

6220

D. 668.9 HAN. p

**PENGARUH PENAMBAHAN ZEOLIT TERHADAP SIFAT
MEKANIK DAN SIFAT TERMAL KOMPOSIT
AKRILONITRIL BUTADIENA STIRENA (ABS)/ZEOLIT**

(Oktober 2019-September 2020)

TUGAS AKHIR

**Oleh
ALIFIA RIZKI HANDINI
NIM: 1516041**

DATA BUKU PERPUSTAKAAN

Tgl Terima

6 /ukora

No Induk Buku

NB/H08/SB/HA/22

165



**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER
POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI
2020**

SUMBANGAN ALUMNI

**PENGARUH PENAMBAHAN ZEOLIT TERHADAP SIFAT
MEKANIK DAN SIFAT TERMAL KOMPOSIT
AKRILONITRIL BUTADIENA STIRENA/ZEOLIT**

TUGAS AKHIR

**Karya tulis sebagai salah satu syarat
Untuk memperoleh gelar Sarjana Terapan Bidang Teknik dari
Politeknik STMI Jakarta**

**Oleh
ALIFIA RIZKI HANDINI
NIM: 1516041**



**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER
POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI
2020**

ABSTRAK

PENGARUH PENAMBAHAN ZEOLIT TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN SIFAT TERMAL KOMPOSIT AKRILONITRIL BUTADIENA STIRENA (ABS)/ZEOLIT

Oleh

Alifia Rizki Handini

NIM: 1516041

(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Pengisi yang ditambahkan pada polimer terutama pada Akrilonitril Butadiena Stirena (ABS) digunakan sebagai upaya untuk meningkatkan kekuatan tarik dan sifat termal yaitu T_g dan T_m serta mengurangi penggunaan bahan baku. Zeolit alam menjadi salah satu pilihan pengisi yang dapat digunakan pada industri otomotif karena dikenal mampu meningkatkan sifat mekanik dan termal suatu bahan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penambahan zeolit alam terhadap sifat termal (temperatur transisi gelas dan temperatur leleh) dan mekanik yaitu kekuatan tarik komposit ABS/Zeolit. Pembuatan komposit ABS/Zeolit menggunakan mesin *compounder* dengan temperatur 220°C dan persentase berat zeolit sebesar 10%;20%;30%. Sifat komposit ABS/zeolit diketahui dengan melakukan pengujian sifat kekuatan tarik menggunakan standar ASTM D638 dan pengujian temperatur transisi gelas dan temperatur leleh berdasarkan standar ASTM D3418. Hasil dari penelitian ini kekuatan tarik tertinggi terdapat pada ABS murni dengan nilai sebesar 32,36 MPa. Terjadi penurunan nilai kekuatan tarik yang signifikan pada komposit berpengisi 30% zeolit dengan nilai 21,55 MPa. Kekuatan tarik menurun seiring dengan bertambahnya zeolit. Sifat termal yaitu temperatur transisi gelas dan temperatur leleh komposit ABS/zeolit didapatkan hasil temperatur transisi gelas tertinggi terdapat pada komposit berpengisi 20% zeolit dengan temperatur 102,6°C. Temperatur leleh komposit ABS/Zeolit tidak terlihat karena komposit bersifat amorf. Penambahan zeolit berpengaruh terhadap sifat mekanik dan termal Komposit ABS/Zeolit.

Kata kunci: akrilonitril butadiena stirena, zeolit alam, kekuatan tarik, temperatur leleh, temperatur transisi gelas

HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

**PENGARUH PENAMBAHAN ZEOLIT TERHADAP SIFAT
MEKANIK DAN SIFAT TERMAL KOMPOSIT
AKRILONITRIL BUTADIENA STIRENA (ABS)/ZEOLIT**

Alfia Rizki Handini
NIM: 1516041
(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Politeknik STMI Jakarta

Jakarta, November 2020

Menyetujui
Ketua Program Studi
Teknik Kimia Polimer



Fitria Ika Aryanti, ST, M.Eng
NIP.198505112014022001

Dosen Pembimbing



Dr. Erfina Oktariani, ST, MT
NIP.198210012014022001

HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING

**PENGARUH PENAMBAHAN ZEOLIT TERHADAP SIFAT
MEKANIK DAN SIFAT TERMAL KOMPOSIT
AKRILONITRIL BUTADIENA STIRENA (ABS)/ZEOLIT**

Alifa Rizki Handini
NIM: 1516041
(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Politeknik STMI Jakarta

Jakarta, November 2020

Pembimbing



Dr. Erfina Oktariani, ST, MT
NIP.198210012014022001

**HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI SEMINAR TUGAS
AKHIR**

**PENGARUH PENAMBAHAN ZEOLIT TERHADAP SIFAT
MEKANIK DAN SIFAT TERMAL KOMPOSIT
AKRILONITRIL BUTADIENA STIRENA (ABS)/ZEOLIT**

Alifia Rizki Handini
NIM: 1516041
(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Politeknik STMI Jakarta

Jakarta, 5 Oktober 2020

Penguji 1



Ir. Parulian Leonard Marpaung, MM
NIP.195702141985031002

Penguji 2



Ella Melyna, ST, MT
NIP.199103062018012001

Dosen Pembimbing



Dr. Erfina Oktariani, ST, MT
NIP.198210012014022001

**HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS
AKHIR**

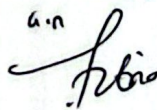
**PENGARUH PENAMBAHAN ZEOLIT TERHADAP SIFAT
MEKANIK DAN SIFAT TERMAL KOMPOSIT
AKRILONITRIL BUTADIENA STIRENA (ABS)/ZEOLIT**

Alifia Rizki Handini
NIM: 1516041
(Program Studi Teknik Kimia Polimer)

Politeknik STMI Jakarta

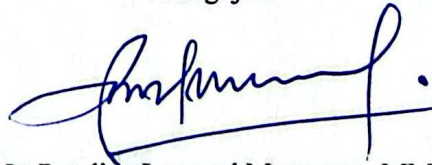
Jakarta, 21 Oktober 2020

Penguji 1



Ir. Roosmariharso, MBA
NIDK.8873590019

Penguji 2




Ir. Parulian Leonard Marpaung, MM
NIP.195702141985031002

Penguji 3



Syaiful Ahsan, ST, MT
NIP.198407162014021001

Dosen Pembimbing



Dr. Erfina Oktariani, ST, MT
NIP.198210012014022001

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya mahasiswa Program Studi Teknik Kimia Polimer, Politeknik STMI Jakarta,
Kementerian Perindustrian Republik Indonesia:

Nama : Alifia Rizki Handini
NIM : 1516041
Program Studi : Teknik Kimia Polimer

Dengan ini menyatakan bahwa tugas akhir yang saya buat dengan judul “Pengaruh Penambahan Zeolit Terhadap Sifat Mekanik dan Sifat Termal Komposit Akrilonitril Butadiena Stirena (ABS)/Zeolit”.

- a. Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, bimbingan dengan dosen pembimbing dan pembimbing penelitian, melalui tanya jawab maupun asistensi serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada tugas akhir ini.
- b. Bukan merupakan duplikasi yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali pada bagian-bagian tertentu digunakan referensi pendukung untuk melengkapi informasi dan sumber informasi dengan dicantumkan melalui referensi yang semestinya.
- c. Bukan merupakan karya tulis terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada tugas akhir ini.

Jika terbukti saya tidak memenuhi apa yang telah saya nyatakan seperti apa yang diatas, maka tugas akhir saya ini dibatalkan.

Jakarta, November 2020


Alifia Rizki Handini

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya, penulisan tugas akhir ini yang merupakan salah satu syarat penyelesaian Akademik Program Studi Teknik Kimia Polimer dalam Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian RI dapat diselesaikan dengan baik dan lancar. Dalam proses penyusunan tugas akhir ini, saya telah mendapat bantuan, baik selama studi literatur, penelitian, hingga penyusunan tugas akhir ini. Oleh karena itu, pada kesempatan ini saya ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada semua pihak yang turut membantu dan mendukung dalam penyusunan tugas akhir ini terutama pada:

1. Kedua orang tua saya yang telah memberikan dukungan, semangat serta dorongan dan doa.
2. Ibu Dr. Erfina Oktariani, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah membimbing dalam penyusunan tugas akhir ini.
3. Ibu Fitria Ika Aryanti, S.T., M.Eng selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta.
4. Teman-teman Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta
5. Seluruh pihak yang secara langsung ataupun tidak langsung yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir ini.

Saya menyadari bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna oleh karena itu, semua kritik dan saran akan saya terima dengan senang hati. Akhir kata semoga Tugas Akhir ini dapat memberi manfaat bagi pembaca.

Jakarta, Juni 2020

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	ii
HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING	iii
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING	iv
HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI SEMINAR TUGAS AKHIR	v
HALAMAN PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS AKHIR	vi
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG	xiv
Bab I Pendahuluan	1
I.2 Rumusan Masalah	2
I.3 Batasan Masalah	2
I.4 Tujuan Penelitian	2
I.5 Manfaat Penelitian	2
Bab II Tinjauan Pustaka	4
II.1 Komposit Polimer	4
II.1.1 Klasifikasi komposit Polimer	4
II.1.2 Pembuatan Komposit Polimer	7
II.2 Bahan baku yang digunakan pada komposit	8
II.2.1 Akrilonitril Butadiena Stirena (ABS)	9
II.2.2 Zeolit	11
II.3 Kekuatan Tarik	13
II.4 Sifat Termal	16
II.4.1 Temperatur Transisi Gelas (T_g)	16
II.4.2 Temperatur Leleh (T_m)	18
BAB III Metode Penelitian	21
III.1 Waktu dan Tempat Penelitian	21
III.2 Alat dan Bahan	21
III.2.1 Alat	21
III.2.2 Bahan	21
III.3 Variabel	21
III.3.1 Variabel Tetap	22
III.3.2 Variabel Berubah	22
III.4 Prosedur Penelitian	22
III.4.1 Preparasi Bahan-bahan	23
III.4.2 Pembuatan Pelet Komposit	24
III.4.3 Pembuatan Spesimen	24

III.4.4 Pengujian Spesimen.....	24
BAB IV Hasil dan Pembahasan	25
IV.1 Pengaruh Penambahan Zeolit Terhadap Sifat Mekanik Komposit	25
IV.2 Pengaruh Penambahan Zeolit Terhadap Sifat Termal Komposit.....	26
Bab V Penutup	28
V.1.Kesimpulan.....	28
V.2.Saran.....	28
DAFTAR PUSTAKA	29
LAMPIRAN.....	32

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A	Surat Tugas Dosen Pembimbing	33
Lampiran B	Alat dan Bahan.....	34
Lampiran C	Data Penelitian Perhitungan <i>Drying</i>	38
Lampiran D	Dimensi spesimen IV.....	45
Lampiran E	Data Pembuatan Spesimen.....	46
Lampiran F	Data Pengujian UTM.....	50
Lampiran G	Data Kekuatan Tarik.....	54
Lampiran H	Data Sifat Termal.....	60

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar II.1 Ilustrasi komposit partikel	5
Gambar II.2 Ilustrasi komposit serat	6
Gambar II.3 Mesin ekstruder	8
Gambar II.4 Struktur molekul ABS	9
Gambar II.5 Pelet ABS	10
Gambar II.6 <i>Dashboard</i> mobil	11
Gambar II.7 Struktur Molekul Zeolit	12
Gambar II.8 Zeolit	13
Gambar II.9 Kekuatan tarik komposit ABS/Talk dan ABS/CaCO ₃	14
Gambar III.1 Skema penelitian pembuatan pelet komposit ABS dan Zeolit	23
Gambar IV.1 Kekuatan tarik komposit ABS/Zeolit	25
Gambar IV.2 Sifat termal komposit ABS/Zeolit	26

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel II.1 Karakteristik ABS	9
Tabel III.1 Matriks penelitian	22

DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

Singkatan	Nama	Pemakaian Pertama Kali pada Halaman
ABS	Akronitril Butadiena Stirena	1
ASTM	<i>American Society for Testing and Material</i>	2
CTF	<i>Colored Talc Powder</i>	15
DSC	<i>Differential Scanning Calorimetry</i>	2
g-SiO ₂	<i>Grafted Silica</i>	17
GF	<i>Graphite Flour</i>	15
HDPE	<i>High Density Polyethylene</i>	6
IZA	<i>International Zeolite Association</i>	13
MOR	<i>Mordenite</i>	12
PET	<i>Polyethylene Terephthalate</i>	6
PP	Polipropilen	6
SAN	<i>Styrene-Acrylonitrile</i>	9
TF	<i>Talc Powder</i>	15
UTM	<i>Universal Testing Machine</i>	2

Bab I Pendahuluan

I.1 Latar Belakang

Perkembangan aplikasi polimer Akrilonitril Butadiena Stirena (ABS) di industri otomotif sangat berkembang pesat. ABS banyak digunakan karena memiliki kekuatan yang baik, tahan terhadap panas, dan tahan terhadap bahan kimia. Aplikasi ABS pada komponen otomotif salah satunya yaitu *dashboard* pada mobil. Ada beberapa kelemahan yang dimiliki ABS diantaranya kekerasan yang tidak terlalu baik, dan mudah mengalami kerusakan pada temperatur tinggi.

Polimer ditambahkan dengan bahan yang memiliki sifat dan karakteristik yang berbeda, seperti pengisi dan aditif, merupakan salah satu modifikasi yang dilakukan untuk meningkatkan sifat bahan polimer dan mengurangi penggunaan bahan baku. Modifikasi tersebut menghasilkan bahan baru yaitu komposit.

Ananthapadmanabha dan Deshpande (2017) meneliti tentang pengaruh rasio pengisi mineral talk dan CaCO_3 pada komposit ABS. Berdasarkan penelitian tersebut pengisi pada suatu komposit sangat berpengaruh terhadap sifat-sifat yang dimiliki komposit itu sendiri. Berbagai bahan dapat digunakan sebagai pengisi, pada penelitian ini dilakukan penambahan pengisi berupa zeolit pada polimer ABS.

Kaymakci, dkk (2017) menjelaskan zeolit digunakan untuk penguat komposit atau sebagai bahan untuk meningkatkan sifat mekanik. Zeolit dikenal dengan sifatnya yang dapat menyimpan panas pada rongga dan pori-porinya sehingga dapat meningkatkan sifat termal seperti temperatur transisi gelas dan temperatur leleh dengan baik. Berdasarkan sifat itulah, mineral zeolit banyak digunakan sebagai penguat komposit polimer.

Melihat sifat-sifat yang dimiliki ABS dan zeolit yang saling memiliki keunggulan masing-masing, penambahan pengisi zeolit dilakukan guna untuk mengetahui pengaruh pengisi terhadap sifat mekanik dan termal komposit ABS/Zeolit.

I.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, dapat dirumuskan permasalahan pada penelitian ini:

1. Bagaimana pengaruh penambahan zeolit terhadap kekuatan tarik komposit Akrilonitril Butadiena Stirena/Zeolit?
2. Bagaimana pengaruh penambahan zeolit terhadap temperatur transisi gelas dan temperatur leleh komposit Akrilonitril Butadiena Stirena/Zeolit?

I.3 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi dengan:

1. Bahan utama komposit yang digunakan adalah Akrilonitril butadiena stirena (ABS) dan zeolit alam.
2. Persentase berat zeolit yang digunakan untuk komposit ABS yaitu 10%, 20%, 30%.
3. Zeolit yang digunakan adalah zeolit alam dan berbentuk bubuk.
4. Sifat mekanik yang diuji adalah sifat kekuatan tarik
5. Pengujian sifat kekuatan tarik komposit menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) dengan standar yang digunakan adalah *American Society for Testing and Material* (ASTM) D638.
6. Sifat termal yang uji adalah temperatur transisi gelas dan temperatur leleh
7. Pengujian sifat termal komposit menggunakan *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) dengan standar ASTM D3418.

I.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh penambahan zeolit terhadap kekuatan tarik komposit Akrilonitril Butadiena Stirena/Zeolit.
2. Mengetahui pengaruh penambahan zeolit terhadap temperatur transisi gelas dan temperatur leleh komposit Akrilonitril Butadiena Stirena/Zeolit.

I.5 Manfaat Penelitian

1. Manfaat penelitian untuk Akademis

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi mengenai pengembangan tentang komposit ABS berpengisi mineral dimasa yang akan datang.

2. Manfaat penelitian untuk industri

Penelitian ini diharapkan dapat menjadi alternatif baru untuk bahan pembuatan produk pada industri terutama otomotif.

3. Manfaat penelitian untuk masyarakat

Penelitian ini diharapkan dapat diaplikasikan dalam produk otomotif dan dapat menambah pengetahuan mengenai komposit polimer kepada masyarakat.

Bab II Tinjauan Pustaka

II.1 Komposit Polimer

Komposit polimer adalah bahan yang terbentuk dari penggabungan bahan polimer dengan dua atau lebih bahan yang memiliki sifat dan karakteristik berbeda. Komposit polimer terdiri dari dua fasa yaitu matriks dan penguat (*reinforcement*). Matriks adalah bagian yang mendukung penguat, memiliki sifat ulet namun memiliki kekerasan yang kurang baik (Jose dkk, 2012)

Reinforcement (penguat) adalah bahan yang didukung oleh matriks memiliki sifat diskontinu. Jenis penguat seringkali berupa serat (*fiber*) atau partikel (*particulate*). Penguat yang berbentuk partikel dengan ukuran $\leq 100 \mu\text{m}$ disebut pengisi atau *filler*. Pengisi dapat meningkatkan kekakuan, kekuatan, daya tahan, serta kekerasan pada komposit polimer. Penguat ditambahkan pada polimer digunakan sebagai upaya untuk mengurangi biaya produksi serta mengurangi penggunaan bahan baku. (Subramanian, 2017).

