

TUGAS AKHIR – TL184834

**ANALISA KARAKTERISASI SIFAT KIMIA, TERMAL DAN MEKANIS
BAHAN LIMBAH PADAT DARI PT. X**

PRAYUDI NOVEM INSANI PANGARIBUAN
NRP. 02511540000103

Dosen Pembimbing
Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si., Ph.D.
NIP. 197801132002121003

Program Studi Teknik Material
Departemen Teknik Material dan Metalurgi
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2022



TUGAS AKHIR – TL184834

ANALISA KARAKTERISASI SIFAT KIMIA, TERMAL DAN MEKANIS BAHAN LIMBAH PADAT DARI PT. X

PRAYUDI NOVEM INSANI PANGARIBUAN
NRP. 02511540000103

Dosen Pembimbing
Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si., Ph.D.
NIP. 197801132002121003
Dr. Eng. Hosta Ardhyanta, S.T., M.Sc.
NIP. 19801207200501104

Program Studi Teknik Material
Departemen Teknik Material dan Metalurgi
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2022

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



FINAL PROJECT – TL184834

**ANALYSIS CHARACTERIZATION OF CHEMICAL,
THERMAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF SOLID
WASTE MATERIALS FROM PT. X**

PRAYUDI NOVEM INSANI PANGARIBUAN
NRP. 02511540000103

Advisor

Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si., Ph.D.
NIP. 197801132002121003

Dr. Eng. Hosta Ardhyanta, S.T., M.Sc.
NIP. 19801207200501104

Study Program of Materials Engineering
Departement of Materials and Metallurgical Engineering
Faculty of Industrial Technology and Systems Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2022

(This page is intentionally blank)

LEMBAR PENGESAHAN


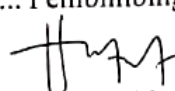

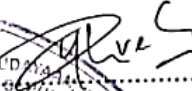
ANALISA KARAKTERISASI SIFAT KIMIA, TERMAL DAN MEKANIS BAHAN LIMBAH PADAT DARI PT. X

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat
memperoleh gelar Sarjana Teknik pada
Program Studi S-1 Teknik Material
Departemen Teknik Material dan Metalurgi
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh : **PRAYUDI NOVEM INSANI PANGARIBUAN**
NRP. 02511540000103

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si., Ph.D.  Pembimbing
2. Dr. Eng. Hosta Ardhyanta, S.T., M.Sc.  Ko-Pembimbing
3. Diah Susanti, S.T.,M.T.,PhD.  Penguji
4. Amaliya Rasyida, S.T.,M.Sc.  Penguji



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

APPROVAL SHEET


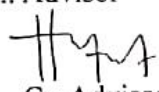

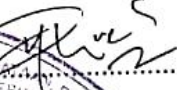
ANALYSIS CHARACTERIZATION OF CHEMICAL, THERMAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF SOLID WASTE MATERIALS FROM PT. X

FINAL PROJECT

Submitted to fulfill one of the requirements
for obtaining a degree of bachelor of engineering at
Undergraduate Study Program of Materials Engineering
Department of Materials and Metallurgical Engineering
Faculty of Industrial Technology and Systems Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

By : **PRAYUDI NOVEM INSANI PANGARIBUAN**
NRP. 02511540000103

Approved by Final Project Examiner Team :

1. Sigit Tri Wicaksono, S.Si.,M.Si.,PhD.  Advisor
2. Dr. Eng. Hosta Ardhyananta, S.T., M.Sc.  Co-Advisor
3. Diah Susanti, S.T., M.T., PhD.  Examiner
4. Amaliya Rasyida, S.T., M.Sc.  Examiner



SURABAYA
July, 2022

(This page is intentionally blank)

PERNYATAAN ORISINALITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama mahasiswa / NRP : Prayudi Novem Insani Pangaribuan
02511540000103
Departemen : Teknik Material dan Metalurgi FTIRS-ITS
Dosen Pembimbing : Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si., Ph.D. /
197801132002121003

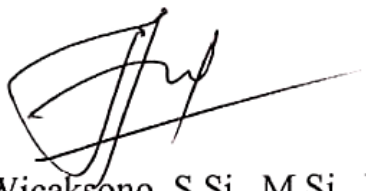
Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan judul “ANALISA KARAKTERISASI SIFAT KIMIA, TERMAL DAN MEKANIS BAHAN LIMBAH PADAT DARI PT. X” adalah hasil karya sendiri, bersifat orisinal, dan ditulis dengan mengikuti kaidah penulisan ilmiah.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan yang berlaku di Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, 8 Juli 2022

Mengetahui

Dosen Pembimbing



(Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si., Ph.D.)
NIP. 197801132002121003

Mahasiswa



(Prayudi N. I. Pangaribuan)
NRP. 02511540000103

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

STATEMENT OF ORIGINALITY

The undersigned below:

Name of student / NRP : Prayudi Novem Insani Pangaribuan /
02511540000103
Departement : Teknik Material dan Metalurgi FTIRS-ITS
Advisor / NIP : Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si., Ph.D. /
197801132002121003

Hereby declare that the Final Project with the title of “ANALYSIS CHARACTERIZATION OF CHEMICAL, THERMAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF SOLID WASTE MATERIALS FROM PT. X” is the result of my own work, is original, and is written by following the rules of scientific writing.

If in the future there is a discrepancy with this statement, then I am willing to accept sanctions in accordance with the provisions that apply at Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Surabaya, 8th July 2022

Acknowledged

Advisor



(Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si., Ph.D.)
NIP. 19801207200501104

Student



(Prayudi N. I. Pangaribuan)
NRP. 02511540000103

(This page is intentionally blank)

ANALISA KARAKTERISASI SIFAT KIMIA, TERMAL DAN MEKANIS BAHAN LIMBAH PADAT DARI PT. X

Nama Mahasiswa / NRP : Prayudi Novem Insani Pangaribuan / 02511540000103
Departemen : Teknik Material dan Metalurgi-ITS
Dosen Pembimbing : Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si., Ph.D.

