

**PENGARUH VARIASI PERSENTASE SERAT ALAM
TERHAAP STABILITAS TERMAL PADA KOMPOSIT
BERMatriKS HDPE (*HIGH DENSITY POLYETHYLENE*)
BERPENGUAT *CARBON NANOTUBE* DAN SERAT BATANG
PISANG DENGAN PROSES ALKALI**



**FEBRIANDRI
5315110368**

**Skripsi Ini Ditulis Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Dalam Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
2017**

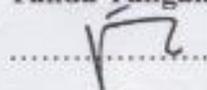
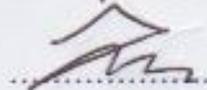
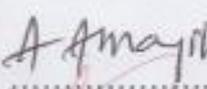
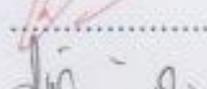
LEMBAR PENGESAHAN

Judul : Pengaruh Variasi Persentase Serat Alam Terhadap Stabilitas Termal Pada Komposit Bermatriks HDPE (*High Density Polyethylene*) Berpenguat *Carbon Nanotube* dan Serat Batang Pisang Dengan Proses Alkali

Nama : Febriandri

No. Reg : 5315110368

Telah Disetujui Oleh :

Pembimbing	Jabatan	Tanda Tangan	Tanggal
1 <u>Dr. Riza Wirawan, M.T.</u> NIP. 197804112005011003	Pembimbing I		21/2 2017
2 <u>Ir. Yunita Sari, M.T., M.Si.</u> NIP. 196806062005012001	Pembimbing II		22/2 2017
Dewan Penguji			
3 <u>Aam Amaningsih Jumhur, M.T.</u> 197110162008122001	Ketua Sidang		24/2 2017
4 <u>Pratomo Setyadi, S.T., M.T.</u> 198102222006041001	Sekretaris		26/2 2017
5 <u>Siska Titik Dwiwati, S.Si., M.T.</u> 197812122006042002	Dosen Ahli		20/2 - 2017

Mengetahui,
Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta



Ahmad Kholil, S.T., M.T.
NIP. 197908312005011001

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : **Febriandri**
No. Registrasi : **5315110368**
Tempat, tanggal lahir : **Jakarta, 23 Februari 1993**
Alamat : **Perumahan Villa Bekasi Indah I Blok E1/03
RT 07/012, Desa Mangunjaya, Kec. Tambun
Kab. Bekasi, Jawa Barat**

Dengan ini menyatakan bahwa :

1. Skripsi dengan judul "**Pengaruh Variasi Persentase Serat Alam Terhadap Stabilitas Termal Pada Komposit Bermatriks HDPE (*High Density Polyethylene*) Berpenguat *Carbon Nanotube* dan Serat Batang Pisang Dengan Proses Alkali**" adalah karya tulis ilmiah yang saya buat.
2. Karya tulis ilmiah ini murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya dengan arahan dosen pembimbing.
3. Karya tulis ilmiah ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis tercantum sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang.

Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan aturan yang berlaku.

Jakarta, 01 Februari 2017
Yang Membuat Pernyataan




Febriandri
No. Reg: 5315110368

ABSTRAK

Febriandri. Skripsi: Pengaruh Variasi Persentase Serat Alam Terhadap Stabilitas Termal Pada Komposit Bermatriks HDPE (*High Density Polyethylene*) Berpenguat *Carbon Nanotube* dan Serat Batang Pisang Dengan Proses Alkali. Jakarta: Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, 2017.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menguji dan mengetahui pengaruh pemberian variasi serat batang pisang terhadap nilai stabilitas termal pada komposit bermatriks HDPE (*High Density Polyethylene*) dengan bahan penguat CNT (*carbon nanotube*) dan serat batang pisang yang telah diberi perlakuan alkali. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Komposit dibuat sebanyak 4 sampel dengan menggunakan matriks HDPE (*High Density Polyethylene*) dengan bahan penguat CNT (*carbon nanotube*) dan serat serat alam, yakni serat batang pisang yang diberikan perlakuan alkali dengan konsentrasi 5% selama 2 jam. Perbedaan dari masing – masing sampel terletak pada komposisi HDPE dan serat batang pisangnya, yaitu komposisi serat batang pisang berturut – turut sebesar 10%, 20%, 30% dan 40%. Proses pembuatan komposit menggunakan mesin *Rheomix OS*. Selanjutnya spesimen komposit dilakukan pengujian termal dengan menggunakan mesin *Thermogravimetric Analysis* (TGA).

Hasil yang diperoleh dari pengujian sifat termal adalah nilai stabilitas termal. Hasil pengujian stabilitas termal yang didapat, yaitu pada fase pertama nilai stabilitas termal komposit serat batang pisang 10% sebesar $334,7^{\circ}C$, pada komposit serat batang pisang 20% sebesar $324,9^{\circ}C$, pada komposit serat batang pisang 30% sebesar $321,3^{\circ}C$, pada komposit serat batang pisang 40% sebesar $319,7^{\circ}C$ dan pada HDPE murni sebesar $452,9^{\circ}C$. Sedangkan pada fase kedua nilai stabilitas termal komposit serat batang pisang 10% sebesar $473,2^{\circ}C$, pada komposit serat batang pisang 20% sebesar $467,4^{\circ}C$, pada komposit serat batang pisang 30% sebesar $453,0^{\circ}C$ dan pada komposit serat batang pisang 40% sebesar $452,5^{\circ}C$. Berdasarkan hasil tersebut maka dapat disimpulkan bahwa semakin bertambahnya komposisi serat batang pisang dan semakin berkurangnya komposisi HDPE dapat mengakibatkan nilai stabilitas termalnya semakin menurun, karena sifat serat batang pisang yang mudah terdekomposisi pada suhu $317,6^{\circ}C$.

Kata kunci : Komposit, HDPE, *Carbon Nanotube*, Serat Batang Pisang, Perlakuan Alkali, TGA.

ABSTRACT

Febriandri. Thesis: The Effect of Percentage Variation of Natural Fiber on Thermal Stability of HDPE (High Density Polyethylene) Matrix Composite Reinforced With Carbon Nanotube and Banana Fiber With Alkali Process. Jakarta: Mechanical Engineering Department, Faculty of Technique, State University of Jakarta, 2017.

The aim of this research is to examine and discover the effect of the banana fiber on thermal stability value of HDPE (High Density Polyethylene) matrix composite reinforced with CNT (Carbon Nanotube) and banana fiber treated with alkali. The method used in this research is experiment. There are four samples of the HDPE (High Density Polyethylene) matrix composite reinforced with CNT (Carbon Nanotube) and natural fiber, banana fiber given alkali treatment with 5% concentration for two hours. The difference of each sample is on the composition of HDPE and banana fiber, which are made in 10%, 20%, 30%, and 40% of banana fiber. The composites are made by using Rheomix OS machine and examined by using TGA (Thermogravimetric Analysis) machine.

The result obtained of the thermal properties examination is the thermal stability value. The result of the examination is that on phase 1, the thermal stability value of the composite of 10% banana fiber is at 334.7°C, the thermal stability value of the composite of 20% banana fiber is at 324.9°C, the thermal stability value of the composite of 30% banana fiber is at 321.3°C, the thermal stability value of the composite of 40% banana fiber is at 319.7°C, and the thermal stability value of the pure HDPE is at 452.9°C. On phase 2, the thermal stability value of the composite of 10% banana fiber is at 473.2°C, the thermal stability value of the composite of 20% banana fiber is at 467.4°C, the thermal stability value of the composite of 30% banana fiber is at 453.0°C, the thermal stability value of the composite of 40% banana fiber is at 452.5°C. According to the obtained result, it is concluded that the increase of the banana fiber in the composition and the decrease of HDPE in the composition affect the decrease of the thermal stability value because banana fiber is easily decomposed at temperature of 317,6°C.

Keywords : Composite, HDPE, Carbon Nanotube, Banana Fiber, Alkali Treatment, TGA.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT, Tuhan Yang Maha Kuasa atas karunia dan rahmatNya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Pengaruh Variasi Persentase Serat Alam Terhadap Stabilitas Termal Pada Komposit Bermatriks HDPE (*High Density Polyethylene*) Berpenguat *Carbon Nanotube* dan Serat Batang Pisang Dengan Proses Alkali”**.

Skripsi ini tidak akan terwujud tanpa adanya bimbingan, dorongan, saran, dan bantuan dari berbagai pihak. Dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua serta keluarga besar penulis yang senantiasa memberikan dorongan dan bantuan baik moral maupun materi selama penulis menempuh perkuliahan di Program Studi Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.
2. Ahmad Kholil, S.T., M.T. selaku Ketua Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.
3. Dyah Arum Wulandari, S.T., M.T. selaku Penasehat Akademik yang senantiasa memberikan bimbingan, dorongan, saran, dan bantuan akademik kepada penulis selama menempuh perkuliahan di Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta.
4. Dr. Riza Wirawan, M.T. selaku Dosen Pembimbing I yang senantiasa memberikan bimbingan, dorongan, saran, dan bantuan kepada penulis selama proses penyusunan skripsi.

5. Ir. Yunita Sari, M.T., M.Si. selaku Dosen Pembimbing II yang senantiasa memberikan bimbingan, dorongan, saran, dan bantuan kepada penulis selama proses penyusunan skripsi.
6. Seluruh Dosen dan Staff Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Jakarta yang senantiasa memberikan bimbingan, dorongan, saran, dan bantuan kepada penulis selama menempuh perkuliahan.
7. Seluruh teman-teman penulis khususnya Brengsol (Penghuni Goa), S1 Reg Teknik Mesin 2011, Kid's 2011, Shanggupkeun Family, Lentera Merah, geng upay, RISMATIQ, BEM FT 14, BEM UNJ 15, Ash – Shadiqun, dan Aktivis Dakwah Se-UNJ yang senantiasa memberikan motivasi kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.

Penulis sadar bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun, agar pada karya-karya yang akan datang lebih baik lagi.

Akhir kata, penulis berharap skripsi ini bermanfaat bagi semua pihak.
Aamiin.

Jakarta, 17 Februari 2017

Febriandri
No. Reg: 5315110368

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah	4
1.3 Pembatasan Masalah	5
1.4 Perumusan Masalah	6
1.5 Tujuan Penelitian	6
1.6 Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Komposit	8
2.2 Polimer	13
2.3 Polimer Termoplastik	16
2.4 HDPE (<i>High Density Polyethylene</i>)	18
2.5 Serat Alam	20
2.6 Natrium Hidroksida (NaOH)	21
2.7 CNT (<i>Carbon Nanotube</i>)	23
2.7.1 Jenis-jenis Carbon Nanotube	24
2.7.2 Sifat-sifat Carbon Nanotube	25
2.8 Analisis Termogravimetri (TGA)	27
2.9 Penelitian Sebelumnya	28

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	30
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	30
3.2.1 Alat	30
3.2.2 Bahan	33
3.3 Diagram Alur Penelitian	36
3.3.1 Proses Pembuatan Sampel	37
3.3.2 Proses Pengujian Sampel	43
3.4 Teknik dan Prosedur Pengumpulan Data	44
3.5 Teknik Analisis Data	45

BAB IV HASIL PENELITIAN

4.1 Deskripsi Hasil Penelitian	46
4.2 Analisis Data Penelitian	47
4.2.1 Hasil Pengujian Serat Batang Pisang	48
4.2.2 Hasil Pengujian HDPE (<i>High Density Polyethylene</i>)	49
4.2.3 Hasil Pengujian Sampel 1 (Serat Batang Pisang 10%)	50
4.2.4 Hasil Pengujian Sampel 2 (Serat Batang Pisang 20%)	52
4.2.5 Hasil Pengujian Sampel 3 (Serat Batang Pisang 30%)	54
4.2.6 Hasil Pengujian Sampel 4 (Serat Batang Pisang 40%)	56
4.3 Pembahasan	58
4.4 Aplikasi Hasil Penelitian	61

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan	63
5.2 Saran	64

DAFTAR PUSTAKA	65
-----------------------------	----

LAMPIRAN	67
-----------------------	----

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Karakteristik HDPE dan Kimia HDPE	19
Tabel 2.2 Sifat Fisika dan Mekanika HDPE	19
Tabel 3.1 Komposisi Komposit.....	39
Tabel 4.1 Komposisi Komposit.....	46
Tabel 4.2 Data Nilai Stabilitas Termal Sampel.....	59

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Pembagian Komposit Berdasarkan Penguatnya.....	12
Gambar 2.2 Ilustrasi Komposit Berdasarkan Penguatnya	13
Gambar 2.3 Single Walled Carbon Nanotubes	24
Gambar 2.4 Multi Walled Carbon Nanotube	25
Gambar 2.5 Kurva Termogravimetri.....	28
Gambar 3.1 Timbangan Analik.....	30
Gambar 3.2 Mesin <i>Rheomix OS</i>	31
Gambar 3.3 Mesin <i>Thermogravimetric Analysis (TGA)</i>	32
Gambar 3.4 HDPE (<i>High Density Polyethelene</i>).....	33
Gambar 3.5 Serat Batang Pisang.....	34
Gambar 3.6 Natrium Hidroksida (NaOH).....	34
Gambar 3.7 <i>Carbon Nanotube (CNT)</i>	35
Gambar 3.8 Skema Penelitian	36
Gambar 3.9 Penimbangan HDPE.....	38
Gambar 3.10 Penimbangan Serat Batang Pisang yang Telah Dilakukan Proses Alkali	38
Gambar 3.11 Penimbangan CNT (<i>Carbon Nanotube</i>).....	38
Gambar 3.12 Pengaturan Temperatur	40
Gambar 3.13 Pengaturan Kecepatan Rotor	40
Gambar 3.14 Proses Memasukkan HDPE	41
Gambar 3.15 Proses Memasukkan CNT (<i>Carbon Nanotube</i>)	41
Gambar 3.16 Proses Memasukkan Serat Batang Pisang.....	42

Gambar 3.17 Pengaturan Temperatur Pengangkatan Komposit	42
Gambar 3.18 Komposit yang Dihasilkan	43
Gambar 4.1 Kurva Hasil Uji Termal Sampel.....	47
Gambar 4.2 Kurva Hasil Uji Termal Serat Batang Pisang.....	48
Gambar 4.3 Kurva Hasil Uji Termal HDPE	49
Gambar 4.4 Kurva Hasil Uji Termal Sampel 1	50
Gambar 4.5 Kurva Hasil Uji Termal Sampel 1	50
Gambar 4.6 Kurva Hasil Uji Termal Sampel 2.....	52
Gambar 4.7 Kurva Hasil Uji Termal Sampel 2.....	52
Gambar 4.8 Kurva Hasil Uji Termal Sampel 3	54
Gambar 4.9 Kurva Hasil Uji Termal Sampel 3.....	54
Gambar 4.10 Kurva Hasil Uji Termal Sampel 4.....	56
Gambar 4.11 Kurva Hasil Uji Termal Sampel 4.....	56
Gambar 4.12 Kurva Hasil Uji Termal Semua Sampel.....	58
Gambar 4.13 Diagram Nilai Stabilitas Termal Sampel	59

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Komposit yang dihasilkan.....	67
Lampiran 2 Kurva Hasil Uji Termal Serat Batang Pisang	68
Lampiran 3 Kurva Hasil Uji Termal HDPE	69
Lampiran 4 Kurva Hasil Uji Termal Sampel 1 (Serat B. Pisang 10%)	70
Lampiran 5 Kurva Hasil Uji Termal Sampel 1 (Serat B. Pisang 10%)	71
Lampiran 6 Kurva Hasil Uji Termal Sampel 2 (Serat B. Pisang 20%)	72
Lampiran 7 Kurva Hasil Uji Termal Sampel 2 (Serat B. Pisang 20%)	73
Lampiran 8 Kurva Hasil Uji Termal Sampel 3 (Serat B. Pisang 30%)	74
Lampiran 9 Kurva Hasil Uji Termal Sampel 3 (Serat B. Pisang 30%)	75
Lampiran 10 Kurva Hasil Uji Termal Sampel 4 (Serat B. Pisang 40%)	76
Lampiran 11 Kurva Hasil Uji Termal Sampel 4 (Serat B. Pisang 40%)	77
Lampiran 12 Kurva Hasil Uji Termal Semua Sampel.....	78
Lampiran 13 Data Nilai Stabilitas Termal Sampel.....	79
Lampiran 14 Diagram Nilai Stabilitas Termal Sampel	80

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Dewasa ini kemajuan teknologi semakin hari kian berkembang. Penemuan baru pun terus bermunculan demi memenuhi kebutuhan pasar yang menuntut kualitas suatu produk yang lebih baik dan tentunya lebih ekonomis. Dimasa mendatang komposit adalah bahan material yang menjadi bahan yang diandalkan dan amat dibutuhkan. Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material sehingga dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Material komposit terdiri atas dua penyusun yaitu *filler* (bahan pengisi) dan matrik. Bahan matrik dan bahan pengisi matrik yang digunakan sangat berpengaruh terhadap material komposit yang dihasilkan. Setiap komposit yang dibuat dengan bahan yang berbeda, maka sifat yang terbentuk akan berbeda dan tergantung dari bahan pengisi matrik, jenis pengisi dan bahan penguat yang digunakan.

Material komposit memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan material lainnya. Keunggulan yang utama adalah material ini memiliki tingkat kekakuan dan kekuatan spesifik yang lebih tinggi, tahan terhadap korosi, serta memiliki biaya yang lebih murah. Dengan memilih suatu kombinasi yang tepat antara penguat dan material matrik, kita dapat menghasilkan sebuah material dengan properti baru yang cocok untuk struktur tertentu dan tujuan tertentu.

Perkembangan komposit saat ini telah mengalami banyak perubahan. Kini bahan komposit tidak lagi hanya menggunakan serat sintetis sebagai bahan penguatnya tetapi mulai dikembangkan bahan komposit berserat alam. Berbagai penelitian terus dilakukan guna penyempurnaan penelitian – penelitian sebelumnya sehingga dapat menghasilkan material komposit sesuai dengan karakteristik yang diinginkan.

Penggunaan serat alam sebagai bahan penguat memiliki prospek yang baik jika diterapkan di Indonesia, mengingat Indonesia memiliki produktifitas penghasil serat alam yang cukup tinggi. Selain lebih ramah lingkungan karena dapat mengurangi jumlah atau volume penggunaan polimer itu sendiri, dapat juga meningkatkan kekuatan mekanik pada komposit. Beberapa kelebihan serat alam yaitu, serat alam mudah diperoleh terutama di daerah tropis, pembudidayaan serat alam relatif mudah, usia panen pendek, penanamannya dapat dilakukan di lahan marjinal, serta teknologi untuk mengolahnya sangat sederhana. Adapun contoh serat yang berasal dari alam seperti eceng gondok, serat ampas tebu, serat sabut kelapa, serat sekam padi, serat batang pisang, serat ijuk, serat nanas, dll.

Dalam penelitian ini penulis menggunakan serat batang pisang yang mungkin selama ini kurang dapat dimanfaatkan untuk menjadi suatu produk dengan manfaat yang maksimal dan memiliki nilai jual yang tinggi. Batang pisang merupakan limbah dari tanaman pisang yang ditebang untuk diambil buahnya dan merupakan limbah pertanian potensial yang belum banyak pemanfaatannya. Dirjen Bina Produksi Hortikultura menyebutkan bahwa potensi buah pisang mencapai 31,87% dari total produksi buah di Indonesia. Pada tahun 2007 produksi buah pisang mencapai 5,454 juta ton (Anonim, 2010, diacu dalam Nurrani, 2012 :

2). Menurut Rahman (2006), diacu dalam Nurrani (2012 : 2) Perbandingan bobot segar antara batang, daun, dan buah pisang berturut – turut adalah 63%, 14%, dan 23%. Dari perbandingan tersebut maka akan diperoleh batang segar sebanyak 14,939 juta ton pada tahun yang sama.

Serat batang pisang merupakan jenis serat yang memiliki kualitas yang baik. Serat batang pisang merupakan salah satu bahan potensial alternatif yang dapat digunakan sebagai pengisi matrik. Limbah batang pisang bisa dimanfaatkan seratnya untuk dijadikan sumber serat yang memiliki nilai ekonomis. Sifat mekanik dari serat pelepah pisang mempunyai densitas $1,35 \text{ g/cm}^3$, kandungan selulosanya 63-64%, hemiselulosa 20%, kandungan lignin 5%, kekuatan tarik rata-rata 600 MPa, modulus tarik rata-rata 17,85 GPa dan pertambahan panjang 3,36% (Lokantara, 2012, diacu dalam Nopriantina, 2013 : 195).

Perlu adanya perlakuan alkali terhadap serat batang pisang, agar lignin yang ada pada serat dapat dihilangkan. Perlakuan ini dilakukan sebelum serat batang pisang dicampur dengan bahan lain, yaitu dengan cara merendamnya dengan larutan kimia natrium hidroksida (NaOH). Penggunaan NaOH tersebut dikarenakan NaOH lebih ekonomis dan mudah diperoleh dibandingkan dengan senyawa kimia lainnya. Pemberian perlakuan alkali pada bahan berlignin selulosa mampu mengubah struktur kimia dan fisik permukaan serat. Karena proses alkalisasi mampu menghilangkan komponen penyusun serat yang kurang efektif dalam menentukan kekuatan antar muka yaitu hemiselulosa, lignin atau pektin. Dengan berkurangnya hemiselulosa, lignin atau pektin, wettability serat oleh matriks akan semakin baik, sehingga kekuatan antarmuka pun akan meningkat.

Dalam penelitian ini selain menggunakan serat batang pisang, perlu adanya penambahan bahan lain yaitu *Carbon Nanotube* (CNT). CNT merupakan molekul karbon yang berbentuk silinder dan termasuk ke dalam kelompok *fullerene*. Istilah *nanotube* muncul karena ukuran diameternya yang mempunyai orde nanometer dengan panjang beberapa centimeter. *Carbon nanotube* adalah material yang memiliki fleksibilitas dan kekuatan yang sangat luar biasa, yaitu mampu melebihi kekuatan baja. Maka dengan adanya penambahan bahan CNT ini diharapkan sifat mekanik dan ketahanan termal komposit dapat meningkat.

Penelitian komposit alam yang sering ditemui biasanya hanya meneliti sifat mekaniknya saja dan sangat jarang dilakukan penelitian terkait sifat termalnya, sedangkan bahan dari material komposit alam adalah serat yang berasal dari alam yang mana serat tersebut sangat rentan terhadap perlakuan termal, pun aplikasi dari penelitian ini akan diterapkan pada komponen yang bersinggungan langsung dengan termal yaitu cover kenalpot motor. Selain perlu diketahui sifat mekaniknya, perlu juga untuk diketahui sifat termalnya. Agar komposit alam dapat memenuhi persyaratan untuk dijadikan bahan material alternatif pengganti yang teruji sifat mekanik dan sifat termalnya.

1.2. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang dan permasalahan yang telah dipaparkan, maka dapat diidentifikasi beberapa masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana proses pembuatan komposit dengan matriks HDPE (*High Density Polyethylene*) dengan bahan penguat CNT (*carbon nanotube*) dan serat batang pisang yang telah diberi perlakuan alkali?

2. Apakah pemberian variasi serat batang pisang pada komposit bermatrik HDPE (High Density Polyethylene) dengan bahan penguat CNT (*carbon nanotube*) dan serat batang pisang yang telah diberi perlakuan alkali dapat mempengaruhi nilai stabilitas termal pada komposit?”
3. Apakah komposit dari polimer HDPE dengan bahan penguat CNT (*carbon nanotube*) dan serat batang pisang yang telah diberi perlakuan alkali dapat menjadi bahan alternatif untuk membuat cover knalpot motor?