II.1.1 Klasifikasi komposit Polimer

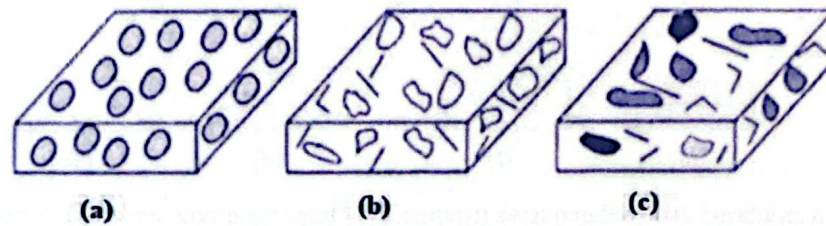
Komposit polimer banyak diaplikasikan diberbagai bidang. Penguat atau pengisi menjadi salah satu faktor penting dalam pengklasifikasian komposit polimer. Menurut Staab (2015), klasifikasi komposit polimer berdasarkan jenis penguatnya dibagi menjadi 2, yaitu komposit partikel dan komposit serat. Berikut merupakan komposit polimer berdasarkan penguatnya

a. Komposit Partikel (*Particulate Reinforced Composites*)

Menurut Fakirov (2017), komposit partikel adalah komposit yang terdiri dari penguat berbentuk partikel atau serbuk yang tersebar secara merata pada matriks polimer. Penguat partikel digunakan untuk meningkatkan karakteristik dan sifat komposit polimer seperti sifat mekanik dan termal.

Menurut Staab (2015), ada dua jenis partikel yang digunakan pada komposit yaitu partikel berbentuk *flake* (lempengan) dan *filled/skeletal*. Partikel berbentuk *Flake* (lempengan) adalah suatu komposit dengan penguat berbentuk lempengan yang

tersuspensi dalam bahan matriks. Kemudian *Filled/skeletal* adalah komposit polimer yang terdiri dari penguat kontinu yang diisi oleh matriks polimer.



Gambar II.1 Ilustrasi komposit partikel (a) Bentuk partikel secara umum, (b) Partikel berbentuk lempengan, dan (c) Partikel filled/skeletal (Staab, 2015)

Bharme dan Bhosle (2014) dalam penelitiannya tentang penambahan pengisi partikel *flyash* pada ABS didapatkan hasil bahwa, pengisi mempengaruhi kekuatan tarik dan sifat termal komposit ABS. Komposit dengan pengisi partikel sangat bergantung pada ukuran, bentuk, dan distribusi penguat partikel untuk meningkatkan sifat-sifat dari komposit.

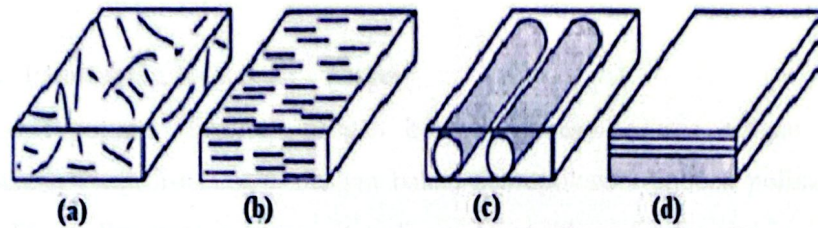
Ananthapadmanabha dan Deshpande (2017), dalam penelitiannya mengenai komposit ABS yang menggunakan matriks berupa partikel yaitu talk dan CaCO_3 . Pada penelitiannya didapatkan bahwa talk memiliki bentuk berupa lempengan dan CaCO_3 memiliki bentuk seperti bola pada saat diperbesar, keduanya dapat terdistribusi dengan merata pada komposit ABS serta mempengaruhi sifat mekanik dan termal komposit.

Keunggulan dari komposit partikel menurut Fakirov (2017) adalah penguat partikel dapat memperkuat susunan bahan satu sama lain. Penguat berbentuk partikel lebih murah dibandingkan dengan jenis penguat lainnya. Beberapa penguat berbentuk partikel yang umum digunakan komposit polimer meliputi talk, CaCO_3 , dan *carbon black* (Subramanian, 2017).

b. *Fiber reinforced composites*

Menurut Staab (2015), komposit berpenguat berbentuk serat (*fiber*) terbagi menjadi 2 jenis yaitu komposit dengan serat panjang disebut *continuous fiber reinforcement*

dan komposit dengan serat pendek atau tertanam dalam matriks disebut sebagai *discontinuous fiber reinforcement*.



Gambar II.2 Ilustrasi komposit serat (a) Komposit serat pendek tidak beraturan arah, (b) Komposit serat pendek beraturan arah, (c) Komposit serat panjang beraturan, (d) Komposit serat panjang berlapis-lapis (Staab, 2015)

Komposit dengan penguat serat panjang (*continuous fiber reinforcement*), umumnya serat yang digunakan pada komposit jenis ini memiliki diameter sekitar 3-200 μm . Penggunaan serat panjang sebagai penguat komposit akan membentuk susunan komposit menjadi teratur dan searah. *Fiberglass* dan serat karbon adalah beberapa contoh komposit serat panjang yang umum digunakan sebagai penguat komposit. Sedangkan untuk komposit dengan serat pendek memiliki diameter sekitar 0,02-100 μm . Penguat akan tersusun secara tidak beraturan. Contoh dari serat pendek yang umum digunakan pada komposit adalah potongan dari *fiberglass* (Staab, 2015; Fakirov, 2017; Subramanian, 2017).

Klasifikasi komposit selain berdasarkan penguat, dapat diklasifikasikan berdasarkan sifat termal matriks polimer. Ada beberapa jenis polimer yang digunakan sebagai matriks untuk komposit yaitu polimer termoplastik dan polimer termoset (Fakirov, 2017).

Polimer termoplastik adalah polimer yang memiliki rantai molekul acak dan renggang. Karakteristik inilah yang membuat bahan jenis ini dapat didaur ulang melalui pemanasan (Mills, 2020). Beberapa contoh polimer termoplastik adalah Polipropilen (PP), *High Density Polyethylene* (HDPE), *Polyethylene Terephthalate* (PET), dan lain-lain.

Polimer termoset memiliki ikatan silang antar rantai monomer yang memiliki sifat tahan terhadap panas, kuat, dan tahan terhadap tekanan, kaku dan tidak melunak

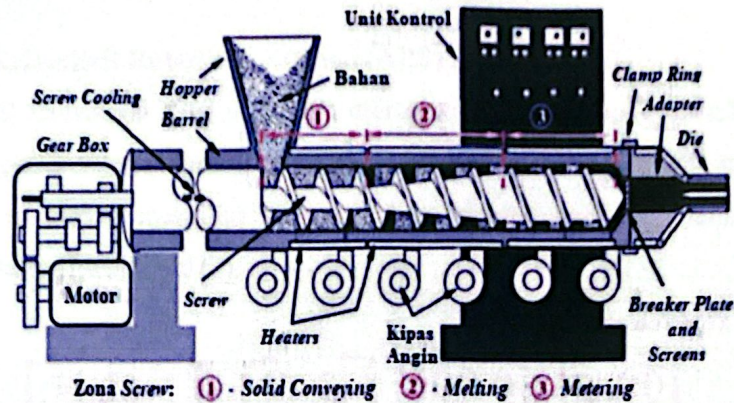
saat pemanasan. Matriks jenis ini sulit untuk didaur ulang (Stokes, 2020). Contoh polimer termoset adalah *unsaturated polyester* dan epoksi

II.1.2 Pembuatan Komposit Polimer

Komposit polimer dibentuk dengan berbagai macam proses dengan metode pembuatan yang disesuaikan dengan bahan dan aplikasi komposit polimer yang akan dibuat. Pembuatan komposit polimer dapat dibagi berdasarkan *mold* atau cetakan yang digunakan yaitu dengan metode cetakan terbuka dan cetakan tertutup.

Menurut Grove (2012), Metode pembuatan komposit polimer dengan menggunakan cetakan terbuka merupakan metode pembuatan komposit yang paling sederhana tanpa bantuan mesin. Metode *Hand Layup* dan *spray up* merupakan contoh dari pembuatan komposit polimer menggunakan cetakan terbuka. Metode *Hand Lay Up* dilakukan dengan menyusun penguat berbentuk anyaman serat yang kemudian matriks polimer berupa resin cair dituangkan secara berulang diatas serat kemudian ditekan menggunakan rol. Metode *spray up* adalah metode pembuatan komposit polimer dengan cara menyemprotkan campuran resin polimer dan penguat yang biasanya berupa serat. Campuran resin dan serat disemprotkan pada cetakan berbentuk produk yang akan dibuat.

Metode pembuatan komposit polimer dengan menggunakan cetakan tertutup identik dengan pemrosesan yang menggunakan mesin. Salah satu proses pembuatan komposit polimer dengan menggunakan cetakan tertutup adalah pembuatan komposit menggunakan mesin ekstruder. Ekstruder terbagi menjadi 4 bagian yaitu bagian umpan (*feed section*), bagian *conveying (barrel and screw section)*, bagian cetakan (*die section*), dan bagian alat tambahan.



Gambar II. 3 Mesin ekstruder (Ashter, 2016)

Bagian umpan terdapat *hopper* yang digunakan untuk mengumpalkan bahan-bahan ke dalam ekstruder. Bagian *conveying* terdapat *barrel* dan *screw*. *Barrel* digunakan untuk melelehkan bahan, sedangkan *screw* berfungsi sebagai penyampur dan pendorong bahan menuju ke bagian selanjutnya. Pada bagian ini terdapat beberapa zona yang temperturnya diatur berbeda disesuaikan dengan temperatur leleh bahan yang digunakan (Ashter, 2016).

Zona *solid conveying* bahan masih padat kemudian akan didorong oleh *screw* ke zona *melting*, terjadi proses pelelehan bahan pada zona *melting* dikarenakan temperatur diatur sebesar temperatur leleh bahan. Bahan yang telah meleleh didorong serta dicampur pada zona *metering* yang selanjutnya dilanjutkan bagian cetakan (Mills, 2020).

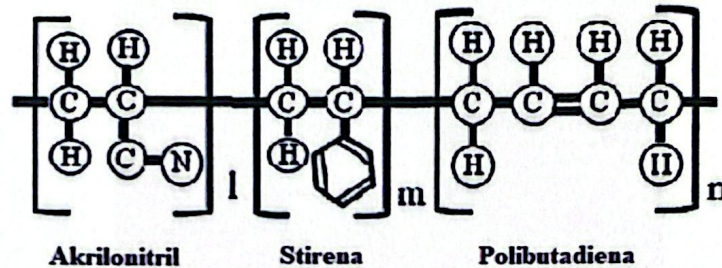
Bagian cetakan adalah bagian tempat keluarnya lelehan yang sudah dicampurkan. Bagian alat tambahan, pada bagian ini biasanya ditambahkan alat tambahan untuk pendinginan, pemotongan, dan pengumpulan produk (Ashter, 2016).

II.2 Bahan baku yang digunakan pada komposit

Bahan baku yang digunakan untuk pembuatan komposit polimer ABS/Zeolit adalah ABS dan Zeolit. ABS menjadi bahan yang berperan sebagai matriks dan zeolit berperan menjadi penguat (*reinforcement*).

II.2.1 Akrlonitril Butadiena Stirena (ABS)

Akrlonitril Butadiena Stirena (ABS) merupakan polimer yang masuk ke dalam golongan polimer termoplastik amorf yang memiliki sifat *rigid*, kuat, tahan panas, tahan bahan kimia, memiliki kekuatan *impact* yang baik, dan tahan terhadap tekanan (Satterthwaite, 2017).



Gambar II. 4 Struktur molekul ABS (Tsuchikura, 2013)

McKeen (2019) menjelaskan bahwa ABS terbentuk dari kopolimer *Styrene-Acrylonitrile* (SAN) dengan karet polibutadiena. Komposisi bahan ABS dapat berkisar 15% - 35% akrilonitril, butadiena sebesar 5% - 30%, dan untuk stirena sebesar 40% - 60%. Stirena memberi kilauan dan sifat kedap air pada ABS. Butadiena yang merupakan sejenis karet, memberikan ketahanan pada ABS terhadap temperatur rendah. ABS menggabungkan kekuatan dan kekakuan dari polimer akrilonitril dan stirena dengan kekuatan karet polibutadiena.

Tabel II. 1 Karakteristik ABS

Sifat	Nilai	Satuan
Densitas pada 20°C	1,04	gcm^{-3}
Temperatur Leleh (T_m)	220-260	°C
Temperatur Transisi gelas (T_g)	102-107	°C
<i>Tensile Strength</i>	25-65	MPa

Sumber: Wypych, 2016

Menurut Satterthwaite (2017), poin utama yang perlu diperhatikan dalam pemrosesan ABS yaitu sifat higroskopis yang dimiliki ABS, sehingga ABS dapat

menyerap air pada ruang lembab. Sifat tersebut yang menyebabkan ABS harus dikeringkan dengan hati-hati sebelum masuk ke proses.

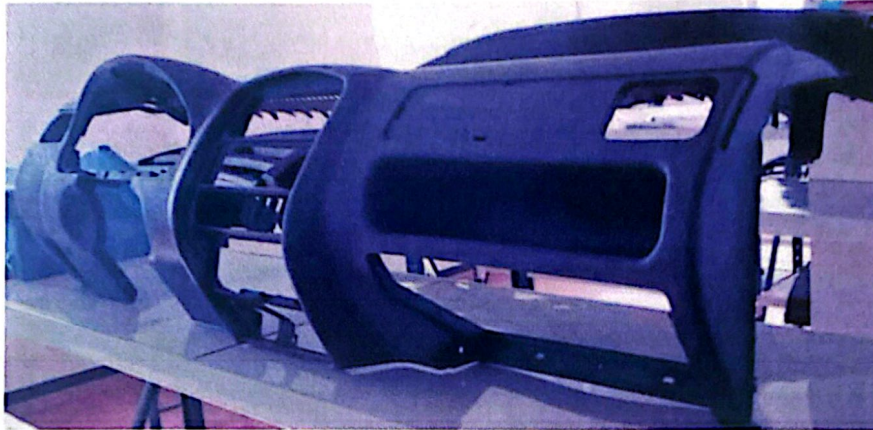


Gambar II. 5 Pelet ABS

Pada penelitian yang dilakukan Ananthapadmanabha dan Deshpande (2017), pelet ABS dikeringkan pada temperatur 80°C selama 2 jam sebelum dilakukan pencampuran dengan talk dan CaCO_3 . Pengeringan ABS bertujuan untuk mengurangi kadar air dalam pelet ABS. Kadar air berlebih pada pelet akan memengaruhi sifat komposit yang dihasilkan.

ABS selain higroskopis, juga kurang tahan saat digunakan untuk aplikasi di luar ruangan (Subramanian, 2011). Ketika ABS digunakan untuk periode waktu yang lama di lokasi luar ruangan atau di bawah lampu, terjadi perubahan warna biasanya menguning dan terjadi degradasi. Penyebab utama dari masalah ABS terkait degradasi adalah oksidasi dari komponen polibutadiena (McKeen, 2019).

Namun, dibalik semua kelemahannya ABS banyak diaplikasikan pada komponen otomotif salah satunya *dashboard* pada mobil karena sifatnya yang kuat, tahan panas dan kimia, serta memiliki ketahanan terhadap tekanan.

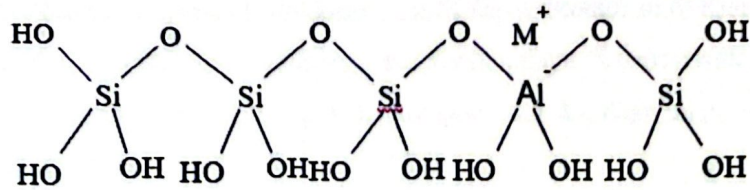


Gambar II. 6 Dashboard mobil

Dashboard adalah salah satu bagian penting dari sebuah mobil yang menjadi tempat untuk sejumlah komponen seperti *speedometer*, pengukur bahan bakar, takometer, odometer, sistem kontrol iklim, dan fitur keselamatan seperti *airbag housings*. Beberapa sifat penting pada *dashboard* yaitu dashboard bersifat ringan karena mempengaruhi efisiensi bahan bakar yang lebih baik (Shinde dan Patel, 2019 dan Pradeep dkk, 2017). *Dashboard* mobil memiliki nilai kekuatan tarik 20-30 MPa (Sapuan dkk, 2011).

II.2.2 Zeolit

Zeolit adalah serangkaian mineral alumina silikat yang banyak terdapat di alam. Kerangka dasar struktur zeolit terdiri dari unit tetrahedral AlO_2 dan SiO_2 yang saling berhubungan melalui atom O, sehingga rumus kimia untuk zeolit $\text{M}_{x/n}(\text{SiO}_2)_y(\text{AlO}_2)_z \cdot x\text{H}_2\text{O}$. Keterangan M disini adalah $\text{Na}^+/\text{K}^+/\text{Li}^+/\text{Ag}^+/\text{NH}_4^+/\text{H}^+/\text{Ca}^{2+}/\text{Ba}^{2+}$. Zeolit merupakan mineral anorganik bersifat kristalin yang memiliki struktur kerangka yang mengandung rongga dan pori-pori, yang dapat digunakan sebagai pengisi komposit untuk meningkatkan sifat termal dan sifat mekanik polimer (Kumar, 2016; Ranocchiari, 2011; Nazarenko, 2016).



Gambar II. 7 Struktur Molekul Zeolit (Kumar, 2016)

Menurut Cavdar (2018), rongga dan pori-pori yang dimiliki zeolit berguna untuk meningkatkan sifat termal komposit apabila digunakan sebagai pengisi. Selain itu, zeolit termasuk ke dalam bahan yang memiliki biaya pemrosesan rendah, dan memiliki kemampuan yang baik dalam hal menghidrasi dan mengeringkan. Zeolit telah banyak digunakan sebagai katalisator, pengisi, adsorben, dan penukar ion karena stabilitas termal / hidrotermal yang baik, selektifitas bentuk yang baik, dan kapasitas pertukaran ion yang tinggi.

Zeolit terbagi menjadi 2 berdasarkan sumber zeolit didapat yaitu zeolit alam dan zeolit sintesis

a. Zeolit alam

Zeolit alam ditemukan oleh ahli mineral Swedia, Axel Fredrik Cronstedt pada 1756. Hingga saat ini, lebih dari 40 zeolit alam telah diidentifikasi, di antaranya *clinoptilite*, *chabazite*, *mordenite* (MOR), dan tektosilikat telah mendapat perhatian lebih, karena keberadaannya yang melimpah dan sifat mikropori (Kumar, 2016).

zeolit alam yang ditambahkan pada komposit dapat mengadsorpsi air menggunakan rongga dan pori-pori kerangka yang zeolit miliki. Air dilepaskan pada pemanasan yang menyebabkan efek zeolit alam mengurangi sifat mudah terbakar pada komposit (Narazenko, 2016)

Zeolit alam kebanyakan diketahui memiliki rasio Si/Al yang lebih rendah, karena tidak ada zat yang mengarahkan struktur organik untuk membentuk zeolit yang mengandung silika (Payra dan Dutta, 2003).