ABSTRAK

Pada dunia industri dalam menjalankan proses bisnis perusahaan sangat banyak dijumpai limbah seperti kertas kardus dan plastik bekas khususnya pada setiap perusahaan yang besar seperti industri makanan dan minuman. Di dalam aktifitas produksi makanan dan minuman, penggunaan kertas dan plastik sebagai kemasan dan pembungkus makanan masih sangat banyak digunakan. Karena jumlah yg begitu banyak dan kemasan dari pabrik yang pada umumnya hanya digunakan untuk satu kali pemakaian, sehingga setelah selesai dipakai kemasan tersebut menjadi limbah yang dapat langsung dibuang ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Untuk pengelolaan limbah kertas dan kardus yang sering dijumpai pada saat ini yaitu dimanfaatkan menjadi Art Paper dan sering juga digunakan menjadi kerajinan tangan seperti keranjang sampah, vas bunga, tempat pensil, kartu ucapan, tas, dan lain sebagainya. Limbah kertas juga terdiri dari berbagai jenis di antaranya, kertas tulis, majalah, koran, karton atau pun pembungkus makanan. Sedangkan limbah sejenis plastik, pengolahannya masih sulit dilakukan. Maka dari itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakterisasi material limbah padat agar dapat dilakukan daur ulang dan pengolahan yang lebih maksimal. Dan dari penelitian ini didapatkan hasil pengujian karakteristik dari tiga buah bahan limbah padat pada PT. X dengan tiga jenis pengujian. Dari uji FTIR didapatkan hasil bahwa pada limbah kertas kardus 59.77% teridentifikasi sebagai senyawa selafon, pada limbah kemasan plastik 92.51% teridentifikasi polipropilen isotaktik, dan pada limbah kemasan metalized 94.15% teridentifikasi senyawa polietilen. Dari hasil uji TGA pada limbah padat PT. X, dapat disimpulkan bahwa, sampel kertas kardus mengalami 2 kali dekomposisi di rentang suhu 25°C-70°C, dan 250°C-550°C. Pada sampel kemasan plastik terjadi 2 kali dekomposisi di rentang suhu 80°C-100°C, dan 350°C-450°C. Dan pada kemasan metalized terjadi 1 kali dekomposisi pada rentang suhu 260°C-480°C. Dari hasil uji tarik, dapat didapatkan hasil bahwa, sampel kertas kardus horizontal memiliki kekuatan tarik maksimum sebesar sebesar 2.64 N/mm², dengan nilai elongasi sebesar 25.32 %, dan nilai modulus young sebesar 25.37 N/mm² dan pada sampel kertas kardus vertikal memiliki kekuatan tarik maksimum sebesar sebesar 1.93 N/mm², dengan nilai elongasi sebesar 25.32 %, dan nilai modulus young sebesar 28.05 N/mm². Pada sampel kemasan plastik memiliki kekuatan tarik maksimum sebesar 16.66 N/mm², dengan nilai elongasi sebesar 6.66 %, dan nilai modulus young sebesar 895.77 N/mm². Pada sampel kemasan metalized memiliki kekuatan tarik maksimum sebesar 22.56 N/mm², dengan nilai elongasi sebesar 25.32 %, dan nilai modulus young sebesar 543.46 N/mm².

Kata Kunci: *Limbah padat, Karakterisasi Material, FTIR, TGA, Uji Tarik*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

ANALYSIS CHARACTERIZATION OF CHEMICAL, THERMAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF SOLID WASTE MATERIALS FROM PT. X

Student Name / NRP : Prayudi Novem Insani Pangaribuan/02511540000103
Departement : Materials and Metallurgical Engineering-ITS
Advisor : Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si., Ph.D.

ABSTRACT

In the industrial world, in carrying out the company's business processes, there is a lot of waste such as cardboard and used plastic, especially in large companies such as the food and beverage industry. In food and beverage production activities, the use of paper and plastic as food packaging and wrapping is still very widely used. Due to the large number and packaging from the factory which are generally only used for one time use, so that after completion of use the packaging becomes waste that can be directly disposed of in the Final Disposal Site (TPA). For the management of paper and cardboard waste, which are often found today, they are used as Art Paper and are often also used for handicrafts such as waste baskets, flower vases, pencil cases, greeting cards, bags, and so on. Paper waste also consists of various types including writing paper, magazines, newspapers, cardboard or food wrapping. Meanwhile, plastic waste is still difficult to process. Therefore, this study was conducted to determine the characterization of solid waste materials so that they can be recycled and processed more optimally. And from this study, the results of characteristic testing of three materials were obtained with three types of tests. From the FTIR test, it was found that 59.77% of cardboard waste was identified as cellophane compounds, 92.51% of plastic packaging waste was identified as isotactic polypropylene, and 94.15% of metalized packaging waste identified polyethylene compounds. From the results of the TGA test on solid waste PT. X, it can be concluded that the cardboard samples underwent 2 decompositions in the temperature range of 25°C-70°C, and 250°C-550°C. In plastic packaging samples, decomposition occurred 2 times in the temperature range of 80°C-100°C, and 350°C-450°C. And in metalized packaging, decomposition occurs once in a temperature range of 260°C-480°C. From the tensile test results, it can be seen that the horizontal cardboard paper sample has a maximum tensile strength of 2.64 N/mm², with an elongation value of 25.32%, and a Young's modulus value of 25.37 N/mm² and the vertical cardboard sample has a tensile strength. maximum of 1.93 N/mm², with an elongation value of 25.32 %, and the value of Young's modulus of 28.05 N/mm². The plastic packaging sample has a maximum tensile strength of 16.66 N/mm², with an elongation value of 6.66%, and a Young's modulus of 895.77 N/mm². The metalized packaging sample has a maximum tensile strength of 22.56 N/mm², an elongation value of 25.32 %, and a Young's modulus of 543.46 N/mm².

