

LAPORAN PENELITIAN

BIDANG KAJIAN REKAYASA



**STUDI PENAMBAHAN SERBUK ALUMINA PADA
KERAPATAN/DENSITAS KOMPOSIT Matrik EPOKSI**

OLEH

RUSNOTO, ST. M.Eng. NIPY.140541274

Ir. SOEBYAKTO, MT. NIPY 1946321960

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS PANCASAKTI TEGAL

2020

HALAMAN PERSETUJUAN

1. Judul : Studi Penambahan Serbuk Alumina pada Kerapatan /Densitas Komposit Matrik Epoksi
2. Bidang Penelitian : Kajian Rekayasa
3. Organisasi Pelaksana
Peneliti
 - a. Nama Lengkap dan Gelar : Rusnoto, ST. M.Eng.
 - b. Golongan Pangkat dan NIPY : IIIc/14054121974
 - c. Jabatan Fungsional : Lektor
 - d. Fakultas/Program Studi : Teknik/Teknik Mesin
 - e. Perguruan Tinggi : Universitas Pancasakti Tegal
 - f. Alamat : Jl. Halmahera Km. 1, TegalAnggota : Ir. Soebyakto, MT.
4. Lokasi Penelitian : Lab. Teknik mesin, Fak. Teknik UPS Tegal
5. Jumlah Biaya yang Diusulkan : Rp. 12.000.000,-

Tegal, 26 Juni 2020

Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik



DR. Agus Wibowo, MT
NIPY. 126516101972

Peneliti

Rusnoto, ST. M.Eng.
NIPY. 14054121974

Menyetujui,

Kepala LPPM



Irfan Santoso, ST.MT.
NIPY. 124521611980



YAYASAN PENDIDIKAN PANCASAKTI TEGAL
UNIVERSITAS PANCASAKTI TEGAL

LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT (LPPM)

Jl. Halmahera Km. 1 Kota Tegal 52122 Telp/Fax : (0283) 351082 – 351287
email : lppmupstegal@gmail.com website : www.upstegal.ac.id

SURAT TUGAS

Nomor : 070/K/A-5/LPPM-UPS/III/2020

Kepala Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Pancasakti Tegal menugaskan kepada :

Nama : 1. Rusnoto, ST., M.Eng
2. Ir. Soebyakto, MT

Jabatan : 1. Ketua
2. Anggota

Unit Kerja : Fakultas Teknik

Tugas : Melakukan Penelitian dengan Judul *"Studi Penambahan Serbuk Alumina pada Kerapatan / Densitas Komposit Matik Epoksi"*

Jangka Waktu : Maret 2020 – Agustus 2020

Demikian surat tugas ini diberikan kepada yang bersangkutan untuk dapat dilaksanakan dengan sebaik-baiknya.

Tegal, 1 Maret 2020
Ka LPPM,


Irfan Santoso, S.T., M.T
NIPY 17362461980

ABSTRAK

Komposit adalah gabungan dua material atau lebih dengan memiliki sifat yang tidak sama dengan sifat bahan aslinya. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh penambahan serbuk alumina pada *epoxy* terhadap densitas pada komposit *epoxy*-alumina.

Bahan yang digunakan adalah epoxy sebagai matrik dan alumina sebagai penguat. Epoxy jenis *diglycidyl ether of bisphenol A* (DGEBA) D.E.R. 331 dari DOW Chemical England. Alumina dari Merck K Ga A Darmstadt Germany. Hardener 2,4,6 Tris (dimethylaminomethyl) phenol DMP-30 dari Sigma-Aldrich England. Penelitian dilaksanakan dengan memanaskan alumina pada suhu 80°C selama 2 jam. Komposit dibuat dengan mencampurkan alumina sebanyak 0%, 10%, 20% dan 30% fraksi berat ke epoxy sebagai matrix menggunakan alat pengaduk pada putaran 800 rpm pada suhu 80°C selama 1 jam. Kemudian menambahkan hardener dalam keadaan berputar selama 1 menit. Hasil campuran dimasukkan ke dalam bejana vakum selama 1 menit untuk menghilangkan gelembung udara dan kemudian hasil campuran dituangkan ke dalam cetakan dan di *curing* ke dalam oven pada suhu 80°C selama 1 jam. *Postcuring* dilakukan dengan memasukkan komposit ke dalam oven pada suhu 120°C selama 2 jam. Pengujian yang dilakukan meliputi uji densitas..Pengamatan strukturmikro dan permukaan patah menggunakan foto mikro

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan serbuk alumina pada *epoxy* tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap densitas, dan nilai densitas semakin menurun dibanding raw material

Kata kunci: komposit, *epoxy*, alumina, sifat fisik, sifat mekanik.

DAFTAR ISI

JUDUL	.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN	.....	ii
DAFTAR ISI	.....	iii
BAB I PENDAHULUAN	.....	1
1.1. Latar Belakang	.....	1
1.2. Rumusan Masalah	.....	2
1.3. Pembatasan Masalah	.....	2
1.4. Tujuan dan Manfaat Penelitian	.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI	.....	4
2.1. Tinjauan Pustaka	.....	4
2.2. Landasan Teori	.....	6
2.2.1 Uji Ketangguhan Impak	.....	9
BAB III METODE PENELITIAN	.....	12
3.1. Bahan dan Peralatan	.....	12
3.1.1 Bahan	.....	12
3.1.2 Peralatan yang Digunakan	.....	12
3.2. Metode Penelitian	.....	12
3.2.1 Langkah Pembuatan Spesimen	.....	12
3.2.2 Pengujian Spesimen	.....	13
3.3. Diagram Alir Penelitian	.....	14
3.4. Prediksi Analisa Hasil	.....	15
Jadwal Pelaksanaan dan Biaya Penelitian	.....	17
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	.....	19
4.1 Uji Densitas.....	.....	19
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	.....	22
5.1 Kesimpulan	.....	22
5.2 Saran	.....	22
DAFTAR PUSTAKA	.....	23

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan material semakin meningkat seiring dengan perkembangan teknologi yang sangat pesat pada saat ini. Material dengan kombinasi sifat-sifat mekanis yang tidak ditemukan pada material konvensional seperti logam, keramik dan polimer sangat diperlukan. Material terapan membutuhkan banyak alternatif sifat-sifat yang dapat disediakan pada bahan komposit. Komposit adalah gabungan dua material atau lebih dengan memiliki sifat yang tidak sama dengan sifat bahan aslinya (Askeland, 2001).

Epoxy termasuk kelompok polimer yang digunakan sebagai bahan pelapis, perekat, matrik pada material komposit dan sangat luas digunakan pada banyak aplikasi seperti otomotif, aerospace, perkapalan, dan peralatan elektronika yang secara umum memiliki sifat yang baik dalam hal *chemical reactive adhesives, thermal conductive adhesives, electrical conductive adhesives, corrosion resistanc*. Namun demikian epoxy juga mempunyai kelemahan pada sifat sensitif menyerap air, kekuatan tarik dan kekuatan bending yang rendah, getas (Astruc dkk, 2009).