Zeolit alam banyak tersebar di Indonesia, zeolit dapat ditemukan di daerah Bayah, Cibinong, Bogor, Sukabumi, Lampung, dan Tasikmalaya. Karakteristik zeolit tiap zeolit alam berbeda sesuai dengan kandungan dan keadaan alam sekitarnya (Ginting dkk, 2007)



Gambar II. 8 Zeolit

b. Zeolit Sintetis

Zeolit sintetis sejauh ini telah disintesis lebih dari 150 jenis. Menurut *International Zeolite Association (IZA)*, pengembangan kerangka zeolit yang unik dan beragam telah dicapai dengan cepat dan jumlah zeolit sintetis yang dilaporkan telah mencapai 174 pada 2007 (Payra dan Dutta, 2003).

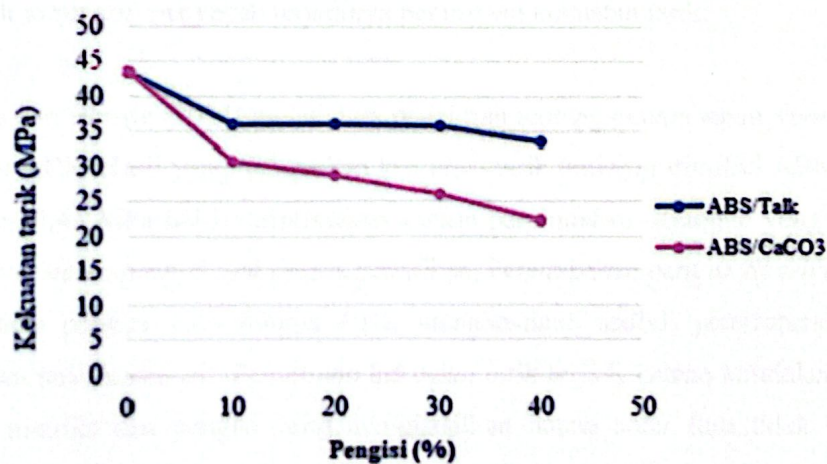
Sifat-sifat fisik ukuran pori, luas permukaan, pertukaran ion, dan stabilitas kimia dapat secara efektif disesuaikan dengan komposisi kimia zeolit. Untuk meningkatkan sifat pori zeolit, para peneliti telah menyintesis berbagai jenis bahan zeolit dengan memvariasikan komposisi kimia molekul utama (Kumar, 2016).

II.3 Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik menurut Aguilar-Vega (2013) adalah tegangan maksimum yang dapat ditanggung oleh suatu bahan di bawah beban tarik. Komposit polimer yang diisi dengan partikel, transfer tegangan antara partikel dan matriks polimer mempengaruhi kekuatan tarik akhir komposit.

Untuk mengukur kekuatan tarik komposit polimer digunakan *Universal Testing Machine* (UTM) dengan merujuk pada standar *American Society for Testing and Material* (ASTM) D638. Metode ini bertujuan untuk mengukur sifat kekuatan tarik polimer dan komposit yang memiliki ketebalan maksimum 14 mm (ASTM Internasional D638, 2014). Kekuatan Tarik ABS terdapat pada rentang 25-65 MPa (Wypych, 2016)

Beberapa satuan yang umum digunakan adalah newton per meter persegi (N/m^2), kilogram per sentimeter persegi (kg/cm^2), pound per inci persegi (psi), atau megapascal (MPa) (Rakesh, 2019)



Gambar II. 9 Kekuatan tarik komposit ABS/Talk dan ABS/CaCO₃ (Ananthapadmanabha dan Deshpande, 2017)

Ananthapadmanabha dan Deshpande (2017) melakukan penelitian mengenai penambahan pengisi talk dan CaCO₃ terhadap kekuatan tarik komposit ABS. Hasil yang didapatkan terjadi penurunan kekuatan tarik yang signifikan untuk komposit ABS berpengisi 40% talk maupun CaCO₃. Komposit ABS/40% talk memiliki kekuatan tarik sebesar 33,4 MPa dan untuk komposit ABS/40% CaCO₃ memiliki nilai 22,1 MPa. Penurunan kekuatan tarik terjadi secara bertahap dengan meningkatnya persentase pengisi. Ikatan antar fasa menentukan perpindahan tegangan antara pengisi dan matriks. Ikatan antara pengisi dan matriks yang kurang

terjalin dengan baik menyebabkan penurunan kekuatan tarik seiring dengan meningkatnya persentase pengisi.

Yao (2016) melakukan penelitian tentang penambahan *Talc Powder* (TF) dan *Colored Talc Powder* (CTF) pada polimer ABS. Hasil yang didapatkan terjadi penurunan kekuatan tarik komposit untuk komposit ABS / TF dari 43,7 menjadi 28,7 MPa dan komposit ABS / CTF dari 42,9 menjadi 29,8 MPa. Penurunan kekuatan tarik terjadi seiring dengan peningkatan pengisi dari 2% menjadi 40% wt. Kekuatan tarik bergantung pada interaksi matriks dengan pengisi. Interaksi yang buruk antara matriks dan pengisi ini menciptakan ikatan antar fasa menjadi lemah yang mengakibatkan *debonding* atau rusaknya ikatan antara matriks dan pengisi pada saat proses penarikan. Penurunan persentase matriks polimer dalam komposit menjadi salah satu penyebab terjadinya penurunan kekuatan tarik.

Bharné dan Bhosle (2014) melakukan penelitian tentang penambahan *flyash* pada polimer ABS. Hasil yang didapatkan kekuatan tarik tertinggi dimiliki ABS murni sebesar 40,45 MPa hal ini disebabkan karena perpindahan tegangan yang efektif tanpa hambatan pengisi saat proses penarikan. Penambahan pengisi *flyash* dengan persentase pengisi 10% hingga 40%, menghasilkan sedikit penurunan dalam kekuatan tarik komposit. Penurunan kekuatan tarik terjadi karena ketidakcocokan antara matriks dan pengisi yang menghasilkan ikatan antar fasa tidak terjalin dengan baik sehingga menghambat perpindahan tegangan pada saat proses penarikan. Berdasarkan hal itu, perbedaan karakteristik bahan dan persentase banyaknya pengisi menjadi faktor yang menyebabkan penurunan kekuatan tarik komposit.

Pada penelitian yang dilakukan Pandey (2016) tentang penambahan pengisi *Graphite Flour* (GF) terhadap kekuatan tarik komposit ABS/GF. Hasil yang didapatkan ABS murni memiliki nilai kekuatan tarik 51 MPa, yang terus menurun dengan seiring penambahan banyaknya GF. Penurunan kekuatan tarik dikaitkan dengan efek pembatasan pengisi pada mobilitas rantai polimer saat terjadi

pembebanan tarik, yang menyebabkan bahan menjadi getas dan menurunkan kekuatan tarik.

Siregar dan Wahjoedi (2014) melakukan penelitian tentang penambahan zeolit alam pada polimer LDPE. Hasil yang didapatkan terjadi kenaikan kekuatan tarik untuk penambahan zeolit 1-55%, namun terjadi penurunan kekuatan tarik pada penambahan zeolit >55%. Kenaikan kekuatan tarik pada penambahan 1-55% zeolit disebabkan oleh adanya gaya tarik atau interaksi antara atom hidrogen dan oksigen yang berikatan antara LDPE dengan zeolit. Kekuatan tarik untuk penambahan zeolit alam >55% semakin kecil, hal ini disebabkan gaya tarik atau interaksi antara atom sudah didominasi oleh zeolit sehingga komposit semakin kaku dan kekuatan tarik semakin kecil.

II.4 Sifat Termal

II.4.1 Temperatur Transisi Gelas (T_g)

Temperatur transisi gelas (T_g) adalah temperatur suatu bahan mengalami perubahan dari fase padat (*glass*) ke fase *rubbery* sebelum akhirnya akan mengalami perubahan fase menjadi cair. T_g ditentukan dengan mengukur modulus kekakuan terhadap temperatur. T_g sebagian besar menentukan kemampuan proses, kekerasan, dan sifat mekanik lainnya (Tjong, 2012; Subramanian, 2017; Agarwal, 2005

Bahan atau matriks polimer termoplastik pada saat di bawah temperatur transisi gelas (T_g) ikatan antar rantai mengalami gerak rantai yang terbatas, ikatan rantai molekul dapat bergerak bebas setelah T_g . Banyak dan panjangnya rantai polimer berpengaruh pada T_g . Ikatan dengan cabang yang sedikit, menyebabkan T_g menurun karena peningkatan volume bebas. Ikatan rantai molekul polimer yang semakin padat dan memiliki banyak cabang, membatasi gerak rantai molekul sehingga membuat T_g menjadi lebih tinggi. Pada bahan atau matriks yang memiliki ikatan *cross-linked* cenderung memiliki ikatan rantai yang rumit. Hubungan antara struktur kimia dan T_g suatu bahan dapat menjadi petunjuk penting untuk mengetahui bahan berdasarkan ketahannya terhadap energi panas. Faktor lain yang

dapat mempengaruhi perubahan T_g adalah penyisipan atom kimia baru ke dalam rantai molekul (Subramanian, 2017 dan Agarwal, 2005).

Pada grafik DSC, T_g ditandai dengan lompatan atau perubahan pada *baseline*. T_g dimiliki polimer amorf atau pada fraksi amorf dari polimer semikristalin. Nilai T_g tergantung pada mobilitas rantai polimer. Polimer yang memiliki lebih banyak rantai bergerak memiliki T_g yang lebih rendah, sedangkan untuk rantai polimer yang mengalami pembatasan gerakan rantai polimer menyebabkan peningkatan T_g (Menczel dkk, 2008)

Ananthapadmanabha dan Deshpande (2017) melakukan penelitian tentang penambahan talk dan CaCO_3 terhadap komposit ABS. Hasil yang didapatkan temperatur transisi gelas ABS murni menunjukkan transisi gelas (T_g) pada $99,62^\circ\text{C}$ dan puncak endotermik pada $124,90^\circ\text{C}$. Stirena membentuk komponen utama kopolimer ABS dan T_g yang didapatkan dalam termogram DSC sekitar 100°C mewakili polistiren. T_g komposit ABS/Talk dan komposit ABS/ CaCO_3 mengalami peningkatan namun tidak signifikan seiring dengan penambahan pengisi. Penambahan pengisi berpengaruh pada T_g komposit, karena pengisi partikel membuat komposit menjadi kaku yang kemudian membatasi mobilitas rantai polimer.

Bharme dan Bhosle (2014), meneliti tentang pengaruh penambahan *flyash* pada ABS didapatkan hasil, T_g tertinggi terdapat pada variasi 0% *flyash* dengan T_g sebesar $109,7^\circ\text{C}$. T_g terendah ada pada komposit berpengisi 40% *flyash* dengan T_g 108°C . Pada penelitian tersebut T_g terjadi penurunan temperatur transisi gelas pada komposit berpengisi 10% dan 20% penguat *flyash*, tetapi terjadi peningkatan pada komposit berpengisi 30% penguat *flyash*.

Penelitian yang dilakukan Zheng (2004) tentang penambahan *grafted silica* (g- SiO_2) dan SiO_2 pada polimer ABS didapatkan hasil terjadi peningkatan T_g seiring dengan bertambahnya pengisi SiO_2 . T_g ABSg- SiO_2 meningkat secara signifikan dari $106,6^\circ\text{C}$ menjadi $117,9^\circ\text{C}$ dengan meningkatnya kandungan pengisi g- SiO_2 ,

sedangkan T_g dari ABS murni adalah 99.03°C . Namun pada komposit ABS/SiO₂, T_g komposit hampir tidak menunjukkan perubahan (dibandingkan dengan ABS murni) dengan peningkatan kandungan silika. Kenaikan T_g terjadi karena terbatasnya gerak rantai ABS seiring dengan bertambahnya pengisi, yang membuat semakin besar hambatan gerak rantai sehingga meningkatkan T_g .

II.4.2 Temperatur Leleh (T_m)

Temperatur leleh (T_m) adalah temperatur suatu bahan yang mengalami perubahan fase dari fase padat ke fase cair (Tjong, 2012). ABS memiliki temperatur leleh direntang $220\text{-}260^\circ\text{C}$ (Wypych, 2016).

T_m terjadi saat bahan/matriks polimer memperoleh energi panas yang menyebabkan terjadi proses perubahan fase padat ke fase cair. Proses meleleh merupakan proses perubahan fase yang berkaitan dengan struktur molekul dan rantai polimer. Molekul bahan yang tersusun bergerak bergantung pada kinetika dan struktur molekul bahan. Pelelehan bahan polimer biasanya tidak terjadi pada temperatur leleh yang ditentukan, tetapi terjadi pada rentang leleh. Struktur molekul bahan penyusun komposit menjadi pengaruh utama pada proses pelelehan. Komposisi yang tersusun pada bahan mempengaruhi sifat lelehnya serta menyebabkan bahan menjadi kaku atau fleksibel. Pada komposit, jika bahan mengandung molekul yang kaku serta memiliki susunan rantai polimer yang rumit dapat menyebabkan temperatur leleh meningkat. Peningkatan temperatur leleh berkaitan dengan penurunan perubahan kemampuan bahan menyerap energi panas selama pelelehan (Pyda, 2013).

Differential Scanning Calorimetry (DSC) adalah salah satu alat pengujian paling populer untuk mengukur sifat termal suatu bahan. DSC digunakan untuk mengetahui dan menganalisis temperatur transisi gelas, temperatur leleh, dekomposisi eksotermik, dan kestabilan terhadap oksidasi dan kapasitas panas suatu bahan (Tjong, 2012). Pengujian sifat termal menggunakan DSC memakai standar ASTM D3418.

Ananthapadmanabha dan Deshpande (2017) melakukan penelitian tentang penambahan talk dan CaCO_3 terhadap komposit ABS, didapatkan hasil temperatur leleh komposit ABS/Talk dan ABS/ CaCO_3 terdapat disekitar 130°C , temperatur ini mewakili temperatur leleh dari poliakrilonitril yang merupakan penyusun ABS. Temperatur leleh dari komposit polimer dipengaruhi oleh distribusi pengisi serta banyaknya pengisi komposit polimer. Pada komposit ABS, persentase pengisi yang semakin meningkat menyebabkan persentase ABS dalam komposit semakin menurun. Hal ini mengakibatkan penurunan kristalinitas komposit seiring dengan bertambahnya pengisi. Banyaknya pengisi yang kian meningkat, visibilitas puncak leleh turun tanpa puncak pada komposit ABS pengisi 40%. Berdasarkan hal tersebut, puncak leleh komposit ABS menjadi tidak terlihat karena kandungan pengisi meningkat.

Budiyantoro, dkk (2019) melakukan penelitian tentang penambahan pengisi berupa serbuk ABS daur ulang pada ABS murni. Hasil yang didapatkan pada grafik DSC terdapat 2 buah puncak. Pada grafik DSC yang memiliki dua puncak, temperatur leleh dipilih dari kurva dengan puncak tertinggi. Nilai T_m pada suatu bahan dipengaruhi oleh ikatan antar molekul yang kuat sehingga energi panas yang dibutuhkan lebih besar untuk melepaskan ikatan antar molekul. Bahan yang memiliki ikatan lemah antar molekul lebih mudah dilepaskan saat diberi energi panas. T_m meningkat secara bertahap dengan meningkatnya persentase ABS daur ulang. T_m ABS murni adalah $133,05^\circ\text{C}$, $139,6^\circ\text{C}$ untuk persentase 15% ABS daur ulang, dan nilai maksimum $139,72^\circ\text{C}$, dengan persentase ABS daur ulang 30%. Ketika persentase ABS daur ulang semakin tinggi (45%), T_m kemudian turun menjadi $132,17^\circ\text{C}$.

Pada penelitian yang dilakukan Dul, dkk (2017) terjadi penurunan T_m seiring dengan penambahan persentase pengisi pada komposit ABS dengan pengisi *nanoplatelet graphene*. Penurunan T_m terjadi setelah penambahan pengisi. Semakin tinggi pengisi dan semakin besar luas permukaan pengisi, semakin rendah temperatur lelehnya. Selain itu, penurunan T_m terjadi karena kristalisasi komposit

menurun setelah penambahan pengisi sehingga menghambat terjadinya perubahan fase.

Pehlivan (2005) melakukan penelitian tentang penambahan pengisi zeolit pada polimer PP. Hasil yang didapatkan terjadi peningkatan T_m seiring dengan bertambahnya pengisi. Peningkatan ini terjadi karena terjadi peningkatan kristalinitas dari komposit PP/Zeolit. Berdasarkan hasil tersebut semakin tinggi kandungan zeolit, semakin tinggi pula nilai kristalinitas komposit tersebut. Tingkat kristalinitas pada suatu komposit mempengaruhi terhadap kebutuhan energi untuk terjadi perubahan fase pada komposit. Zeolit pada penelitian ini berperan sebagai agen nukleasi. Agen nukleasi adalah sebuah zat yang berfungsi sebagai inti kristal pada polimer untuk meningkatkan pertumbuhan kristal, dan sebagai hasilnya, memberikan fungsi untuk mengurangi ukuran kristal dan meningkatkan kecepatan kristalisasi. Kristalisasi suatu komposit berpengaruh terhadap struktur molekul pada komposit tersebut. Semakin rumit, maka semakin besar energi yang dibutuhkan untuk merusak struktur komposit yang menyebabkan perubahan fase.

BAB III Metode Penelitian

III.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Pengambilan data penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta. Penelitian dimulai pada bulan Oktober 2019 sampai dengan bulan September 2020. Penyusunan data dilakukan pada bulan Juli 2020 sampai dengan bulan September 2020.