Keywords: *Solid waste, Material Characterization, FTIR, TGA, Tensile Test*

(This page is intentionally blank)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	iii
ABSTRAK	xiii
ABSTRACT	xv
DAFTAR ISI	xvii
DAFTAR GAMBAR	xix
DAFTAR TABEL	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	1
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	2
2 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Limbah.....	3
2.1.1 Limbah Cair.....	3
2.1.2 Limbah Padat.....	3
2.1.3 Limbah Gas	6
2.1.4 Limbah Suara.....	6
2.2 Karakteristik Material Penelitian Sebelumnya.....	6
2.2.1 Contoh Hasil Uji FTIR	6
2.2.2 Contoh Hasil Uji TGA.....	7
2.2.3 Contoh Hasil Uji Tarik	9
3 BAB III METODOLOGI PENELITIAN	11
3.1 Diagram Alir.....	11
3.2 Bahan dan Peralatan Pengujian	12
3.2.1 Bahan Uji.....	12
3.2.2 Peralatan Pengujian	13
3.3 Metode Penelitian.....	14
3.4 Pengujian	14
3.4.1 Uji <i>FTIR</i>	14
3.4.2 Uji <i>TGA</i>	14
3.4.3 Uji Tarik	15
4 BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	17
4.1 Analisis FTIR (<i>Fourier Transform Infrared</i>).....	17
4.1.1 Analisis Hasil FTIR Sampel Kertas Kardus	17
4.1.2 Analisis Hasil FTIR Sampel Kemasan Plastik	19
4.1.3 Analisis Hasil FTIR Sampel Kemasan Metalized.....	20
4.2 Analisis TGA (<i>Thermo Gravimetric Analysis</i>).....	22
4.2.1 Analisis Hasil TGA Sampel Kertas Kardus	22
4.2.2 Analisis Hasil TGA Sampel Kemasan Plastik.....	22
4.2.3 Analisis Hasil TGA Sampel Kemasan Metalized.....	23
4.3 Analisis Uji Tarik (<i>Tensile Test</i>)	23
4.3.1 Analisis Hasil Uji Tarik Kertas Kardus	24
4.3.2 Analisis Hasil Uji Tarik Kemasan Plastik	25
4.3.3 Analisis Hasil Uji Tarik Kemasan Metalized	26
5 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	29
DAFTAR PUSTAKA	31

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	<i>A-Single Wall, B-Double Wall, C-Triple Wall</i>	5
Gambar 2.2	<i>Spectrum of a pure polyvinylchloride (PVC)</i>	6
Gambar 2.3	<i>FT-IR spectrum of the PET sample</i>	6
Gambar 2.4	<i>(A) FTIR spectrum of styrene and polystyrene after in situ sonochemical polymerization, (B) zoom on aromatic zone and (C) C of vinyl group signal</i>	7
Gambar 2.5	<i>FTIR spectra of neat HDPE and HDPE-g-Si with a peak indicated around 1090, which shows SiA₂OCH₃ groups</i>	7
Gambar 2.6	<i>TGA of pure HDPE and HDPE/10% SSP blends with and</i>	8
Gambar 2.7	<i>Thermogram of TGA curves of PET and products.</i>	8
Gambar 2.8	<i>TGA curves of PVC, D-PVC and M-PVC.</i>	8
Gambar 2.9	<i>TGA curves of neat polystyrene and PS/Magnesia composites</i>	9
Gambar 2.10	<i>Kurva standar hasil uji tarik</i>	9
Gambar 2.11	<i>Stress-strain curves for polystyrene (PS) and polyethylene</i>	9
Gambar 2.12	<i>Tensile strength and tensile modulus of polyvinyl chloride/bamboo particles</i>	10
Gambar 2.13	<i>Stress-strain curves for different kinds of polymers,</i>	10
Gambar 3.1	<i>Diagram Alir Penelitian</i>	11
Gambar 3.2	<i>Sampel Kertas Kardus</i>	12
Gambar 3.3	<i>Sampel Kemasan Plastik</i>	12
Gambar 3.4	<i>Sampel Kemasan Metalized</i>	12
Gambar 3.5	<i>Alat Uji FTIR</i>	13
Gambar 3.6	<i>Alat Uji TGA</i>	13
Gambar 3.7	<i>Alat uji tarik</i>	13
Gambar 3.8	<i>Prinsip Kerja FTIR</i>	14
Gambar 3.9	<i>Skema Uji TGA</i>	15
Gambar 3.10	<i>Kurva hubungan gaya tarik dengan panjang regangan</i>	15
Gambar 3.11	<i>Sampel uji tarik ASTM E8</i>	16
Gambar 3.12	<i>Sampel uji tarik plastik SII 0431-81</i>	16
Gambar 4.1	<i>Hasil Uji FTIR pada sampel kertas kardus</i>	18
Gambar 4.2	<i>Persentase kecocokan hasil uji FTIR pada sampel kertas kardus</i>	19
Gambar 4.3	<i>Hasil Uji FTIR pada sampel kemasan plastik</i>	19
Gambar 4.4	<i>Persentase kecocokan hasil uji FTIR pada sampel kemasan plastik</i>	20
Gambar 4.5	<i>Hasil Uji FTIR pada sampel kemasan metalized</i>	21
Gambar 4.6	<i>Persentase kecocokan hasil uji FTIR pada sampel kemasan metalized</i>	21
Gambar 4.7	<i>Grafik TGA Sampel Kertas Kardus</i>	22
Gambar 4.8	<i>Grafik TGA Sampel Kemasan Plastik</i>	22
Gambar 4.9	<i>Grafik TGA Sampel Kemasan Metalized</i>	23
Gambar 4.10	<i>Kurva perbandingan stress vs strain dari seluruh sampel bahan (lampiran)</i>	24
Gambar 4.11	<i>Diagram perbandingan stress strain pada sampel kertas kardus horizontal</i>	24
Gambar 4.12	<i>Diagram perbandingan stress strain pada sampel kertas kardus vertikal</i>	25
Gambar 4.13	<i>Grafik perbandingan stress dan strain pada sampel kemasan plastik.....</i>	26
Gambar 4.14	<i>Grafik perbandingan stress dan strain pada sampel kemasan metalized</i>	26