Alumina memiliki sifat kekerasan yang tinggi, penghambat panas dan listrik yang baik sehingga banyak digunakan di industri keramik, kaca, pelapisan keramik, polishing (alumina polishing), tungku pemanas. Setiap tahunnya ber juta-juta ton alumina digunakan, dan lebih dari 90%-nya digunakan dalam produksi logam aluminium. Aluminium hidroksida digunakan dalam pembuatan bahan kimia pengelolaan air seperti aluminium sulfat, polialuminium klorida, dan natrium aluminat. Berton-ton alumina juga digunakan dalam pembuatan zeolit, pelapisan pigmen titania dan pemadam api. Alumina memiliki kekerasan, sehingga hal ini menyebabkan banyak digunakan sebagai abrasif untuk menggantikan intan yang jauh lebih mahal. Beberapa jenis ampelas, dan pembersih CD/DVD juga menggunakan

alumina. Komposit matrik polimer konvensional sering disebut *filled polymers*, dewasa ini merupakan material yang sangat dibutuhkan secara konvensional dalam aplikasi industri. Sebagai contoh *talc filled polypropylene* untuk aplikasi otomotif, mineral *filled epoxies* untuk aplikasi elektronik yang semuanya berdasar pada penguatan berskala mikro (Kornmann dkk, 1998). Penelitian tentang epoxy-alumina masih sangat kurang, maka penulis akan melakukan penelitian tentang pengaruh fraksi berat alumina untuk penguat epoxy sebagai matrik dengan metode *conventional composites* yang diharapkan dapat menaikkan sifat ketangguhan retak, tarik, bending, keausan dan densitas. *Epoxy-Alumina composite* termasuk *polymer-matrix composites* (PMC). Dimana PMC adalah komposit dengan menggunakan suatu polimer (misalnya resin) sebagai matriknya, dan penguatnya dapat berupa partikel atau jenis serat. Dengan metode *conventional composites* maka jenis komposit yang akan terbentuk yaitu ketika rantai polimer tidak bisa masuk disela-sela lapisan. Reaksi polimerisasi dapat terjadi karena panas dan radiasi yang sesuai (Chow dan Yap, 2008).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian tersebut diatas ,maka peneliti bermaksud untuk melakukan penelitian tentang bagaimana pengaruh fraksi berat alumina sebagai penguat dan epoxy sebagai matrik terhadap densitas dengan metoda *conventional composites*.

Dari hasil percobaan dan data masing-masing fraksi berat tersebut akan dibandingkan satu sama lain sehingga akan diperoleh formula yang paling efektif untuk mendapatkan sifat mekanis yang paling optimal.

1.3 Pembatasan Masalah

Dalam skema penelitian ini, penulis membatasi permasalahan dengan batasan masalah sebagai berikut :

1. Bahan epoxy yang digunakan adalah epoxy *diglycidyl ether of bisphenol A* (DGEBA) D.E.R. 331 dari DOW Chemical England dengan fraksi berat 98%,

88,2%, 78,4%, 68,6%, 58,8%.

2. Bahan alumina dari Merck K Ga A Darmstadt Germany dengan fraksi berat 0%, 10%, 20%, 30%, dan 40%.
3. Hardener yang digunakan adalah 2,4,6-Tris(dimethylaminomethyl) phenol DMP-30 dari Sigma-Aldrich England dengan fraksi berat 2%, 1,8%, 1,6%, 1,4%, 1,2%.

1.4 Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui :

Pengaruh kenaikan fraksi berat alumina terhadap densitas pada komposit epoxy-alumina.

Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini diharapkan dapat tercipta material komposit epoxy-alumina yang mempunyai karakteristik mekanik yang baik, dan hasilnya dapat bermanfaat sebagai data atau bahan referensi, memberikan kontribusi baik bagi perkembangan ilmu pengetahuan dan industri material.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian tentang komposit dengan matriks epoksi dan penguat alumina (Al_2O_3) telah dilakukan oleh beberapa orang peneliti, antara lain : Padmanabhan dan Kishore (1990), Marur dkk (2004), Akinyede dkk (2007), Philipp dkk (2008) dan Zhou dkk (2009).

Sifat lentur dari komposit epoxy-alumina diteliti oleh Padmanabhan dan Kishore (1990) yaitu dengan variasi fraksi volume serbuk alumina. Interlaminar dan tes lentur translaminar dilakukan pada beban yang sama untuk menentukan efek alumina terhadap tegangan serat maksimum, modulus elastisitas, dan regangan. Penambahan partikel alumina pada komposit epoxy dengan fraksi volume 2%, 3%, 5% dapat meningkatkan translaminar dan penurunan nilai kekuatan lentur interlaminar. Selanjutnya regangan kegagalan spesimen translaminar sedikit lebih tinggi. Tingkat sensitivitas pemuatan laminasi yang mengandung alumina sebagai tahap dispersi diketahui lebih tinggi daripada yang tidak mengandung alumina pada interlaminar serta tes translaminar. Modulus elastisitas awalnya menunjukkan tren penurunan spesimen interlaminar dan kecenderungan meningkat pada spesimen translaminar dengan meningkatkan sampai dengan 3% fraksi volume kandungan alumina.

Penelitian tentang pengaruh ukuran partikel dan fraksi volume, partikel alumina berbentuk bola submikron dalam matrik epoksi terhadap ketangguhan retak komposit diteliti juga oleh Marur dkk (2004), dimana ukuran partikel yang digunakan adalah 50 nm, 500 nm dan 5 μm dengan fraksi volume alumina sebesar 2%, 5%, 10%, 20%, dan 40%. Ketangguhan retak statis dan dinamis diuji dengan 3-point bending. Pengujian ini menunjukkan bahwa ukuran partikel signifikan mempengaruhi ketangguhan retak statis dan dinamis. Pada komposit dengan matriks polimer, kecenderungan umum bahwa peningkatan ketangguhan

retak dalam fraksi volume partikel penguat dicapai pada sekitar 5% fraksi volume. Ketangguhan retak dinamis diketahui meningkat dengan peningkatan ukuran partikel. Untuk 2% fraksi volume partikel alumina, dapat mengurangi ketangguhan retak dinamis. Untuk ukuran $5\mu\text{m}$ partikel alumina, faktor ketangguhan retak dinamis pertama meningkat dengan peningkatan fraksi volume partikel alumina, mencapai titik puncak dan kemudian menurun sedikit. Namun, untuk ukuran partikel 50 nm dan 500 nm, faktor ketangguhan retak dinamis menurun dengan peningkatan fraksi volume. Untuk ukuran partikel alumina 500 dan 5000 nm, faktor ketangguhan retak statis lebih tinggi dari ketangguhan retak dinamis pada fraksi volume yang sama.