1.3. Pembatasan Masalah

Mengingat terlalu kompleksnya permasalahan yang berhubungan dengan penelitian ini, untuk itu perlu adanya pembatasan masalah agar permasalahan yang akan dihasas lebih terfokus. Adapun batasan – batasan tersebut adalah :

1. Matriks yang digunakan adalah *High Density Polyethylene* (HDPE).
2. Serat yang digunakan adalah serat alam yaitu serat batang pisang dengan panjang serat 1 sampai 3 cm.
3. Penguat yang digunakan adalah CNT (*carbon nanotube*) dan serat batang pisang yang telah diberi perlakuan alkali.
4. Perlakuan alkali pada serat batang pisang menggunakan konsentrasi 5% selama 2 jam.
5. Pengujian spesimen yang dilakukan adalah uji termal dengan mesin TGA (*thermogravimetric analysis*)

1.4. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah, identifikasi masalah dan pembatasan masalah, maka perumusan masalah yang diangkat adalah, “Apakah pemberian variasi serat batang pisang pada komposit bermatrik HDPE (High Density Polyethylene) dengan bahan penguat CNT (*carbon nanotube*) dan serat batang pisang yang telah diberi perlakuan alkali dapat mempengaruhi nilai stabilitas termal pada komposit dan dapat menjadi bahan alternatif untuk membuat cover knalpot motor?”

1.5. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk :

1. Menguji dan mengetahui pengaruh pemberian variasi serat batang pisang terhadap nilai stabilitas termal pada komposit bermatriks HDPE (*High Density Polyethylene*) dengan bahan penguat CNT (*carbon nanotube*) dan serat batang pisang yang telah diberi perlakuan alkali.
2. Mengetahui apakah komposit ini dapat diterapkan pada komponen yang bersinggungan langsung dengan termal yaitu cover knalpot motor

1.6. Manfaat Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan harapan dapat memberikan manfaat baik secara teoritis maupun praktis, antara lain yaitu :

1. Dapat memberikan tambahan referensi kepada pihak akademis tentang material komposit yang menggunakan serat alam.

2. Memberikan informasi tentang cara memanfaatkan limbah batang pisang menjadi material komposit yang mampu memberikan nilai jual yang tinggi.
3. Menjadikan komposit ini sebagai bahan material alternatif yang dapat diaplikasikan pada dunia otomotif yaitu cover knalpot.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Komposit

Komposit merupakan gabungan dua bahan yang berlainan untuk memperoleh bahan dengan sifat – sifat fisik dan mekanik yang lebih baik dibandingkan dengan sifat setiap komponen pembentuknya. Mazumdar mendefinisikan komposit sebagai sebuah kombinasi dari dua atau lebih komponen yang berbeda dalam bentuk atau komposisi pada skala makro, dengan dua atau lebih fasa yang berbeda yang mempunyai ikatan antar muka yang diketahui antara dua komponen tersebut (Mazumdar, 2002, diacu dalam Anggrainy, 2014 : 8).

Berdasarkan uraian di atas, maka dapat disimpulkan bahwa komposit merupakan suatu campuran yang terdiri dari dua atau lebih komponen yang dibuat dengan tujuan untuk memperoleh suatu material yang memiliki keunggulan pada sifat fisik dan mekanik yang merupakan penggabungan sifat – sifat unggul dari masing – masing unsur pembentuknya tersebut. Namun komposit berbeda dengan paduan atau *alloy*, yang menggabungkan unsur – unsurnya dilakukan secara mikropis sedangkan pada komposit penggabungan unsur – unsurnya makropis, yakni sifat – sifat unsur pembentuknya masih terlihat jelas (Kismono, 2000, diacu dalam Anggrainy, 2014 : 8).

Material komposit terdiri dari dua penyusun yaitu *filler* (bahan pengisi) dan matrik. Bahan matrik dan bahan pengisi matrik yang digunakan sangat berpengaruh terhadap material komposit yang dihasilkan. Setiap komposit yang dibuat dengan bahan yang berbeda, maka sifat yang terbentuk akan berbeda dan

tergantung dari bahan pengisi matrik, jenis pengisi dan bahan penguat yang digunakan. Bahan matrik biasanya menggunakan bahan logam, polimer, karbon, dan keramik. Biasanya matrik memiliki sifat ketangguhan, sifat mekanis dan kekuatan ikatan yang baik serta tahan terhadap temperatur. Sedangkan bahan penguat yang biasa digunakan adalah serat karbon, serat gelas dan keramik.

Menurut Smallman dan Bishop (2000 : 399) meskipun serat merupakan ciri khas komposit, pertama – tama kita perhatikan fungsi matriks. Secara ideal, matriks seharusnya mampu :

1. Menginfiltrasi serat dan cepat membeku pada temperatur dan tekanan yang wajar.
2. Membentuk suatu ikatan koheren, umumnya dalam bentuk ikatan kimia di semua antarmuka matriks / serat.
3. Menyelubungi serat yang biasanya sangat peka-takik, dan melindunginya dari kerusakan antar serat berupa abrasi dan melindungi serat terhadap lingkungan (serangan zat kimia, kelembaban).
4. Mentransfer tegangan kerja ke serat.
5. Memisahkan serat sehingga kegagalan serat individu dibatasi dan tidak merugikan integritas komponen secara keseluruhan .
6. Melepas ikatan (*debond*) dari serat individu, dengan cara absorpsi energi regangan, apabila kebetulan terjadi perambatan retak dalam matriks yang mengenai serat.
7. Tetap stabil secara fisika dan kimia setelah proses manufaktur.

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

1. Komposit matrik polimer (*Polymer Matrix Composites* – PMC)

Bahan ini merupakan bahan komposit yang paling sering digunakan, biasa disebut polimer berpenguat serat (FRP – *Fibre Reinforced Polymers or Plastics*). Bahan ini menggunakan suatu polimer resin sebagai matriksnya, dan suatu jenis serat seperti kaca, karbon dan aramid sebagai penguatnya.

- Kelebihan PMC adalah :
 - a. Biaya pembuatan lebih rendah.
 - b. Dapat dibuat dengan produksi masal.
 - c. Ketangguhan baik.
 - d. Tahan simpan.
 - e. Siklus pabrikan dapat dipersingkat.
 - f. Kemampuan mengikuti bentuk.
 - g. Lebih ringan

2. Komposit matrik logam (*Metal Matrix Composites* – MMC)

Bahan ini biasanya menggunakan logam aluminium sebagai matriksnya dan menggunakan bahan silikon karbida sebagai serat penguatnya.

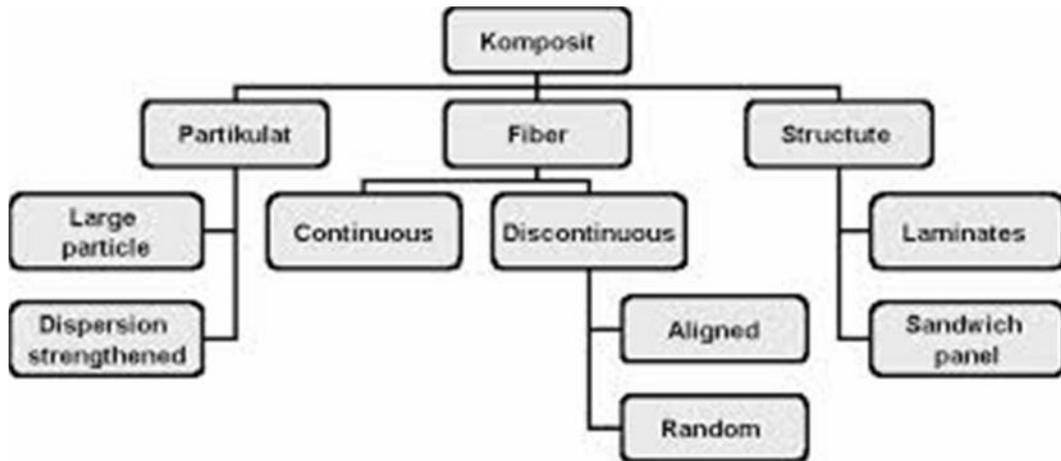
- Kelebihan MMC dibandingkan dengan PMC adalah :
 - a. Transfer tegangan dan regangan yang baik.
 - b. Ketahanan terhadap temperatur tinggi.
 - c. Tidak menyerap kelembapan.
 - d. Tidak mudah terbakar
 - e. Kekuatan tekan dan geser yang baik.

- f. Ketahanan aus dan muai termal yang baik.
 - Kekurangan MMC :
 - a. Biaya mahal
 - b. Standarisasi material dan proses yang sedikit
3. Komposit matrik keramik (*Ceramic Matrix Composite* – CMC)

Bahan ini menggunakan keramik sebagai matriknya dan diperkuat dengan serat pendek atau serabut yang terbuat dari bahan silikon karbida atau boron nitrida.

- Kelebihan dari CMC :
 - a. Dimensinya stabil bahkan lebih stabil daripada logam.
 - b. Mempunyai karakteristik permukaan yang tahan aus.
 - c. Unsur kimianya stabil pada temperatur tinggi.
 - d. Tahan terhadap temperatur tinggi.
 - e. Kekuatan dan ketangguhan tinggi serta tahan terhadap korosi
- Kekurangan CMC
 - a. Sulitnya memproduksi dalam jumlah yang besar.
 - b. Relatif mahal dan tidak efektif.
 - c. Hanya untuk aplikasi tertentu.

Sedangkan berdasarkan penguatnya, komposit dapat dibedakan menjadi tiga bagian utama dan sub-bagiannya dapat digambarkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. Pembagian komposit berdasarkan penguatnya (Cornie dan Russel, 1983 : 538)

Dari gambar 2.1. komposit berdasarkan penguatnya dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. *Particulate composites* (komposit berpenguat berbentuk partikel)

Merupakan komposit yang menggunakan partikel / serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriksnya.

- Keuntungan dari komposit yang berpenguat partikel / serbuk :
 - a. Memiliki kekuatan yang merata di setiap bagiannya.
 - b. Dapat digunakan sebagai peningkat kekuatan dan kekerasan suatu material.
 - c. Cara penguatan dan pengerasan oleh partikulat adalah dengan menghalangi pergerakan dislokasi.

2. *Fibre composite*, (komposit berpenguat berbentuk fiber)

Merupakan komposit yang menggunakan serat / fiber sebagai penguatnya.

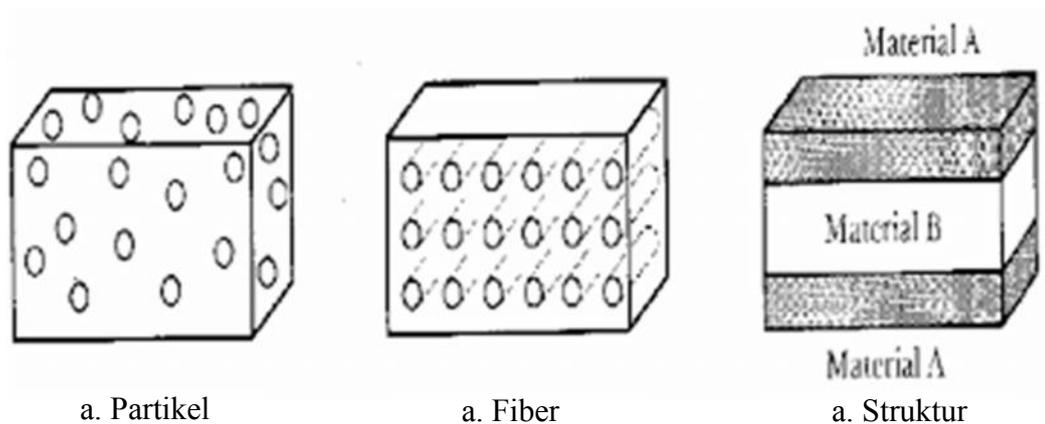
Fiber yang digunakan bisa berupa *glass fibre*, *carbon fibre*, dll. Ukuran serat sangat menentukan bahan komposit menerima gaya – gaya luar. Semakin panjang ukuran serat maka semakin efisien dalam menerima gaya searah serat. Panjang serat berfungsi untuk menghilangkan

kemungkinan retak sepanjang batas pertemuan serat dengan matriks. Selain itu juga berfungsi untuk mencegah cacat permukaan. Oleh karena itu serat harus memiliki tegangan tarik serta modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada matriks penyusun komposit.

3. *Structural composite*, (komposit berlapis)

Komposit yang terdiri dari dua atau lebih material yang diikat bersama – sama. Proses pelapisan dilakukan dengan cara mengkombinasikan aspek terbaik dari masing – masing lapisan untuk memperoleh bahan yang berguna.

Adapun ilustrasi dari komposit berdasarkan penguatnya dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Ilustrasi komposit berdasarkan penguatnya (Ashby dan Jones, 1980 : 302)

2.2. Polimer

Polimer adalah zat yang dihasilkan dengan cara polimerisasi dari molekul yang sangat banyak dengan satuan struktur berantai panjang, baik lurus, bercabang, maupun menyilang berulang (Anonim, 1989 : 693). Polimer disebut sebagai makromolekul, merupakan molekul besar yang dibangun oleh pengulangan

kesatuan kimia yang kecil dan sederhana yang disebut monomer. Polimer (*polymer*) berasal dari dua kata, yaitu *poly* (banyak) dan *meros* (bagian – bagian). Sebutan istilah polimer digunakan pertama kali oleh Berzius seorang kimiawan dari Swedia, pada tahun 1883 (Siburian dan Simbolon, 2008 : 5).

Polimer sangat luas pemanfaatannya di dunia ini. Maka dari itu, polimer banyak dikembangkan sebagai materi baru. Dengan banyaknya jenis polimer, maka sistem klasifikasi polimer akan sangat membantu untuk mengenali jenis polimer. Polimer dapat diklasifikasikan beberapa kelompok antara lain berdasarkan jenis monomer, sumber, sifat termal dan reaksi pembentukannya (reaksi polimerisasi).

1. Klasifikasi polimer berdasarkan monomernya

Polimer menurut jenis monomernya dapat dibedakan menjadi dua yaitu homo polimer dan kopolimer.

- a. Homo Polimer

Homo polimer adalah polimer yang terbuat dari jenis monomer yang sama. Contohnya adalah polietilena, polistirena, PVC, selulosa, karet alam dan teflon.

- b. Kopolimer

Kopolimer terjadi ketika dua atau lebih unit monomer bergabung lewat polimerisasi membentuk polimer. Contohnya adalah Nilon 66, tetoron, dakron, protein (dari berbagai macam asam amino), DNA (dari pentosa, basa nitrogen dan asam fosfat), dan melamin (dari urea dan formaldehida).

2. Klasifikasi berdasarkan sumber atau asalnya

Polimer berdasarkan sumber atau asalnya dapat dibedakan menjadi dua yaitu polimer alam dan polimer buatan.

a. Polimer Alam

Polimer alam merupakan polimer yang tersedia dari alam dan terbentuk secara alami, yang telah dikenal sejak ribuan tahun yang lalu. Contohnya adalah karet, wol, sutra, dan selulosa.

b. Polimer Buatan

Polimer buatan dapat berupa polimer regenerasi dan polimer sintesis. Polimer regenerasi adalah polimer alam yang dimodifikasi. Contohnya rayon, yaitu serat sintesis yang dibuat dari kayu (selulosa). Sedangkan polimer sintesis adalah polimer yang dibuat dari molekul sederhana (monomer) dalam pabrik.

3. Klasifikasi polimer berdasarkan sifat termal

Polimer berdasarkan sifat termalnya dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu (Pangajuanto dan Rahmidi, 2009 : diacu dalam Pasaribu, 2012 : 7) :

a. Polimer termoplastik

Polimer termoplastik adalah polimer yang dapat dipanaskan berulang – ulang karena polimer termoplastik melunak bila dipanaskan dan mengeras bila didinginkan sehingga apabila pecah dapat disambung kembali dengan pemanasan atau dicetak ulang dengan pemanasan. Polimer termoplastik terdiri dari molekul – molekul rantai lurus atau bercabang.

b. Polimer termoset

Polimer termoset adalah polimer yang hanya dapat dipanaskan satu kali yaitu pada saat pembuatannya dan tidak dapat dicetak ulang dengan pemanasan. Polimer termoset terdiri atas ikatan antar rantai molekul – molekul yang saling bersilangan, sehingga menimbulkan sifat bahan menjadi keras dan lebih kaku.

4. Klasifikasi polimer berdasarkan reaksi pembentukannya

Polimer terbentuk melalui reaksi polimerisasi, yang tergolong menjadi dua, yaitu (Pangajuanto dan Rahmidi, 2009 : diacu dalam Pasaribu, 2012 : 8) :

a. Polimerisasi adisi

Polimerisasi adisi yaitu penggabungan molekul – molekul yang berikatan rangkap dan membentuk molekul yang panjang. Polimerisasi adisi dapat berlangsung dengan bantuan katalisator.

b. Polimerisasi kondensasi

Polimerisasi kondensasi yaitu reaksi antara dua gugus fungsional pada molekul – molekul monomer yang berinteraksi membentuk polimer dengan melepaskan molekul kecil seperti H₂O dan NH₃.

2.3. Polimer Termoplastik

Polimer termoplastik adalah polimer yang mempunyai sifat tidak tahan terhadap panas. Jika polimer jenis ini dipanaskan, maka akan melunak dan jika didinginkan akan mengeras. Proses ini dapat dilakukan berulang kali, sehingga

dapat dibentuk ulang dalam berbagai bentuk melalui cetakan yang berbeda untuk memperoleh produk polimer yang baru.

Umumnya suatu polimer dibangun oleh satuan struktur tersusun secara berulang diikat oleh gaya tarik menarik yang kuat yang disebut ikatan kovalen, dimana setiap atom dari pasangan terikat menyumbangkan satu elektron untuk membentuk sepasang elektron (Surdia dan Saito, 1999, diacu dalam Pasaribu, 2012 : 9).

Polimer termoplastik tidak memiliki ikatan silang antara rantai polimernya, melainkan dengan struktur molekul linear atau bercabang. Polimer termoplastik memiliki sifat – sifat khusus, seperti berat molekulnya kecil, tidak tahan terhadap panas, mudah mencair dan melunak, mudah diregangkan, fleksibel, bertitik leleh rendah, dapat dibentuk ulang (daur ulang), mudah larut dalam pelarut yang sesuai, serta memiliki struktur molekul linear atau bercabang (Siburian dan Simbolon, 2008 : 11).

Contoh polimer termoplastik diantaranya adalah :

1. Polietilena (PE)

Polietilena adalah polimer terdiri dari rantai panjang monomer etilena.

Polimer ini sering kita temui dalam kehidupan sehari – hari, yaitu : botol plastik, mainan, ember, pipa saluran, kantung plastik dan jas hujan.

Polietilena digolongkan menjadi tiga bagian, yaitu (Surdia dan Saito, 1999, diacu dalam Pasaribu, 2012 : 10) :

- a. Polietilen masa jenis rendah (*Low Density Polyethylene*, LDPE) dengan masa jenis $0,910 - 0,925 \text{ g/cm}^3$.

- b. Polietilen masa jenis medium (*Medium Density Polyethylene*, MDPE) dengan masa jenis $0,926 - 0,940 \text{ g/cm}^3$.
- c. Polietilen masa jenis tinggi (*High Density Polyethylene*, HDPE) dengan masa jenis $0,941 - 0,965 \text{ g/cm}^3$.

2. Polivinilklorida (PVC)

Polivinilklorida merupakan salah satu polimer adisi sintetik yang banyak dimanfaatkan dalam kehidupan sehari – hari. Polimer ini biasa digunakan untuk pipa air, pipa plastik, sol sepatu dan sarung tangan.

3. Polipropilena (PP)

Polipropilena adalah sebuah polimer termo plastik yang dibuat oleh industri kimia dan digunakan dalam berbagai aplikasi, diantaranya : karung, tali, kursi plastik, peralatan rumah sakit dan komponen mesin cuci.

4. Polistirena

Polistirena adalah sebuah polimer dengan monomer stirena, sebuah hidrokarbon cair yang dibuat secara komersial dari minyak bumi. Polimer ini biasa digunakan untuk Isulator, sol sepatu, penggaris dan gantungan baju.

2.4. HDPE (*High Density Polyethylene*)

HDPE merupakan salah satu polimer termoplastik yang memiliki ketahanan terhadap bahan kimia sehingga memiliki aplikasi yang luas dalam penggunaannya. HDPE biasa digunakan sebagai bahan untuk membuat botol susu, kemasan deterjen, kemasan margarin, pipa air, kantong plastik dan tempat sampah. Polimer ini dapat didaur ulang, kode nomer 2 adalah kode HDPE pada simbol daur ulang.

HDPE diproduksi dengan proses reaksi bertekanan rendah antara 5 – 140 kg/cm^2 dengan temperatur berkisar antara 60 - 300° C menggunakan katalitas *slurry* Ziegler-Natta dengan isobutana sebagai pelarut sehingga lebih dikenal dengan proses *slurry*, selain fase gas maupun fase larutan untuk jenis – jenis *polyethylene* yang lain (Hariyana, 2008 : 31)

Tabel 2.1. Karakteristik HDPE dan Kimia HDPE (Sitepu, 2009)

Parameter	Keterangan
Nama Kimia	High Density Polyethylen
Trade Name	HDPE
Sinonim	Polyethylen
Rumus Molekul	$(C_2H_4)_n$
Fisik	Padat
Melting Point	100-135 ⁰ C / 212-275 ⁰ F
Spesific Gravity (at 20 ⁰ C) (water = 1)	0,94-0,958

Tabel 2.2. Sifat Fisika dan Mekanika HDPE (Sitepu, 2009)

Sifat fisika dan mekanik	HDPE rantai lurus
Titik leleh	125-130 ⁰ C
Derajat kristalinitas	85-95 %
Berat jenis	0,95-0,96
Titik lunak	124 ⁰ C
Kekuatan tarik	245 kgf/cm ²
Perpanjangan	100 %

2.5. Serat Alam

Serat alam adalah serat yang langsung diperoleh dari alam baik itu dari serat hewan maupun serat tumbuhan. Contoh serat yang berasal dari hewan adalah serat wol, sutra, bulu burung dan sebagainya. Sedangkan serat yang berasal dari tumbuhan adalah serat eceng gondok, bambu, tebu, batang pisang, sekam padi, sabut kelapa, dan ijuk. Biasanya serat memiliki sifat yang hampir sama yaitu kuat, kaku dan getas. Hal ini terjadi karena serat yang menahan gaya dari luar, sehingga harus kuat dan kaku.

Komposit dengan bahan alami / *natural composite (NACO)* yang merupakan salah satu material alternatif yang memiliki peluang untuk menggantikan penggunaan bahan logam dan sintetis. Di Indonesia teknologi komposit seharusnya dapat kian berkembang mengingat di Indonesia memiliki bahan alam komposit yang berlimpah. Keuntungan menggunakan serat alam sebagai bahan penguat komposit yaitu kekuatan spesifik dan modulusnya yang tinggi, densitas rendah, emisi polusi yang lebih rendah dan dapat didaur ulang.

Salah satu serat alam yang sedang banyak dimanfaatkan saat ini adalah serat batang pisang. Pisang adalah tanaman yang mudah berkembang dan tumbuh, sehingga sangat mudah dalam pembudidayaannya. Tanaman ini juga dapat berbuah sepanjang tahun, namun dalam setiap tanaman pisang hanya dapat menghasilkan satu tandan buah pisang yang terdiri dari beberapa sisir, tiap sisir terdiri dari beberapa buah pisang. Setelah diambil buahnya pohon pisang biasanya langsung ditebang karena tidak dapat menghasilkan buah lagi. Pemanfaatan umum tanaman pisang adalah pada buahnya yaitu sebagai buah konsumsi. Sedangkan batangnya merupakan limbah pertanian yang potensial yang belum banyak dalam

pemanfaatannya. Beberapa penelitian telah mencoba untuk memanfaatkannya antara lain untuk papan partikel dan papan serat, namun hal ini pun masih belum terlalu berjalan maksimal.