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kode Plastik dan Jenis Penggunaanya (Shanti, 2016).....	4
Tabel 4.1 Daerah ikatan kimia pada FTIR.....	17
Tabel 4.2 Daerah Serapan Infra Merah Sampel Kertas Kardus.....	18
Tabel 4.3 Daerah Serapan Infra Merah Sampel Kemasan Plastik.....	20
Tabel 4.4 Daerah Serapan Infra Merah Sampel Kemasan Metalized.....	21
Tabel 4.5 Data hasil pengujian tarik kertas kardus horizontal.....	25
Tabel 4.6 Data hasil pengujian tarik kertas kardus vertikal.....	25
Tabel 4.7 Data Hasil Pengujian Tarik Kemasan Plastik.....	26
Tabel 4.8 Data Hasil Pengujian Tarik Kemasan Metalized.....	27

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Lingkungan adalah tempat hidup semua makhluk yang ada di bumi, khususnya manusia. Lingkungan adalah faktor terbesar dalam mempengaruhi derajat kesehatan, sehingga menjaga lingkungan merupakan tanggung jawab masyarakat. Peran masyarakat sangat penting dalam menjaga lingkungan, sebab masyarakat dituntut mampu menyelesaikan permasalahan menyangkut lingkungan hidupnya. Salah satu permasalahan lingkungan hidup adalah tentang kebersihan. Kebersihan adalah sebuah cerminan setiap individu dalam menjaga kesehatan. Kebersihan merupakan suatu keadaan yang bebas dari segala kotoran, dan lain-lain yang dapat merugikan segala aspek yang menyangkut setiap kegiatan dan perilaku masyarakat. Untuk mewujudkan kebersihan lingkungan, dibutuhkan kesadaran dari masyarakat tentang pentingnya menjaga kebersihan. Sampah adalah suatu benda atau bahan yang sudah tidak digunakan lagi oleh manusia sehingga dibuang. Stigma masyarakat terkait sampah adalah semua sampah itu menjijikkan, kotor, dan lain-lain sehingga harus dibakar atau dibuang sebagaimana mestinya. Segala aktivitas masyarakat selalu menimbulkan sampah. Hal ini tidak hanya menjadi tanggung jawab pemerintah daerah akan tetapi juga dari seluruh masyarakat untuk mengolah sampah agar tidak berdampak negatif bagi lingkungan sekitar.

Salah satu sumber sampah yaitu limbah. Limbah berdasarkan bentuk dan wujudnya dibagi menjadi 4 yaitu limbah cair, limbah padat, limbah gas dan limbah suara. Pada penelitian kali ini limbah yang digunakan adalah limbah padat. Menurut UU Nomor 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah, limbah padat didefinisikan sebagai sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat. Kemudian berdasarkan pada Istilah Lingkungan untuk Manajemen, Ecolink 1996, limbah padat merupakan suatu bahan yang terbuang atau dibuang dari sumber hasil aktivitas manusia maupun proses alam yang belum memiliki nilai ekonomis. Dengan demikian, limbah padat merupakan sisa/hasil kegiatan manusia, yang berbentuk organik dan anorganik yang dapat membahayakan lingkungan sehingga diperlukan pengelolaan dan pengolahan yang baik. Limbah Padat dapat dihasilkan dari berbagai jenis kegiatan seperti pemukiman, perkantoran, industri, sekolah, pasar, dan fasilitas umum lainnya..

Pada dunia industri dalam menjalankan proses bisnis Perusahaan sangat banyak dijumpai limbah seperti kertas kardus dan plastik bekas khususnya pada setiap perusahaan yang besar seperti industri makanan dan minuman. Di dalam aktifitas produksi makanan dan minuman, penggunaan kertas dan plastik sebagai kemasan dan pembungkus makanan masih sangat banyak digunakan. Karena jumlah yg begitu banyak dan kemasan dari dari pabrik yang pada umumnya hanya digunakan untuk satu kali pemakaian, sehingga setelah selesai dipakai kemasan tersebut menjadi limbah yang dapat langsung dibuang ke Tempat Pembuangan Akhir (TPA). Untuk pengelolaan limbah kertas dan kardus yang sering dijumpai pada saat ini yaitu dimanfaatkan menjadi Art Paper dan sering juga digunakan menjadi kerajinan tangan seperti keranjang sampah, vas bunga, tempat pensil, kartu ucapan, tas, dan lain sebagainya. Limbah kertas juga terdiri dari berbagai jenis di antaranya, kertas tulis, majalah, koran, karton atau pun pembungkus makanan. Sedangkan limbah sejenis plastik, pengolahannya masih sulit dilakukan. Maka dari itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakterisasi material limbah padat agar dapat dilakukan daur ulang dan pengolahan yang lebih maksimal.