Ketangguhan retak pada komposit epoxy dengan diperkuat fiberglass dan partikel alumina juga diteliti oleh Akinyede dkk (2007), dalam penelitiannya menjelaskan bahwa, sifat mekanis sistem material komposit tergantung tidak hanya pada konstituennya tetapi juga pada interaksi geometrik bahan. Komposit epoxy yang diperkuat dengan *fiberglass* dan nanopartikel alumina diteliti untuk mengetahui sifat statis dan dinamis. Prapengolahan alumina menggunakan partikel fungsional untuk meningkatkan karakteristik ikatan laminasi komposit antarmuka antara serat dan matrik. Komposit hybrid epoksi dengan partikel nano alumina diperoleh dari partikulat hibridisasi melalui modifikasi resin dan serat. Komposit hybrid terbentuk oleh penyebaran partikel alumina pada resin atau dengan mencampur nanopartikel alumina ke permukaan. Sifat mekanik material yang terbentuk diteliti untuk memahami dan mengetahui pengaruh nanopartikel alumina pada mekanisme kerusakan bahan sistem hibrida. Untuk kenaikan ketangguhan retak terjadi pada 8% dan 12% pada resin dan modifikasi masing-masing serat komposit epoksi. Selanjutnya perbaikan ketangguhan retak tercapai pada saat partikel alumina difungsikan dengan kenaikan sebesar 18% dan 29% dari komposit epoksi untuk modifikasi masing-masing serat. Hasil tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan antara penguatan partikel material komposit hibrid pada kelelahan

pembebanan tarik. Hasil ini konsisten dengan sifat komposit hibrid yang terbentuk dengan karbon nanotube/epoxy yang menunjukkan peningkatan kekuatan geser interlamina tapi tidak menunjukkan efek apapun pada sifat tarik.

Dalam penelitiannya Philipp dkk (2008), menjelaskan bahwa, interaksi fisik antara permukaan nanopartikel dan epoksi termoset dari sifat fisik komposit lebih sering dipengaruhi oleh urutan pencampuran yang sederhana pada sifat-sifat yang dikehendaki. Hal ini dikarenakan bahwa keberadaan interaksi khusus antara nanopartikel dan unsur-unsur dari termoset akan mempengaruhi proses curing. Oleh karena itu urutan pencampuran nanopowder yang pertama ke dalam resin bisa mempengaruhi sifat fisik nanokomposit tersebut. Pentingnya urutan pencampuran untuk perubahan morfologi pada jaringan molekul. Sebagai model sistem epoxy diisi ke permukaan bersama dengan nanopartikel alumina. Perubahan yang terjadi pada eksperimen ini digunakan untuk mempelajari perubahan morfologi pada nanokomposit. Hal ini menunjukkan bahwa perubahan-perubahan morfologis tidak hanya karena pada proses tetapi juga tergantung pada urutan pencampuran nanopartikel baik pertama ke resin atau ke *hardener*. Jenis komposisi *hardener*, resin, dan urutan pencampuran secara sistematis menghasilkan kurva indeks bias yang berbeda. Perbedaan antara kedua kurva indeks bias meningkat monoton dengan waktu, dan perlu digarisbawahi bahwa pentingnya lingkungan awal molekul nanopartikel.

Penelitian tentang epoxy-alumina juga dilakukan oleh Zhou dkk (2009), dimana epoxy alumina nanokomposit lapisan yang sesuai untuk aplikasi transduser ultrasound frekuensi tinggi. Ketidaksuaian impedansi akustik pada interface antara transduser piezoelektrik dan menengah secara substansial akan mengurangi jumlah energi ultrasound yang ditransmisikan ke media. Oleh karena itu, kesesuaian lapisan adalah komponen penting dari sebuah transduser ultrasonik. Proses pelapisan spin dapat digunakan untuk fabrikasi epoxy alumina nanokomposit dengan fraksi volume alumina berkisar antara 14 - 32%.

Ukuran partikel alumina adalah 10 - 40 nm. Ketebalan kesesuaian lapisan dapat dikontrol dengan kecepatan rotasi dan konsentrasi larutan. Impedansi akustik kesesuaian lapisan nanokomposit berada dalam kisaran 2,8-5,1 MRayls dengan kandungan alumina yang berbeda. Kesesuaian lapisan nanokomposit dengan permukaan halus adalah sekitar 15 dB/mm pada 40 MHz. Frekuensi spektrum dari transduser frekuensi tinggi menggunakan lapisan ini sesuai dengan nanokomposit.

Beberapa pendapat dari hasil penelitian di atas, maka dapat dibuat tabel polimer matrik komposit (PMC) sebagai berikut :

Tabel 2.1 Polimer Matrik komposit

No	Penulis	Matrik	Penguat	Sifat yang diteliti	Hasil Signifikan
1.	Padmanabhan dan Kishore (1990)	Epoxy	Alumina 2%, 3%, 5% fraksi volume	Modulus elastisitas	Meningkat dengan penambahan 3%, fraksi volum alumina
2.	Marur dkk (2004)	Epoxy	Alumina 2%, 5%,10%,20%, 40% fraksi volume	Ketangguhan retak	Meningkat dengan penambahan ukuran partikel alumina (50nm, 500nm, 5µm).
3.	Akinyede (2007)	Epoxy	Fiberglas, alumina	Ketangguhan retak	Meningkat dengan penambahan fraksi volum 18%, 29%.
4.	Philip dkk (2008)	Epoxy	Alumina	Fisik nano komposit	Urutan pencampuran dapat mempengaruhi sifat fisik nanokomposit.
5.	Zhou dkk (2009)	Epoxy	Alumina	Kesesuaian lapisan nano komposit	14-32% fraksi volume alumina dengan ukuran 10-40 nm digunakan pada kesesuaian lapisan nanokomposit.

Sehingga dari penjelasan diatas maka peluang pengembangan penelitian komposit epoxy-alumina masih banyak khususnya untuk meningkatkan sifat fisik dan sifat mekanis dari komposit tersebut.

2.2 Landasan Teori

Alumina.

Alumina adalah sebuah senyawa kimia dari aluminium dan oksigen, dengan rumus kimia Al_2O_3 atau yang biasa di sebut alumina. Aluminium oksida/ alumina muncul secara alami sebagai *ruby*, *safir*, *corundum* dan *emery* digunakan dalam pembuatan kaca dan tungku pemanas. Alumina mempunyai sifat insulator (penghambat) panas dan listrik yang baik, konduktifitas thermal baik, kekerasan tinggi, kekuatan dan kekakuan tinggi. Umumnya Al_2O_3 terdapat dalam bentuk kristalin yang disebut corundum atau α -aluminium oksida. Al_2O_3 dipakai sebagai bahan abrasif dan sebagai komponen dalam alat pemotong, karena sifat kekerasannya.