Dirjen Bina Produksi Hortikultura menyebutkan bahwa potensi buah pisang mencapai 31,87% dari total produksi buah di Indonesia. Pada tahun 2007 produksi buah pisang mencapai 5,454 juta ton (Anonim, 2010, diacu dalam Nurrani, 2012 : 2). Menurut Rahman (2006), diacu dalam Nurrani (2012 : 2) menyatakan bahwa perbandingan bobot segar antara batang, daun, dan buah pisang berturut – turut adalah 63%, 14%, dan 23%. Dari perbandingan tersebut maka akan diperoleh batang segar sebanyak 14,939 juta ton pada tahun yang sama.

Serat batang pisang merupakan jenis serat yang memiliki kualitas yang baik. Serat batang pisang merupakan salah satu bahan potensial alternatif yang dapat digunakan sebagai pengisi matrik. Limbah batang pisang bisa dimanfaatkan seratnya untuk dijadikan sumber serat yang memiliki nilai ekonomis. Sifat mekanik dari serat pelepah pisang mempunyai densitas $1,35 \text{ g/cm}^3$, kandungan selulosanya 63-64%, hemiselulosa 20%, kandungan lignin 5%, kekuatan tarik rata-rata 600 MPa, modulus tarik rata-rata 17,85 GPa dan pertambahan panjang 3,36% (Lokantara, 2012, diacu dalam Nopriantina, 2013 : 195).

2.6. Natrium Hidroksida (NaOH)

Natrium hidroksida (NaOH), juga dikenal sebagai soda kaustik, soda api, atau sodium hidroksida, adalah sejenis basa logam kaustik. Natrium Hidroksida terbentuk dari oksida basa Natrium Oksida dilarutkan dalam air. Natrium hidroksida membentuk larutan alkalin yang kuat ketika dilarutkan ke dalam air.

Natrium hidroksida (NaOH) digunakan dalam berbagai macam bidang industri, kebanyakan digunakan sebagai basa dalam proses produksi bubur kayu dan kertas, tekstil, air minum, sabun dan deterjen. Natrium hidroksida adalah basa yang paling umum digunakan dalam laboratorium kimia. Natrium hidroksida murni berbentuk putih padat dan tersedia dalam bentuk pelet, serpihan, butiran ataupun larutan jenuh 50% yang biasa disebut larutan Sorensen.

Natrium hidroksida bersifat lembap cair dan secara spontan menyerap karbon dioksida dari udara bebas. Natrium hidroksida sangat larut dalam air dan akan melepaskan panas ketika dilarutkan, karena pada proses pelarutannya dalam air bereaksi secara eksotermis. Natrium hidroksida juga larut dalam etanol dan metanol, walaupun kelarutan NaOH dalam kedua cairan ini lebih kecil daripada kelarutan KOH. Natrium hidroksida tidak larut dalam dietil eter dan pelarut non-polar lainnya. Larutan natrium hidroksida akan meninggalkan noda kuning pada kain dan kertas.

Untuk menghilangkan lignin pada serat batang pisang perlu adanya perlakuan alkali. Perlakuan ini dilakukan sebelum serat batang pisang dicampur dengan bahan lain, yaitu dengan cara merendamnya dengan larutan kimia natrium hidroksida (NaOH). Penggunaan NaOH tersebut dikarenakan NaOH lebih ekonomis dan mudah diperoleh dibandingkan dengan senyawa kimia lainnya. Pemberian perlakuan alkali pada bahan berlignin selulosa mampu mengubah struktur kimia dan fisik permukaan serat. Karena proses alkalisasi mampu menghilangkan komponen penyusun serat yang kurang efektif dalam menentukan kekuatan antar muka yaitu hemiselulosa, lignin atau pektin. Dengan berkurangnya

hemiselulosa, lignin atau pektin, wettability serat oleh matriks akan semakin baik, sehingga kekuatan antarmuka pun akan meningkat.

2.7. CNT (*Carbon Nanotube*)

Carbon Nanotubes (CNTs) merupakan struktur graphit (hibridisasi – sp²) terbuat dari karbon yang mempunyai dimensi dalam satuan nanometer. Carbon nanotube atau yang dikenal dengan CNTs sebenarnya telah lama ditemukan. Pada tahun 1970, seorang peneliti dari Jepang, bernama Morinobu Endo yang menjalankan penelitiannya di University of Orleans, Prancis telah menemukan filamen karbon berukuran 7 nanometer. Namun, hasil penemuannya tersebut tidak menarik perhatian peneliti yang lain untuk meneruskan penemuannya tersebut. Kemudian pada tahun 1985, ditemukannya bahan fullerene oleh Robert Curl, Harold Kroto, dan Richard Smalley (Pemenang Hadiah Nobel Kimia tahun 1996).

Pada tahun 1991, Sumio Iijima pada akhirnya menemukan hubungan antara fullerene dengan model carbon nanotube hingga akhirnya ia menemukan carbon nanotube pada saat ia bekerja di perusahaan NEC di Jepang dan berhasil mengemukakan penelitiannya dengan lengkap mengenai struktur dan sifat-sifat karbon nanotube menggunakan mikroskop elektron beresolusi tinggi.

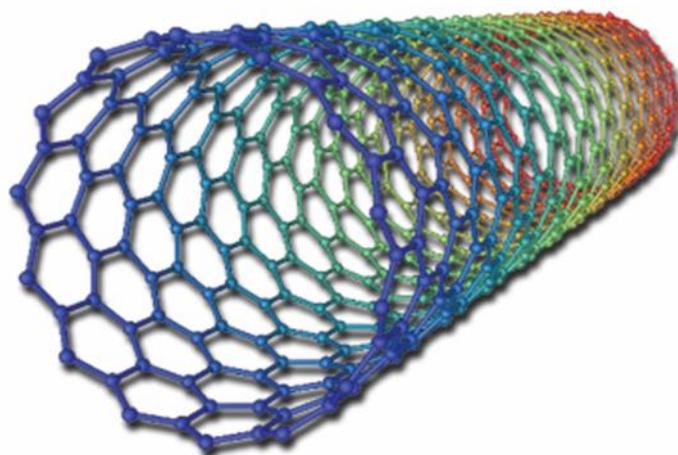
Carbon nanotube yang ditemukan Profesor Iijima ini merupakan suatu rangkaian atom karbon yang terikat di antara satu sama lain secara heksagonal (segi enam) berbentuk silinder tak pejal yang mempunyai diameter 1-2 nanometer dengan satu atau lebih dinding silinder pada ukuran bervariasi dari 1 nm hingga 100 nm. Panjang silinder dapat mencapai ukuran dalam rentang mikrometer hingga sentimeter. (Dzulfahmi, 2012 : 18)

2.7.1. Jenis – Jenis Carbon Nanotube

Sampai saat ini ada dua jenis CNT. Pertama adalah CNT berdinding tunggal di mana hanya ada satu tabung silinder karbon. Kedua adalah CNT berdinding ganda di mana satu tabung silinder CNT terdiri atas beberapa CNT di dalamnya layaknya lingkaran lapisan pada kayu yang berlapis – lapis.

1. Single Walled Carbon Nanotubes (SWCNT)

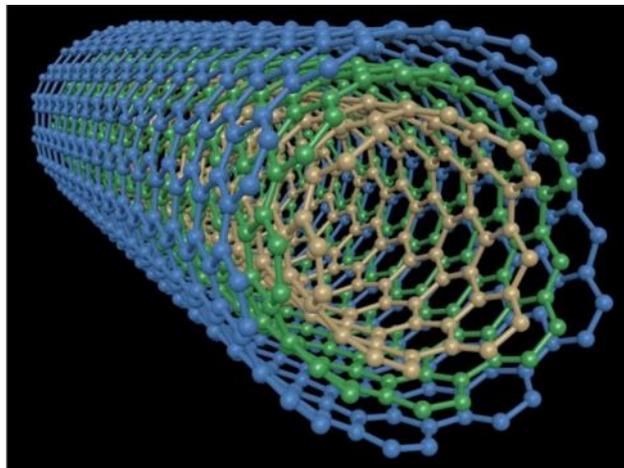
Strukturnya ialah sebuah silinder karbon yang terbentuk dari grafit dan memiliki penutup yang merupakan gabungan dari beberapa pentagon dan heksagon. Penutup dari silinder ini merupakan salah satu fullerene. Diameter terkecil dari tube yang pernah dicapai yaitu 0,4 nm. Lebar diameter yang terbentuk tergantung dari proses yang digunakan. Ditemukan sebuah fenomena dimana nanotube dapat mempunyai sifat seperti metal, atau seperti semikonduktor. Hal ini ditentukan antara lain oleh arah penggulungan dari lembaran grafit yang dibentuk. Bila arah pembentukan grafitnya adalah zigzag maka bisa dihasilkan nanotube yang bersifat semikonduktor, sedangkan yang chiral dan armchair mempunyai sifat elektrik seperti metal.



Gambar 2.3. Single Walled Carbon Nanotubes (Wagner, 2014)

2. Multi Walled Carbon Nanotube (MWCNT)

Multi walled carbon nanotube ialah nanotube dengan model seperti Russian doll, yaitu ada tube di dalam tube. Artinya adalah carbon nanotube yang dihasilkan memiliki beberapa lapis dinding. Sifat yang dihasilkan dari jenis ini kurang baik daripada jenis single walled. Salah satu hal yang menarik adalah pada double walled carbon nanotube, di mana sifat – sifatnya mirip dengan SWCNT tetapi memiliki ketahanan kimiawi yang lebih baik.



Gambar 2.4. Multi Walled Carbon Nanotube (Kovo, 2015)

2.7.2. Sifat – Sifat Carbon Nanotube

Dari hasil karakterisasi yang dilakukan Iijima menunjukkan bahwa CNT merupakan fiber terkuat yang pernah dibuat sampai saat ini. Konduktivitas listriknya jauh melampaui tembaga, sedangkan kemampuan menghantarkan panas lebih tinggi dari berlian. CNT mampu menghantarkan energi jauh lebih baik dibandingkan dengan seluruh material penghantar energi yang ada. Keunikan lainnya adalah CNT ternyata memiliki daya tahan terhadap temperatur tinggi serta lebih ringan dari aluminium (Yulianto, 2005).

Salah satu sifat yang menarik dari CNT ini adalah material ini dapat diatur sifat elektroniknya sesuai yang diinginkan, mulai dari bersifat superkonduktor, semikonduktor, hingga isolator tergantung pada arah ikatan heksagonal pada dinding CNT itu. Dikarenakan ukuran diameter yang berskala nano ini, maka CNT dapat digolongkan sebagai struktur elektronik satu dimensi (hanya panjang CNT saja yang memiliki dimensi). Kondisi ini mengakibatkan elektron dapat berjalan sepanjang CNT tanpa hambatan sedikitpun. Berapa pun arus yang diberikan dalam CNT akan dapat dialirkan tanpa sedikitpun menimbulkan panas.

Sifat elektrik seperti ini dikenal dengan sebutan konduktor balistik. Inilah model pengirim energi masa depan yang akan menggantikan kabel listrik yang mengalirkan tegangan tinggi dari sumbernya ke pemakai di rumah – rumah. Lebih jauh dengan model struktur satu dimensi ini, CNT juga memungkinkan untuk mengantarkan panas jauh lebih baik dari pengantar panas yang selama ini dipakai seperti berlian.

Sifat lain dari CNT adalah material ini memiliki nilai modulus young dan kekuatan meregang yang tinggi. Kedua sifat mekanik ini menyebabkan CNT merupakan material yang sangat keras dan kuat tetapi mudah dibengkokkan. Sebuah eksperimen dari Standford University melaporkan bahwa CNT mampu dibengkokkan sampai 1.200 dan dikembalikan ke bentuk semula tanpa kerusakan sedikitpun. Sifat mekanik ini akan membuat penghantar listrik yang dibuat dari bahan CNT akan memiliki kelenturan yang tinggi, yang memungkinkan fleksibilitas dalam pemakaiannya akan jauh lebih tinggi dibandingkan dengan jenis penghantar tegangan tinggi yang ada saat ini (Yulianto, 2005).

2.8. Analisis Termogravimetri (TGA)

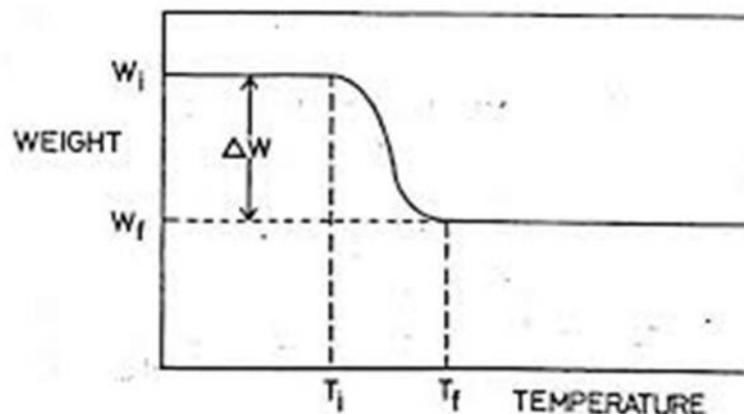
Salah satu jenis teknik analisa termal yang utama adalah analisa termogravimetri. Termogravimetri merupakan teknik analisis untuk mengukur perubahan massa dari suatu senyawa sebagai fungsi dari temperatur ataupun waktu. Analisis tersebut bergantung pada tingkat presisi yang tinggi dalam tiga pengukuran, yaitu berat, temperatur, dan perubahan temperatur. Rekaman yang berbentuk digramlah yang akan menjadi hasilnya dalam analisis ini.

Dalam analisis termal salah satunya dapat menggunakan analisis termogravimetri (TGA) yaitu teknik analisis termal yang digunakan untuk menggambarkan sifat termal berbagai bahan seperti logam, polimer, keramik dan juga komposit (Schutle dan Lacoix, 2014 : 180). Termogravimetri (TG) pada praktiknya merupakan analisis termal yang mencermati perubahan massa sampel sebagai pengaruh dari perlakuan perubahan temperatur pada waktu tertentu.

Hasil dalam pengujian termal dengan menggunakan termogravimetri tidak semuanya akan menyebabkan perubahan massa pada sampel misalnya meleleh, kristalisasi, dan transisi glass. Hal ini disebabkan karena temperatur yang diberikan belum mencapai titik dimana massa sampel dapat berubah. Akan tetapi bila temperatur yang diberikan sampel semakin meningkat dan tinggi, maka akan menyebabkan perubahan massa pada sampel. Peristiwa termal yang menghasilkan perubahan massa yaitu terjadinya desorpsi, absorpsi, sublimasi, penguapan, oksidasi dan reduksi yang termasuk ke dalam dekomposisi (perubahan sampel secara kimia). Karakteristik perubahan massa sampel tergantung dari kondisi pengujian termal berlangsung seperti massa sampel, dan terutama komposisi

penyusunan pada sampel. Semua itu mempengaruhi karakteristik kurva termogravimetri (TG).

Perubahan massa yang terjadi pada kurva termogravimetri dapat dinyatakan dalam (%) dan dapat kita cermati sebagai sumbu vertikal dari kurva. Perubahan temperatur pada kurva termogravimetri dapat kita lihat sebagai sumbu horizontal. Reaksi pada kurva termogravimetri ditandai perubahan massa sampel yang dapat kita lihat dua temperatur (T_i) dan (T_f). Dua temperatur ini disebut sebagai temperatur dekomposisi awal dan temperatur dekomposisi akhir. (T_i) menyatakan sebagai temperatur awal atau temperatur terendah terjadinya perubahan massa pada sampel. Sedangkan, (T_f) merupakan temperatur akhir atau temperatur tertinggi terjadinya perubahan massa pada sampel. Nilai T_i dan T_f tergantung dari kondisi pengujian termal berlangsung yaitu kondisi komposisi pada material penyusun sampel.



Gambar 2.5. Kurva Termogravimetri (Hatakayama dan Quinn, 1999 : 46)

2.9. Penelitian Sebelumnya

Dalam penelitian yang pernah dilakukan oleh Rani Angrainy (Skripsi Universitas Negeri Jakarta, 2014) dengan judul pengaruh konsentrasi NaOH

terhadap sifat termal komposit eceng gondok dan *Carbon Nanotube* (CNT) dalam matriks *high density polyethylene* (HDPE) melaporkan ketahanan termal komposit dengan perlakuan *alkali* sebesar 0% adalah 258,9°C, komposit dengan perlakuan *alkali* sebesar 2% adalah 259,5°C, komposit dengan perlakuan *alkali* sebesar 4% adalah 260,3°C, komposit dengan perlakuan *alkali* sebesar 6% adalah 264,0°C, dan komposit dengan perlakuan *alkali* sebesar 8% adalah 265,9°C. Berdasarkan hasil tersebut maka dapat disimpulkan bahwa konsentrasi NaOH pada komposit dapat meningkatkan ketahanan termal komposit.

Dalam penelitian kali ini juga akan dilakukan pengujian terkait ketahanan sifat termal komposit, dimana matriks yang digunakan sama dengan penelitian sebelumnya yaitu HDPE, sedangkan bahan penguat yang digunakan yaitu serat batang pisang yang akan diperkuat dengan bahan CNT. Hal tersebut yang membuat penelitian kali ini berbeda dengan penelitian – penelitian sebelumnya. Penelitian ini diharapkan dapat menambah inovasi dalam mengembangkan pemanfaatan serat alam terutama serat pada batang pisang sebagai bahan penguat komposit, serta diharapkan pula dengan memvariasikan kombinasi antara bahan polimer HDPE dengan serat batang pisang yang dilakukan perlakuan *alkali* dan *carbon nanotube* (CNT) dapat menjadikan material ini sebagai material alternatif yang stabil terhadap termal dan ramah lingkungan.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Pelaksanaan penelitian ini akan dilakukan di Laboratorium Penelitian *fire, material & Safety engineering* Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta. Adapun waktu pelaksanaannya yaitu pada bulan Mei 2016 sampai dengan Juni 2016.

3.2. Alat dan Bahan Penelitian

3.2.1. Alat

Alat-alat utama yang digunakan pada penelitian ini :

1. Timbangan Analitik



Gambar 3.1. Timbangan Analitik

Timbangan analitik sering kita dengar dengan sebutan timbangan laboratorium, timbangan ini dapat menimbang mencapai empat angka di belakang koma dalam satuan gram (0,0001 gram / 0,1 mg). Timbangan analitik ini memiliki teknologi yang cukup tinggi karena timbangan jenis ini bekerja secara elektronis dengan tenaga listrik. Timbangan analitik dilengkapi dengan kaca penutup yang berfungsi untuk menghalangi angin pada saat melakukan penimbangan. Timbangan analitik ini bisa digunakan untuk bahan – bahan laboratorium seperti zat kimia, obat – obatan, tepung dan lain – lain.

2. Mesin *Rheomix OS*, yaitu mesin *Thermo Scientific HAAKE PolyLab OS*



Gambar 3.2. Mesin *Rheomix OS*

Mesin *Rheomix OS* merupakan mesin yang digunakan untuk mencampurkan dua material atau lebih sehingga menghasilkan komposit

sampel. Pada prinsipnya alat ini digunakan untuk menguji campuran material polimer dengan serat atau campuran lainnya, untuk mendapatkan data sifat – sifat material pada saat proses pemanasan dan degradasi material setelah melalui titik bakarnya. Cara pengoprasian kerja alat ini yaitu dengan menggunakan sistem komputer sehingga terlebih dahulu harus dilakukan penyetingan temperatur dan kecepatan putaran rotor. Temperatur yang digunakan adalah titik leleh dari bahan sampel uji agar ketika dimasukkan ke dalam ruang mixer bahan uji dapat melebur dengan bahan campuran lainnya yang diinginkan. Selama proses pengadukan berlangsung rotor akan terus bekerja mengaduk bahan sehingga campuran dari bahan uji merata dan menjadi sampel komposit sesuai keinginan.

3. Mesin *Thermogravimetric Analysis* (TGA) yaitu mesin NETZSCH TG 209 F3 Tarsus



Gambar 3.3. Mesin *Thermogravimetric Analysis* (TGA)

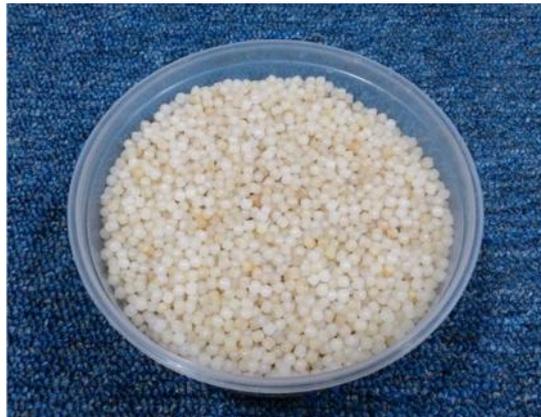
Mesin *Thermogravimetric Analysis* (TGA) adalah mesin yang digunakan untuk menganalisis sifat termal dari suatu material, mesin ini

memantau perubahan massa ketika material dipanaskan. Pengoperasian mesin ini pun menggunakan komputer. Alat TGA dilengkapi dengan timbangan mikro di dalamnya sehingga secara otomatis berat sampel setiap saat bisa terekam dan disajikan dalam tampilan grafik. Cara pemakaian alat ini cukup mudah yaitu dengan cara memasukkan material yang berupa serbuk ke dalam cawan kecil dari bahan platina, alumina atau teflon. Pemilihan bahan dari cawan ini disesuaikan dengan bahan uji.

3.2.2. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini :

1. HDPE (*High Density Polyethelene*)



Gambar 3.4. HDPE (*High Density Polyethelene*)

HDPE merupakan salah satu polimer termoplastik yang memiliki ketahanan terhadap bahan kimia sehingga memiliki aplikasi yang luas dalam penggunaannya. HDPE adalah salah satu jenis polimer polietilena yang memiliki massa jenis yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis polimer polietilena lainnya. HDPE biasa digunakan sebagai bahan untuk membuat botol susu, kemasan deterjen, kemasan margarin, pipa air, kantong plastik dan tempat sampah.

2. Serat Batang Pisang



Gambar 3.5. Serat Batang Pisang

Serat batang pisang merupakan jenis serat yang memiliki kualitas yang baik, serat batang pisang merupakan salah satu bahan potensial alternatif yang dapat digunakan sebagai pengisi matrik. Sifat mekanik dari serat pelepah pisang mempunyai densitas $1,35 \text{ g/cm}^3$, kandungan selulosanya 63-64%, hemiselulosa 20%, kandungan lignin 5%, kekuatan tarik rata-rata 600 MPa, modulus tarik rata-rata 17,85 GPa dan pertambahan panjang 3,36% (Lokantara, 2012). Limbah batang pisang bisa dimanfaatkan seratnya untuk dijadikan sumber serat yang memiliki nilai ekonomis.

3. Natrium Hidroksida (NaOH)



Gambar 3.6. Natrium Hidroksida (NaOH)

Natrium hidroksida (NaOH), juga dikenal sebagai soda kaustik, soda api, atau sodium hidroksida, adalah sejenis basa logam kaustik. Natrium Hidroksida terbentuk dari oksida basa Natrium Oksida dilarutkan dalam air. Natrium hidroksida membentuk larutan alkalin yang kuat ketika dilarutkan ke dalam air. Natrium hidroksida bersifat lembap cair dan secara spontan menyerap karbon dioksida dari udara bebas.