III.2 Alat dan Bahan

III.2.1 Alat

1. Neraca Digital
2. Tray
3. Oven
4. Teach-Line® Compounder ZK 25 × 24 D
5. *Manual Forming* tipe Cometech QC-601A
6. *Pneumatic Specimen Punch* tipe Cometech QC-603C
7. Pisau spesimen tipe IV standar ASTM D638-14
8. *Universal Testing Machine* (UTM) tipe Ibertest EUROTEST T-5 & T-5/E
9. *Differential Scanning Calorimetry* (DSC) tipe 55 TA *Instrument*

III.2.2 Bahan

1. Akrilonitril Butadiena Stirena (ABS) dengan tipe Starex SD-0150 yang berasal dari Lotte Chemical, yang didistribusikan oleh PT. Halim Sakti Pratama.
2. Zeolit alam berasal dari Lampung

III.3 Variabel

Terdapat dua variabel yang mempengaruhi sifat mekanik dan termal komposit ABS, yaitu variabel tetap dan variabel berubah.

III.3.1 Variabel Tetap

Variabel tetap yang digunakan selama penelitian ini, yaitu:

1. Pemanasan ABS pada temperatur 80°C selama 2 jam 30 menit
2. Pemanasan zeolit alam pada temperatur 100°C selama 4 jam
3. Temperatur operasi *Compounder* pada temperatur 220°C
4. Pemanasan pelet komposit ABS/Zeolit pada temperatur 100°C

III.3.2 Variabel Berubah

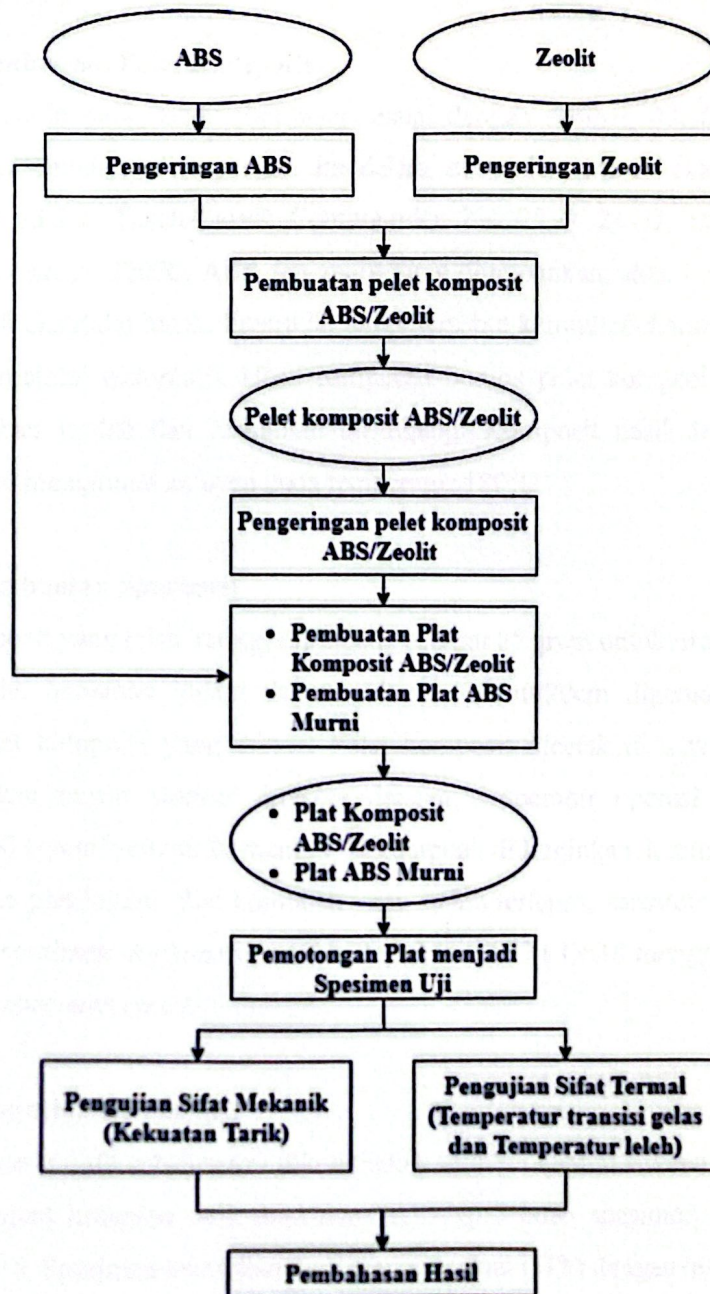
Variabel berubah yang digunakan pada penelitian ini adalah persentase zeolit alam yang digunakan yaitu 10-30% wt yang ditunjukkan pada tabel III.1

Tabel III. 1 Matriks penelitian

Sampel	Komponen				Total	
	ABS		Zeolit		Massa (%)	Massa (gram)
	Massa (%)	Massa (gram)	Massa (%)	Massa (gram)		
1	100	100	0	0	100	100
2	90	90	10	10		
3	80	80	20	20		
4	70	70	30	30		

III.4 Prosedur Penelitian

Komposit ABS dan Zeolit dibuat menggunakan mesin *compounder*. Adapun prosedur beberapa tahapan yang dilakukan dalam pembuatan komposit ABS dan Zeolit yaitu persiapan bahan-bahan, pembuatan komposit, dan pengujian. Pengujian yang dilakukan yaitu pengujian sifat kekuatan tarik dan sifat termal yaitu temperatur transisi gelas dan temperatur leleh. Gambar III.1 menampilkan skema pembuatan komposit ABS dan Zeolit.



Gambar III. 1 Skema penelitian pembuatan pelet komposit ABS dan Zeolit

III.4.1 Preparasi Bahan-bahan

Pesiapan bahan-bahan diawali dengan penimbangan ABS sebanyak 500 gram dan dikeringkan menggunakan oven selama 2 jam pada temperatur 80°C. Selanjutnya zeolit ditimbang sebanyak 500 gram, kemudian dikeringkan pada temperatur 100°C selama 4 jam.

III.4.2 Pembuatan Pelet Komposit

ABS dan zeolit yang telah ditimbang sesuai dengan sampel, dilakukan proses homogenasi sebelum diumpankan ke dalam ekstruder. Mesin ekstruder yang digunakan adalah Teach-Line® Compounder ZK 25 × 24 D, menggunakan temperatur operasi 220°C. ABS dan zeolit yang diumpankan, akan keluar melalui *die* menjadi ekstrudat lunak. Ekstrudat lunak tersebut kemudian diarahkan menuju *pelletizer* melalui *waterbath*. Hasil campuran berupa pelet komposit ditampung menggunakan wadah dan kemudian ditimbang. Komposit hasil dari *pelletizer* dikeringkan menggunakan oven pada temperatur 100°C.

III.4.3 Pembuatan Spesimen

Pelet komposit yang telah kering, ditimbang seberat 85 gram untuk masing-masing sampel. Plat berbahan logam dengan ukuran 20cm×20cm digunakan sebagai cetakan plat komposit yang dibuat. Pelet komposit dicetak di atas plat logam menggunakan mesin *manual forming* dengan temperatur operasi 220°C dan tekanan 300 kg/cm² selama 20 menit. Plat komposit didinginkan, kemudian dilepas dari cetakan plat logam. Plat komposit yang sudah terlepas, selanjutnya dipotong berbentuk spesimen *dogbone* tipe IV berdasarkan ASTM D638 menggunakan alat *pneumatic specimen punch*.

III.4.4 Pengujian Spesimen

Spesimen yang diuji sebelumnya dikondisikan terlebih dahulu selama minimal 48 jam. Pengujian kekuatan tarik dilakukan terhadap 3 buah spesimen berdasarkan ASTM D638. Spesimen kemudian diuji menggunakan UTM dengan mengacu pada standar ASTM D638. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik komposit. Jarak antar grip sebesar 65 mm, dengan kecepatan pengujian sebesar 5 mm/min.

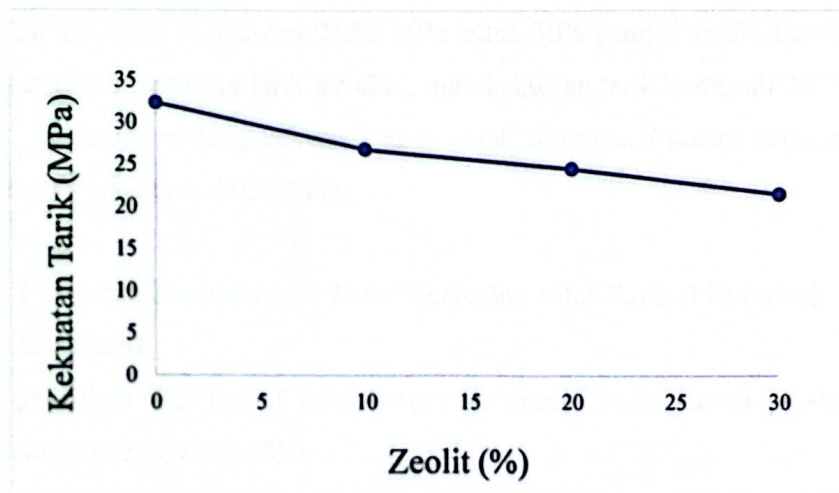
Selanjutnya dilakukan uji sifat termal menggunakan DSC untuk mengetahui temperatur transisi gelas dan temperatur leleh. Berat sampel yang diuji sebesar 6 mg. Sampel dipanaskan dari temperatur 20°C sampai dengan 250°C dengan penambahan temperatur 10°C/min.

BAB IV Hasil dan Pembahasan

IV.1 Pengaruh Penambahan Zeolit Terhadap Sifat Mekanik Komposit

ABS/Zeolit

Hasil pengujian sifat mekanik yaitu kekuatan tarik ditampilkan dalam bentuk grafik pada gambar IV.1.



Gambar IV. 1 Kekuatan tarik komposit ABS/Zeolit

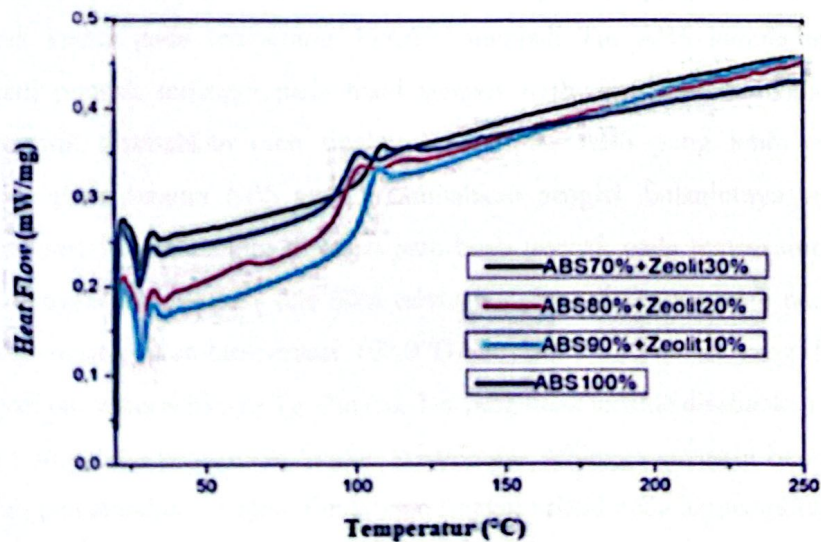
Pada gambar IV.1 menunjukkan nilai rata-rata kekuatan tarik dari ABS yang ditambahkan pengisi zeolit dari tiga buah spesimen yang diuji untuk setiap sampel. Berdasarkan grafik kekuatan tarik di atas, terlihat bahwa nilai kekuatan tarik tertinggi terdapat pada ABS tanpa pengisi zeolit yaitu sebesar 32,36 MPa, hal ini disebabkan perpindahan tegangan yang efektif tanpa hambatan pengisi. Selanjutnya, ABS yang ditambahkan 10% zeolit menghasilkan nilai kekuatan tarik sebesar 26,9 MPa. Pada ABS yang ditambahkan 20% zeolit menghasilkan nilai kekuatan tarik sebesar 24,59 MPa. Kemudian, pada ABS yang ditambahkan 30% zeolit menghasilkan nilai kekuatan tarik sebesar 21,55 MPa. Nilai kekuatan tarik pada sampel yang ditambahkan pengisi zeolit mengalami penurunan, yang disebabkan oleh ketidakcocokan antara matriks ABS dan pengisi zeolit sehingga ikatan antar fasa tidak terjalin dengan baik seiring dengan meningkatnya persentase

pengisi zeolit. Ikatan antar fasa yang tidak terjalin dengan baik ini, menyebabkan ikatan antar fasa menjadi lemah yang mengakibatkan *debonding* pada saat proses penarikan. Selain itu, peningkatan persentase pengisi membuat komposit ABS menjadi semakin getas sehingga kekuatan tarik menurun secara signifikan.

Komponen otomotif *dashboard* memiliki nilai kekuatan tarik pada rantang 20-30 MPa (Sapuan dkk, 2011). Pada penelitian ini hasil pengujian kekuatan tarik komposit ABS didapatkan sebesar 26,9 MPa untuk 10% pengisi zeolit, 24,59 MPa untuk 20% pengisi zeolit, dan 21,55 MPa untuk 30% pengisi zeolit. Berdasarkan hasil pengujian kekuatan tarik tersebut, nilai kekuatan tarik komposit ABS/Zeolit masuk ke dalam rentang kekuatan tarik untuk *dashboard* sesuai dengan jurnal referensi dari Sapuan, dkk (2011).

IV.2 Pengaruh Penambahan Zeolit Terhadap Sifat Termal Komposit ABS/Zeolit

Hasil pengujian sifat termal yaitu temperatur transisi gelas dan temperatur leleh ditunjukkan pada gambar IV.2



Gambar IV. 2 Sifat termal komposit ABS/Zeolit

Pada gambar IV.2 menunjukkan Tg dan Tm dari masing-masing sampel. Tg pada grafik terlihat berada disekitar 100°C. Tg pada grafik ditandai dengan perubahan

baseline. Tg terendah dimiliki ABS tanpa penambahan pengisi zeolit dengan temperatur 95,1°C hal ini terjadi karena rantai polimer dapat bergerak bebas tanpa hambatan, selain itu ABS masuk ke dalam polimer amorf sehingga menyebabkan energi panas yang dibutuhkan untuk mengurai rantai polimer lebih sedikit. ABS dengan penambahan 10% zeolit mengalami kenaikan Tg 99,8°C. Pada ABS yang ditambahkan 20% zeolit mengalami kenaikan kembali dengan Tg pada temperatur 102,6°C. Tg pada ABS berpengisi 30% zeolit menghasilkan Tg pada temperatur 100,4°C. Pada ABS yang ditambahkan pengisi zeolit mengalami peningkatan Tg sebelum akhirnya terjadi penurunan pada persentase 30% zeolit. Peningkatan Tg disebabkan pengisi zeolit pada komposit membatasi mobilitas rantai ABS sehingga gerak rantai ABS semakin terbatas dengan bertambahnya pengisi, yang membuat semakin besar hambatan gerak rantai yang menyebabkan energi panas yang dibutuhkan semakin besar untuk mengurai rantai polimer.

Pada grafik yang ditampilkan nilai Tm untuk masing-masing sampel. Pada sampel ABS tanpa pengisi zeolit didapatkan hasil terdapat 2 buah puncak endotermik. Puncak pertama ABS berada pada temperatur 101,2°C dan puncak kedua berada pada temperatur 118,6°C. Puncak pertama menjadi temperatur berakhirnya Tg. Puncak kedua pada temperatur 118,6°C menjadi Tm ABS karena puncak ini menjadi puncak tertinggi pada hasil sampel ABS. Terdapat dua buah puncak endotermik disebabkan oleh tingkat kristalinitas ABS yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan ABS yang ditambahkan pengisi. Selanjutnya untuk ABS dengan pengisi 10% zeolit terdapat satu buah puncak pada temperatur 108,1°C. ABS dengan pengisi 20% dan 30% zeolit juga memiliki satu buah puncak yang masing-masing pada temperatur 102,9°C dan 109,1°C. Puncak yang didapatkan menjadi tanda berakhirnya Tg. Puncak Tm yang tidak terlihat disebabkan oleh ABS yang mengalami penurunan tingkat kristalinitas sehingga semakin bersifat amorf setelah penambahan pengisi. Penurunan tingkat kristalinitas berpengaruh terhadap rantai polimer yang semakin acak serta ikatan antar molekul komposit ABS/Zeolit yang semakin lemah sehingga menurunkan Tm. Faktor lain yang menyebabkan penurunan Tm yaitu energi panas yang dibutuhkan untuk mengurai ikatan molekul dan rantai polimer yang lebih sedikit.

Bab V Penutup

V.1. Kesimpulan

Berdasarkan data hasil pengujian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penambahan pengisi zeolit mempengaruhi sifat kekuatan tarik komposit ABS/Zeolit. Kekuatan tarik semakin menurun seiring dengan semakin banyaknya pengisi zeolit yang ditambahkan pada komposit ABS.
2. Zeolit yang ditambahkan pada komposit ABS/Zeolit berpengaruh pada Tg dan Tm. Tg meningkat setelah penambahan zeolit pada ABS. Tm pada komposit ABS/Zeolit tidak terlihat karena komposit bersifat amorf.

V.2. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, adapun beberapa saran yang dapat dijadikan referensi untuk penelitian selanjutnya:

1. Penambahan zat aditif dapat dilakukan sebagai upaya meningkatkan sifat mekanik maupun termal komposit.
2. Mengamati sifat mekanik lain seperti kekuatan impak dan sifat termal lain seperti temperatur dekomposisi dan stabilitas termal untuk mengetahui sifat komposit yang lebih unggul. Hasil pengamatan nanti diharapkan dapat digunakan untuk penerapan aplikasi di bidang yang dibutuhkan.
3. Menggunakan jenis *grade* ABS lain seperti *heat resistance* dan *high impact*.