Aluminium oksida berperan penting dalam ketahanan logam aluminium terhadap korosi dengan udara. Logam aluminium sebenarnya sangat mudah bereaksi dengan oksigen di udara. Aluminium bereaksi dengan oksigen membentuk aluminium oksida, yang terbentuk sebagai lapisan tipis yang dengan cepat menutupi permukaan aluminium. Lapisan ini melindungi logam aluminium dari oksidasi lebih lanjut. Ketebalan lapisan ini dapat ditingkatkan melalui proses anodisasi. Beberapa *alloy* (paduan logam), seperti perunggu aluminium, memanfaatkan sifat ini dengan menambahkan aluminium pada alloy untuk meningkatkan ketahanan terhadap korosi. Al_2O_3 yang dihasilkan melalui anodisasi bersifat amorf, namun beberapa proses oksidasi seperti plasma elektrolit oksidasi menghasilkan sebagian besar Al_2O_3 dalam bentuk kristalin, yang dapat meningkatkan kekerasannya.

Proses fabrikasi secara alami, aluminium oksida terdapat dalam bentuk kristal

corundum. Batu mulia rubi dan sapphire tersusun atas corundum dengan warna-warna khas yang disebabkan kadar ketidakmurnian dalam struktur corundum. Alumina merupakan komponen utama dalam bauksit bijih aluminium yang utama. Pabrik alumina terbesar di dunia adalah Alcoa, Alcan, dan Rusal. Perusahaan yang memiliki spesialisasi dalam produksi dari aluminium oksida dan aluminium hidroksida misalnya adalah Alcan dan Almatic. Bijih bauksit terdiri dari Al_2O_3 , Fe_2O_3 , and SiO_2 yang tidak murni. SiO_2 larut dalam bentuk silikat $\text{Si}(\text{OH})_2$. Ketika cairan yang dihasilkan didinginkan, terjadi endapan $\text{Al}(\text{OH})_3$, sedangkan silikat masih larut dalam cairan tersebut. $\text{Al}(\text{OH})_3$ yang dihasilkan kemudian dipanaskan yang terbentuk adalah alumina. Pada tahun 1961, perusahaan General Electric mengembangkan Lucalox, alumina transparan yang digunakan dalam lampu natrium. Pada Agustus 2006, ilmuwan Amerika Serikat yang bekerja untuk 3M berhasil mengembangkan teknik untuk membuat alloy dari aluminium oksida dan unsur-unsur lantanida, untuk memproduksi kaca yang kuat, yang disebut alumina transparan. Melalui proses terkendali aluminium hidroksida, kita mendapatkan saluran diversifikasi alumina yang digunakan dalam berbagai industri. Hal ini menyajikan inersia kimia tinggi, yang dianggap sebagai oksida tahan api karena kapasitas untuk menahan panas yang tinggi dengan tidak ada perubahan yang relevan di dalam kimia. Aplikasi , (Alcoa Inc, 2011) :

- Industri keramik, kaca, serat dan industri pelapisan keramik
- Bahan baku untuk produksi alumina, mullite dan spinels electrocast
- Industri polishing (alumina polishing)

Semua produk yang disediakan dalam bentuk ukuran butir yang bervariasi dari beberapa cm sampai dengan mikrometer. Alumina digunakan dalam pembuatan kaca dan tungku pemanas. Modulus Young, kekerasan dan ketangguhan retak dari nanoporous alumina diukur dengan nanoindentasi dan mikroindentasi Vickers. Sebuah model elemen hingga sangat akurat untuk anisotropi, pori-pori dan digunakan untuk mengekstrak modulus Young's

dan kekerasan alumina amorf (tidak ada pori). Perhitungan untuk porositas, modulus Young's alumina adalah 140 GPa. Setelah anealing kekerasan alumina meningkat dari 5,2 - 5,6 GPa, sementara ketangguhan retak menurun dari 3,4- 0,4 MPam^{1/2} (Xia dkk, 2004).

Epoxy.

Epoxy resin banyak digunakan sebagai matriks untuk kerja material komposit, lapisan permukaan dan perekat. Tetapi karena mempunyai tingkat kepadatan tinggi, bahan ini menunjukkan kekuatan impak yang rendah, ketangguhan retak rendah dan ketangguhan kekuatan tarik rendah jadi secara umum epoksi resin adalah rapuh. Banyak usaha yang dilakukan untuk meningkatkan ketangguhan retak epoxy resin dalam beberapa tahun terakhir yang bertujuan untuk memperluas bidang aplikasi epoksi resin. Pendekatan untuk meningkatkan ketangguhan retak epoxy resin diantaranya dengan penggabungan partikel padat (Wise dkk, 2000).

Epoxy atau polyepoxide merupakan polimer epoksida thermoset yang berpolimerisasi ketika dicampur dengan katalis atau "hardener". Epoxy resin yang paling umum dihasilkan adalah reaksi antara epiklorohidrin dan bisphenol-A. Aplikasi bahan dasar epoxy mencakup sangat luas seperti pelapis, perekat pada material komposit yang menggunakan serat karbon, fiberglass dan sebagainya. Kimia epoksi pada variasi yang tersedia secara komersial dimungkinkan dapat diproduksi dengan sifat yang sangat luas. Secara umum, epoxy mempunyai sifat adhesi kimia yang sangat baik dan tahan panas, sifat mekanik yang baik dan sifat isolator listrik yang baik, tapi hampir setiap sifat dapat dimodifikasi (misalnya perak yang dilapisi epoxy dengan konduktivitas listrik yang baik, walaupun epoksi biasanya isolator elektrik). Perekat epoksi ada yang disebut "perekat struktural" atau "perekat rekayasa" (seperti poliuretan, akrilik, cyanoacrylate, dan kimia lainnya). Perekat ini dapat digunakan dalam konstruksi pesawat terbang, mobil, sepeda, papan ski salju, dan aplikasi lain yang memerlukan kekuatan tinggi. Epoxy perekat dapat dikembangkan untuk memenuhi

aplikasi apapun karena fleksibel atau kaku, tahan panas dan tahan bahan kimia (Harrison,2007).

Epoxy sendiri memiliki koefisien gesek yang tinggi disebagian besar aplikasi, serta ketahanan aus kecil dibandingkan untuk epoxy yang mengandung komposit. epoxy yang digunakan dalam penelitian ini adalah dalam fase cair, hal ini untuk memungkinkan kemampuan dispersi partikel lebih mudah untuk cetakan besar dan bagian berbentuk tidak beraturan (Cook dkk, 2006).