4. *Carbon Nanotube* (CNT)

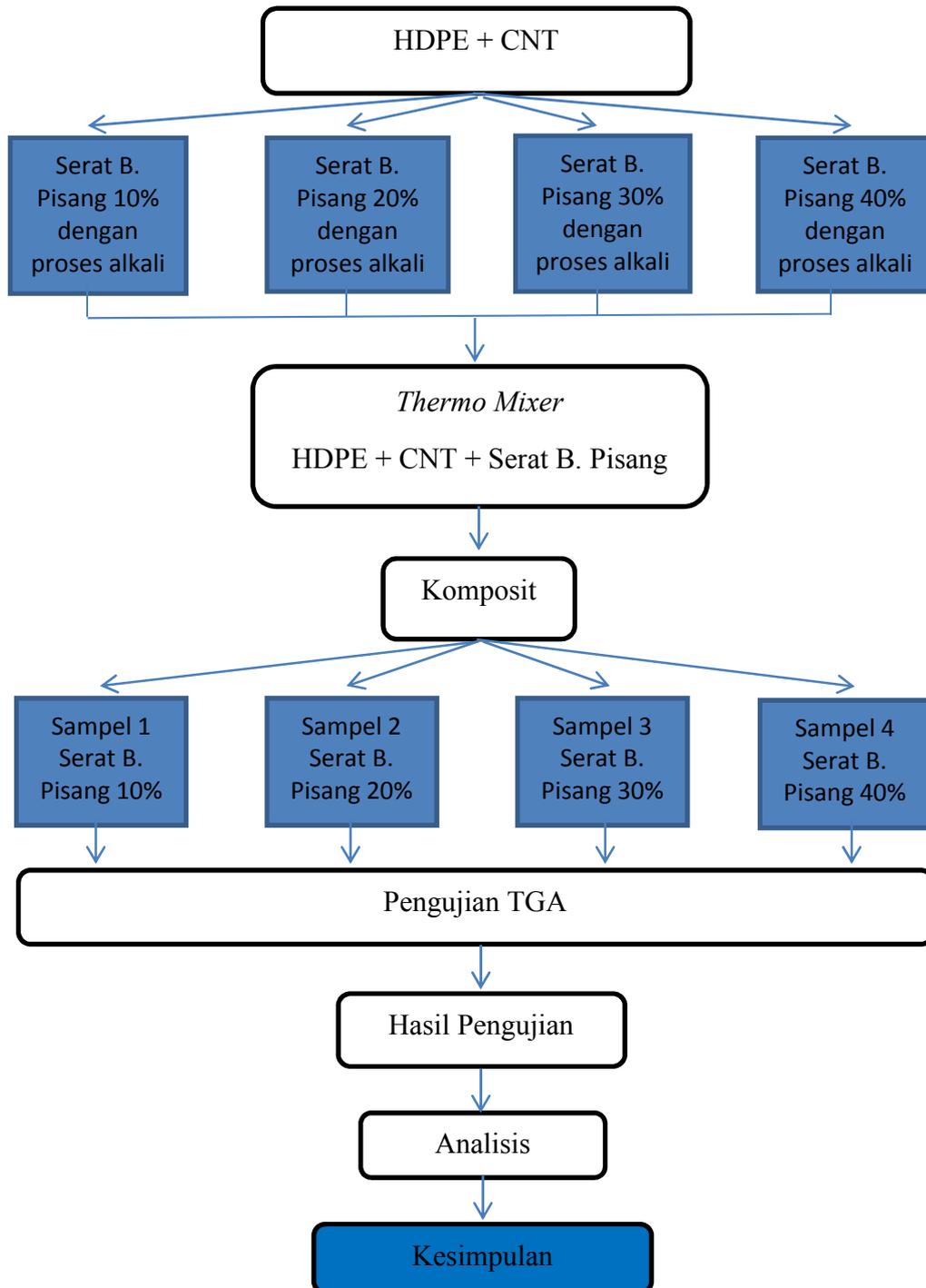


Gambar 3.7. *Carbon Nanotube* (CNT)

Carbon nanotube (CNT) merupakan turunan dari struktur *carbon*. *Carbon nanotube* dapat digambarkan sebagai lembaran grafit setebal 1 atom yang digulung menyerupai silinder dan memiliki diameter dengan orde nanometer. Lembaran ini memiliki struktur seperti sarang lebah (*honeycomb*) yang terdiri dari ikatan-ikatan atom karbon. Struktur *carbon nanotube* yang unik memungkinkannya memiliki sifat kenyal, daya regang, dan stabil dibandingkan struktur *carbon* lainnya. Kelebihannya ini dapat dimanfaatkan dalam pengembangan struktur bangunan yang kuat, struktur kendaraan yang aman, dan lainnya.

3.3. Diagram Alur Penelitian

Penjelasan mengenai prosedur penelitian dapat dijelaskan dalam bentuk *flow chart* seperti yang terdapat pada Gambar 3.8. berikut :



Gambar 3.8. Skema Penelitian

Berdasarkan *flow chart* uraian tahapan-tahapan prosedur penelitian adalah sebagai berikut :

3.3.1. Proses pembuatan sampel.

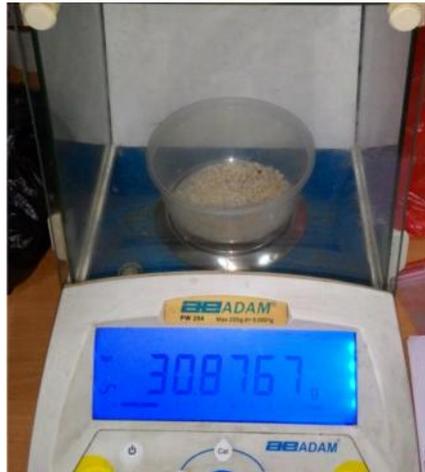
Adapun proses pembuatan sampelnya sebagai berikut :

1. Proses batang pisang dijadikan serat

Batang pisang yang telah dipilah-pilah dipotong kecil-kecil dengan ukuran ± 3 cm, kemudian diblender secara bertahap hingga kira-kira serat batang pisang mencukupi untuk dijadikan seluruh sampel. Pada saat proses blender jangan lupa tambahkan sedikit air, agar batang pisang dapat diblender keseluruhan hingga benar – benar halus. Batang pisang yang telah di blender disaring terlebih dahulu agar kandungan air pada hasil blender berkurang lalu keringkan di bawah sinar matahari selama 2-3 hari hingga batang pisang benar-benar kering dan menjadi serat. Kemudian serat batang pisang yang telah kering direndam dengan larutan alkali dengan menggunakan larutan natrium hidroksida (NaOH) selama 2 jam. Setelah itu, serat batang pisang tersebut disaring kembali dan dijemur di bawah sinar matahari 2-3 hari hingga benar – benar kering.

2. Proses penimbangan HDPE, serat batang pisang dan CNT (*carbon nanotube*).

Sebelum pencampuran terlebih dahulu dilakukan penimbangan dengan menggunakan timbangan analitik.



Gambar 3.9. Penimbangan HDPE



Gambar 3.10. Penimbangan Serat Batang Pisang yang Telah Dilakukan Proses Alkali



Gambar 3.11. Penimbangan CNT (*Carbon Nanotube*)

Proses penimbangan ini dilakukan agar komposisi komposit sesuai dengan proporsi yang diinginkan antara HDPE, serat batang pisang dan CNT. Adapun komposisinya dapat dilihat pada Tabel 3.1.

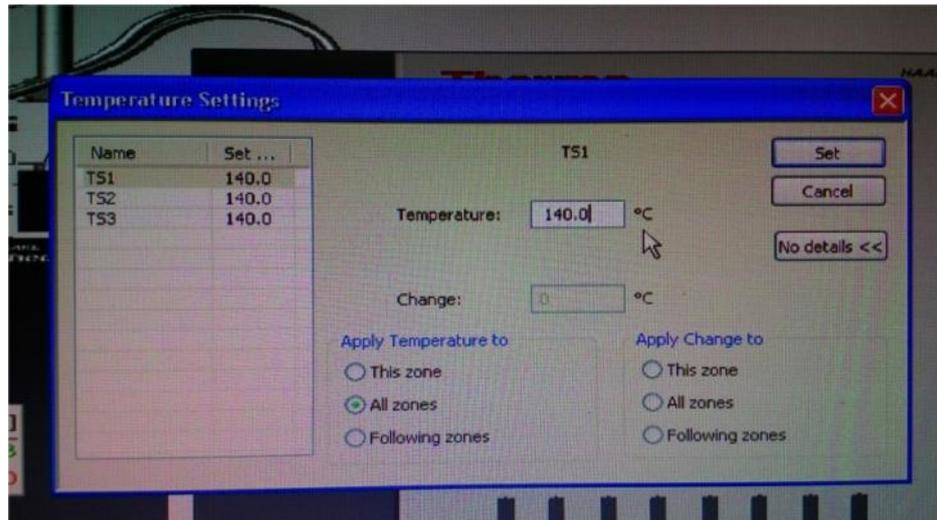
Tabel 3.1. Komposisi Komposit

Sampel	Berat Sampel (gram)	Berat HDPE (gram)	Berat Serat Batang Pisang (gram)	Berat Carbon Nanotube (gram)	Keterangan
1	35	30,87	3,43	0,7	Sampel 10%
2		27,44	6,86	0,7	Sampel 20%
3		24,01	10,29	0,7	Sampel 30%
4		20,58	13,72	0,7	Sampel 40%

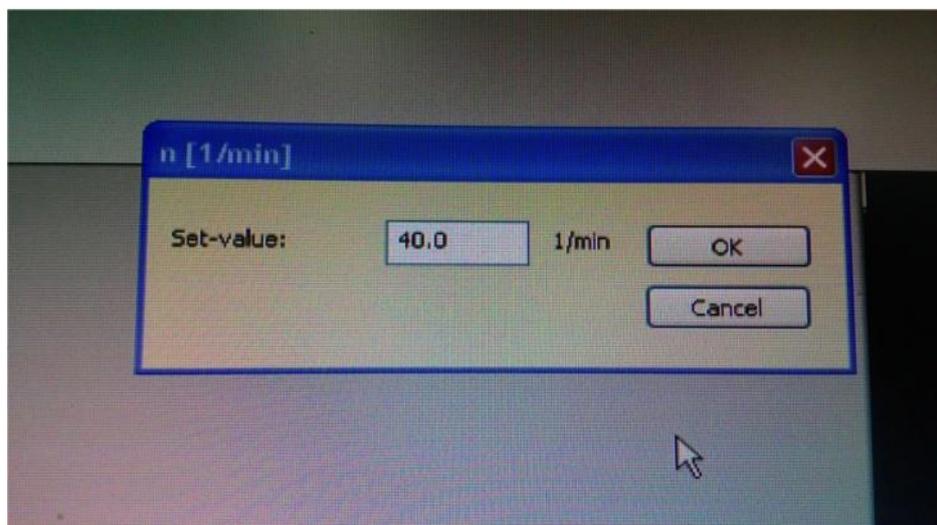
3. Proses pencampuran HDPE, serat batang pisang dan *carbon nanotube* menggunakan mesin Rheomix OS

Penggunaan alat thermo mixer tipe mixer test merk HAAKE Poly Lab pada prinsipnya bertujuan untuk mendapatkan data pengujian campuran. Namun, di samping itu juga dimanfaatkan sebagai media pencampur dua atau lebih bahan sehingga menghasilkan sampel uji untuk pengujian selanjutnya.

Langkah awal dalam menggunakan mesin *Rheomix OS* adalah dengan memprogram temperatur pemanasan 140°C dan kecepatan putaran rotor 40 rpm. Memprogram temperatur dan kecepatan rotor dapat dilihat pada Gambar 3.12. dan 3.13.



Gambar 3.12. Pengaturan Temperatur



Gambar 3.13. Pengaturan Kecepatan Rotor

Sebelum bahan dimasukkan, tunggu sampai temperatur pada mesin mencapai 100°C terlebih dahulu, setelah itu penutup lubang corong dibuka ke atas lalu HDPE dimasukkan kedalam lubang corong mesin *Rheomix OS*, lalu penutup corong ditutup kembali, tunggu sampai grafik pada layar mulai stabil, setelah stabil penutup corong dibuka kembali kemudian CNT dimasukkan kedalam lubang corong mesin *Rheomix OS*, penutup lubang corong ditutup kembali lalu tunggu sampai grafik pada layar stabil.



Gambar 3.14. Proses Memasukkan HDPE



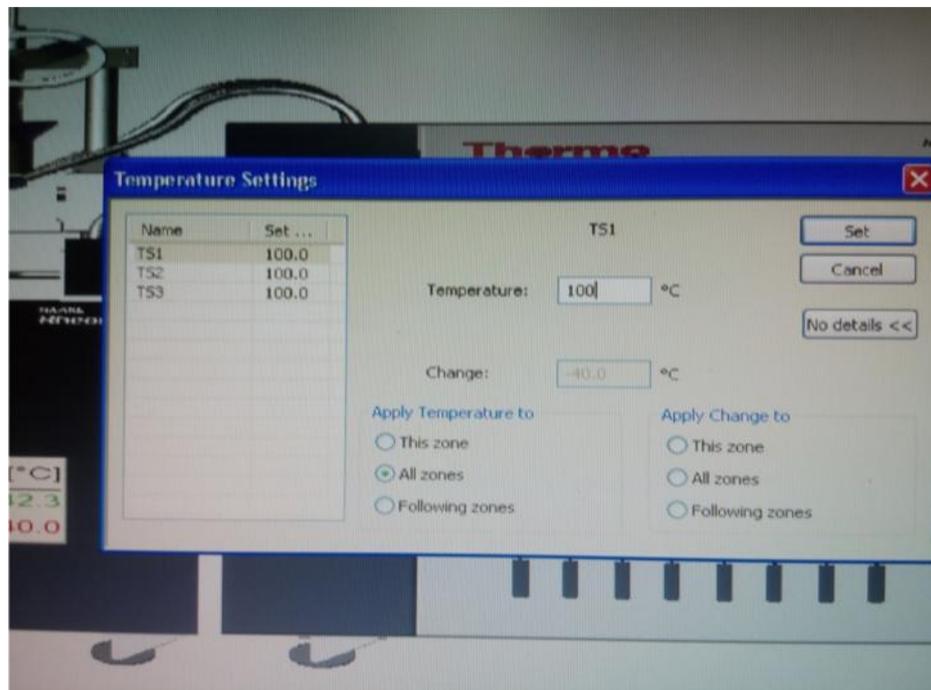
Gambar 3.15. Proses Memasukkan CNT (*Carbon Nanotube*)

Setelah grafik mulai stabil, tutup lubang corong dibuka kembali. Kemudian serat batang pisang dimasukkan ke dalam mesin *Rheomix OS*, lalu lubang corong ditutup kembali dan mesin dibiarkan tetap bekerja selama 20 menit. Tujuan dari HDPE dan CNT (*Carbon Nanotube*) dimasukkan terlebih dahulu adalah agar kedua bahan tersebut menjadi lunak dan tercampur dengan sempurna sehingga nantinya serat batang pisang mudah untuk dicampurkan.



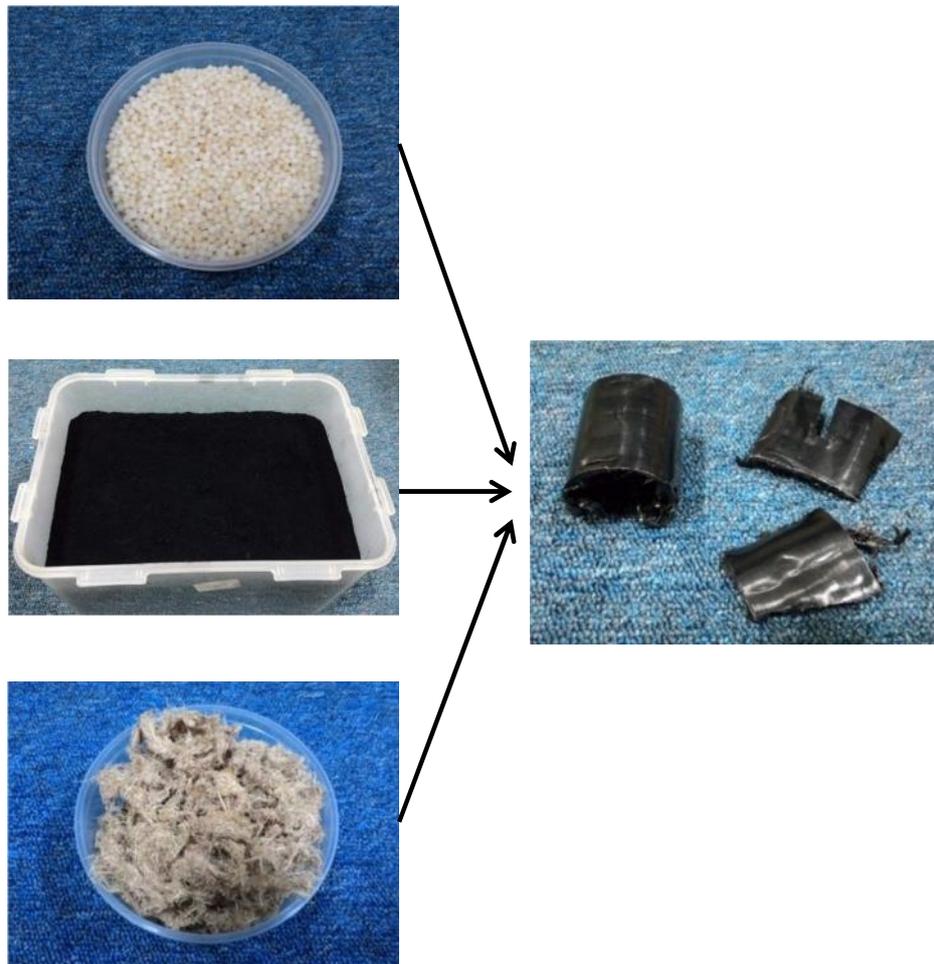
Gambar 3.16. Proses Memasukkan Serat Batang Pisang

Setelah 20 menit, temperatur diatur kembali dengan menurunkan hingga 100°C. Kemudian pengunci pada ruang pengadukan dibuka dan sampel yang menempel pada rotor dikeluarkan dengan menggunakan kape, serta sisa – sisa sampel yang menempel di ruang adukan dan rotor dibersihkan dengan menggunakan sikat kawat.



Gambar 3.17. Pengaturan Temperatur Pengangkatan Komposit

Proses penurunan temperatur dilakukan agar sampel mudah dikeluarkan dan diambil karena jika proses pengambilan sampel dilakukan pada temperatur 140°C , sampel masih berupa lelehan sehingga akan sulit untuk diambil. Proses pengambilan pun harus dilakukan secepat mungkin karena jika temperatur sampel sudah turun maka sampel akan mengeras dan sulit pula untuk diambil.



Gambar 3.18. Komposit yang Dihasilkan

3.3.2. Proses Pengujian Sampel

Proses pengujian termal dengan menggunakan mesin TGA diawali dengan menghidupkan komputer, mesin, dan membuka tuas tabung nitrogen. Setelah itu, cawan dari bahan alumina ditaruh di mesin TGA sebanyak sampel yang akan

diuji. Kemudian software NETZSCH *Proteus Thermal Analysis* dibuka untuk memprogram dan menjalankan mesin TGA. Pertama – tama dibuat terlebih dahulu programnya dengan membuat nama sampel sesuai dengan urutan sampel yang akan diuji, lalu temperatur awal diatur pada titik 28°C dan temperatur akhir pada titik 600°C, serta kecepatan laju aliran nitrogen diatur dengan kecepatan 20 ml/menit. Setelah pemograman diatur mesin dijalankan guna menimbang masing – masing cawan. Setelah proses penimbangan selesai, kemudian sampel yang telah disiapkan ditaruh pada masing – masing cawan yang ada. Kemudian mesin dijalankan kembali guna menimbang masing – masing sampel. Sampel yang diperbolehkan untuk diuji yaitu seberat ± 10 mg. Setelah sampel ditimbang kemudian mesin dijalankan kembali guna melakuna proses pengujian sampel.

Proses pengujian setiap sampel membutuhkan waktu sekitar 180 menit, karena setiap satu sampel dilakukan 3 kali pengujian dengan lama waktu sekali pengujian sekitar 60 menit. Setelah selesai, mesin secara otomatis akan menghentikan proses. Dari hasil pengujian ini akan diperoleh grafik yang menunjukkan pengaruh temperatur terhadap penurunan massa dengan kenaikan temperatur yang konstan.

3.4. Teknik dan Prosedur Pengumpulan Data

Data akan diperoleh setelah pengujian semua sampel dilakukan. Data yang dihasilkan dari pengujian termal menggunakan mesin TGA akan menampilkan kurva massa yang hilang-temperatur dan kurva panas spesifik-temperatur.

Pengujian sifat termal dengan menggunakan mesin NETZSCH TG209 F3 Tarsus akan menampilkan grafik TGA. Pada grafik tersebut indikator yang dapat

diamati adalah temperatur onset yang menunjukkan ketahanan termal suatu material. Temperatur onset ditentukan dengan menarik garis lurus linier pada grafik perubahan massa pertama yang garisnya menurun drastis, lalu titik temu dari kedua garis tersebut adalah temperatur onset yang menunjukkan ketahanan termal material tersebut.

Ketahanan termal yang telah dihasilkan pada grafik TGA tersebut menunjukkan kemampuan suatu material dalam mempertahankan dirinya dari perubahan massa akibat adanya pemanasan yang dilakukan pada sampel. Besarnya temperatur onset diikuti dengan besarnya massa sampel pada temperatur tersebut.

3.5. Teknik Analisis Data

Data yang telah diperoleh kemudian diolah menggunakan software *NETZSCH Proteus*. Setiap grafik hasil pengujian pada satu sampel disatukan, sehingga akan menampilkan 3 grafik sekaligus dalam satu tampilan. Dari ketiga grafik tersebut diolah datanya menjadi satu data dengan merata – ratakan semua data hasil pengujian. Dari data itulah dapat kita analisis apakah sampel yang kita uji memiliki stabilitas termal yang baik dan dari data itu pula kita dapat mengetahui pengaruh variasi persentase serat batang pisang terhadap stabilitas termal pada komposit yang kita buat.

BAB IV
HASIL PENELITIAN

4.1. Deskripsi Hasil Penelitian

Pada penelitian ini proses pengujian termal pada masing – masing sampel dilakukan sebanyak 3 kali guna mendapatkan hasil yang lebih akurat. Sampel yang dilakukan pengujian sebanyak 4 sampel komposit, yang merupakan campuran dari material polimer *High Density Polyethylene* (HDPE), *Carbon Nanotube* (CNT) dan serat batang pisang yang diberikan perlakuan alkali terlebih dahulu. Perbedaan dari masing – masing sampel terletak pada komposisi HDPE dan serat batang pisangnya, yaitu komposisi serat batang pisang berturut – turut sebesar 10%, 20%, 30% dan 40%. Persentase itu terhitung 100% dari jumlah persentase serat batang pisang dan HDPE. Pengujian termal pada penelitian ini adalah mengetahui stabilitas termal pada komposit campuran dari material HDPE, CNT dan serat batang pisang yang komposisinya dapat dilihat pada Tabel 4.1.