1.2 Perumusan Masalah

Masalah yang terdapat dalam penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana karakteristik gugus fungsi material limbah padat dari PT X?
2. Bagaimana karakteristik dekomposisi material limbah padat dari PT X?
3. Bagaimana karakteristik kekuatan tarik material limbah padat dari PT X?

1.3 Batasan Masalah

Untuk mendapat hasil yang sesuai dengan referensi yang ada serta tidak menyimpang dari permasalahan yang akan ditinjau, maka terdapat batasan masalah yang perlu diperhitungkan, yaitu:

1. Tidak membahas tentang pengaplikasian hasil uji karakteristik
2. Pengujian TGA dilakukan menggunakan gas Nitrogen dengan rate peningkatan suhu sebesar 10°C/menit.
3. Rentang pengukuran TGA di bawah 600 °C
4. Hanya menguji material bahan dari 3 sampel limbah padat.

1.4 Tujuan Penelitian

Penelitian ini memiliki beberapa tujuan, yaitu :

1. Menganalisa karakteristik sifat kimia material limbah padat PT X
2. Menganalisa karakteristik sifat termal material limbah padat PT X
3. Menganalisa karakteristik sifat mekanis material limbah padat PT X

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat memberikan referensi kepada pihak pabrik industri atau pihak yang akan melakukan penelitian selanjutnya dalam menganalisis karakteristik limbah padat agar potensi untuk diolah kembali atau dikembangkan untuk kegunaan lainnya.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Limbah

Berdasarkan Peraturan Pemerintah No. 18/1999, limbah didefinisikan sebagai sisa atau buangan dari suatu usaha dan atau kegiatan manusia. Limbah buangan industri maupun rumah tangga (domestik), yang tidak terpakai dapat berdampak negatif terhadap masyarakat jika tidak dikelola dengan baik. (Isnani, 2020).

Berdasarkan wujudnya limbah dibagi menjadi:

2.1.1 Limbah Cair

Menurut Peraturan Pemerintah RI No. 82 tahun 2001 tentang pengelolaan kualitas air dan pengendalian pencemaran air menjelaskan pengertian dari limbah yaitu sisa dari suatu hasil usaha dan atau kegiatan yang berwujud cair. Pengertian limbah cair lainnya adalah sisa hasil buangan proses produksi atau aktivitas domestik yang berupa cairan. Limbah cair dapat berupa air beserta bahan-bahan buangan lain yang tercampur (tersuspensi) maupun terlarut dalam air. Contoh dari limbah cair adalah rembesan dan luapan, aliran curah hujan, limbah cair domestik dan limbah cair industri.

2.1.2 Limbah Padat

Limbah padat adalah sisa hasil kegiatan industri ataupun aktivitas domestik yang berbentuk padat. Contoh dari limbah padat diantaranya yaitu: kertas, plastik, serbuk besi, serbuk kayu, kain, dll. Limbah padat dapat diklasifikasi sebagai berikut:

Limbah padat adalah sisa hasil kegiatan industri ataupun aktivitas domestik yang berbentuk padat. Contoh dari limbah padat diantaranya yaitu: kertas, plastik, serbuk besi, serbuk kayu, kain, dll. Limbah padat dapat diklasifikasikan sebagai berikut

1. Limbah Organik

Limbah organik yaitu limbah padat yang mudah membusuk atau dapat terurai mikroorganisme. Contohnya yaitu: Sisa makanan, sisa dapur, sampah sayuran, kulit buah-buahan, dan limbah makhluk hidup semi basah lainnya.

2. Limbah Anorganik

Limbah anorganik yaitu limbah padat anorganik atau organik cukup kering yang sulit terurai oleh mikroorganisme, sehingga sulit membusuk. Contohnya yaitu: selulosa, kertas, plastik, kaca, logam.

a. Plastik

Kemasan plastik mendominasi industri makanan di Indonesia dan kemasan luwes (fleksibel) menempati porsi 80%. Jumlah plastik yang digunakan untuk mengemas, menyimpan dan membungkus makanan mencapai 53% khusus untuk kemasan luwes, sedangkan kemasan kaku sudah mulai banyak digunakan untuk minuman. Beberapa nama plastik yang umum digunakan adalah HDPE (High Density Polyethylene), LDPE (Low Density Polyethylene), PP (Polypropylene), PVC (Polyvinyl chloride), PS (Polystyrene), dan PC (Polycarbonate). PE (Polyethylene) dan PP mempunyai banyak kesamaan dan sering disebut sebagai polyolefin.

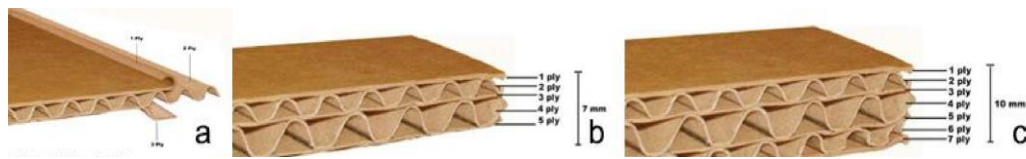
Dari segi penggunaannya dan tingkat daur ulangnya, plastik dibagi lagi menjadi beberapa jenis yang dimuat dalam kode pengelompokan, dan dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kode Plastik dan Jenis Penggunaanya (Shanti, 2016)