2.2.1 Pengujian Densitas

Densitas adalah perbandingan massa terhadap volume. Pengujian densitas dilakukan dengan cara menimbang spesimen dengan alat timbangan dalam keadaan kering dan di dalam air. Densitas teoritis dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.1) :

$$\rho_c = \rho_m v_m + \rho_p v_p \quad (2.1)$$

Dengan ρ adalah densitas, v adalah fraksi volume, *subscript c, m dan p* masing-masing menunjukkan komposit, matrik dan penguat. Bulk density diukur dengan teori Archimedes , yaitu dengan cara menimbang spesimen di udara (W_{udara}) , selanjutnya spesimen ditimbang dalam fluida (W_{fluida}). Berat akan berkurang sebesar berat fluida yang dipindahkan. (Boursoum, 1997).

$$\rho_b = \frac{W_{udara}}{(W_{udara}-W_{air})} \times \rho_{air} \quad (2.2)$$

Dengan ρ_b adalah bulk density komposit, ρ_{air} adalah densitas air, W_{udara} adalah berat di udara dan W_{air} adalah berat di air. Densitas relatif (ρ_r) adalah perbandingan antara densitas bulk dengan densitas teoritis komposit. Dalam ekspresi matematik diberikan dalam Persamaan (2.9) :

$$\rho_r = \frac{\rho_b}{\rho_c} \times 100\% \quad (2.3)$$

Dari pengujian ini dapat diketahui nilai porositas spesimen uji. Pada penelitian ini pengujian dilakukan dengan jumlah spesimen uji 5 buah setiap variasi alumina.

2.2.2 Pengamatan Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro merupakan salah satu cara untuk mengetahui homogenitas komposit, penyebaran partikel penguat dalam matrik, ikatan antar-muka partikel-matrik dan cacat material yang berperan sebagai inisiasi retak sehingga dapat digunakan untuk menjelaskan perilaku sifat mekanik yang terjadi.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Bahan dan Peralatan

3.1.1 Bahan

1. Epoxy *diglycidyl ether of bisphenol A* (DGEBA) D.E.R. 331 dari DOW Chemical England sebagai matriks.
2. Hardener yang digunakan adalah 2,4,6-Tris(dimethylaminomethyl) phenol DMP-30 dari Sigma-Aldrich England.
3. Serbuk alumina dari Merck K Ga A Darmstadt Germany sebagai penguat.

3.1.2 Peralatan yang digunakan

1. Oven
2. Gelas kaca
3. mixer
4. Bejana vakum
5. Cetakan
6. Uji densitas
11. Foto mikro
12. Timbangan digital
13. Stopwatch

3.2 Metode Penelitian

3.2.1 Langkah Pembuatan Spesimen

Memaskan alumina sebagai pemanasan awal yang bertujuan untuk mengurangi kadar air, dilakukan pada suhu 80°C selama 2 jam dalam oven. Kemudian partikel alumina tersebut dimasukkan pada gelas kaca, ditambah resin epoxy dan diaduk menggunakan mechanical stirrer pada putaran 800 rpm dan suhu 80°C selama 1 jam. Dalam keadaan

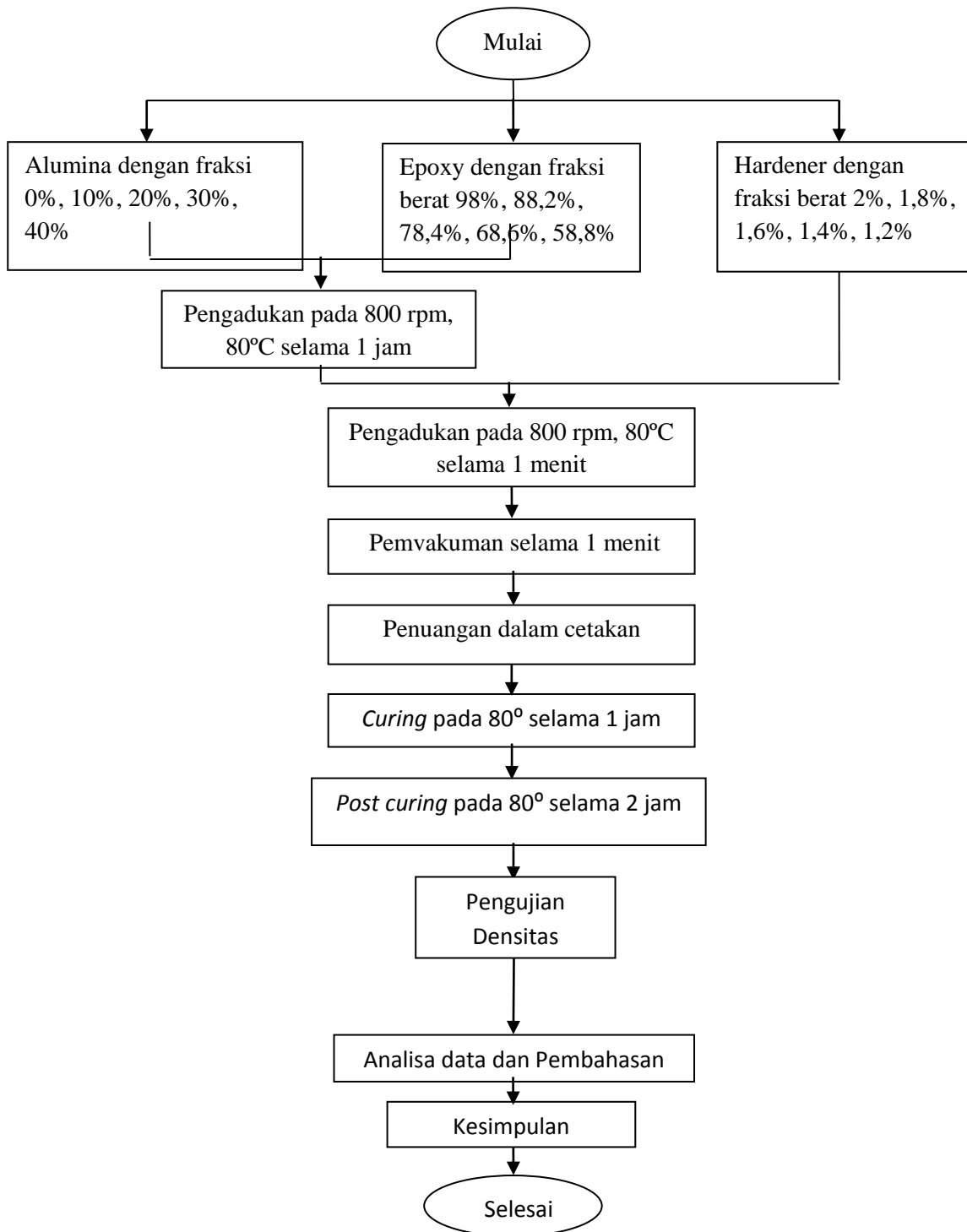
tetap berputar, hardener ditambahkan ke dalam campuran epoxy-alumina selama 1 menit. Hasil dari campuran dimasukkan ke dalam bejana vakum selama 1 menit dengan tujuan menghilangkan gelembung udara. Hasil campuran yang dikeluarkan dari tabung hampa dituangkan kedalam cetakan kemudian dimasukkan lagi kedalam bejana vakum selama 1 menit untuk menghilangkan gelembung udara, setelah itu hasil tuangan di *curing* dengan memasukkan kedalam oven pada suhu 80°C selama 1 jam, dan dilanjutkan *postcuring* pada suhu 120°C selama 2 jam.

