULTAS TEKNIK JURUSAN MESIN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
Jl. MT Haryono 167 Malang – Jawa Timur
Telp. (0341) 553286 pes. 215, (0341) 569103 Fax. (0341) 554291

SURAT KETERANGAN

Yang bertandatangan di bawah ini, Kepala Laboratorium Fenomena Dasar Mesin Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya menerangkan bahwa mahasiswa di bawah ini :

Nama	: Andrian S. Januartha
NIM	: 0210620012
Waktu Pengujian	: Mei – Juni 2007

Telah melakukan pengujian konduktivitas termal sehubungan dengan tugas akhir yang disusunnya, di Laboratorium Fenomena Dasar Mesin Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya dengan hasil terlampir.

Demikian surat keterangan ini diberikan agar dipergunakan sebagaimana mestinya oleh mahasiswa yang bersangkutan.

Malang, 25 Juni 2007
Wakil Kepala Lab. Fenomena Dasar Mesin

Eko Siswanto, ST. MT.
NIP. 132 206 463