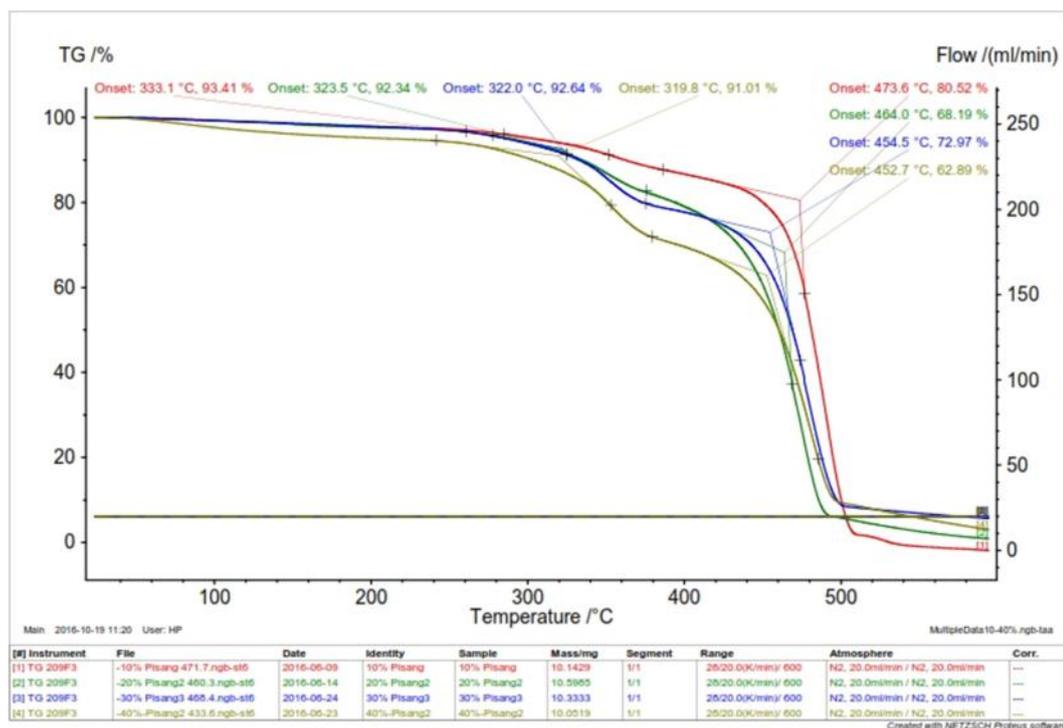
Tabel 4.1. Komposisi Komposit

Sampel	Berat Sampel	HDPE		Serat Batang Pisang		CNT	
	(gram)	(gram)	(%)	(gram)	(%)	(gram)	(%)
1	35	30,87	88,2	3,43	9,8	0,7	2
2		27,44	78,4	6,86	19,6		
3		24,01	68,6	10,29	29,4		
4		20,58	58,8	13,72	39,2		

4.2. Analisis Data Penelitian

Data hasil pengujian TGA didapatkan dari pengujian termal dengan menggunakan sistem komputerisasi yang disajikan dalam bentuk grafik yang ditampilkan menggunakan software NETZSCH *Proteus Thermal Analysis*.

Pada penelitian kali ini sifat termal yang akan kita bahas yaitu mengenai stabilitas termal material. Stabilitas termal material adalah kemampuan material untuk tidak mengalami perubahan massa pada temperatur tertentu akibat pemanasan. Sehingga nilai stabilitas termal dapat kita lihat dari grafik yang menunjukkan penurunan perubahan massa material pada temperatur tertentu. Hal ini dapat kita lihat pada Gambar 4.1.



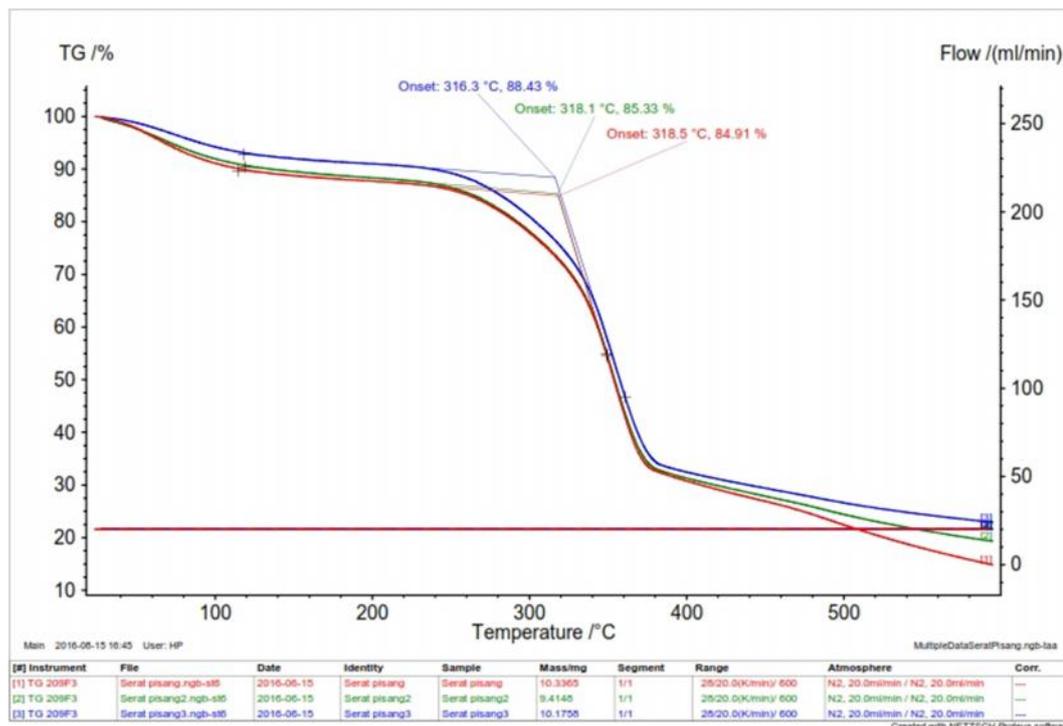
Gambar 4.1. Kurva Hasil Uji Termal Sampel

Gambar 4.1. merupakan kurva hasil uji termal sampel yang menunjukkan nilai kestabilan termal sampel. Pada pengujian termal ini temperatur pemanasan maksimum yang diberikan adalah 600°C , sedangkan temperatur awalnya adalah

28°C. Proses kenaikan temperatur berlangsung konstan dari 28°C sampai dengan 600°C selama 30 menit. Proses tersebut beroperasi dalam kondisi inert dengan mengalirkan gas nitrogen sebesar 20 ml/menit.

Besarnya nilai kestabilan termal dari masing – masing sampel dapat ditentukan dengan melihat titik pertemuan garis lurus yang dibentuk dari garis lurus linear pada grafik perubahan massa yang garisnya menurun drastis. Nilai yang diperoleh dari proses tersebut disebut dengan temperatur onset yang menunjukkan nilai kestabilan termal sampel. Oleh karena itu nilai kestabilan termal sampel dapat dilihat dari temperatur onsetnya.

4.2.1. Hasil Pengujian Serat Batang Pisang

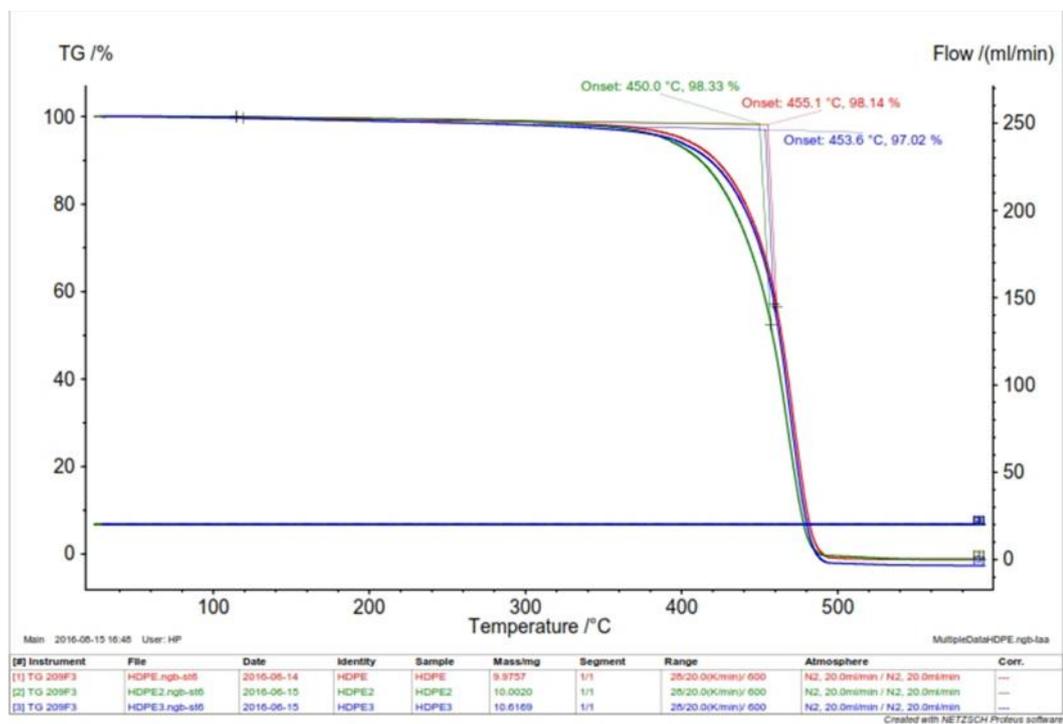


Gambar 4.2. Kurva Hasil Uji Termal Serat Batang Pisang

Pada kurva di atas dapat kita lihat hasil pengujian pada serat batang pisang yang dilakukan sebanyak tiga kali pengujian. Nilai stabilitas pada pengujian pertama yaitu 318,5°C, pada pengujian kedua nilai stabilitas termalnya yaitu

318,1°C dan pada pengujian ketiga nilai stabilitas termalnya yaitu 316,3°C. Hasil dari ketiga pengujian tersebut dirata – ratakan, sehingga rata – rata nilai stabilitas termalnya yaitu 317,63°C.

4.2.2. Hasil Pengujian HDPE (*High Density Polyethelene*)

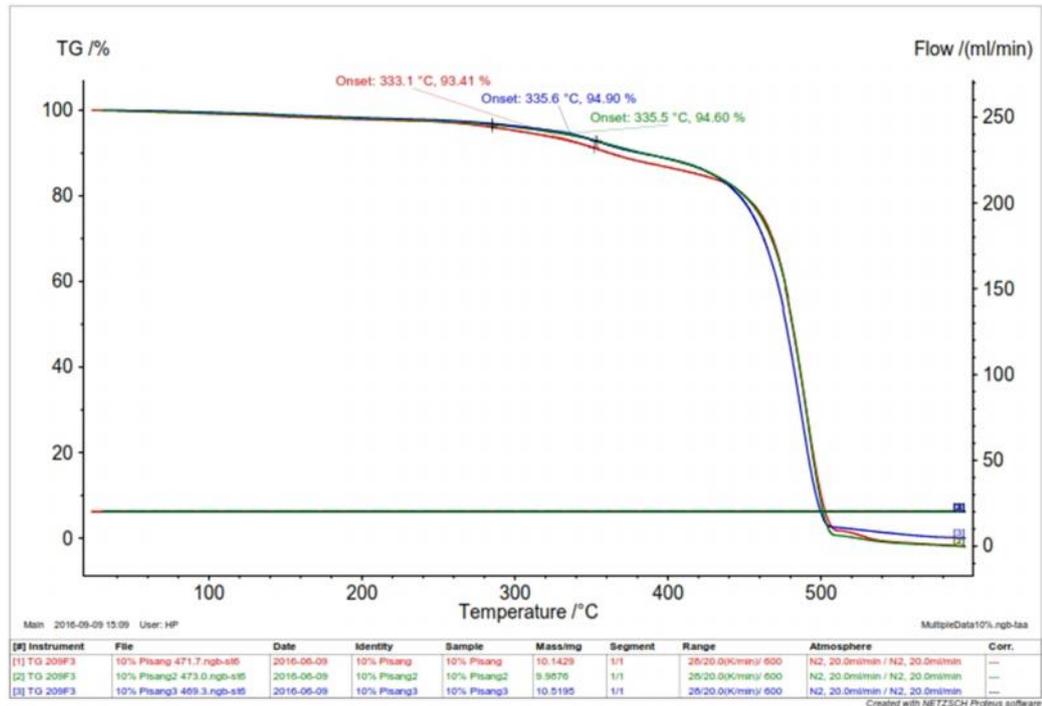


Gambar 4.3. Kurva Hasil Uji Termal HDPE

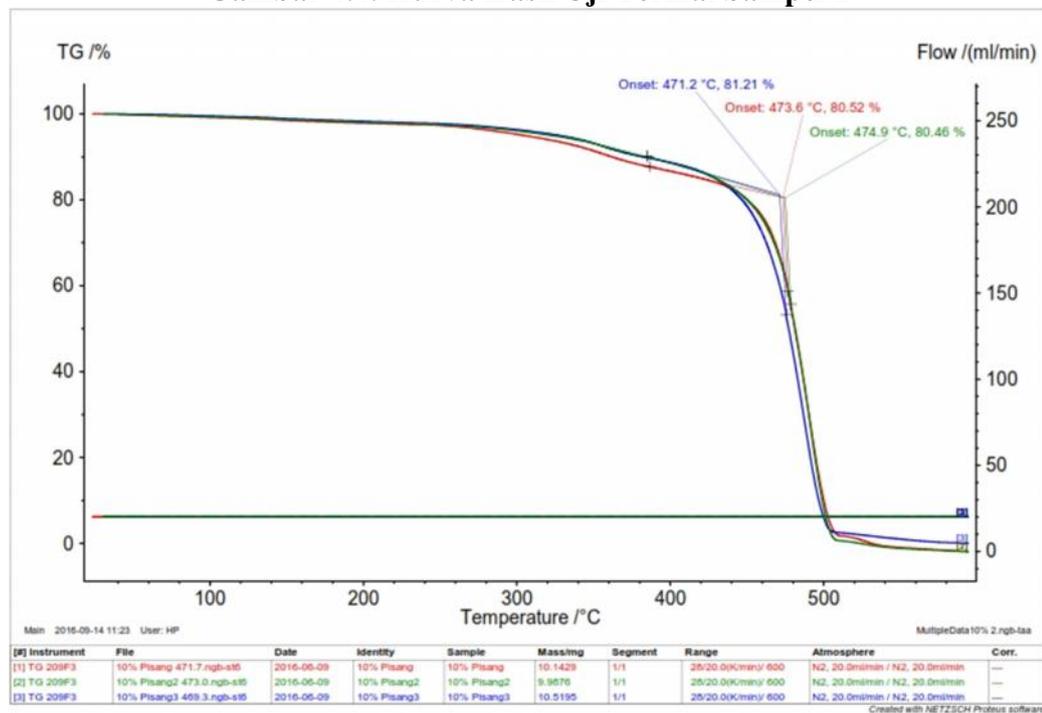
Pada kurva di atas dapat kita lihat hasil pengujian pada HDPE yang dilakukan sebanyak tiga kali pengujian. Nilai stabilitas pada pengujian pertama yaitu 455,1°C, pada pengujian kedua nilai stabilitas termalnya yaitu 450,0°C dan pada pengujian ketiga nilai stabilitas termalnya yaitu 453,6°C. Hasil dari ketiga pengujian tersebut dirata – ratakan, sehingga rata – rata nilai stabilitas termalnya yaitu 452,9°C.

4.2.3. Hasil Pengujian Sampel 1 (Serat Batang Pisang 10%)

Pada pengujian sampel ini komposisinya yaitu 30,87 gram HDPE, 3,34 gram serat batang pisang, dan 0,7 gram CNT. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.4 dan Gambar 4.5.



Gambar 4.4. Kurva Hasil Uji Termal Sampel 1



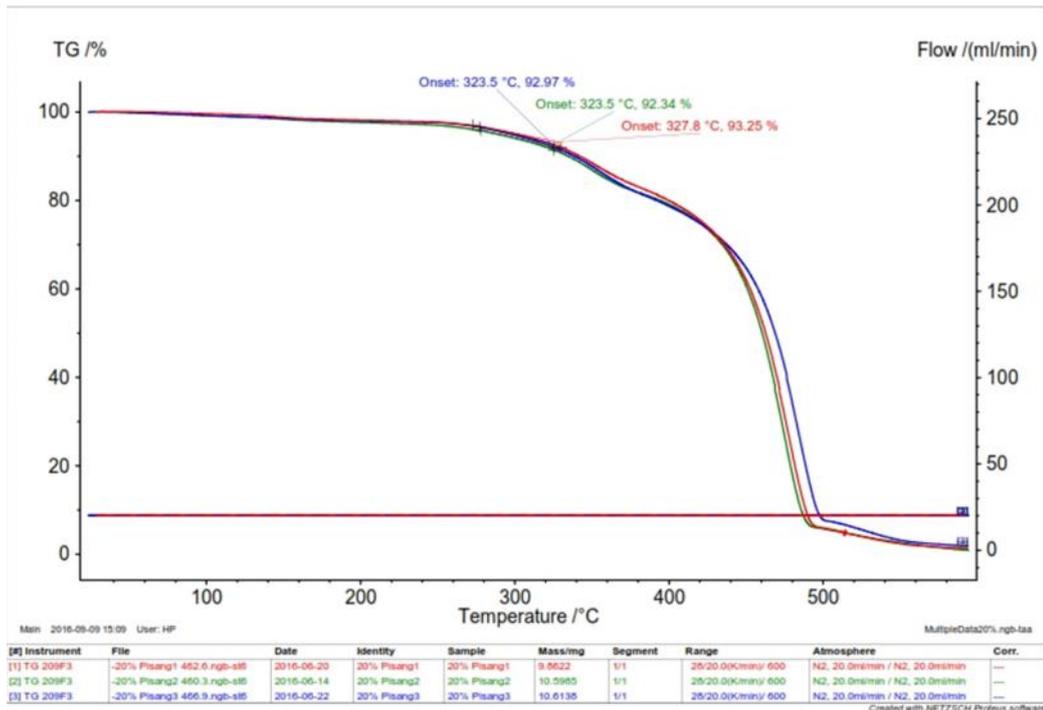
Gambar 4.5. Kurva Hasil Uji Termal Sampel 1

Pada kurva di atas dapat kita lihat hasil pengujian pada sampel 1 (Gambar 4.4) yang dilakukan sebanyak tiga kali pengujian. Nilai stabilitas pada pengujian pertama yaitu $333,1^{\circ}C$, pada pengujian kedua nilai stabilitas termalnya yaitu $335,6^{\circ}C$ dan pada pengujian ketiga nilai stabilitas termalnya yaitu $335,5^{\circ}C$. Hasil dari ketiga pengujian tersebut dirata – ratakan, sehingga rata – rata nilai stabilitas termalnya yaitu $334,7^{\circ}C$. Sedangkan pada sampel 1 (Gambar 4.5) yang dilakukan sebanyak tiga kali pengujian. Nilai stabilitas pada pengujian pertama yaitu $471,2^{\circ}C$, pada pengujian kedua nilai stabilitas termalnya yaitu $473,6^{\circ}C$ dan pada pengujian ketiga nilai stabilitas termalnya yaitu $474,9^{\circ}C$. Hasil dari ketiga pengujian tersebut dirata – ratakan, sehingga rata – rata nilai stabilitas termalnya yaitu $473,2^{\circ}C$.

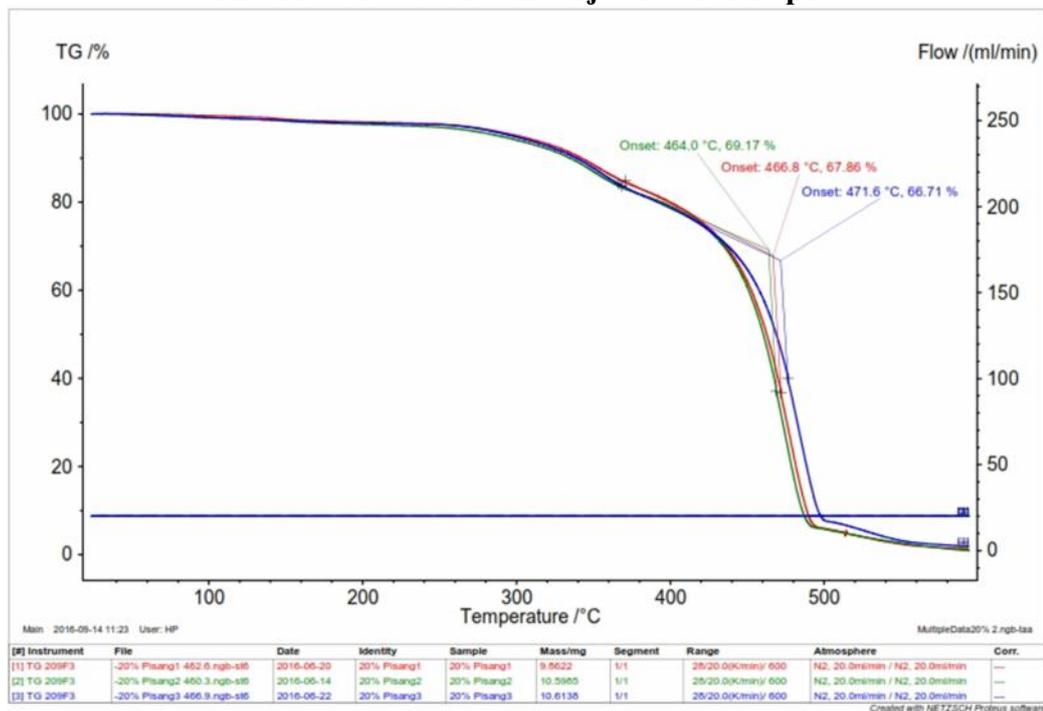
Hasil pengujian pada sampel pertama memiliki nilai stabilitas termal $334,7^{\circ}C$, ini menandakan bahwa nilai stabilitas termal fase pertama lebih baik dibandingkan dengan nilai stabilitas termal pada serat batang pisang murni yaitu $317,63^{\circ}C$, hal ini dikarenakan adanya penambahan bahan HDPE dan *carbon nanotube*, kedua bahan tersebut mampu menginfiltrasi serat sehingga menjadikan nilai stabilitas termalnya meningkat. Sedangkan jika dilihat dari nilai stabilitas termal pada fase ke dua dapat kita lihat stabilitas termalnya memiliki nilai $473,2^{\circ}C$, ini menandakan bahwa stabilitas termal fase ke dua lebih baik jika dibandingkan dengan nilai stabilitas termal pada material HDPE murni, hal ini dikarenakan adanya penambahan bahan *carbon nanotube* sebesar 2% pada komposisi tersebut sehingga menjadikan nilai stabilitas termalnya meningkat.

4.2.4. Hasil Pengujian Sampel 2 (Serat Batang Pisang 20%)

Pada pengujian sampel ini komposisinya yaitu 27,44 gram HDPE, 6,86 gram serat batang pisang, dan 0,7 gram CNT. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.6 dan Gambar 4.7.