Pengujian Spesimen

Uji Densitas

Pengujian ini dilakukan dengan cara menimbang spesimen dengan alat timbangan dalam keadaan kering dan didalam air. Dari pengujian ini dapat diketahui nilai porositas spesimen uji.

3.2 Diagram Alir Penelitian



3.4 Prediksi Analisa Hasil

Dari pengambilan data hasil pengujian dan analisa dengan prosedur dan metodologi di atas maka prediksi analisa hasil penelitian diharapkan sesuai hipotesa diatas. Ketangguhan retak diprediksi akan mengalami peningkatan dengan penambahan fraksi berat alumina. Data yang didapat langsung dari hasil pengujian dan pengukuran disusun pada form sebagai berikut:

Tabel 3.1. Form pengujian kekuatan densitas

Kode Sampel	No	Berat di udara (g)	Berat di air raksa (g)	ρ_b komposit (g/cm ³)	ρ_c teoritis (g/cm ³)	Relatif Densitas (%)
D/E/H/0	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
				Rata-rata		
D/E/H/10	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
				Rata-rata		
D/E/H/20	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
				Rata-rata		
D/E/H/30	1					
	2					
	3					
	4					
	5					
				Rata-rata		

BIAYA DAN JADWAL PELAKSANAAN

Perkiraan Biaya Penelitian

1. Bahan Penelitian

a. Bahan Habis Pakai

Bahan	Jumlah	Harga Sat. (Rp)	Jumlah (Rp)
Flash Disc	1 Buah	50.000	50.000
Kertas HVS	1 Rim	40.000	40.000
Tinta Printer	1 Botol	35.000	35.000
Penggandaan CD	7 Buah	15.000	105.000
Penggandaan Laporan	7 Buah	50.000	350.000
Transportasi dan akomodasi	4 Minggu	250.000	1.000.000
Dokumentasi		100.000	100.000
Epoksi	4 drigen	500.000	2.000.000
Hardener	4 drigen	500.000	2.000.000
Proses pembuatan serat dan serbuk	2 buah	500.000	1.000.000
Lain-lain			410.000
Jumlah Total			7.000.000

b. Sewa Peralatan

Jenis Penggunaan	Jumlah	Harga Satuan (Rp)	Jumlah (Rp)
Mesin uji impak.	1 Unit	5.000.000	5.000.000
Jumlah Total			5.000.000

2.Rekapitulasi Biaya

Nama Alat	Jumlah (Rp)
a. Bahan habis Pakai	7.000.000
b. Sewa Peralatan	5.000.000
Jumlah Total	12.000.000

Jadwal Penelitian

Tabel 3.2. Jadwal Penelitian

No	Kegiatan	Bulan			
		I	II	III	IV
1	Persiapan				
	a. Mencari Literatur	√			
	b. Studi Literatur	√			
	a. Penyusunan Proposal	√	√		
	b. Persiapan Alat dan Bahan		√		
2	Pelaksanaan				
	a. Seminar Proposal			√	
	a. Pembuatan Cetakan dan Spesimen			√	√
	b. Pengujian komposit di Laboratorium			√	√
3	Penyelesaian				
	a. Pengolahan Data dan Pembahasan			√	√
	b. Penyusunan Laporan			√	√
	c. Penyerahan Laporan				√

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Uji Densitas

Dengan pengujian ini dapat diketahui nilai porositas spesimen uji. Pengujian densitas dilakukan dengan cara menimbang spesimen dengan alat timbangan dalam keadaan kering dan pada saat di dalam air raksa untuk mendapatkan nilai *bulk density* pada setiap spesimen.

Sebagai contoh dalam perhitungan untuk sampel 10% fraksi berat alumina spesimen nomor 1 dari 5 spesimen yang diuji sebagai berikut :

$$W_{udara} = 3,743 \text{ g}$$

$$W_{air \text{ raksa}} = -37,534 \text{ g}$$

$$\rho_b = \frac{W_{udara}}{(W_{udara} - W_{fluida})} \times \rho_{fluida}$$

$$\rho_b = \frac{3,743}{(3,747 + 37,534)} \times 13,6 = 1,2332 \text{ g/cm}^3$$

Densitas teoritis dapat dihitung dengan Persamaan (3.9)

$$\text{Untuk bahan epoxy } \rho_m v_m = 1,16 \times 0,9686 = 1,1236 \text{ g/cm}^3$$

$$\text{Untuk bahan alumina } \rho_p v_p = 3,97 \times 0,0314 = 0,1247 \text{ g/cm}^3$$

$$\rho_c = \rho_m v_m + \rho_p v_p$$

$$\rho_c = 1,1236 + 0,1247 = 1,248 \text{ g/cm}^3$$

Densitas relatif dihitung dengan persamaan :

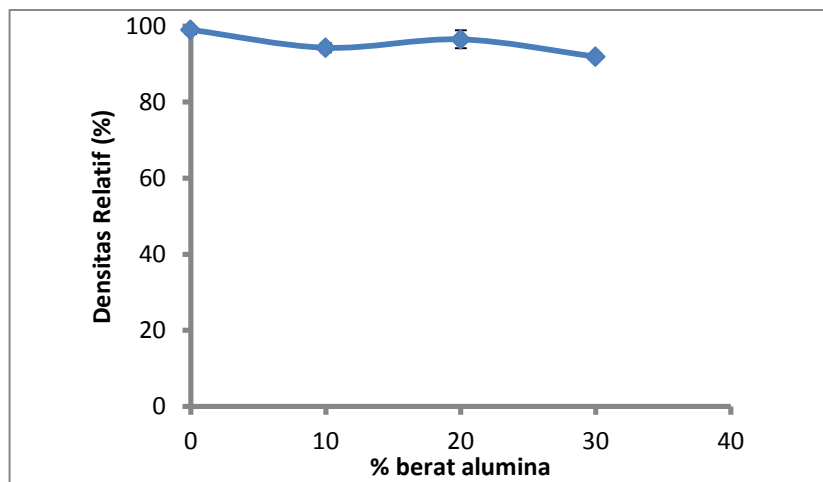
$$\rho_r = \rho_b / \rho_c \times 100\%$$

$$\rho_r = \frac{1,233}{1,2483} \times 100\% = 98,818 \%$$

Dari hasil perhitungan tersebut di atas, maka didapatkan data seperti pada Tabel 4.1 dan Gambar 4.1.