Nomor Kode	Jenis Plastik	Keterangan
	PET, PETE (<i>Polyethylene Terephthalate</i>)	<ul style="list-style-type: none"> · Bersifat jernih dan transparan, kuat, tahan pelarut, kedap gas dan air, melunak pada suhu 80°C. · Biasanya digunakan untuk botol minuman, minyak goreng, kecap, sambal, obat. · Tidak untuk air hangat apalagi panas. · Untuk jenis ini, disarankan hanya untuk satu kali penggunaan dan tidak untuk mewadahi pangan dengan suhu >60°C
	HDPE (High Density <i>Polyethylene</i>)	<ul style="list-style-type: none"> · Bersifat keras hingga semifleksibel, terhadap bahan kimia dan kelembaban, dapat ditembus gas, permukaan berkilin, buram, mudah diwarnai, diproses dan dibentuk, melunak pada suhu 75°C. · Biasanya digunakan untuk botol susu cair, jus, minuman, wadah es krim, kantong belanja, obat, tutup plastik. · Disarankan hanya untuk satu kali penggunaan karena jika digunakan berulang kali dikhawatirkan bahan penyusunnya lebih mudah bermigrasi ke dalam pangan.
	PVC (<i>Polyvinyl chloride</i>)	<ul style="list-style-type: none"> · Plastik ini sulit didaur ulang. · Bersifat lebih tahan terhadap senyawa kimia. · Biasanya digunakan untuk botol kecap, botol sambal, baki, plastic pembungkus. · Plastik jenis ini sebaiknya tidak untuk mewadahi pangan yang mengandung lemak/minyak, alkohol dan dalam kondisi panas.
	LDPE (Low Density <i>Polyethylene</i>)	<ul style="list-style-type: none"> · Bahan mudah diproses, kuat, fleksibel, kedap air, tidak jernih tetapi tembus cahaya, melunak pada suhu 70°C. · Biasanya digunakan untuk botol madu, wadah yoghurt, kantong kresek, plastik tipis. · Plastik ini sebaiknya tidak digunakan kontak langsung dengan pangan

b. Kertas Karton

Kertas merupakan produk dengan ukuran tipis yang dihasilkan oleh serat alami yang mengandung selulosa dan hemiselulosa dari bubur kayu. Kertas baru digunakan untuk berbagai jenis sesuai karakter kebutuhannya. Secara umum, kertas dibedakan menjadi 3 jenis, yaitu kertas coated, kertas semi-coated dan kertas uncoated serta kertas koran.



Gambar 2.1 A-Single Wall, B-Double Wall, C-Triple Wall
(Martiyadi Nurhidayat, 2021)

Pada Gambar 2.1 menampilkan bahwa bahan single wall terdiri dari tiga bagian kertas (3 ply), bahan karton ini biasanya dipakai untuk packing barang elektronik, mainan, makanan,minuman, layer/pembatas, dll. Bahan double wall terdiri dari tujuh bagian kertas (7 ply) dengan ketebalan 7 mm, bahan karton ini biasanya dipakai untuk packing barang elektronik, mainan, makanan,minuman, baju, dll. Bahan Tripple wall terdiri dari sepuluh bagian kertas (10 ply) dengan ketebalan 10 mm, bahan karton ini biasanya dipakai untuk *packing* barang-barang yang berat seperti pakaian untuk *export*.

c. Metalized

Kemasan fleksibel yang digunakan di industri pangan saat ini tidak hanya dikombinasi antara berbagai macam plastik saja, melainkan kombinasi antara berbagai plastik dengan aluminium yang biasa disebut dengan kemasan fleksibel berbasis metalized film.

Aplikasi kemasan fleksibel berbasis metalized film umumnya digunakan untuk mengemas produk pangan kering, seperti wafer, biskuit, kopi bubuk, sereal, dan permen. Jenis makanan tersebut membutuhkan kualitas barrier kemasan yang baik agar terlindungi dari perpindahan uap air. Sehubungan dengan banyaknya jenis kemasan fleksibel berbasis metalized film di pasaran saat ini, maka perlu dilakukan penelitian mengenai kualitas barrier kemasan fleksibel berbasis metalized film. Namun, untuk beberapa jenis kemasan fleksibel tersebut masih belum diketahui kualitas perlindungannya terhadap produk, sehingga dikhawatirkan umur simpan produk kemasan tidak sesuai dengan yang diinginkan.

i. *Surface layer*

Surface layer, berfungsi sebagai *printability* dan *marketability*; contohnya: *Biaxially Polyethylene terephthalate (BOPET) film*, *Biaxially Oriented Polypropylene (BOPP) film*, *Nylon film*, dan *paper*.

ii. *Bulk layer*

Bulk layer, berfungsi sebagai perekat dan melindungi dari keretakan atau celah yang berakibat kepada rusaknya produk; contohnya: *Polyethylene (PE)*, *Polypropylene (PP)*, dan adesif.

iii. *Barrier layer*

Barrier layer, berfungsi untuk melindungi produk dari transmisi uap air dan oksigen ke dalam kemasan; contohnya: *Aluminium foil*, *Vacuum Metalized Polyethylene Terephthalate (VMPET) film*, *Vacuum Metalized Cast Polypropylene (VMCPP) film*, dan *Vacuum Metalized Oriented Polypropylene (VMOPP)*.

iv. *Sealant layer*

Sealant layer, berfungsi sebagai *sealing* antar plastik *film*; contohnya *Linear Low Density Polyethylene (LLDPE) film* dan *Cast Polypropylene film (CPP)*.