Gambar 4.6. Kurva Hasil Uji Termal Sampel 2



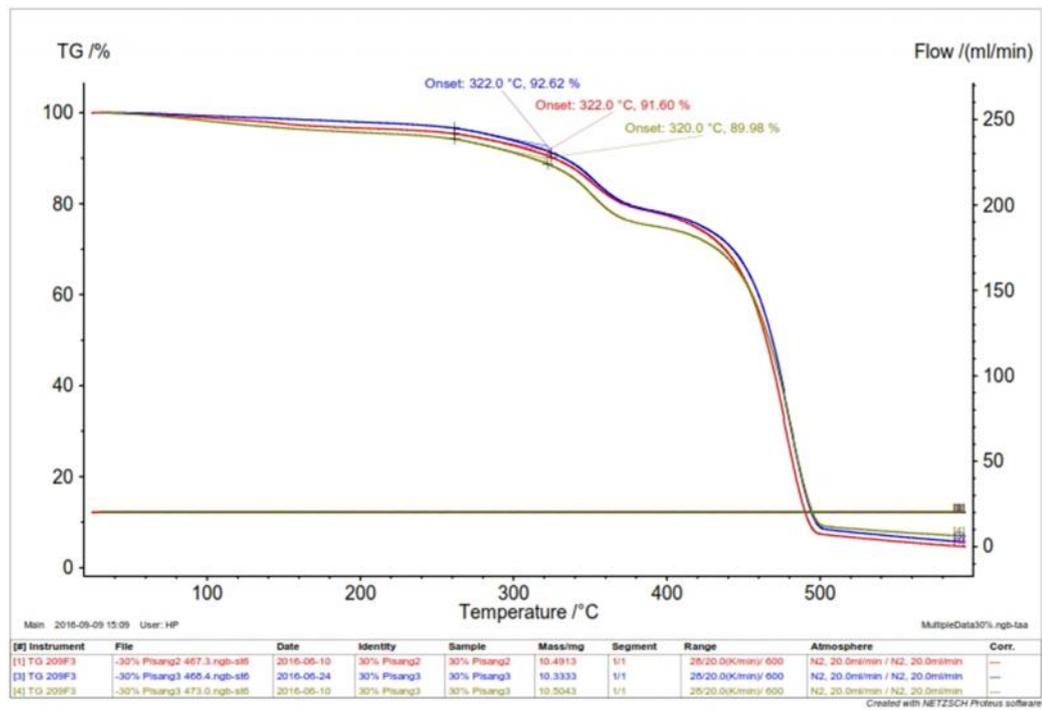
Gambar 4.7. Kurva Hasil Uji Termal Sampel 2

Pada kurva di atas dapat kita lihat hasil pengujian pada sampel 2 (Gambar 4.6) yang dilakukan sebanyak tiga kali pengujian. Nilai stabilitas pada pengujian pertama yaitu $323,5^{\circ}C$, pada pengujian kedua nilai stabilitas termalnya yaitu $323,5^{\circ}C$ dan pada pengujian ketiga nilai stabilitas termalnya yaitu $327,8^{\circ}C$. Hasil dari ketiga pengujian tersebut dirata – ratakan, sehingga rata – rata nilai stabilitas termalnya yaitu $324,9^{\circ}C$. Sedangkan pada sampel 2 (Gambar 4.7) yang dilakukan sebanyak tiga kali pengujian. Nilai stabilitas pada pengujian pertama yaitu $464,0^{\circ}C$, pada pengujian kedua nilai stabilitas termalnya yaitu $466,8^{\circ}C$ dan pada pengujian ketiga nilai stabilitas termalnya yaitu $471,6^{\circ}C$. Hasil dari ketiga pengujian tersebut dirata – ratakan, sehingga rata – rata nilai stabilitas termalnya yaitu $467,4^{\circ}C$.

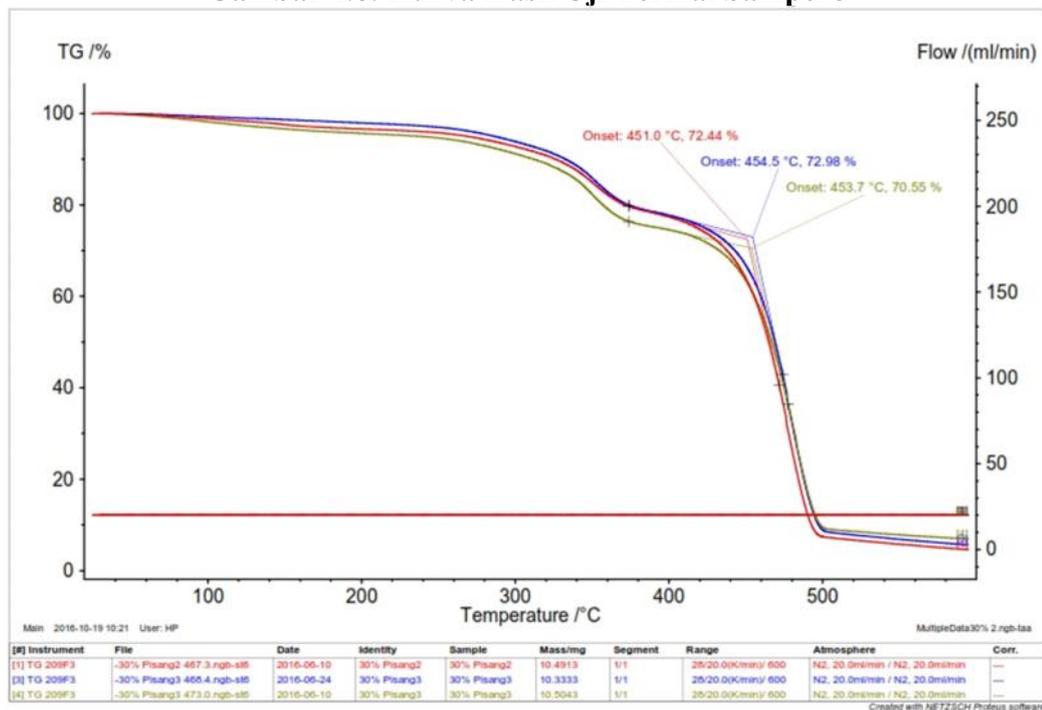
Berdasarkan hasil kurva diatas dapat kita lihat bahwa pada sampel 2 dengan komposisi serat batang pisang 20% mengalami penurunan nilai stabilitas termal pada fase pertama maupun fase ke dua jika dibandingkan dengan nilai stabilitas termal sampel 1, hal ini dikarenakan adanya penambahan komposisi serat batang pisang dari 10% menjadi 20%. Sifat serat batang pisang yang mudah terdekomposisi menjadikan stabilitas termalnya menurun dari $334,7^{\circ}C$ menjadi $324,9^{\circ}C$ pada fase pertama dan pada fase ke dua dari $473,2^{\circ}C$ menjadi $467,4^{\circ}C$. Namun nilai stabilitas termal pada sampel 2 fase pertama masih lebih tinggi jika dibandingkan dengan nilai stabilitas termal serat batang pisang murni dan pada fase ke dua masih lebih tinggi jika dibandingkan nilai stabilitas termal pada material HDPE murni.

4.2.5. Hasil Pengujian Sampel 3 (Serat Batang Pisang 30%)

Pada pengujian sampel ini komposisinya yaitu 24,01 gram HDPE, 10,29 gram serat batang pisang, dan 0,7 gram CNT. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.8 dan Gambar 4.9.



Gambar 4.8. Kurva Hasil Uji Termal Sampel 3



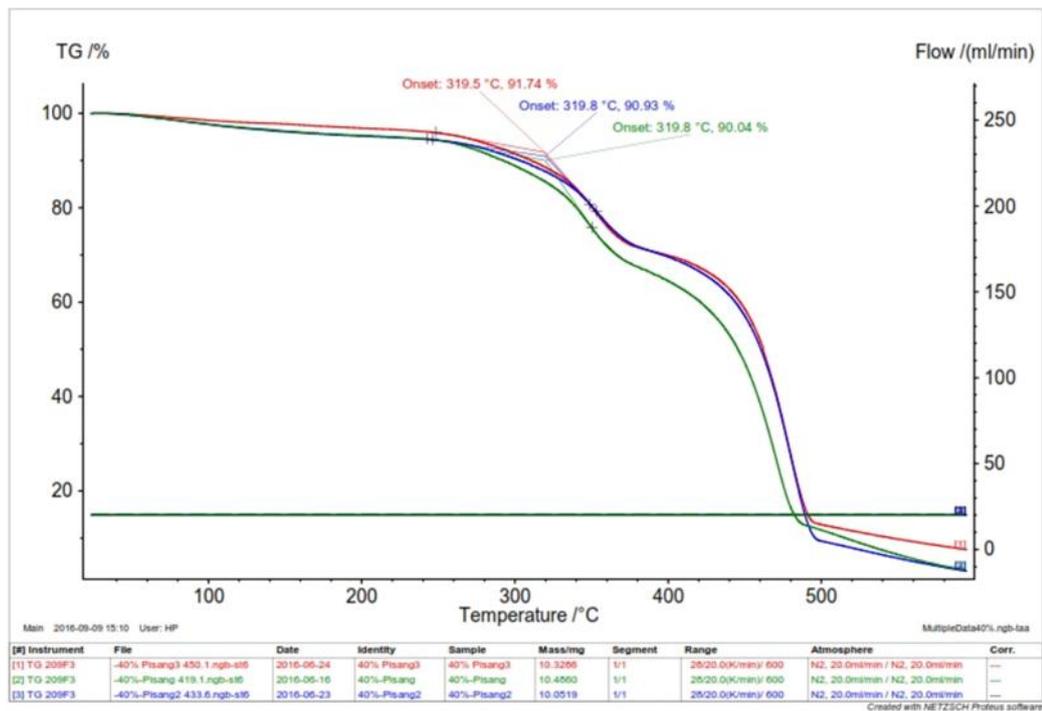
Gambar 4.9. Kurva Hasil Uji Termal Sampel 3

Pada kurva di atas dapat kita lihat hasil pengujian pada sampel 3 (Gambar 4.8) yang dilakukan sebanyak tiga kali pengujian. Nilai stabilitas pada pengujian pertama yaitu $322,0^{\circ}C$, pada pengujian kedua nilai stabilitas termalnya yaitu $322,0^{\circ}C$ dan pada pengujian ketiga nilai stabilitas termalnya yaitu $320,0^{\circ}C$. Hasil dari ketiga pengujian tersebut dirata – ratakan, sehingga rata – rata nilai stabilitas termalnya yaitu $321,3^{\circ}C$. Sedangkan pada sampel 3 (Gambar 4.9) yang dilakukan sebanyak tiga kali pengujian. Nilai stabilitas pada pengujian pertama yaitu $451,0^{\circ}C$, pada pengujian kedua nilai stabilitas termalnya yaitu $454,5^{\circ}C$ dan pada pengujian ketiga nilai stabilitas termalnya yaitu $453,7^{\circ}C$. Hasil dari ketiga pengujian tersebut dirata – ratakan, sehingga rata – rata nilai stabilitas termalnya yaitu $453,0^{\circ}C$.

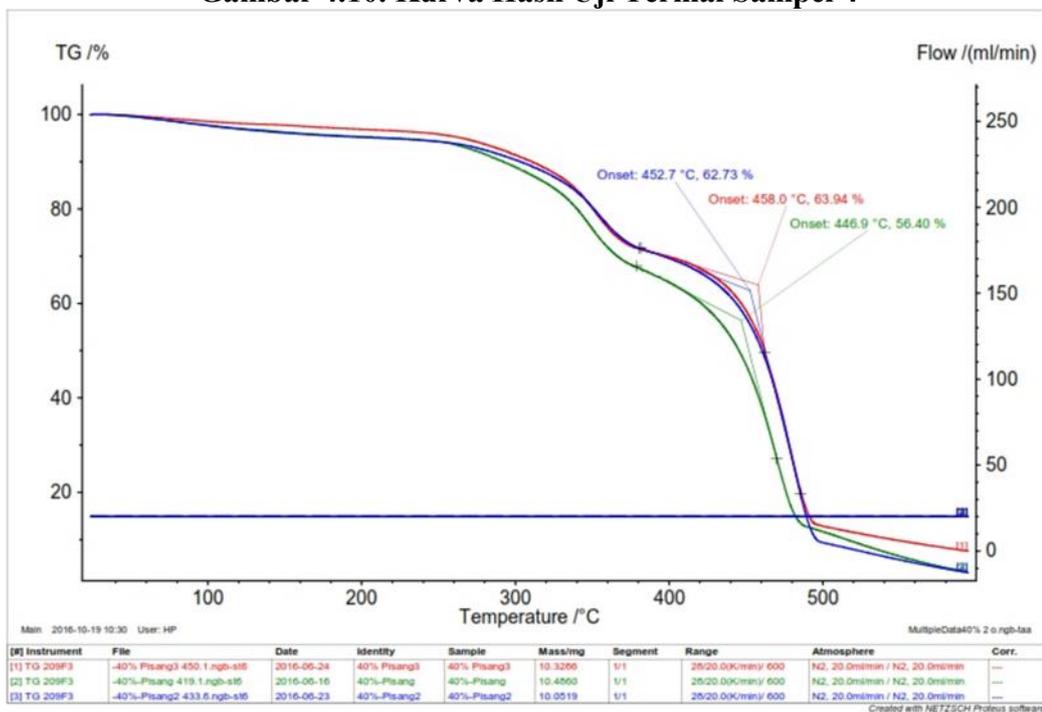
Berdasarkan hasil kurva diatas dapat kita lihat bahwa pada sampel 3 dengan komposisi serat batang pisang 30% mengalami penurunan nilai stabilitas termal pada fase pertama maupun fase ke dua jika dibandingkan dengan nilai stabilitas termal sampel 1 dan 2, hal ini dikarenakan adanya penambahan komposisi serat batang pisang dari 20% menjadi 30%. Sifat serat batang pisang yang mudah terdekomposisi menjadikan stabilitas termalnya menurun dari $324,9^{\circ}C$ menjadi $321,3^{\circ}C$ pada fase pertama dan pada fase ke dua dari $467,4^{\circ}C$ menjadi $453,0^{\circ}C$. Namun nilai stabilitas termal pada sampel 2 fase pertama masih lebih tinggi jika dibandingkan dengan nilai stabilitas termal serat batang pisang murni dan pada fase ke dua masih lebih tinggi jika dibandingkan nilai stabilitas termal pada material HDPE murni.

4.2.6. Hasil Pengujian Sampel 4 (Serat Batang Pisang 40%)

Pada pengujian sampel ini komposisinya yaitu 20,58 gram HDPE, 13,72 gram serat batang pisang, dan 0,7 gram CNT. Hasilnya dapat dilihat pada Gambar 4.10 dan Gambar 4.11.



Gambar 4.10. Kurva Hasil Uji Termal Sampel 4



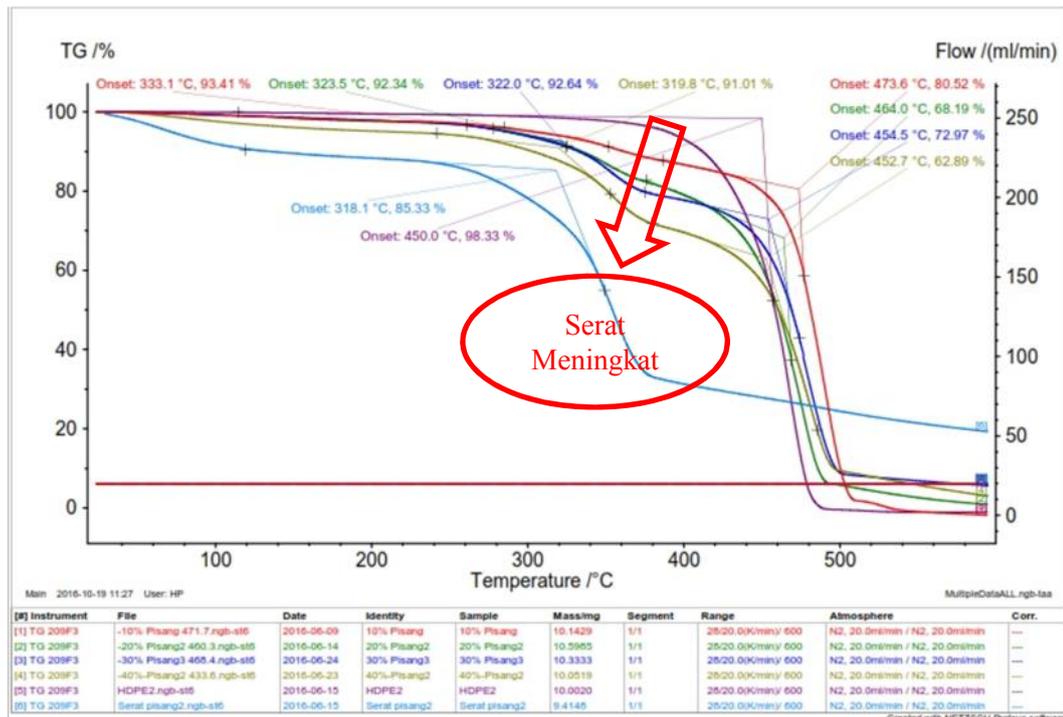
Gambar 4.11. Kurva Hasil Uji Termal Sampel 4

Pada kurva di atas dapat kita lihat hasil pengujian pada sampel 4 (Gambar 4.10) yang dilakukan sebanyak tiga kali pengujian. Nilai stabilitas pada pengujian pertama yaitu $319,5^{\circ}\text{C}$, pada pengujian kedua nilai stabilitas termalnya yaitu $319,8^{\circ}\text{C}$ dan pada pengujian ketiga nilai stabilitas termalnya yaitu $319,8^{\circ}\text{C}$. Hasil dari ketiga pengujian tersebut dirata – ratakan, sehingga rata – rata nilai stabilitas termalnya yaitu $319,7^{\circ}\text{C}$. Sedangkan pada sampel 4 (Gambar 4.11) yang dilakukan sebanyak tiga kali pengujian. Nilai stabilitas pada pengujian pertama yaitu $452,7^{\circ}\text{C}$, pada pengujian kedua nilai stabilitas termalnya yaitu $458,0^{\circ}\text{C}$ dan pada pengujian ketiga nilai stabilitas termalnya yaitu $446,9^{\circ}\text{C}$. Hasil dari ketiga pengujian tersebut dirata – ratakan, sehingga rata – rata nilai stabilitas termalnya yaitu $452,5^{\circ}\text{C}$.

Berdasarkan hasil kurva diatas dapat kita lihat bahwa pada sampel 4 dengan komposisi serat batang pisang 40% mengalami penurunan nilai stabilitas termal pada fase pertama maupun fase ke dua jika dibandingkan dengan nilai stabilitas termal sampel 1, 2, dan 3, hal ini dikarenakan adanya pertambahan komposisi serat batang pisang dari 30% menjadi 40%. Sifat serat batang pisang yang mudah terdekomposisi menjadikan stabilitas termalnya menurun dari $321,3^{\circ}\text{C}$ menjadi $319,7^{\circ}\text{C}$ pada fase pertama dan pada fase ke dua dari $453,0^{\circ}\text{C}$ menjadi $452,5^{\circ}\text{C}$. Namun nilai stabilitas termal pada sampel 2 fase pertama masih lebih tinggi jika dibandingkan dengan nilai stabilitas termal serat batang pisang murni, sedangkan pada sampel 2 fase kedua memiliki nilai stabilitas termal sedikit lebih rendah dibandingkan nilai stabilitas termal HDPE murni.

4.3. Pembahasan

Pada kurva hasil penelitian dapat dilihat tahapan – tahapan material saat terdekomposisi. Pada setiap kurva terlihat jelas ada 2 tahap proses dekomposisi, dekomposisi tahap pertama yaitu terjadi pada material serat batang pisang, kemudian tahap kedua material yang terdekomposisi adalah HDPE.

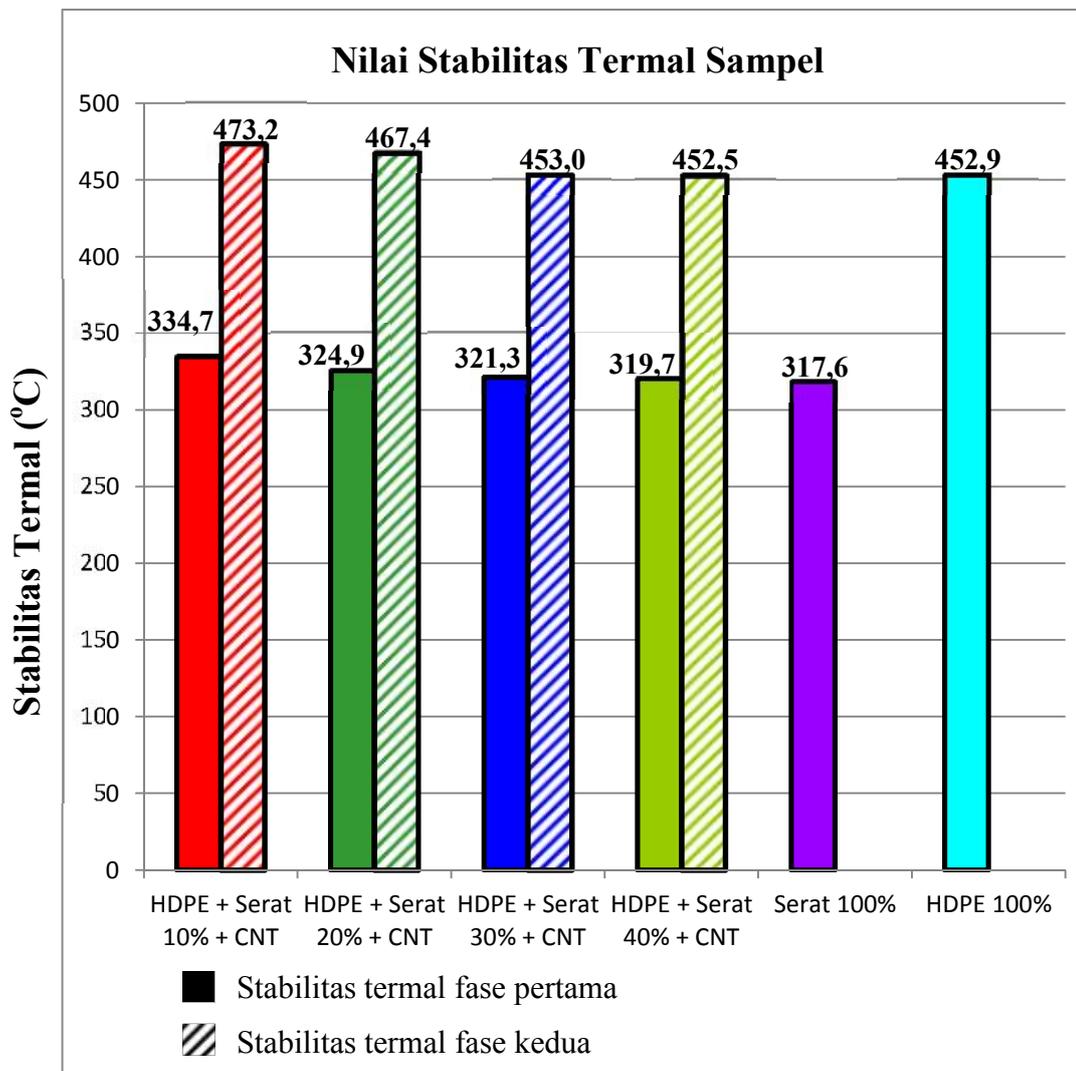


Gambar 4.12. Kurva Hasil Uji Termal Semua Sampel

Berdasarkan kurva hasil uji termal di atas menunjukkan bahwa setiap sampel memiliki nilai stabilitas termal yang berbeda – beda seperti terlihat pada Tabel 4.2. Dalam tabel tersebut dapat dilihat bahwa stabilitas termal rata – rata pada sampel 1, 2, 3 dan 4 berkisar antara 315°C sampai dengan 335°C pada fase pertama dan 450°C sampai dengan 475°C pada fase kedua.