Tabel 4.1 Hasil pengujian densitas relatif

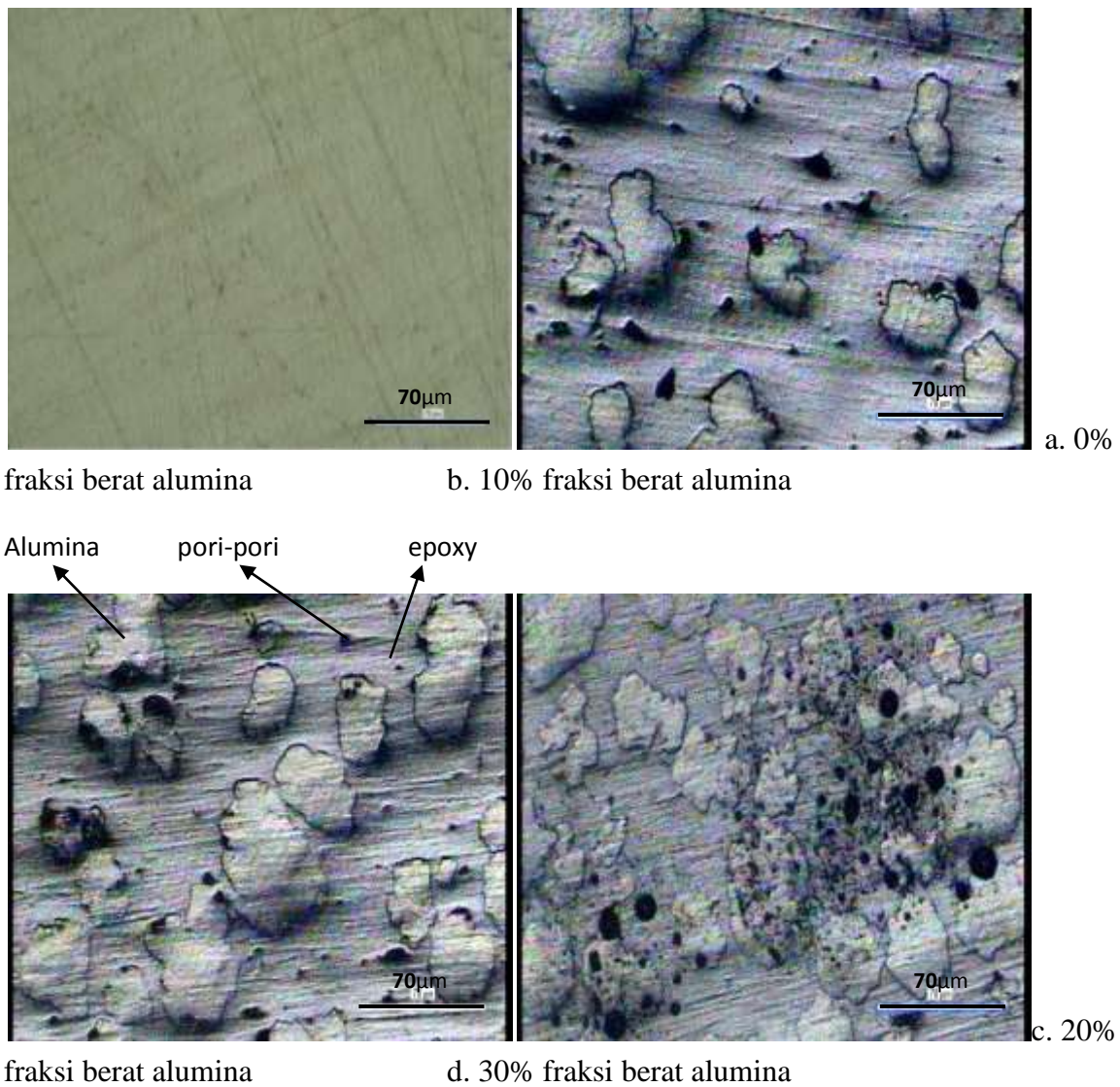
No	% berat alumina	Densitas Relatif (%)	Standar Deviasi (%)
1	0	99,023	2,34
2	10	94,304	3,65
3	20	96,502	2,62
4	30	91,979	1,65



Gambar 4.1 Densitas relatif terhadap % berat alumina

Dari Tabel 4.1 dan Gambar 4.1 dapat dilihat penurunan persentase densitas relatif. Pada penambahan 10% fraksi berat alumina sebesar 94,304%, penambahan 20% fraksi berat alumina sebesar 96,502%, penambahan 30% fraksi berat alumina sebesar 91,979%. Semakin banyak fraksi berat alumina densitas relatifnya semakin ringan, hal ini

mungkin disebabkan karena pori-pori yang belum sepenuhnya hilang sehingga porositas relatifnya makin besar, seperti yang terlihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2. Foto mikro penyebaran partikel pada komposit epoxy alumina.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

Dari uraian-uraian yang telah dibahas diatas maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

Hasil pengujian densitas terjadi penurunan densitas relatif pada setiap penambahan fraksi berat alumina dengan densitas relatif minimum terjadi pada penambahan 30% fraksi berat alumina sebesar 91,979 %.

5.2 SARAN

Proses pembuatan spesimen perlu adanya ketelitian karena rentan sekali terhadap kebocoran pada spesimen yang diakibatkan permukaan cetakan yang kurang rata, dan harus dilakukan sekali waktu dengan tujuan untuk mengurangi perbedaan yang terjadi seperti suhu, rpm, waktu pengadukan dan pemvakuman, dan juga menghindari pengulangan dikarenakan terjadinya kegagalan pada saat pembuatan spesimen.