(Darti Nurani, 2016)

2.1.3 Limbah Gas

Limbah gas adalah limbah yang memanfaatkan udara sebagai media. Secara alami udara mengandung unsur-unsur kimia seperti O₂, N₂, NO₂, CO₂, H₂ dll. Penambahan gas ke udara yang melampaui kandungan udara alami akan menurunkan kualitas udara. Limbah gas yang dihasilkan berlebihan dapat mencemari udara serta dapat mengganggu kesehatan masyarakat. Zat pencemar melalui udara diklasifikasikan menjadi dua bagian yaitu partikel dan gas. Partikel adalah butiran halus dan masih mungkin terlihat dengan mata telanjang seperti uap air, debu, asap, kabut dan fume. Sedangkan pencemaran berbentuk gas hanya dapat dirasakan melalui penciuman (untuk gas tertentu) ataupun akibat langsung.

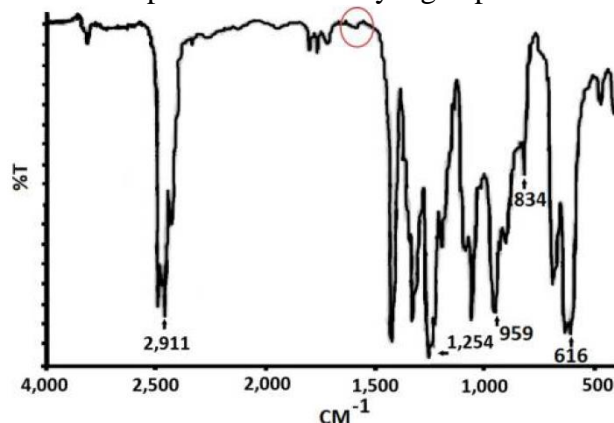
2.1.4 Limbah Suara

Limbah suara yaitu limbah yang berupa gelombang bunyi yang merambat di udara. Limbah suara dapat dihasilkan dari mesin kendaraan, mesin-mesin pabrik, peralatan elektronik dan sumber-sumber yang lainnya.

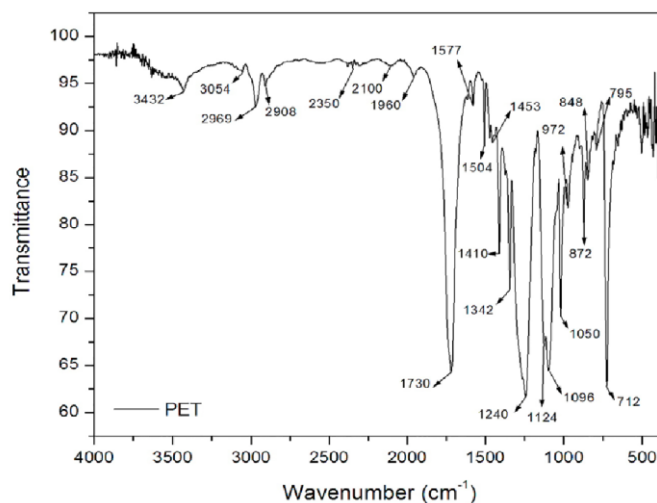
2.2 Karakteristik Material Penelitian Sebelumnya

2.2.1 Contoh Hasil Uji FTIR

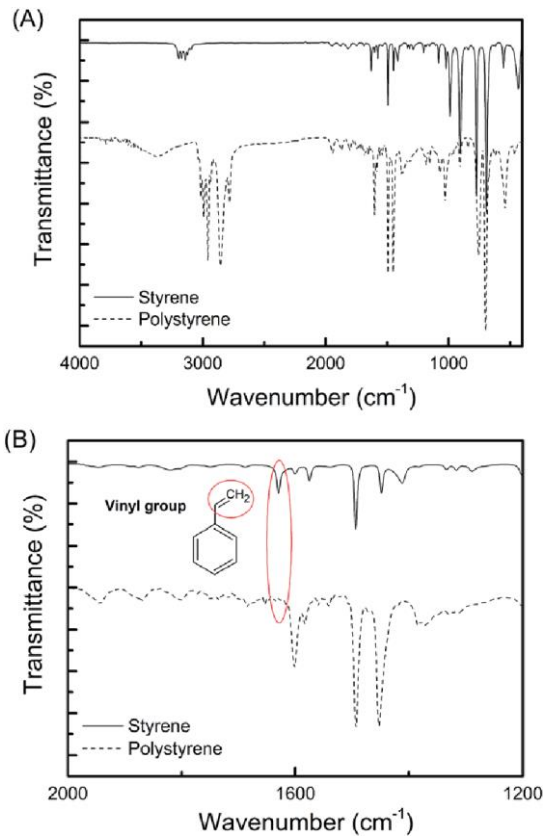
Hasil dari pengujian FTIR akan didapatkan berupa spektrum yang akan menunjukkan peak atau puncak intensitas dari setiap senyawa. Contoh dari spektrum hasil FTIR adalah spektrum FTIR PVC pada Gambar 2.2, spektrum PET pada Gambar 2.3, spektrum PS pada Gambar 2.4, dan spektrum HDPE pada Gambar 2.5 yang dapat dilihat sebagai berikut.