Tabel 4.2. Data Nilai Stabilitas Termal Sampel

No	Nama Sampel	Warna	Nilai Stabilitas Termal fase 1 (°C)	Nilai Stabilitas Termal fase 2 (°C)
1	HDPE + Serat 10% + CNT		334,7 ^o C	473,2 ^o C
2	HDPE + Serat 20% + CNT		324,9 ^o C	467,4 ^o C
3	HDPE + Serat 30% + CNT		321,3 ^o C	453,0 ^o C
4	HDPE + Serat 40% + CNT		319,7 ^o C	452,5 ^o C
5	Serat 100%		317,6 ^o C	-
6	HDPE 100%		452,9 ^o C	-



Gambar 4.13. Diagram Nilai Stabilitas Termal Sampel

Gambar 4.13. memperlihatkan perbandingan nilai stabilitas termal komposit berdasarkan perbandingan komposisi matriks dan penguatnya, yaitu HDPE dan serat batang pisang. Berdasarkan gambar tersebut nilai stabilitas termal dibagi menjadi dua diagram dalam 1 sampel, diagram yang pertama menunjukkan nilai stabilitas termal pada fase pertama, sedangkan diagram kedua menunjukkan nilai stabilitas termal pada fase kedua. Pada fase pertama maupun kedua nilai stabilitas termal tertinggi terdapat pada sampel 1 dengan komposisi serat batang pisang 10% yaitu sebesar $334,7^{\circ}\text{C}$ pada fase pertama dan $473,2^{\circ}\text{C}$ pada fase kedua. Sedangkan nilai stabilitas termal terendah terdapat pada sampel 4 dengan komposisi serat batang pisang 40% yaitu memiliki nilai stabilitas termal sebesar $319,7^{\circ}\text{C}$ pada fase pertama dan $452,5^{\circ}\text{C}$ pada fase kedua. Sampel 1, 2, 3 dan 4 memiliki nilai stabilitas termal lebih tinggi jika dibandingkan dengan stabilitas termal serat batang pisang murni pada fase pertama. Sedangkan pada fase kedua sampel 1, 2, dan 3 memiliki nilai stabilitas termal lebih tinggi jika dibandingkan dengan stabilitas termal HDPE murni, namun pada sampel 4 sedikit lebih rendah.

Setelah dilakukan analisis dapat disimpulkan bahwa semakin bertambahnya komposisi serat batang pisang dan semakin berkurangnya komposisi HDPE dapat mengakibatkan nilai stabilitas termalnya semakin menurun, karena sifat serat batang pisang yang mudah terdekomposisi pada suhu $317,6^{\circ}\text{C}$. Adanya penambahan bahan material *carbon nanotube* sebesar 2% pada masing – masing sampel mampu meningkatkan nilai stabilitas termal pada komposit, ini dapat dilihat dari nilai stabilitas termal fase kedua pada sampel 1, 2 dan 3 yang lebih tinggi jika dibandingkan nilai stabilitas termal HDPE murni. Stabilitas termal yang dimiliki *carbon nanotube* sangat tinggi yaitu stabil hingga temperatur

2.800°C di ruang hampa dan 750°C di udara bebas. Dengan sifat yang dimiliki *carbon nanotube* tersebutlah yang menyebabkan nilai stabilitas termal sampel 1, 2, dan 3 lebih tinggi dari nilai stabilitas termal HDPE murni. Sedangkan pada sampel 4 memiliki selisih sedikit di bawah nilai stabilitas termal HDPE murni, hal tersebut disebabkan karena hampir seimbang komposisi matriks dan penguatnya sehingga matriks tidak mampu menginfiltrasi serat dengan baik, hal ini menyebabkan semakin lemahnya komposit dalam mempertahankan nilai stabilitas termalnya.

4.4. Aplikasi Hasil Penelitian

Sesungguhnya ribuan tahun lalu material komposit telah dipergunakan dengan memanfaatkan serat alam sebagai bahan penguat. Dinding tua di Mesir yang telah berumur lebih dari 3.000 tahun ternyata terbuat dari tanah liat yang diperkuat jerami. Namun pada perkembangan selanjutnya, penggunaan serat alam mulai ditinggalkan oleh penggunanya karena dianggap tidak layak secara teknis dan telah ditemukannya material baru yang lebih tangguh dan kuat yaitu berbagai macam logam dan paduannya. Seiring dengan perkembangan zaman dan tuntutan teknologi serta lingkungan kini mulai berkembang bahan – bahan komposit alam dan maraknya penelitian yang menguji kelayakan komposit alam. Hasilnya terbukti bahwa serat alam mampu bersaing dengan bahan – bahan sintetis.

Aplikasi dari penelitian kali ini akan diterapkan pada komponen yang bersinggungan langsung dengan termal yaitu cover kenalpot motor. Pada kenalpot motor biasanya menghasilkan termal sebesar 80 - 100°C, ini artinya komposit yang dihasilkan harus stabil terhadap termal hingga suhu 100°C.

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, komposit serat batang pisang dengan komposisi serat 40% ini memiliki nilai stabilitas termal sebesar $319,7^{\circ}C$, itu artinya komposit tersebut stabil tidak mengalami dekomposisi hingga temperatur $319,7^{\circ}C$. Sehingga komposit alam ini aman dari segi dekomposisi saat diberikan termal dibawah $319,7^{\circ}C$ dan komposit ini dapat diaplikasikan pada komponen yang bersinggungan langsung dengan termal yaitu cover kenalpot motor.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Semakin bertambahnya komposisi serat batang pisang dan semakin berkurangnya komposisi HDPE dapat mengakibatkan nilai stabilitas termalnya semakin menurun, karena sifat serat batang pisang yang mudah terdekomposisi. Hasil pengujian stabilitas termal yang didapat yaitu pada fase pertama nilai stabilitas termal komposit serat batang pisang 10% sebesar $334,7^{\circ}C$, pada komposit serat batang pisang 20% sebesar $324,9^{\circ}C$, pada komposit serat batang pisang 30% sebesar $321,3^{\circ}C$, pada komposit serat batang pisang 40% sebesar $319,7^{\circ}C$ dan pada HDPE murni sebesar $452,9^{\circ}C$. Sedangkan pada fase kedua nilai stabilitas termal komposit serat batang pisang 10% sebesar $473,2^{\circ}C$, pada komposit serat batang pisang 20% sebesar $467,4^{\circ}C$, pada komposit serat batang pisang 30% sebesar $453,0^{\circ}C$ dan pada komposit serat batang pisang 40% sebesar $452,5^{\circ}C$.
2. Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan, komposit serat batang pisang dengan komposisi serat 40% ini memiliki nilai stabilitas termal sebesar $319,7^{\circ}C$, itu artinya komposit tersebut stabil tidak mengalami dekomposisi hingga temperatur $319,7^{\circ}C$. Sehingga komposit alam ini aman dari segi dekomposisi saat diberikan termal dibawah

319,7°C dan komposit ini dapat diaplikasikan pada komponen yang bersinggungan langsung dengan termal yaitu cover kenalpot motor.

5.2. Saran

Berdasarkan kesimpulan yang telah didapat, maka penulis menyarankan :

1. Penelitian ini masih dapat dikembangkan dengan pengujian lainnya seperti uji tarik, impak, kekerasan, struktur mikro dan lainnya. Sehingga dapat diketahui karakteristik lainnya pada komposit tersebut, serta dapat mengetahui apakah komposit tersebut layak atau tidak menjadi bahan material alternatif pengganti HDPE murni atau polimer lainnya.
2. Penelitian dalam bidang komposit masih dapat dikembangkan secara luas, oleh karena itu pemilihan material yang digunakan dalam pembuatan komposit harus diperhatikan dengan baik. Hal tersebut dilakukan guna mendapatkan bahan baku yang lebih murah dan memiliki sifat fisik dan mekanik yang lebih baik serta ramah terhadap lingkungan.
3. Pada proses pembuatan komposit perlu diperhatikan dengan baik pada setiap tahapannya agar memperoleh material komposit yang memiliki karakteristik sesuai dengan yang diinginkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggrainy, Rani. 2014. Pengaruh Konsentrasi NaOH Terhadap Sifat Termal Komposit Eceng Gondok dan CNT Dalam Matriks HDPE [skripsi]. Jakarta: Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.
- Ashby, M.F. & Jones, David R.H. (1980). *Engineering Materials, An Introduction To Their Properties And Applications*. New York: Pergamon Press.
- Cornie, J.A. & Russell, K.C. (1983). *Wetting Of Ceramic Particulates With Liquid Aluminium Alloys*. Study of Wettability, Met. Trans.A.
- Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia. (1989). *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Jakarta: Balai Pustaka.
- Dzulfahmi, Ahmad. 2012. Simulasi Dinamika Molekuler Adsorpsi Hidrogen pada Carbon Nanotubes (CNT) dengan Variasi Panjang [skripsi]. Depok: Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
- Hadi, Bambang Kismono. (2000). Mekanika struktur komposit. Direktorat Pembinaan Penelitian dan Pengabdian Masyarakat. Dirjen DIKTI. Jakarta.
- Hariyana, M.A. 2008. Studi Karakteristik Agregat Kasar Ringan Buatan dari Limbah Botol Plastik HDPE dan Pengaruhnya Terhadap Sifat - Sifat Mekanis Beton Ringan [skripsi]. Depok: Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
- Hatakeyama, T & Quinn, F.X. (1999). *Thermal Analysis Fundamentals and Applications to Polymer Science*. England: Jhon Wiley & Sons.
- K, Mazumdar S. (2002). Composite manufacturing: materials, product, and process engineering.
- Kementerian Kehutanan. (2010). Statistik kehutanan Indonesia tahun 2009. Jakarta.
- Kovo, Yael. (2015). Technology opportunity: Gas Sensors Based on Coated and Doped Carbon Nanotubes. NASA Ames Research Center. <https://www.nasa.gov/ames-partnerships/technology/technology-opportunity-gas-sensors-based-on-coated-and-doped-carbon-nanotubes>. Diakses 22 Agustus 2016.
- Lokantara, P. 2012. Analisis Kekuatan Impact Komposit Polyester – Serat Tapis Kelapa Dengan Variasi Panjang dan Fraksi Volume Serat yang Diberi perlakuan NaOH [skripsi]. Bali: Fakultas Teknik, Universitas Udayana.

- Nopriantina, Noni & Astuti. (2013). Pengaruh ketebalan serat pelepah pisang kepok (*musa paradisiaca*) terhadap sifat mekanik material komposit poliester-serat alam. *Jurnal Fisika Unand*, 2(3):195-203.
- Nurrani, Lis. Pemanfaatan batang pisang (*musa sp*) sebagai bahan baku papan serat dengan perlakuan termo-mekanis. Balai Penelitian Kehutanan. Manado.
- Pangajuanto, Teguh & Rahmidi, Tri. (2009). *Kimia 3 Untuk SMA/MA Kelas XII*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.
- Pasaribu, R.D. 2012. Pembuatan Dan Pengujian Termal Komposit HDPE Dengan Serat Eceng Gondok [skripsi]. Jakarta: Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta.
- Pramono, Agus. (2008). Komposit Sebagai Trend Teknologi Masa Depan. *Jurnal Teknik Metalurgi & Material*. Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Banten.
- Rahman, H. 2006. Pembuatan Pulp dari Batang Pisang Uter (*Musa Paradisiaca Linn Van Uter*) Pascapanenan dengan Proses Soda [skripsi]. Yogyakarta: Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada.
- Schutle, Karl & Lacroix, F.V. (2014). Comprehensive Composite Material: Polymer Matrix Composites. *Jurnal Technical University Hamburg*, 2(7):231-248.
- Siburian, Rikson A.F. & Simbolon, Tua Raja. (2008). *Polimer: Ilmu Material*. Medan. USU Press.
- Sitepu, I.W. 2009. Pengaruh Konsentrasi Maleat Anhidrat Terhadap Derajat Grafting Maleat Anhidrat Pada HDPE dengan Inisiator Benzoil Peroksida [skripsi]. Medan: FMIPA, USU.
- Smallman, R.E. & R.J. Bishop. (2000). *Metalurgi Fisik Modern dan Rekayasa Material*. Jakarta: Erlangga.
- Surdia, Tata & Saito, Shinroku. (1999). *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: Pradya Paramita.
- Wagner, Paul. (2014). Carbon Nanotubes : Small Structures with Big Promise. Defense Systems Information Analysis Center. https://www.dsiac.org/resources/dsiac_journal/fall-2014/carbon-nanotubes-small-structures-big-promise. Diakses 22 Agustus 2016.
- Yulianto, Brian. (2005). Carbon Nanotube, Material Ajaib Primadona Teknologi Nano. <http://www.nano.lipi.go.id/utama.cgi?cetakartikel&1073086044>. Diakses 10 Desember 2016.

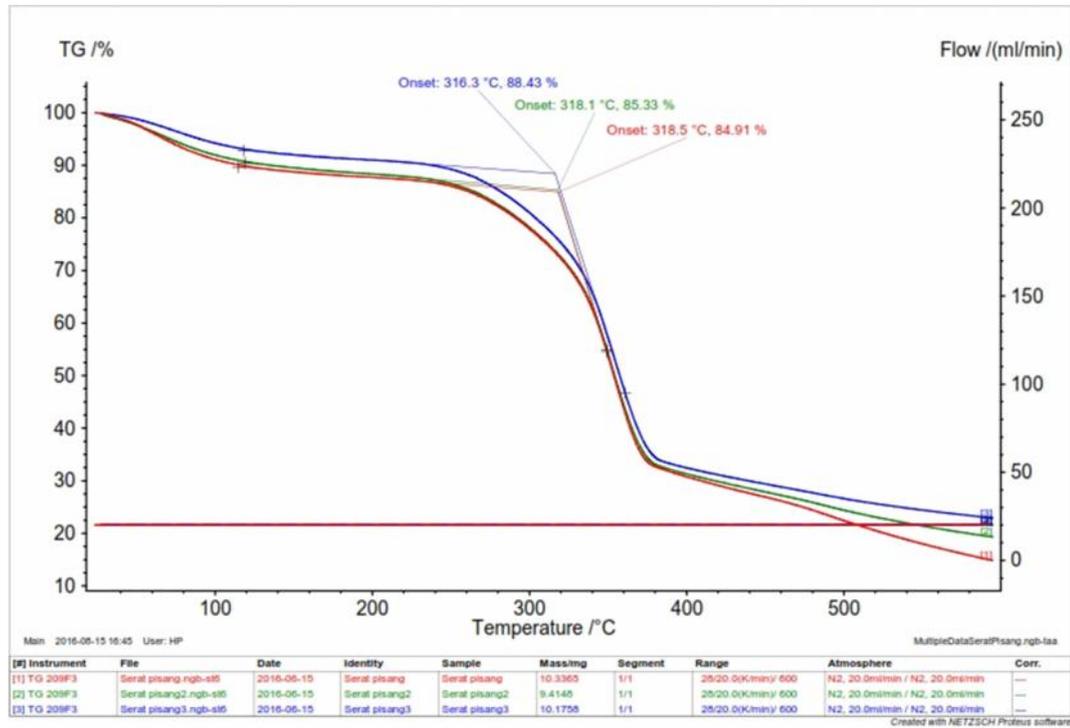
LAMPIRAN 1

Komposit yang Dihasilkan



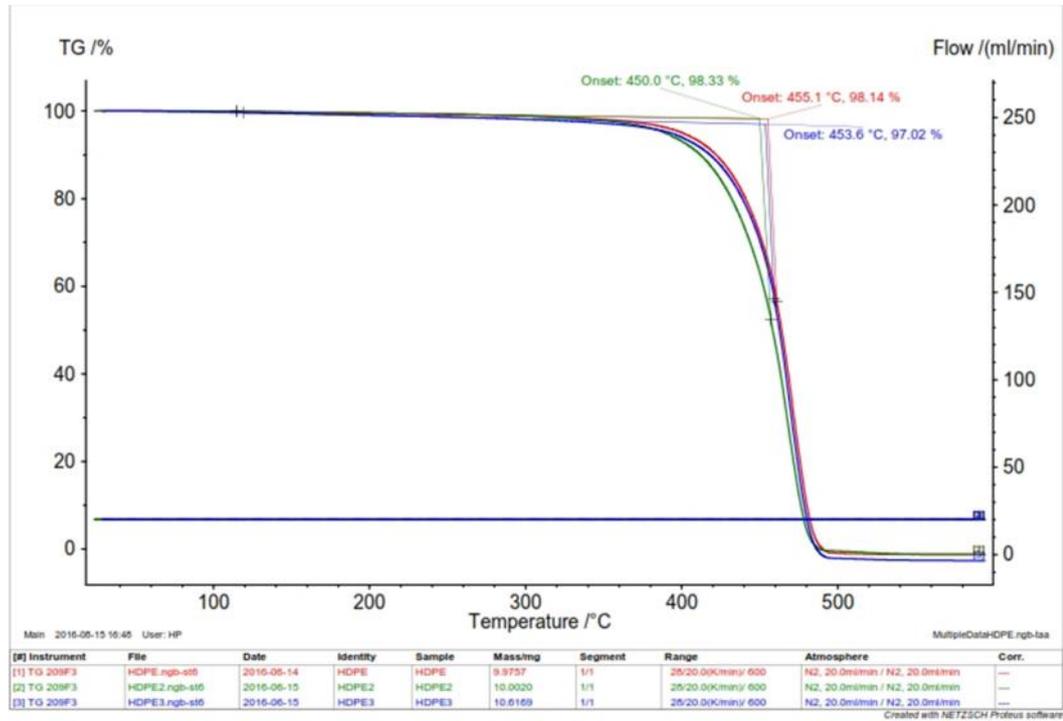
LAMPIRAN 2

Kurva Hasil Uji Termal Serat Batang Pisang



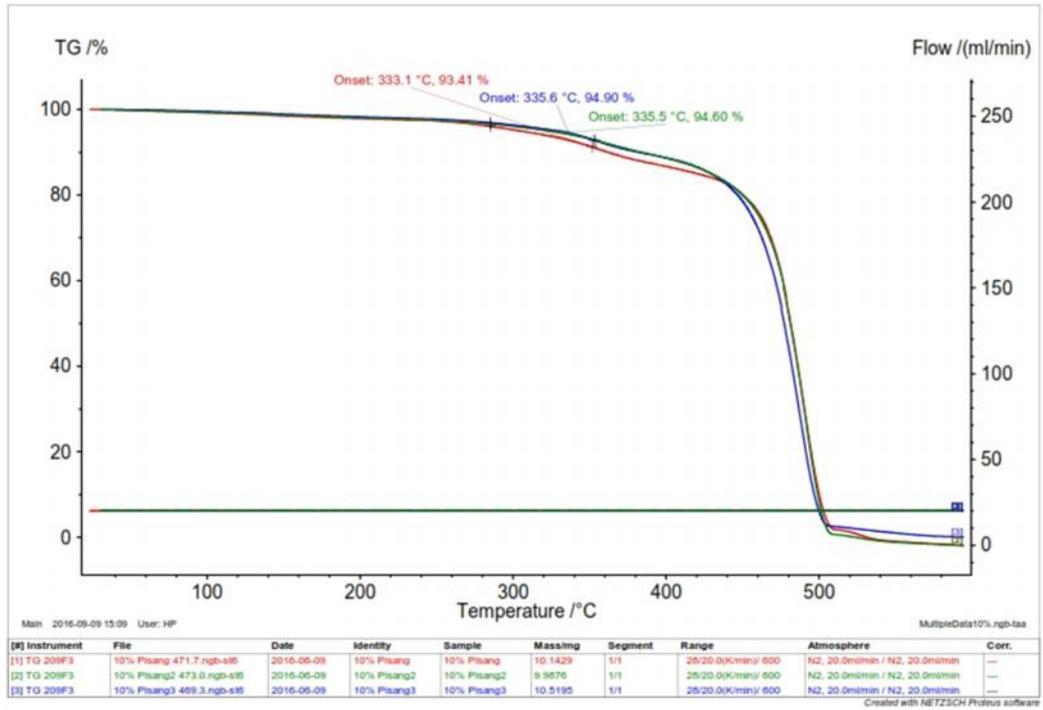
LAMPIRAN 3

Kurva Hasil Uji Termal HDPE



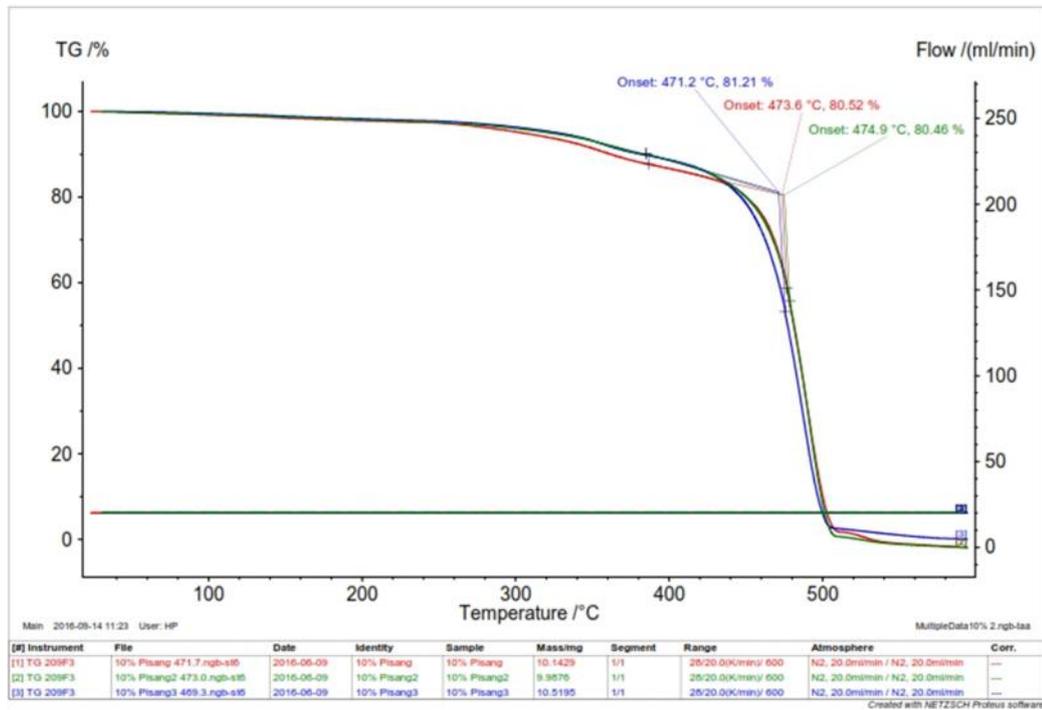
LAMPIRAN 4

Kurva Hasil Uji Termal Sampel 1 (Serat B. Pisang 10%)