DAFTAR PUSTAKA

- Agarwal, U, S. 2005. "Polymer Properties Through Structure." In *Handbook of Polymer Reaction Engineering*, by Th., Keurentjes, J. Meyer.
- Aguilar-Vega, M. 2013. "Chapter 21 : Structure and Mechanical Properties of Polymers." In *Handbook of Polymer Synthesis, Characterization, and Processing*, edited by E., Vivaldo-Lima, E. Saldívar-Guerra. Mexico: John Wiley & Sons, Inc.
- Ananthapadmanabha, G, S., dan Deshpande, V. 2017. "Influence of Aspect Ratio of Fillers on The Properties of Acrylonitrile Butadiene Styrene Composites." *Journal of Applied Polymer Science*.
- Ashter, S, A. 2016. "Extrusion of Biopolymers." In *Introduction to Bioplastics Engineering*. USA: William Andrew Publisher.
- ASTM, American Society for Testing and Material. 2014. "Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics." In *ASTM D638*. USA.
- ASTM, American Society for Testing and Material. 2015. "Standard Test Method for Transition Temperatures and Enthalpies of Fusion and Crystallization of Polymers by Differential Scanning Calorimetry." In *American Society for Testing and Material D3418*. USA.
- Bharne, M. T., Bhosle, S, P. 2014. "Mechanical & Thermal Properties of Fly Ash Filled ABS." *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*.
- Budiyantoro, C., Sosiati, H., Nugroho, A., Anggariawan., A. 2019. "Thermal Characterization of Mixed Virgin-Recycle Acrylonitrile Butadiene Styrene." *Jurnal Material dan Proses Manufaktur Vol.3, No.2*, 83-89.
- Cavdar, A, D., Boran, S., Ertas, M., dan Mengeloglu, F. 2018. "Ammonium Zeolite and Ammonium Phosphate Applied as Fire Retardants for Microcrystalline Cellulose Filled Thermoplastic Composites." *Fire Safety Journal* 107.
- Chellamuthu, S., dan Ali, M, N. 2012. "Experimental Study on Tensile Behavior of Multi Wall Carbon Nanotube Reinforced Epoxy Composites." *Journal of Applied Sciences Research*.
- Dul, S., Fambri, L., Merlini, C., Barra, G. M. O., Bersani, M., Vanzetti, L., & Pegoretti, A. 2017. "Effect of Graphene Nanoplatelets Structure on the Properties of Acrylonitrile-Butadiene-Styrene Composites." *Polymer Composite Journal Special Issue:Structure, Morphology, and Surface Modification Vol.40 Issue S1*.
- Fakirov, S. 2017. "Part Four: Polymer Materials and Their Processing." In *Fundamentals of Polymer Science for Engineers*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. .
- Ginting, A., Anggraini, D., Indaryati, S., Kriswarini, R. 2007. "Karakterisasi Komposisi Kimia, Luas Permukaan Pori dan Sifat Termal, dari Zeolit Bayah, Tasikmalaya, dan Lampung." *Jurnal Teknik Bahan Nuklir Vol.3 No.1*.
- Grove, S. 2012. "Manufacture of Polymer Composite." United Kingdom: John Wiley and Sons Publisher.
- Jose, J, P., Malhotra, S, K., Thomas, S., Joseph, K., Goda, K., dan Sreekala, M, S. 2012. "Advances in Polymer Composites: Macro- and Microcomposites –

- State of the Art, New Challenges, and Opportunities." In *Polymer Composite*. India: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co.
- Kaymakci, A., Gulec, T., Hosseinihashemi, S, K., dan Ayrilmis, N. 2017. "Physical, Mechanical, and Thermal properties of Wood/Zeolite/Plastic Hybrid Composite." *Maderas, Cienc. tecnol. vol.19 no.3*.
- Kumar, G, G. 2016. "Zeolites and Composites." In *Nanomaterials and Nanocomposites: Zero- to Three-Dimensional Materials and Their Composites*, by P, M., Morlanes, M, J, M. Visakh. Spain: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- McKeen, L. 2019. "Styrenic Plastics." In *The Effect of Sterilization Methods on Plastics and Elastomers (Fourth Edition)*, 77-78. William Andrew Publisher.
- Menczel, J. D., Judovits, L., Prime, R. B., Bair, H. E., Reading, M., & Swier, S. 2008. "Differential Scanning Calorimetry (DSC)." In *Thermal Analysis of Polymers*, by J, D., Prime, R, B Menczel, 7–239. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Mills, N., Jenkins, M., & Kukureka, S. 2020. *Plastics ; Microstructure and Engineering Applications (4th Edition)*. United Kingdom: Butterworth-Heinemann.
- Mills, N., Jenkins, M., dan Kukureka, S. 2020. "Chapter 4 : Semi-crystalline polymer." In *Plastics (4th Edition) : Microstructure and Engineering Application*. Birmingham, UK: BUTTERWORTH HEINEMANN.
- Nazarenko, O, B., Melnikova, T, V., dan Visakh, P, M. 2016. "Combined Effect of Zeolite and Boric Acid on Thermal Behavior of Epoxy Composites." *J Therm Anal Calorim (Akade'miai Kiado')*.
- Pandey, A, K., Kumar, R., Kachhavah, V, S., dan Kar, K, K. 2016. "Mechanical and thermal behaviours of graphite flake reinforced acrylonitrile butadiene styrene composites and their correlation with entanglement density, adhesion, reinforcement and C factor." *RSC Advances*.
- Payra, P., dan Dutta, P, K. 2003. "Zeolite : A Primer." In *Handbook of Zeolite Science and Technology*, by S, M., Carrado, K, A., Dutta, P, K. Auerbach. USA: Marchel Dekker, Inc.
- Pehlivan, H., Balkose, D., Ulku, S., Tihminlioglu, F. 2005. "Effect of Zeolite Filler on the Thermal Degradation Kinetics of Polypropylene." *Journal of Applied Polymer Science Vol.101, Issue 1* 143-148.
- Pradeep, S, A., Iyer, R, K., Kazan, H., dan Pilla, S. 2017. "Automotive Applications of Plastics: Past, Present, and Future." In *Applied Plastics Engineering Handbook Processing, Materials, and Applications Second Edition*, by Myer Kutz, 651-653. South Carolina, USA: William Andrew.
- Pyda, M. 2013. "Melting." In *Handbook of Polymer Crystallization First Edition*, by E., Rutledge, G, C Piorkowska. John Wiley & Sons, Inc.
- Rajeswari, A., Christy, E, J, S., Gopi, S., Jayaraj, K, dan Pius, A. 2020. "Characterization Studies of Polymer-Based Composites Related To Functionalized Filler-Matrix Interface." In *Interfaces in Particle and Fibre Reinforced Composites*, 220-250. Woodhead Publishing.
- Rakesh, P, K., dan Ranakoti, L. 2019. "Chapter 6 : Friction and Wear Analysis of Reinforced Polymer Composites." In *Reinforced Polymer Composites:*

- Processing, Characterization and Post Life Cycle Assessment*, by P, K., Singh, I. Bajpai. India: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Ranocchiaro, M., dan Bokhoven, J, A, V. 2011. "Catalysis by metaleorganic frameworks: fundamentals and opportunities." *Physical Chemistry Chemical Vol.13, No.14*.
- Sapuan, S, M., Mun, N, K., Hambali, A., Lok, H, Y., Fairuz, A, M., dan Ishak, M, R. 2011. "Prototype expert system for material selection of polymeric composite automotive dashboard." *International Journal of the Physical Sciences Vol. 6, No.25* 5988-5995.
- Satterthwaite, K. 2017. "Plastic Based on Styrene." In *Brydson's Plastics Material Eighth Edition*, 318-319. Butterworth-Heinemann.
- Shinde, N, G dan Patel, D, M. 2019. "A Short Review on Automobile Dashboard Materials." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing.
- Siregar, T dan Wahjoedi, B, A. 2015. "Pembuatan Material Komposit Polietilen dengan Bahan Pengisi Zeolit Alam." *Jurnal Matematika & Sains, Vol. 20 Nomor 1*.
- Staab, G, H. 2015. "1 - Introduction to composite materials." In *Laminar Composites (Second Edition)*, 4-7. Butterworth-Heinemann.
- Stokes, V, K. 2020. "Thermoset Materials." In *Introduction to Plastics Engineering*. John Wiley & Sons Ltd.
- Subramanian, M, N. 2011. "Plastics Materials." In *The Basics of Troubleshooting in Plastics Processing: An Introductory Practical Guide*. Scrivener Publishing.
- Subramanian, M, N. 2017. "Polymer Composites." In *Polymer Blends and Composites: Chemistry and Technology*. Scrivener Publishing LLC.
- Tjong, S, C. 2012. "Chapter 3 : Thermal Properties of Polymer Nanocomposites." In *Polymer Composites with Carbonaceous Nanofillers: Properties and Applications (First Edition)*. China: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Tsuchikura, N., Faudree, M, C., dan Nishi, Y. 2013. "Charpy Impact Value of Sandwich Structural (CFRP/ABS/CFRP) Composites Constructed with Carbon Fiber Reinforced Epoxy Polymer (CFRP) and Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) Sheets Separately Irradiated by Electron Beam Prior to Lamination." *Materials Transactions (The Japan Institute of Metals)* 54 (3): 371-379.
- Wypych, G. 2016. "ABS poly(acrylonitrile-co-butadiene-co-styrene)." In *Handbook of Polymers, Second Edition*, by G Wypych, 5-11. Toronto, Canada: ChemTec Publishing.
- Yao, Z., Heng, J, Y, Y., Mendez, S, L., Pegoretti, A., Ji, X., Hadjittofis, E., Xia, M., Wu, W., dan Tang, J. 2016. "Study on the surface properties of colored talc filler (CTF) and mechanical performance of CTF/acrylonitrile-butadiene-styrene." *Journal of Alloys and Compounds Vol.6, No.76* 513-520.
- Zheng, K., Chen, L., LI, Y., dan Cui, P. 2004. "Preparation and Thermal Properties of Silica-Graft Acrylonitrile-Butadiene-Styrene Nanocomposites." *Polymer Engineering and Science, June 2004, Vol. 44, No. 6* 1077-1082.

LAMPIRAN

Lampiran A Surat Tugas Dosen Pembimbing



BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA INDUSTRI

POLITEKNIK STMI JAKARTA

Jl. Letjen Suprpto No. 26 Cempaka Putih, Jakarta 10510
Telp: (021) 42886064 Fax: (021) 42888206

Nomor : 204/BPSDMI/STMI/PP/II/2020
Lampiran : 1 (satu)
Hal : Penugasan Proses Bimbingan Tugas Akhir
Tahun Akademik 2019/2020

Jakarta, 12 Februari 2020

Yth. Ibu DR. Erfina Oktariani, S.T., M. T
Di Jakarta

Berdasarkan Keputusan Direktur Politeknik STMI Jakarta Nomor 01/BPSDMI/STMI/PP/KEP/II/2020 tanggal 02 Januari 2020 tentang pengangkatan Dosen Pembimbing dan Assisten Dosen Pembimbing Tugas Akhir Politeknik STMI Jakarta Tahun Akademik 2019/2020, maka dengan ini kami berharap bantuan Ibu untuk dapat memberikan bimbingan dalam penulisan / penyusunan Tugas Akhir kepada mahasiswa yang namanya tersebut di bawah ini:

Nama : Alifia Rizki Handini
No. Induk : 1516041

Adapun judul Tugas Akhir yang bersangkutan berdasarkan proposal yang terdaftar adalah:

" Pengaruh Penambahan Zeolit terhadap Sifat Termal dan Mekanik Komposit Akrilonitril Butadiena Stirena (ABS). "

Demikian surat penugasan ini disampaikan. Atas perhatian dan bantuan Ibu kami ucapkan terima kasih.



Tembusan:
1. Pudir 1;
2. Ka Prodi TKP;
3. Mahasiswa yang bersangkutan;



Lampiran B Alat dan Bahan

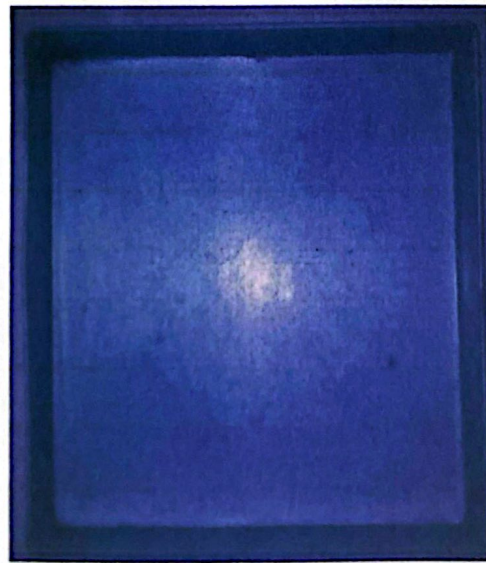
- Alat



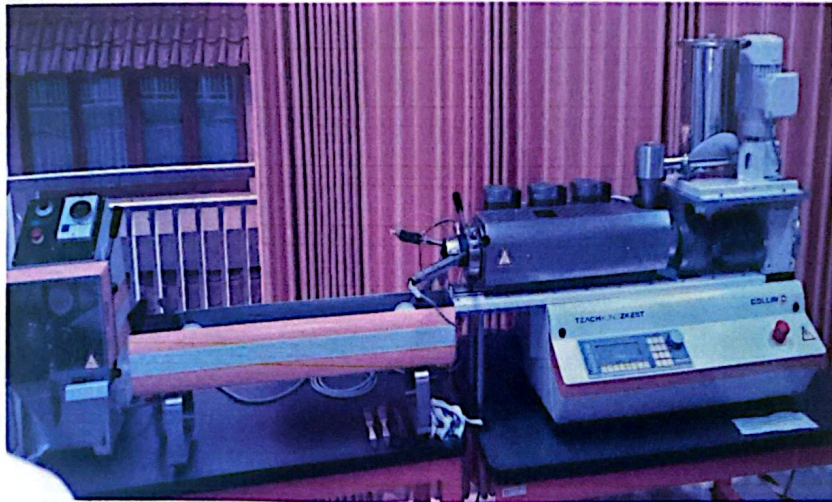
Neraca



Oven



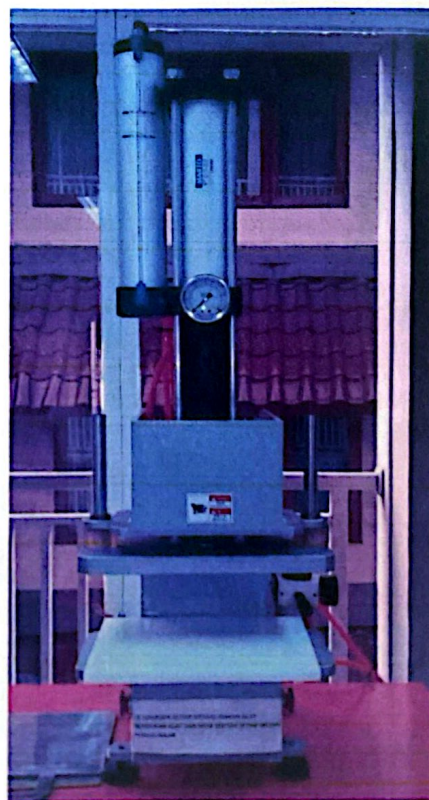
Tray



Mesin Compounder



Mesin Manual Forming



Pneumatic Specimen Punch



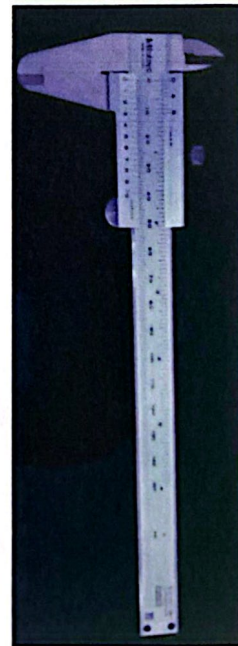
Plat Logam



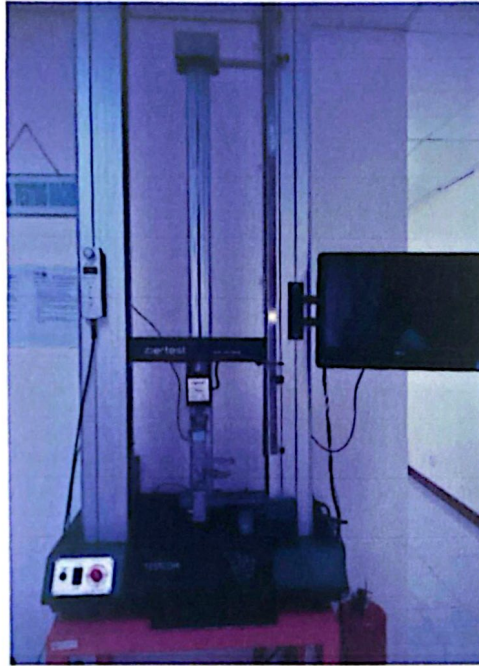
Kape



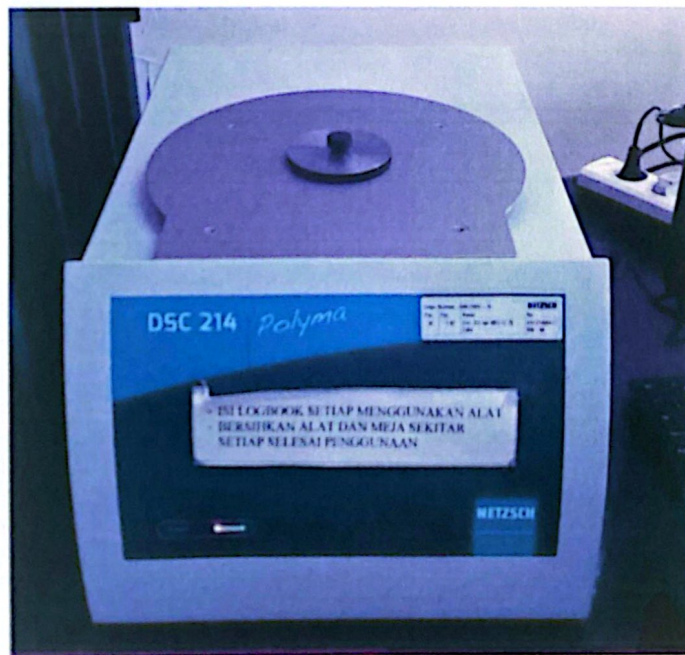
**Pisau Potong
Spesimen**



Jangka Sorong



Universal Testing Machine



Differential Scanning Calorimetry

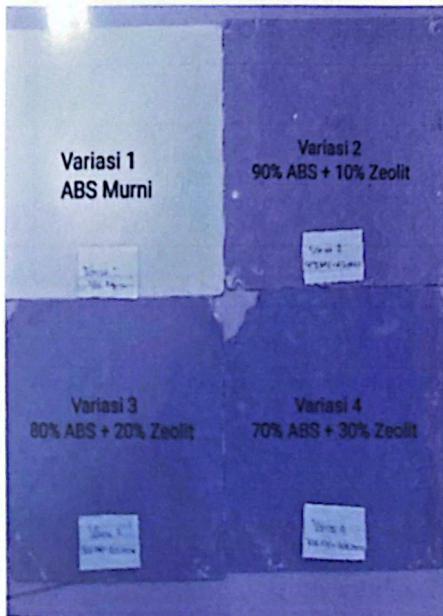
- Bahan



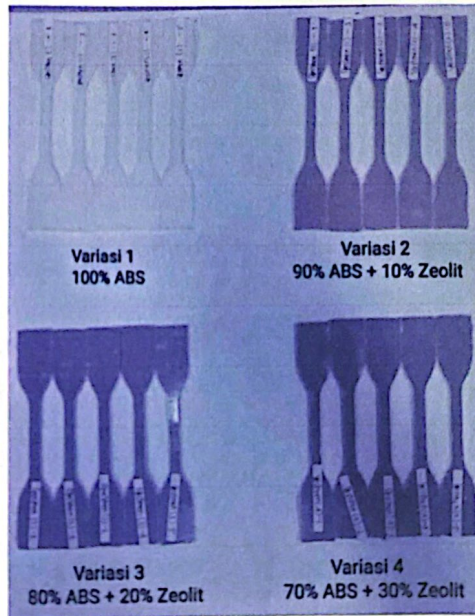
Pelet Akrilonitril Butadiena Stirena



Zeolit alam



Pelat Komposit



Spesimen Komposit ABS/Zeolit



**LOTTE
CHEMICAL**

2020 05 21

1
6
0

CERTIFICATE OF ANALYSIS

CUSTOMER : PT. HALIM SAKTI PRATAMA
GRADE : ABS RESIN SD-0150 W
LOT NO. : 63384255 ✓
PRINT DATE : 2020-05-21 ✓

TEST ITEM	TEST METHOD	UNIT	DATA
Izod Impact (1/4)	ASTM D256	Kgm/cm	20 B
Melt Flow Index(200°C*5kg)	ASTM D1238	g/10min	2.4
Rockwell Hardness(001kg)	ASTM D785	R SCALE	110.3
Vicat Softening Temperature(50°C/Hr, 5kg)	ISO 306	°C	96.5