DAFTAR PUSTAKA

- Askeland, 2001, "The Science and Engineering of Materials", 3thSI ED, ISBN 0-7484-4083-X.
- Astruc, Joliff, Chailan, Aragon, Petter, Sampaio, 2009, "Incorporation of Kaolin Fillers into an Epoxy/Polyamidoamine Matrix for Coating", *Progress in Organic Coatings* 65 158-168, Elsevier B.V.
- Alcoa Inc, 2011, "Aluminum Oxide (alumina, calcinated alumina)".
- Cao X., Lee LJ., Widya T., Macosko C., 2005, "Polyurethane/Clay Nanocomposites Foams: Processing, Structure and Properties", *Polymer*, 46, 775–783.
- Padmanabhan and Kishore, 1990, "Role of Alumina in Flexure of Glass/Epoxy Composites", *Bull. Mater. Sci.*, Vol. 13, No. 4, pp. 245-253.
- Karl Harrison, 2007, "Epoxy Resin", (Molecule of the Month for March).
- Kornmann X., Lindberg H., Berglund LA., 2001, "Synthesis of Epoxy-Clay Nanocomposites, Influence of the Nature of the Curing Agent on Structure", *Polymer*, 42:4493–9.
- Philipp M., Gervais, Sanctuary R., Müller, Baller J., Wetzel, Krüger JK., 2008, "Effect of Mixing Sequence on the Curing of Amine-Hardened Epoxy/Alumina Nanocomposites as Assessed by Optical Refractometry", *Express Polymer Letters* Vol.2, No.8, 546–552.
- Michel W Barsoum, 1997, "Fundamentals of Ceramics", McGraw-Hill.
- McCook, Boesl, Burris DL., and Sawyer WG., 2006, "Epoxy, ZnO, and PTFE Nanocomposite: Friction and Wear Optimization", *Tribology Letters*, Vol. 22, No. 3.
- Oladapo Akinyede, Ram Mohan, Ajit Kelkar, Jagannathan Sankar, 2007, "Static and Dynamic Loading Behavior of Hybrid Epoxy Composite With Alumina Nanoparticles", *International Conference on Composite Materials*, Kyoto, Japan.
- Marur PR., Batra, Garcia G., Loos AC., 2004, "Static and Dynamic Fracture Toughness of Epoxy/Alumina Composite with Submicron Inclusions", *Journal of Materials Science* 39, 1437 – 1440.
- Qifa Zhou, Jung Hyui Cha, Yuhong Huang, Rui Zhang, Wenwu Cao, and Kirk Shung, 2009, "Alumina/Epoxy Nanocomposite Matching Layers for High-Frequency Ultrasound Transducer Application, *IEEE Trans Ultrason Ferroelectr Freq Control*", 56(1): 213–219.
- Singh P., Zhang M., 2004, "Mechanical Reinforcements of Polyester by Al₂O₃ Nanoparticles", *Materials Letters*, 58: p. 408 - 412.

- Sharma P., Choudhary V., Narula AK., 2008, "Curing and Thermal Behavior of Epoxy Resin in the Presence of a Mixture of Imideamines", *J Therm Anal Calorim*, 94(3):80515.
- Shi H, Liu F, Han E, Wei Y., 2007, "Effects of Nano Pigments on the Corrosion Resistance of Alkyd Coatings", *J Mater Sci Technol*, 23(4):551–8.
- Wise CW., Cook WD., Goodwin AA., 2000, "CTBN Rubber Phase Separation in Model Epoxy Resins", *Polymer* 41, pp. 4625 – 4633.
- Xia L., Riester BW., Sheldon, Curtin, Liang, Yin and Xu JM., 2004, "Mechanical Properties of Highly Ordered Nanoporous Anodic Alumina Membranes", *Rev Adv.Mater.Sci.*, 6, 131-139.
- Zhanhu Guo, Tony Pereira, Oyoung Choi, Ying Wang and Thomas Hahn, 2006, "Surface Functionalized Alumina Nanoparticle Filled Polymeric Nanocomposites with Enhanced Mechanical Properties", *Journal of Materials Chemistry*.
- <http://wikipedia.com/alumina.html>

Lampiran

CURRICULUM VITAE

Nama : Rusnoto, ST. M.Eng.
NIPY : 14054121974
Tempat dan Tanggal Lahir : Brebes, 4 Desember 1974
Jenis Kelamin : Laki-laki Perempuan
Agama : Islam
Pekerjaan : Dosen Fakultas Teknik Universitas Pancasakti Tegal
Pangkat/ Golongan : Penata / III.c
Jabatan Fungsional Akademik : Lektor
Alamat Rumah : Desa Tengki Kidul RT 04/ RW 01 Brebes
Alamat e-mail : rusnoto74@gmail.com

RIWAYAT PENDIDIKAN PERGURUAN TINGGI

Tahun Lulus	Jenjang	Perguruan Tinggi	Jurusan/Bidang Studi
2000	S1	Universitas Muhammadiyah Surakarta	Teknik Mesin
2012	S2	Universitas Gadjah Mada	Teknik Mesin

PENGALAMAN JABATAN STRUKTURAL

Jabatan	Tahun
Sekretaris Lembaga Pengabdian Masyarakat	2004 – 2005
Kepala Instalasi	2005 – 2008
Pembantu Dekan III Fak. Teknik	2008 – 2009
Kepala Laboratorium Teknik Mesin	2012 – 2015

PENELITIAN

- Peningkatan Kapasitas Pelepasan Logam Pada Proses Pembubutan Dengan Menggunakan Pahat yang Diperlakukan Heat Treatment, 2006 (anggota).
- Karakterisasi Torsi Turbin Angin Savonius Tiga Tingkat Sudut Sudu, 2009 (anggota).
- Unjuk Kerja Digester Tong Fiber Untuk Penanganan Sampah yang Potensial, Efisien dan Ramah Lingkungan, 2010 (anggota).
- Analisa Hubungan Celah Platina Dengan Tegangan Induksi yang Timbul Untuk Pengapian Mobil, 2010 (anggota).
- Analisa Variasi Pendingin Udara Kapasitas 1 PK Pada Ruang Instalasi Uji Dengan Pembebanan Lampu, 2011 (anggota).
- Analisa Celah Busi Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Beijing 110 CC, 2011 (anggota).
- Studi Sifat Fisik dan Sifat Mekanik Komposit *Epoxy* – Alumina, 2012 (ketua).
- Studi Kekuatan Tarik dan Kekuatan Bending pada Komposit Epoxy-Alumina, 2013 (Ketua).
- Analisis Kekuatan Tarik Dan Impak Komposit Matrik Epoksi Yang Diperkuat Serat Bambu Dan Serbuk Pohon Kelapa, 2015 (Ketua)

PENGABDIAN

- Analisa Perhitungan Persediaan Pada Barang-Barang Dagangan (Inventory of Merchandise), 2004 (anggota).
- Instalasi Sistem Penyaluran Gas Bio Menggunakan Pipa PVC, 2010 (anggota).
- Pelatihan Program Dasar Komputer di Desa Tengki Kec.Brebes, 2013 (Ketua)

PUBLIKASI ILMIAH

- Pencegahan Kerak dan Korosi Pada Air Isian Ketel Uap, 2006 (Jurnal Oseatek).
- Instalasi Sistem Penyaluran Gas Bio Menggunakan Pipa PVC, 2010 (Jurnal Oseatek).
- Analisa Hubungan Celah Platina Dengan Tegangan Induksi yang Timbul Untuk Pengapian Mobil, 2010 (Jurnal Engineering).
- Analisa Variasi Pendingin Udara Kapasitas 1 PK Pada Ruang Instalasi Uji Dengan Pembebanan Lampu, 2011 (Jurnal Engineering).

- Analisa Celah Busi Terhadap Konsumsi Bahan Bakar Beijing 110 CC, 2011 (Jurnal Engineering).
- Studi Sifat Fisik dan Sifat Mekanik Komposit *Epoxy*-Alumina, 2011 (Proceeding Seminar Nasional UII Yogyakarta)
- Analisis Sifat Mekanik Komposit Serat Tebu Dengan Matrik Resin *Epoxy*, 2012 (Jurnal Engineering).

Tegal, 3 Oktober 2019

Rusnoto, ST. M.Eng.