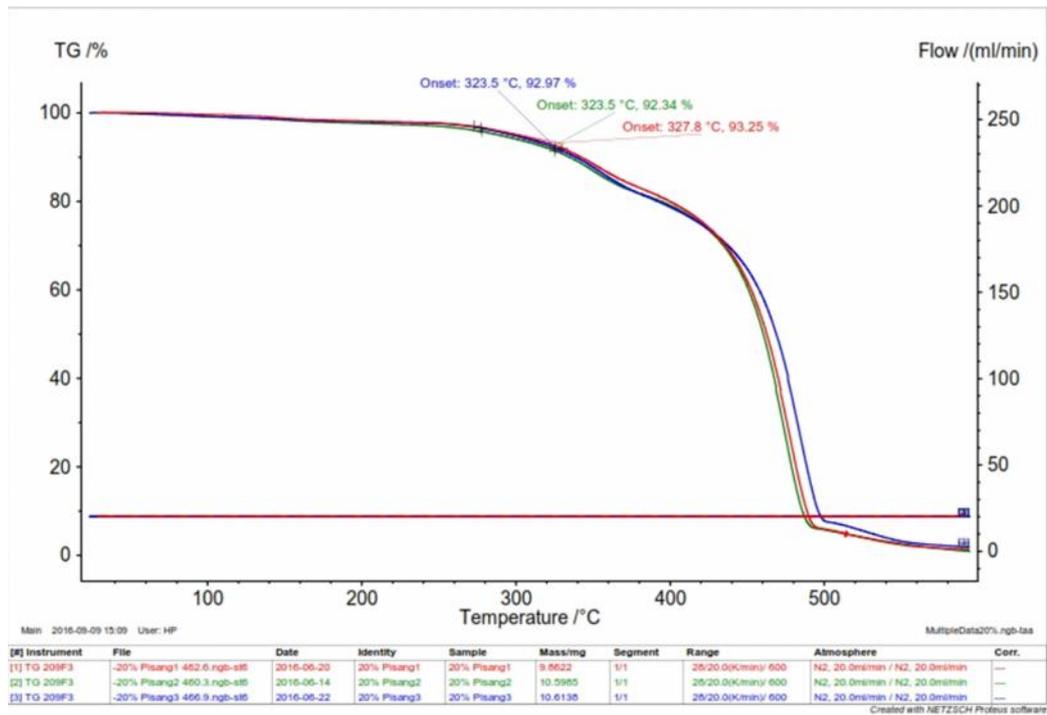
LAMPIRAN 5

Kurva Hasil Uji Termal Sampel 1 (Serat B. Pisang 10%)



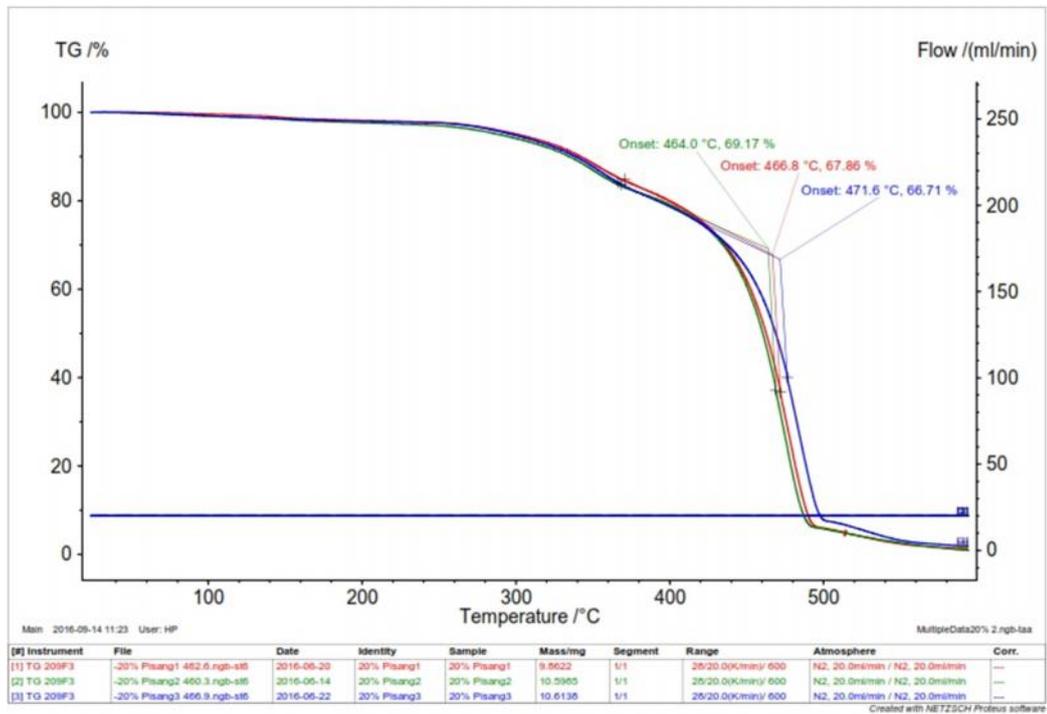
LAMPIRAN 6

Kurva Hasil Uji Termal Sampel 2 (Serat B. Pisang 20%)



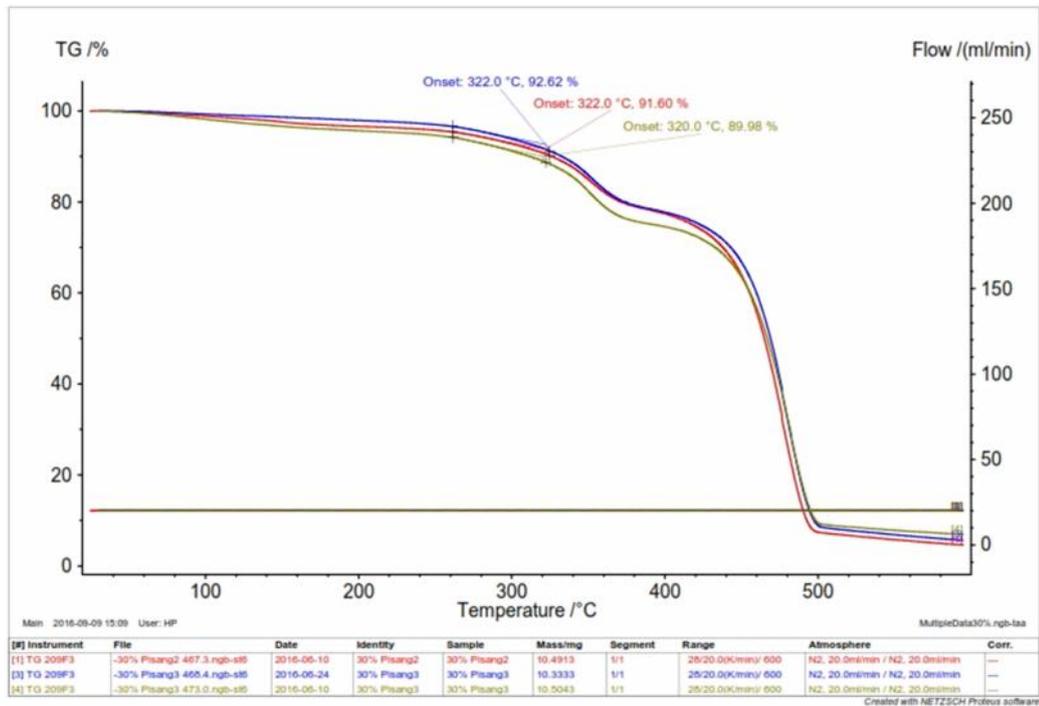
LAMPIRAN 7

Kurva Hasil Uji Termal Sampel 2 (Serat B. Pisang 20%)



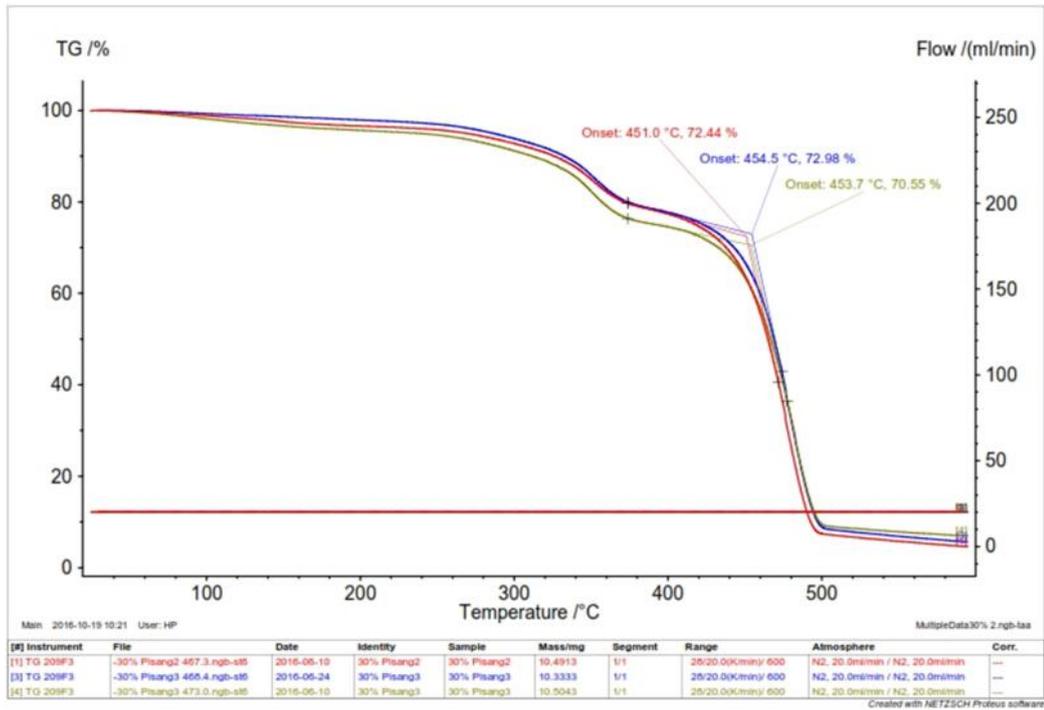
LAMPIRAN 8

Kurva Hasil Uji Termal Sampel 3 (Serat B. Pisang 30%)



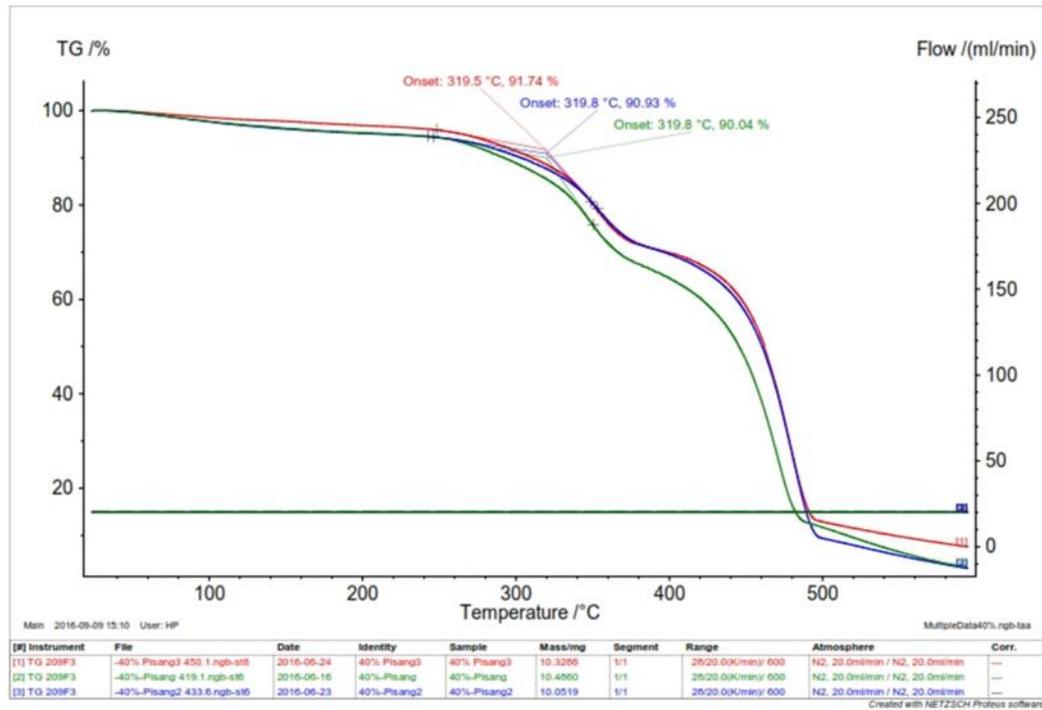
LAMPIRAN 9

Kurva Hasil Uji Termal Sampel 3 (Serat B. Pisang 30%)



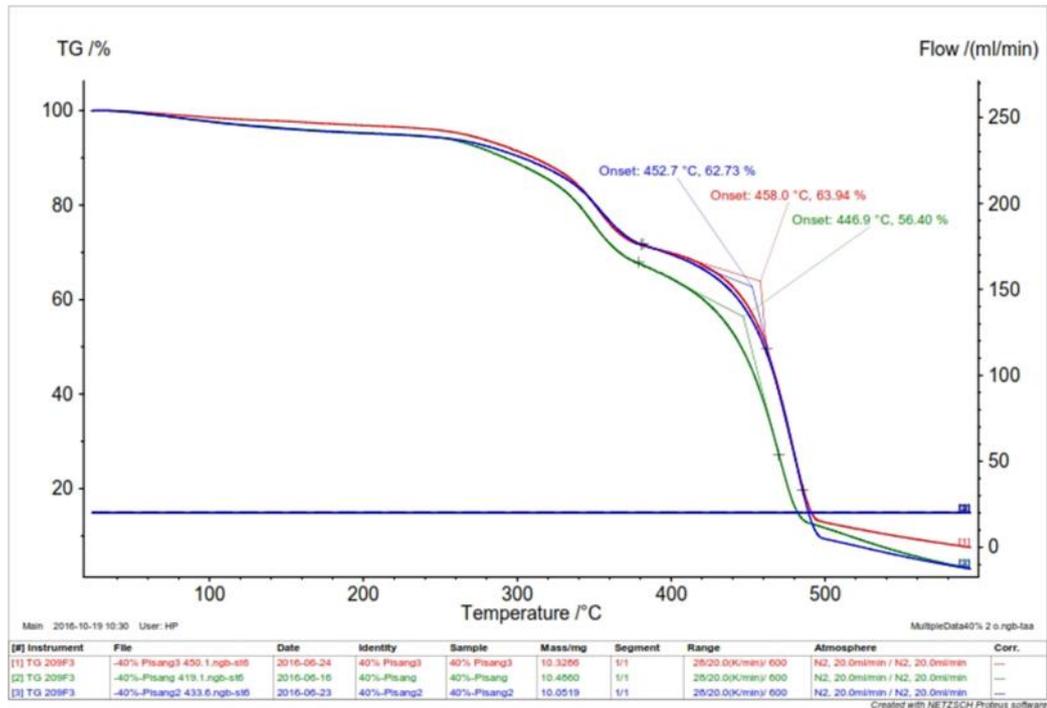
LAMPIRAN 10

Kurva Hasil Uji Termal Sampel 4 (Serat B. Pisang 40%)



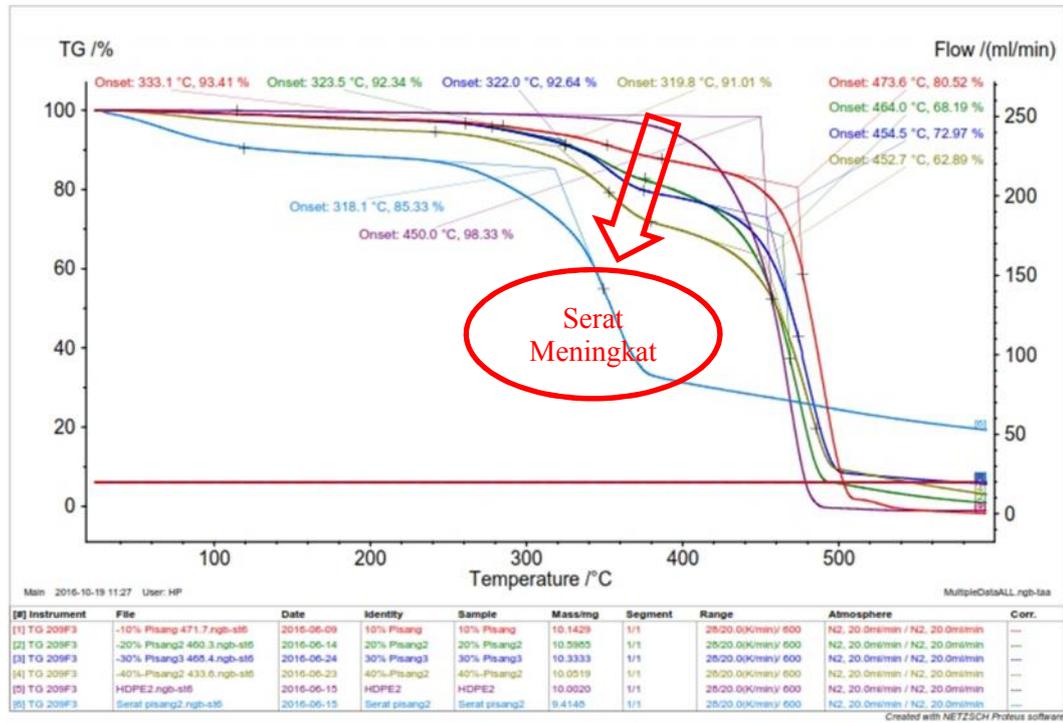
LAMPIRAN 11

Kurva Hasil Uji Termal Sampel 4 (Serat B. Pisang 40%)



LAMPIRAN 12

Kurva Hasil Uji Termal Semua Sampel



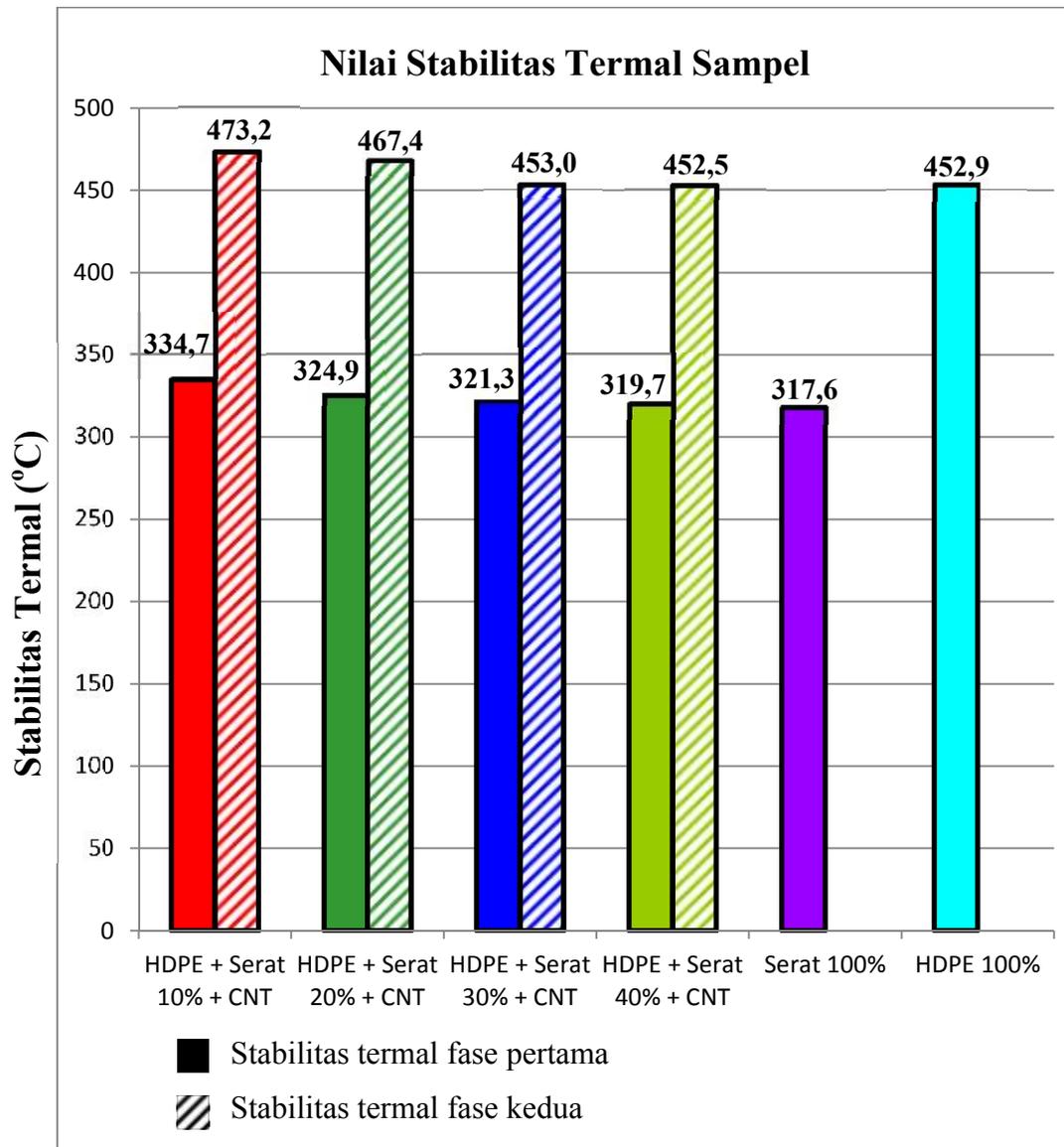
LAMPIRAN 13

Data Nilai Stabilitas Termal Sampel

No	Nama Sampel	Warna	Nilai Stabilitas Termal fase 1 (°C)	Nilai Stabilitas Termal fase 2 (°C)
1	HDPE + Serat 10% + CNT		334,7 ^{±1} _σ °C	473,2 ^{±2} _σ °C
2	HDPE + Serat 20% + CNT		324,9 ^{±1} _σ °C	467,4 ^{±1} _σ °C
3	HDPE + Serat 30% + CNT		321,3 ^{±1} _σ °C	453,0 ^{±1} _σ °C
4	HDPE + Serat 40% + CNT		319,7 ^{±1} _σ °C	452,5 ^{±1} _σ °C
5	Serat 100%		317,6 ^{±1} _σ °C	-
6	HDPE 100%		452,9 ^{±1} _σ °C	-

LAMPIRAN 14

Diagram Nilai Stabilitas Termal Sampel



RIWAYAT HIDUP



Febriandri lahir di Utan Kayu, Matraman, Jakarta Timur pada tanggal 23 Februari 1993. Anak pertama dari tiga bersaudara, anak dari pasangan bapak Anrizal dan ibu Endrianis. Beralamat di perumahan villa bekasi indah 1, blok E1/03, RT 07 RW 012, Mangunjaya, Tambun Selatan, Kab. Bekasi, Jawa Barat.

Pendidikan formal yang di tempuh adalah Taman Kanak - kanak Cendekia, lulus pada tahun 1999, melanjutkan ke Sekolah Dasar Negeri (SDN) Mangunjaya 05, lulus pada tahun 2005, melanjutkan ke Sekolah Menengah Pertama Negeri (SMPN) 03 Tambun Selatan, Kemudian melanjutkan ke Sekolah Menengah Kejuruan Negeri (SMKN) 01 Cikarang Barat, setelah itu melanjutkan ke program studi Strata Satu (S1) Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta (UNJ).

Penulis juga aktif dalam dunia organisasi, baik yang di internal kampus maupun eksternal kampus. Di dalam kampus penulis aktif di organisasi FSI Al – Biruni priode 2011 – 2014 sebagai staf kaderisasi, BEM jurusan Teknik Mesin priode 2011 – 2013 sebagai staf kaderisasi, BEM Fakultas Teknik priode 2013 – 2014 sebagai wakil kepala departemen Pemberdayaan Sumber Daya Manusia (PSDM), BEM Universitas Negeri Jakarta priode 2014 – 2015 sebagai staf Departemen Dalam Negeri (DAGRI). Sedangkan di luar kampus penulis aktif di organisasi Remaja Masjid Al – Istiqomah (RISMATIQ) dari tahun 2010 – sekarang.

Pengalaman kerja yang dimiliki adalah Praktek Kerja Lapangan (PKL) di PT. Setia Guna Sejati di bagian Quality Control, PT. Toyota Motor Manufacturing Indonesia (TMMIN) di bagian casting dan Praktek Keterampilan Mengajar (PKM) di Sekolah Menengah Kejuruan Negeri (SMKN) 1 Bekasi.