ORIGINAL

[Signature]

LOTTE CHEMICAL CORPORATION

DHL ADDRESS: SAME AS CONSIGNEEATTN TO: IMPORT
DEPT.PHONE : +62 21 5600 400

Lampiran C Data Penelitian Perhitungan *Drying*

Pengeringan ABS

- Berat ABS = 503,60 gram
- Berat Tray = 158,62 gram

t (menit)	W (gram)	W ₁ (gram)	W ₂ (gram)	ΔW	% Air
0	503,60	662,22	158,62	-	-
30	502,81	661,43	158,62	0,79	0,15%
60	502,47	661,09	158,62	0,34	0,07%
90	502,27	660,89	158,62	0,20	0,04%
120	502,27	660,89	158,62	0	0%

Keterangan: - t : waktu
- W : berat ABS
- W₁ : berat ABS + tray
- W₂ : berat tray
- ΔW : W₁ - W₂
- % Air: Kadar air

Rumus kadar air

$$\% \text{ Air} = \frac{W - (W_1 - W_2)}{W} \times 100\%$$

Perhitungan kadar air yang hilang

- 30 menit

$$\% \text{ Air} = \frac{503,60 - (661,43 - 158,62)}{503,60} \times 100\% = 0,15\%$$

- 60 menit

$$\% \text{ Air} = \frac{502,81 - (661,09 - 158,62)}{502,81} \times 100\% = 0,07\%$$

- 90 menit

$$\% \text{ Air} = \frac{502,47 - (660,89 - 158,62)}{502,47} \times 100\% = 0,04\%$$

- 120 menit

$$\% \text{ Air} = \frac{502,27 - (660,89 - 158,62)}{502,27} \times 100\% = 0\%$$

Pengeringan Zeolit

- Berat zeolit = 500,50 gram
- Berat Tray = 158,62 gram

t (jam)	W (gram)	W ₁ (gram)	W ₂ (gram)	ΔW	% Air
0	500,50	659,12	158,62	-	-
1	475,89	634,51	158,62	24,61	4,92%
2	470,56	629,18	158,62	5,33	1,11%
3	466,67	625,29	158,62	3,89	0,83%
4	466,67	625,29	158,62	0	0%

- Keterangan:
- t : waktu
 - W : berat zeolit
 - W₁ : berat zeolit + tray
 - W₂ : berat tray
 - ΔW : W₁ - W₂
 - % Air:Kadar air

Rumus kadar air

$$\% \text{ Air} = \frac{W - (W_1 - W_2)}{W} \times 100\%$$

Perhitungan kadar air yang hilang

- 1 jam

$$\% \text{ Air} = \frac{500,50 - (634,51 - 158,62)}{500,50} \times 100\% = 4,92\%$$

- 2 jam

$$\% \text{ Air} = \frac{475,89 - (629,18 - 158,62)}{475,89} \times 100\% = 1,11\%$$

- 3 jam

$$\% \text{ Air} = \frac{470,56 - (629,18 - 158,62)}{470,56} \times 100\% = 0,83\%$$

- 4 jam

$$\% \text{ Air} = \frac{466,67 - (625,29 - 158,62)}{466,67} \times 100\% = 0\%$$

Pemanasan Komposit ABS 90%/Zeolit 10%

- Berat komposit = 500,50 gram
- Berat Tray = 158,62 gram

t (jam)	W (gram)	W ₁ (gram)	W ₂ (gram)	ΔW	% Air
0	464,04	622,66	158,62	-	-
1	429,24	687,86	158,62	34,80	7,5%
2	383,06	541,68	158,62	46,18	10,76%
3	341,14	499,76	158,62	41,92	10,94%
4	298,14	456,76	158,62	43,00	12,60%
5	298,14	456,76	158,62	0	0%

Keterangan: - t : waktu
- W : berat komposit
- W₁ : berat komposit + tray
- W₂ : berat tray
- ΔW : W₁ - W₂
- % Air:Kadar air

$$\text{Rumus kadar air}$$
$$\% \text{ Air} = \frac{W - (W_1 - W_2)}{W} \times 100\%$$

Perhitungan kadar air yang hilang

- 1 jam

$$\% \text{ Air} = \frac{464,04 - (687,86 - 158,62)}{464,04} \times 100\% = 7,5\%$$

- 2 jam

$$\% \text{ Air} = \frac{429,24 - (541,68 - 158,62)}{429,24} \times 100\% = 10,76\%$$

- 3 jam

$$\% \text{ Air} = \frac{383,06 - (499,76 - 158,62)}{383,06} \times 100\% = 10,94\%$$

- 4 jam

$$\% \text{ Air} = \frac{341,14 - (456,76 - 158,62)}{341,14} \times 100\% = 12,60\%$$

- 5 jam

$$\% \text{ Air} = \frac{298,14 - (456,76 - 158,62)}{298,14} \times 100\% = 0\%$$

Pemanasan Komposit ABS 80%/Zeolit 20%

- Berat komposit = 433,70 gram
- Berat Tray = 158,62 gram

t (jam)	W (gram)	W ₁ (gram)	W ₂ (gram)	ΔW	% Air
0	433,70	592,32	158,62	-	-
1	393,50	552,12	158,62	40,20	9,26%
2	355,89	514,51	158,62	37,61	9,56%
3	319,44	478,06	158,62	36,45	10,24%
4	305,45	464,07	158,62	13,99	4,29%
5	305,45	464,07	158,62	0	0%

Keterangan: - t : waktu
 - W : berat komposit
 - W₁ : berat komposit + tray
 - W₂ : berat tray
 - ΔW : W₁ - W₂
 - % Air:Kadar air

Rumus kadar air

$$\% \text{ Air} = \frac{W - (W_1 - W_2)}{W} \times 100\%$$

Perhitungan kadar air yang hilang

- 1 jam

$$\% \text{ Air} = \frac{433,70 - (552,12 - 158,62)}{433,70} \times 100\% = 9,26\%$$

- 2 jam

$$\% \text{ Air} = \frac{393,50 - (514,51 - 158,62)}{393,50} \times 100\% = 9,56\%$$

- 3 jam

$$\% \text{ Air} = \frac{355,89 - (478,06 - 158,62)}{355,89} \times 100\% = 10,24\%$$

- 4 jam

$$\% \text{ Air} = \frac{319,44 - (464,07 - 158,62)}{319,44} \times 100\% = 4,29\%$$

- 5 jam

$$\% \text{ Air} = \frac{305,45 - (464,07 - 158,62)}{305,45} \times 100\% = 0\%$$

Pemanasan Komposit ABS 70%/Zeolit 30%

- Berat komposit = 413,69 gram
- Berat Tray = 158,62 gram

t (jam)	W (gram)	W ₁ (gram)	W ₂ (gram)	ΔW	% Air
0	413,69	572,32	158,62	-	-
1	333,80	492,42	158,62	79,89	19,31%
2	284,51	443,13	158,62	49,29	14,77%
3	284,51	443,13	158,62	0	0%

Keterangan: - t : waktu
 - W : berat komposit
 - W₁ : berat komposit + tray
 - W₂ : berat tray
 - ΔW : W₁ - W₂
 - % Air:Kadar air

Rumus kadar air

$$\% \text{ Air} = \frac{W - (W_1 - W_2)}{W} \times 100\%$$

Perhitungan kadar air yang hilang

- 1 jam

$$\% \text{ Air} = \frac{413,69 - (492,42 - 158,62)}{413,69} \times 100\% = 19,31\%$$

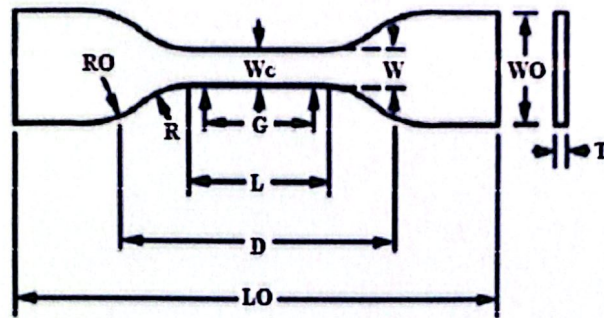
- 2 jam

$$\% \text{ Air} = \frac{333,80 - (443,13 - 158,62)}{333,80} \times 100\% = 14,77\%$$

- 3 jam

$$\% \text{ Air} = \frac{284,51 - (443,13 - 158,62)}{284,51} \times 100\% = 0\%$$

Lampiran D Dimensi spesimen IV



Tipe IV

Dimensi Spesimen	Nilai (mm)
Panjang keseluruhan Spesimen (LO)	115
Panjang bagian yang sempit (L)	33
Lebar keseluruhan Spesimen (WO)	19
Lebar bagian yang sempit (W)	6
Radius luar Spesimen (RO)	25
Radius potongan (R)	14
Panjang pengukuran (G)	25
Jarak antar grip (D)	65
Tebal Spesimen (T)	≤ 4

Sumber: ASTM D638

Lampiran E Data Pembuatan Spesimen

Sampel 1 ABS 100%

1. Data spesimen 1

- Tekanan operasi :70 kg/cm²
- Massa spesimen plastic :2,90 g
- Dimensi spesimen plastik yang dihasilkan
 - Panjang 1 = 114,80 mm
 - Panjang 2 = 114,90 mm
 - Panjang rata-rata = 114,85 mm

 - Lebar kepala 1 = 18,80 mm
 - Lebar kepala 2 = 18,80 mm
 - Lebar kepala rata-rata = 18,80 mm

 - Lebar badan 1 = 5,70 mm
 - Lebar badan 2 = 5,60 mm
 - Lebar badan rata-rata = 5,65 mm

 - Tebal 1 = 1,95 mm
 - Tebal 2 = 1,85 mm
 - Tebal rata-rata = 1,90 mm

3. Data spesimen 3

- Tekanan operasi :70 kg/cm²
- Massa spesimen plastik :2,97 g
- Dimensi spesimen plastik yang dihasilkan
 - Panjang 1 = 114,90 mm
 - Panjang 2 = 115,00 mm
 - Panjang rata-rata = 114,95 mm

 - Lebar kepala 1 = 18,70 mm
 - Lebar kepala 2 = 18,70 mm
 - Lebar kepala rata-rata = 18,70 mm

2. Data spesimen 2

- Tekanan operasi :70 kg/cm²
- Massa spesimen plastik :2,93 g
- Dimensi spesimen plastik yang dihasilkan
 - Panjang 1 = 114,80 mm
 - Panjang 2 = 114,90 mm
 - Panjang rata-rata = 114,85 mm

 - Lebar kepala 1 = 18,70 mm
 - Lebar kepala 2 = 18,55 mm
 - Lebar kepala rata-rata = 18,625 mm

 - Lebar badan 1 = 5,75 mm
 - Lebar badan 2 = 5,60 mm
 - Lebar badan rata-rata = 5,675 mm

 - Tebal 1 = 1,90 mm
 - Tebal 2 = 1,85 mm
 - Tebal rata-rata = 1,875 mm

 - Lebar badan 1 = 5,50 mm
 - Lebar badan 2 = 5,70 mm
 - Lebar badan rata-rata = 5,675 mm

 - Tebal 1 = 2,00 mm
 - Tebal 2 = 1,95 mm
 - Tebal rata-rata = 1,975 mm

Sampel 2 (90 % ABS/10% Zeolit)

1. Data spesimen 1

- Tekanan operasi : 65 kg/cm²
- Massa spesimen plastic : 3,03 g
- Dimensi spesimen plastik yang dihasilkan
 - Panjang 1 = 114,90 mm
 - Panjang 2 = 115,00 mm
 - Panjang rata-rata = 114,95 mm
- Lebar kepala 1 = 18,80 mm
- Lebar kepala 2 = 18,65 mm
- Lebar kepala rata-rata = 18,725 mm
- Lebar badan 1 = 5,75 mm
- Lebar badan 2 = 5,90 mm
- Lebar badan rata-rata = 5,825 mm
- Tebal 1 = 1,85 mm
- Tebal 2 = 1,80 mm
- Tebal rata-rata = 1,825 mm

3. Data spesimen 3

- Tekanan operasi : 55 kg/cm²
- Massa spesimen plastic : 3,01 g
- Dimensi spesimen plastik yang dihasilkan
 - Panjang 1 = 114,75 mm
 - Panjang 2 = 114,95 mm
 - Panjang rata-rata = 114,875 mm
- Lebar kepala 1 = 19,00 mm
- Lebar kepala 2 = 18,80 mm
- Lebar kepala rata-rata = 18,90 mm

2. Data spesimen 2

- Tekanan operasi : 60 kg/cm²
- Massa spesimen plastic : 3,09 g
- Dimensi spesimen plastik yang dihasilkan
 - Panjang 1 = 114,95 mm
 - Panjang 2 = 114,90 mm
 - Panjang rata-rata = 114,925 mm
- Lebar kepala 1 = 19,00 mm
- Lebar kepala 2 = 18,60 mm
- Lebar kepala rata-rata = 18,80 mm
- Lebar badan 1 = 5,85 mm
- Lebar badan 2 = 6,00 mm
- Lebar badan rata-rata = 5,925 mm
- Tebal 1 = 1,90 mm
- Tebal 2 = 1,90 mm
- Tebal rata-rata = 1,90 mm
- Lebar badan 1 = 5,95 mm
- Lebar badan 2 = 5,70 mm
- Lebar badan rata-rata = 5,825 mm
- Tebal 1 = 1,85 mm
- Tebal 2 = 1,90 mm
- Tebal rata-rata = 1,875 mm

Sampel 3 (80 % ABS/20% Zeolit)

1. Data spesimen 1

- Tekanan operasi : 55 kg/cm²
- Massa spesimen plastic : 3,18 g
- Dimensi spesimen plastik yang dihasilkan
 - Panjang 1 = 115,10 mm
 - Panjang 2 = 114,95 mm
 - Panjang rata-rata = 115,025 mm
 - Lebar kepala 1 = 18,65 mm
 - Lebar kepala 2 = 19,00 mm
 - Lebar kepala rata-rata = 18,825 mm
 - Lebar badan 1 = 6,10 mm
 - Lebar badan 2 = 6,00 mm
 - Lebar badan rata-rata = 6,05 mm
 - Tebal 1 = 1,80 mm
 - Tebal 2 = 1,95 mm
 - Tebal rata-rata = 1,875 mm

3. Data spesimen 3

- Tekanan operasi : 65 kg/cm²
- Massa spesimen plastic : 3,10 g
- Dimensi spesimen plastik yang dihasilkan
 - Panjang 1 = 114,90 mm
 - Panjang 2 = 114,55 mm
 - Panjang rata-rata = 114,875 mm
 - Lebar kepala 1 = 18,80 mm
 - Lebar kepala 2 = 19,10 mm
 - Lebar kepala rata-rata = 18,95 mm

2. Data spesimen 2

- Tekanan operasi : 55 kg/cm²
- Massa spesimen plastic : 3,14 g
- Dimensi spesimen plastik yang dihasilkan
 - Panjang 1 = 114,80 mm
 - Panjang 2 = 114,95 mm
 - Panjang rata-rata = 114,875 mm
 - Lebar kepala 1 = 18,75 mm
 - Lebar kepala 2 = 18,90 mm
 - Lebar kepala rata-rata = 18,875 mm
 - Lebar badan 1 = 6,05 mm
 - Lebar badan 2 = 6,00 mm
 - Lebar badan rata-rata = 6,025 mm
 - Tebal 1 = 1,85 mm
 - Tebal 2 = 1,75 mm
 - Tebal rata-rata = 1,80 mm
 - Lebar badan 1 = 6,00 mm
 - Lebar badan 2 = 6,05 mm
 - Lebar badan rata-rata = 6,025 mm
 - Tebal 1 = 1,90 mm
 - Tebal 2 = 1,85 mm
 - Tebal rata-rata = 1,875 mm

Sampel 4 70 % ABS/30% Zeolit

B.1. Data spesimen 1

- Tekanan operasi : 50 kg/cm²
- Massa spesimen plastic : 3,16 g
- Dimensi spesimen plastik yang dihasilkan
 - Panjang 1 = 115,00 mm
 - Panjang 2 = 115,20 mm
 - Panjang rata-rata = 115,10 mm

 - Lebar kepala 1 = 18,85 mm
 - Lebar kepala 2 = 19,00 mm
 - Lebar kepala rata-rata = 19,925 mm

 - Lebar badan 1 = 5,95 mm
 - Lebar badan 2 = 6,00 mm
 - Lebar badan rata-rata = 5,975 mm

 - Tebal 1 = 1,85 mm
 - Tebal 2 = 1,90 mm
 - Tebal rata-rata = 1,875 mm

B.3. Data spesimen 3

- Tekanan operasi : 50 kg/cm²
- Massa spesimen plastic : 3,15 g
- Dimensi spesimen plastik yang dihasilkan
 - Panjang 1 = 114,90 mm
 - Panjang 2 = 115,00 mm
 - Panjang rata-rata = 114,95 mm

 - Lebar kepala 1 = 19,00 mm
 - Lebar kepala 2 = 18,90 mm
 - Lebar kepala rata-rata = 18,90 mm

B.2. Data spesimen 2

- Tekanan operasi : 50 kg/cm²
- Massa spesimen plastic : 3,16 g
- Dimensi spesimen plastik yang dihasilkan
 - Panjang 1 = 115,00 mm
 - Panjang 2 = 114,75 mm
 - Panjang rata-rata = 114,875 mm

 - Lebar kepala 1 = 18,90 mm
 - Lebar kepala 2 = 19,00 mm
 - Lebar kepala rata-rata = 18,95 mm

 - Lebar badan 1 = 5,95 mm
 - Lebar badan 2 = 6,00 mm
 - Lebar badan rata-rata = 5,975 mm

 - Tebal 1 = 1,80 mm
 - Tebal 2 = 1,85 mm
 - Tebal rata-rata = 1,825 mm

Lampiran F Data Pengujian UTM

Sampel 1 100 % ABS

(Data pengukuran spesimen setelah *conditioning*)

1. Data spesimen 1

Dimensi spesimen sebelum pengujian

- Lebar badan = 5,65 mm
- Tebal = 1,90 mm
- Jarak antar grip
sebelum pengujian = 65 mm

Dimensi spesimen setelah pengujian

- Lebar badan = 5,40 mm
- Tebal = 1,85 mm
- Jarak antar grip
sesudah pengujian = 74,05 mm
-

3. Data spesimen 3

Dimensi spesimen sebelum pengujian

- Lebar badan = 5,625 mm
- Tebal = 1,975 mm
- Jarak antar grip
sebelum pengujian = 65 mm

Dimensi spesimen setelah pengujian

- Lebar badan = 5,55 mm
- Tebal = 1,85 mm
- Jarak antar grip
sesudah pengujian = 69,15 mm

2. Data spesimen 2

Dimensi spesimen sebelum pengujian

- Lebar badan = 5,625 mm
- Tebal = 1,875 mm
- Jarak antar grip
sebelum pengujian = 65 mm

Dimensi spesimen setelah pengujian

- Lebar badan = 5,50 mm
- Tebal = 1,85 mm
- Jarak antar grip
sesudah pengujian = 73,90 mm

Sampel 2 (90 % ABS/10% Zeolit)

1. Data spesimen 1

Dimensi spesimen sebelum pengujian

- Lebar badan = 5,80 mm
- Tebal = 1,80 mm
- Jarak antar grip
sebelum pengujian = 65 mm

Dimensi spesimen setelah pengujian

- Lebar badan = 5,55 mm
- Tebal = 1,80 mm
- Jarak antar grip
sesudah pengujian = 66,35 mm

3. Data spesimen 3

Dimensi spesimen sebelum pengujian

- Lebar badan = 6,125 mm
- Tebal = 1,85 mm
- Jarak antar grip
sebelum pengujian = 65 mm

Dimensi spesimen setelah pengujian

- Lebar badan = 6,00 mm
- Tebal = 1,90 mm
- Jarak antar grip
sesudah pengujian = 65,75 mm

2. Data spesimen 2

Dimensi spesimen sebelum pengujian

- Lebar badan = 6,025 mm
- Tebal = 1,90 mm
- Jarak antar grip
sebelum pengujian = 65 mm

Dimensi spesimen setelah pengujian

- Lebar badan = 5,95 mm
- Tebal = 1,90 mm
- Jarak antar grip
sesudah pengujian = 66,35 mm

Sampel 3 (80 % ABS/20% Zeolit)

1. Data spesimen 1

Dimensi spesimen sebelum pengujian

- Lebar badan = 6,125 mm
- Tebal = 1,90 mm
- Jarak antar grip
sebelum pengujian = 65 mm

Dimensi spesimen setelah pengujian

- Lebar badan = 5,95 mm
- Tebal = 1,90 mm
- Jarak antar grip
sesudah pengujian = 65,75 mm

3. Data spesimen 3

Dimensi spesimen sebelum pengujian

- Lebar badan = 6,025 mm
- Tebal = 1,80 mm
- Jarak antar grip
sebelum pengujian = 65 mm

Dimensi spesimen setelah pengujian

- Lebar badan = 5,95 mm
- Tebal = 1,90 mm
- Jarak antar grip
sesudah pengujian = 65,60 mm

2. Data spesimen 2

Dimensi spesimen sebelum pengujian

- Lebar badan = 5,95 mm
- Tebal = 1,825 mm
- Jarak antar grip
sebelum pengujian = 65 mm

Dimensi spesimen setelah pengujian

- Lebar badan = 6,10 mm
- Tebal = 1,80 mm
- Jarak antar grip
sesudah pengujian = 65,75 mm

Sampel 4 (70 % ABS/30% Zeolit)

1. Data spesimen 1

Dimensi spesimen sebelum pengujian

- Lebar badan = 6,15 mm
- Tebal = 1,775 mm
- Jarak antar grip
sebelum pengujian = 65 mm

Dimensi spesimen setelah pengujian

- Lebar badan = 6,10 mm
- Tebal = 1,80 mm
- Jarak antar grip
sesudah pengujian = 65,80 mm

3. Data spesimen 3

Dimensi spesimen sebelum pengujian

- Lebar badan = 6,10 mm
- Tebal = 1,85 mm
- Jarak antar grip
sebelum pengujian = 65 mm

Dimensi spesimen setelah pengujian

- Lebar badan = 5,95 mm
- Tebal = 1,70 mm
- Jarak antar grip
sesudah pengujian = 65,35 mm

2. Data spesimen 2

Dimensi spesimen sebelum pengujian

- Lebar badan = 6,10 mm
- Tebal = 1,70 mm
- Jarak antar grip
sebelum pengujian = 65 mm

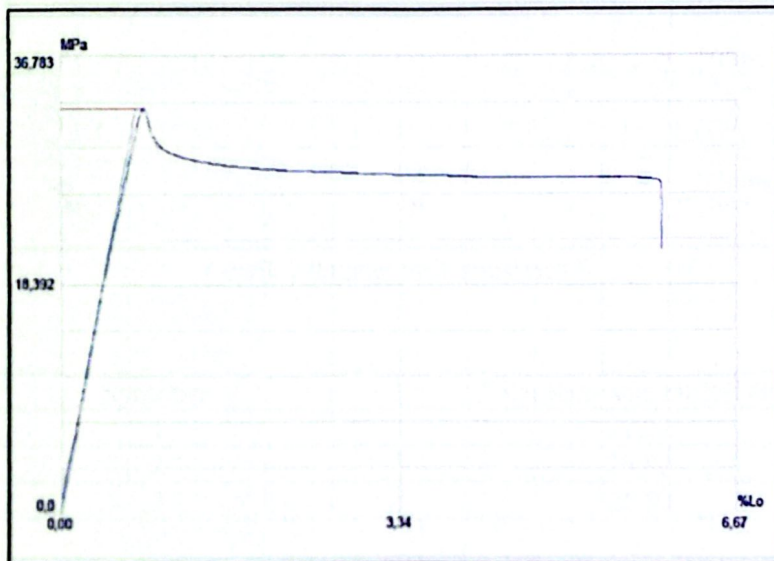
Dimensi spesimen setelah pengujian

- Lebar badan = 6,05 mm
- Tebal = 1,70 mm
- Jarak antar grip
sesudah pengujian = 65,80 mm

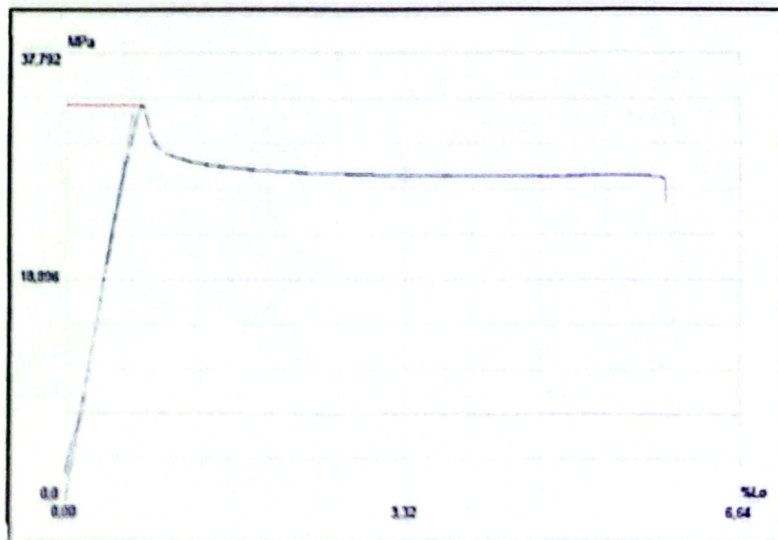
Lampiran G Data Kekuatan Tarik

Spesimen	Nilai Kekuatan tarik (MPa)
1	32,56
2	33,44
3	31,08

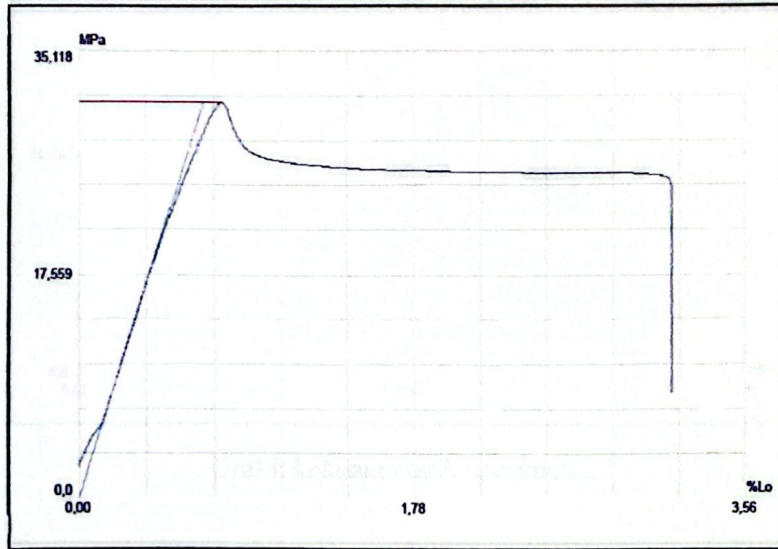
- Sampel 1 (100% ABS)



Grafik kekuatan tarik spesimen 1



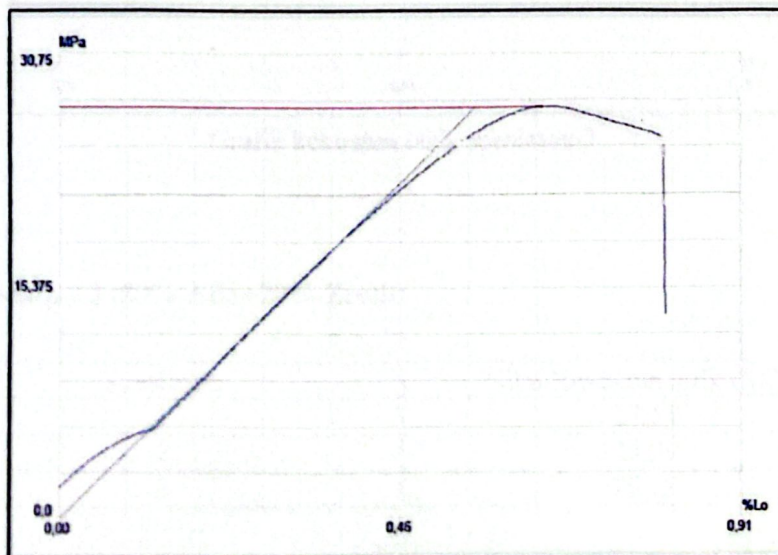
Grafik kekuatan tarik spesimen 2



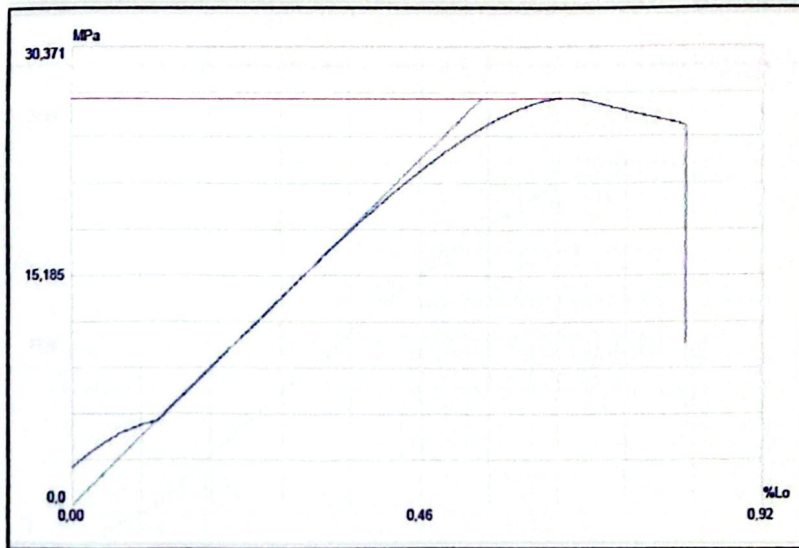
Grafik kekuatan tarik spesimen 3

Spesimen	Nilai Kekuatan tarik (MPa)
1	27,22
2	26,88
3	26,60

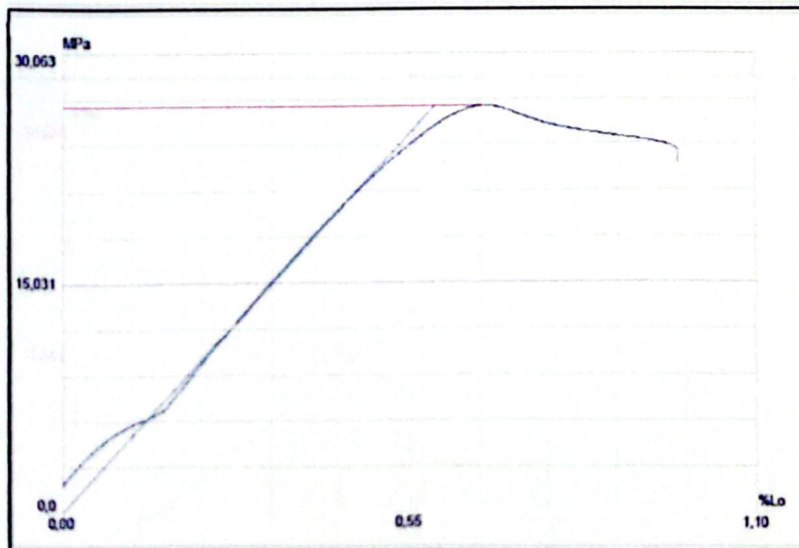
- Sampel 2 (90% ABS+10% Zeolit)



Grafik kekuatan tarik spesimen 1



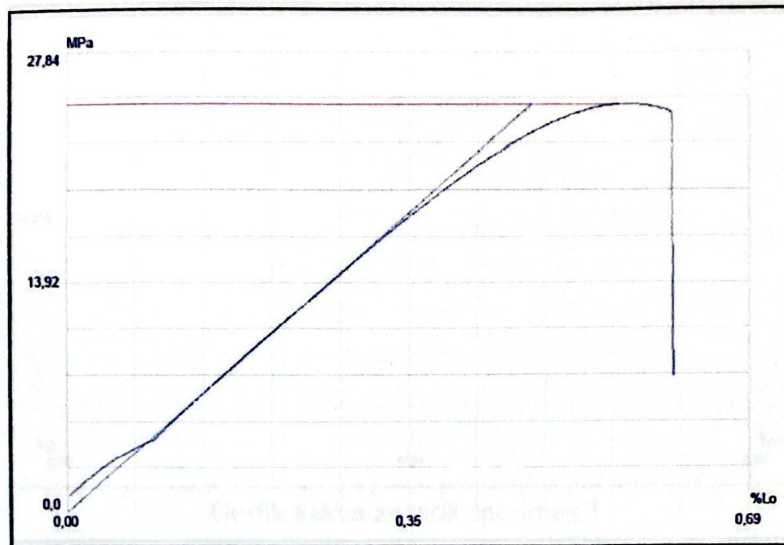
Grafik kekuatan tarik spesimen 2



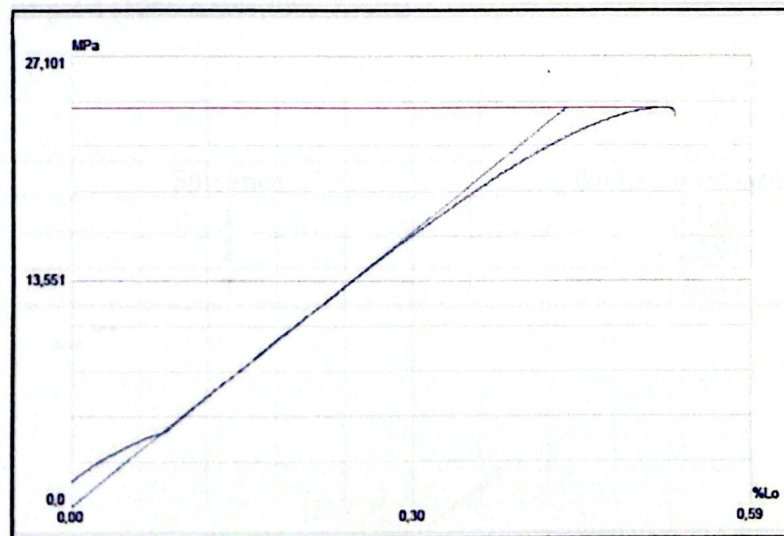
Grafik kekuatan tarik spesimen 3

- Sampel 3 (80% ABS+20% Zeolit)

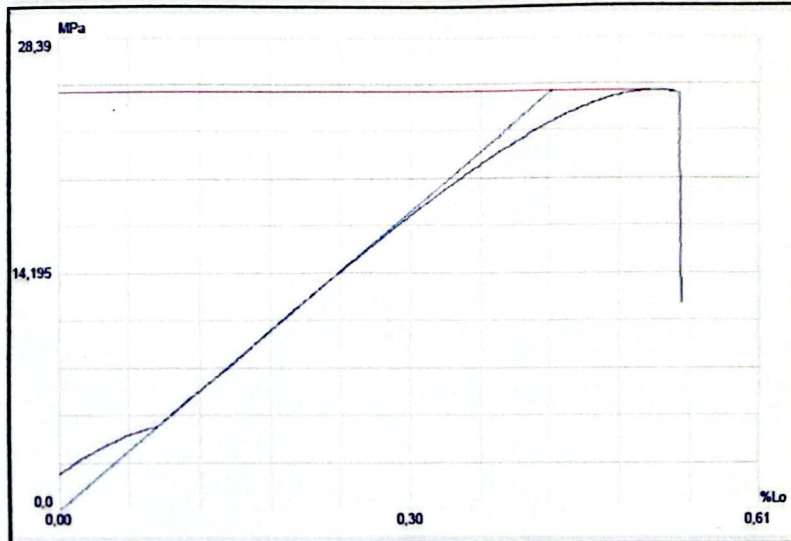
Spesimen	Nilai Kekuatan tarik (MPa)
1	24,64
2	23,99
3	25,13



Grafik kekuatan tarik spesimen 1



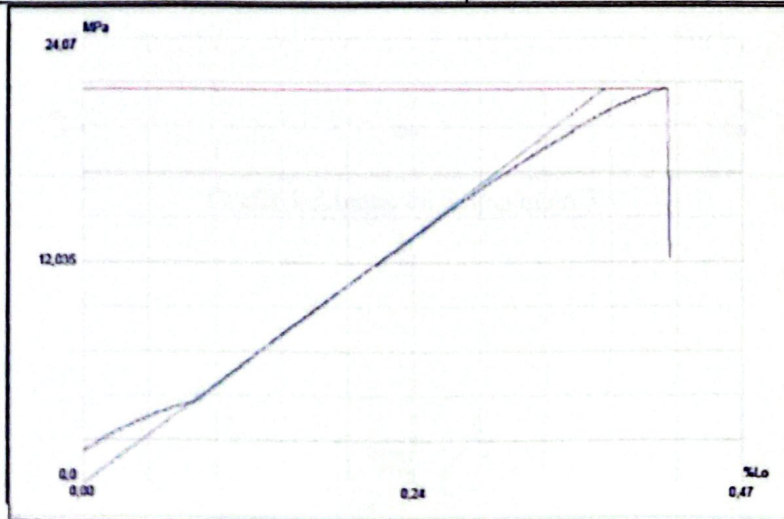
Grafik kekuatan tarik spesimen 2



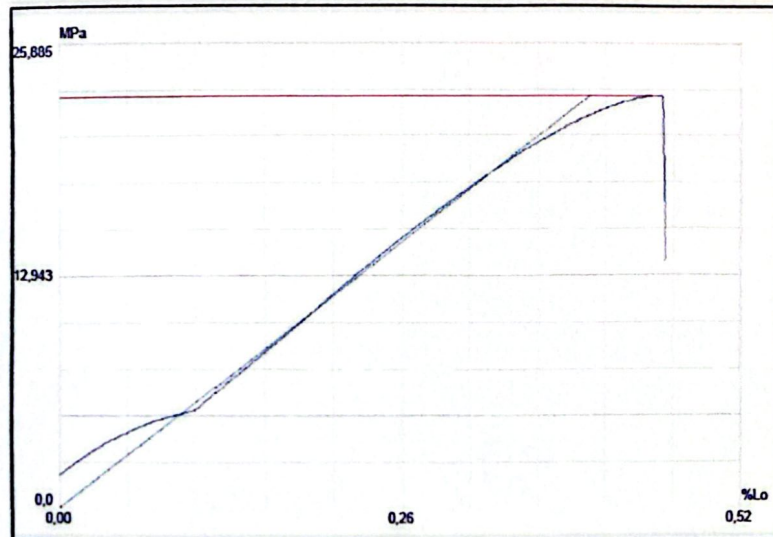
Grafik kekuatan tarik spesimen 3

- Sampel 4 (70% ABS+30% Zeolit)

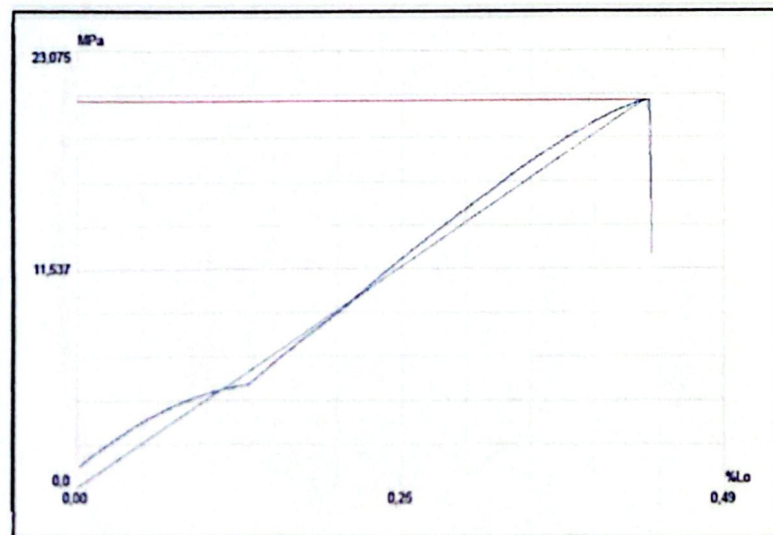
Spesimen	Nilai Kekuatan tarik (MPa)
1	21,31
2	22,91
3	20,42



Grafik kekuatan tarik spesimen 1



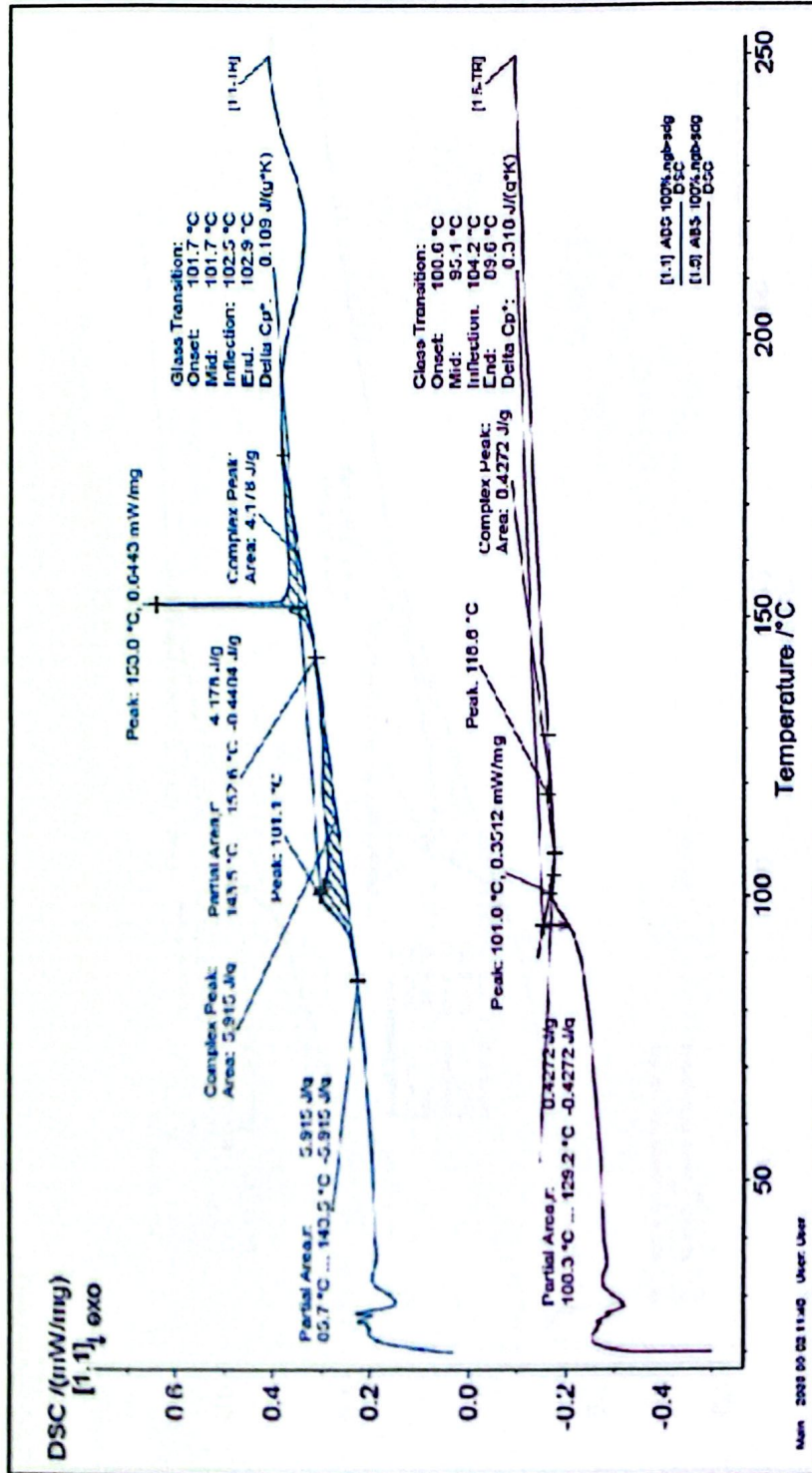
Grafik kekuatan tarik spesimen 2



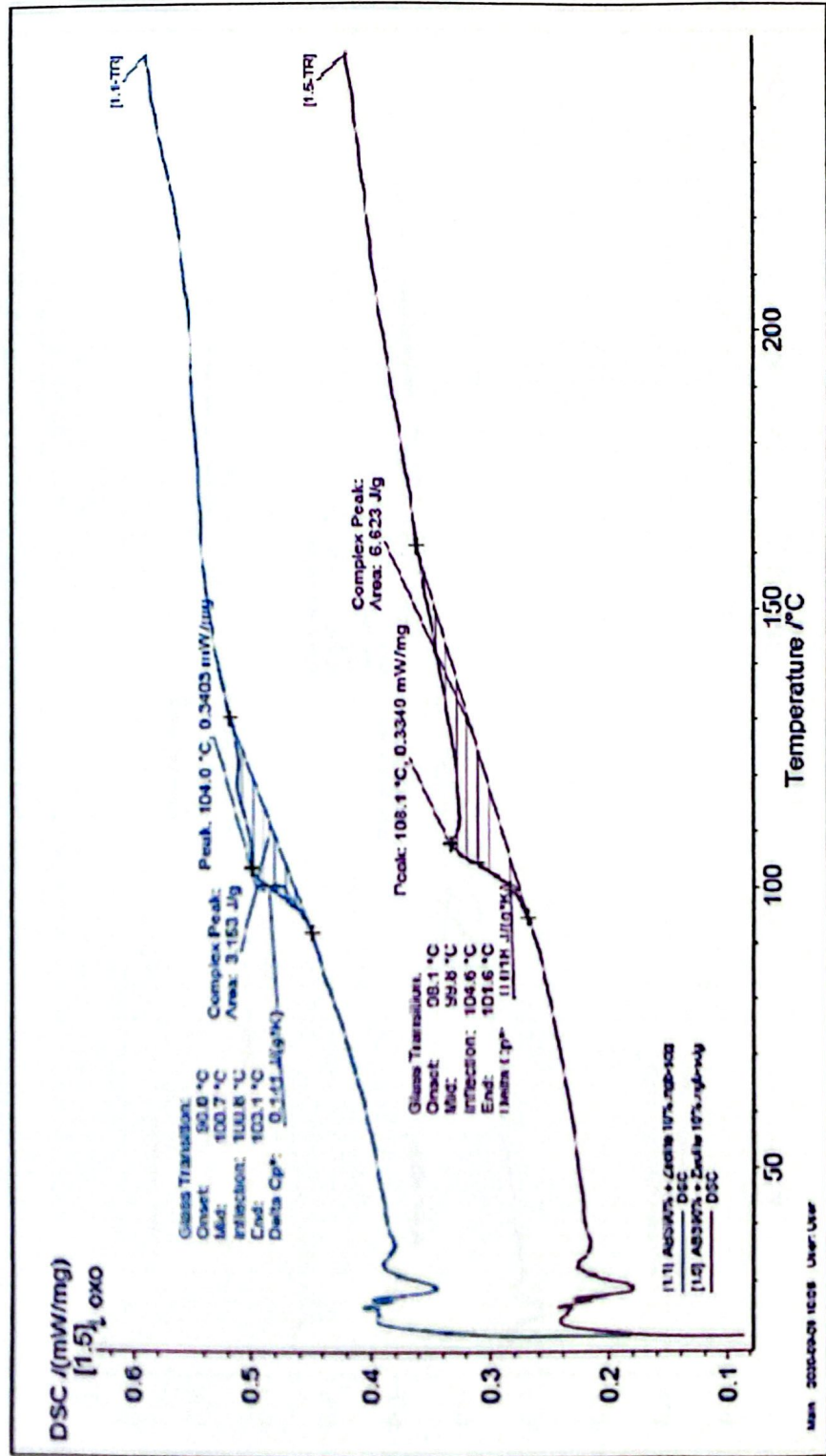
Grafik kekuatan tarik spesimen 3

Lampiran H Data Sifat Termal

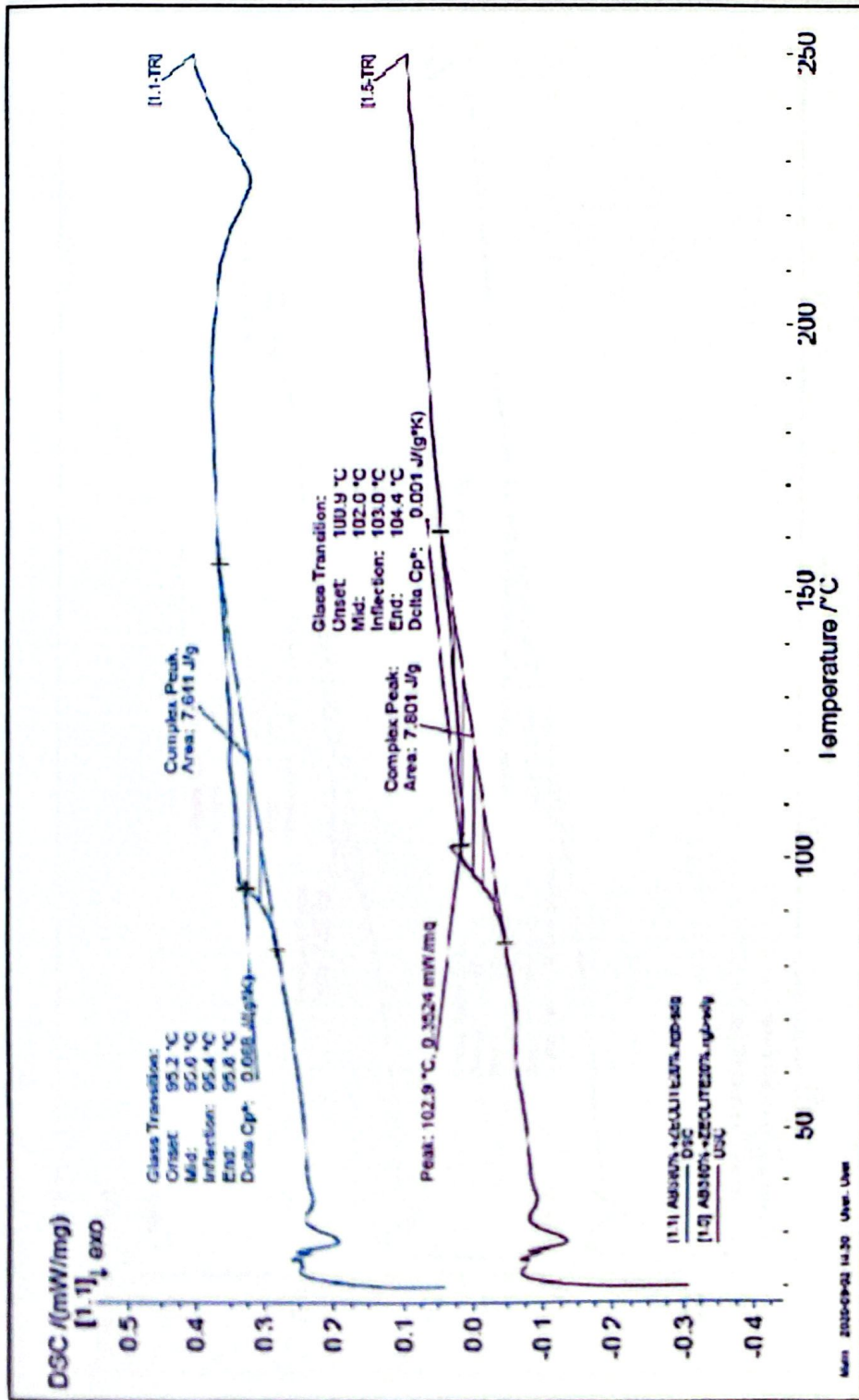
1. Sampel 1 (100% ABS Murni)



2. Sampel 2 (ABS 90%+10% Zeolit)



3. Sampel 3 (ABS 80%+20% Zeolit)



4. Sampel 4 (ABS 70%+30% Zeolit)