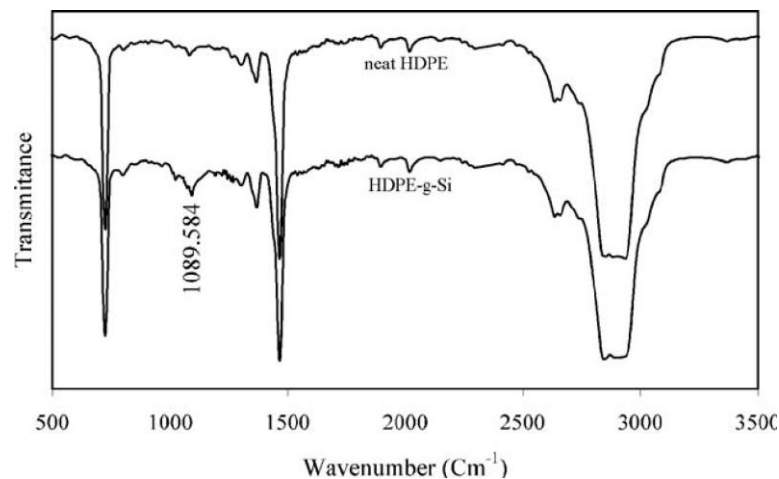
Gambar 2.2 Spectrum of a pure polyvinylchloride (PVC) (Anwar Ul-Hamid, 2015)



Gambar 2.3 FT-IR spectrum of the PET sample



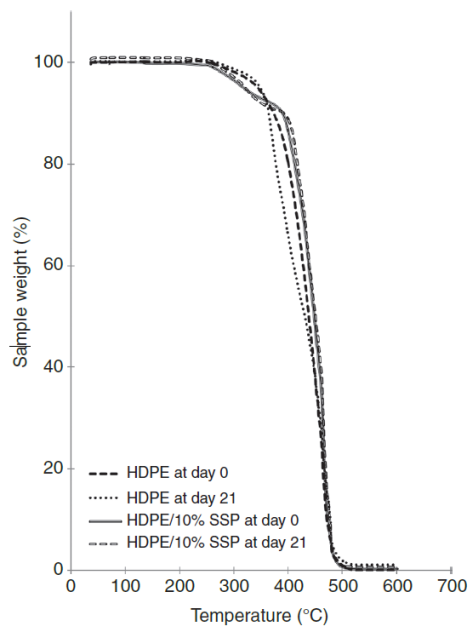
Gambar 2.4 (A) FTIR spectrum of styrene and polystyrene after in situ sonochemical polymerization, (B) zoom on aromatic zone and (C) C of vinyl group signal. (V. Herman)



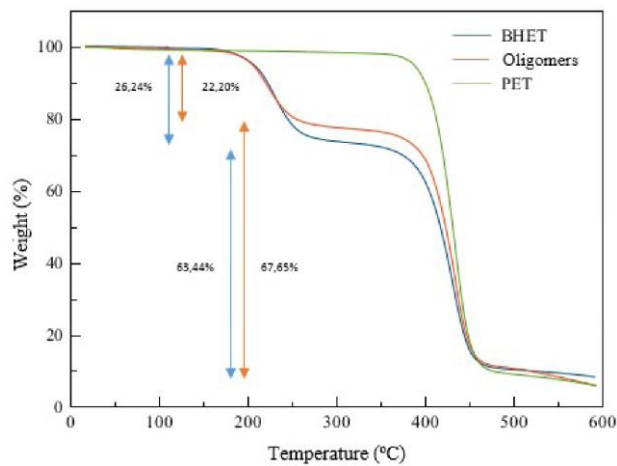
Gambar 2.5 FTIR spectra of neat HDPE and HDPE-g-Si with a peak indicated around 1090, which shows SiA OCH3 groups. (Ali Sharif-Pakdaman, 2011)

2.2.2 Contoh Hasil Uji TGA

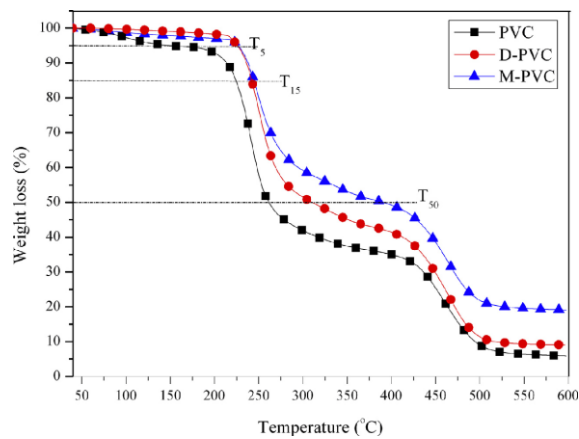
Hasil dari pengujian TGA akan didapatkan berupa grafik kurva yang akan menunjukkan perubahan atau proses dekomposisi dari suatu bahan material. Contoh dari spektrum hasil TGA adalah kurva TGA HDPE pada Gambar 2.6, kurva PET pada Gambar 2.7, kurva PVC pada Gambar 2.8, dan kurva PS pada Gambar 2.9 yang dapat dilihat sebagai berikut.



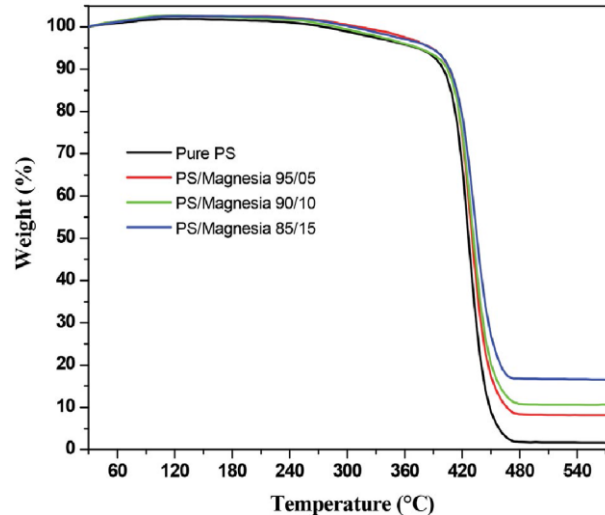
Gambar 2.6 TGA of pure HDPE and HDPE/10% SSP blends with and without exposure to oven aging (Sam Sung Ting*, 2015)



Gambar 2.7 Thermogram of TGA curves of PET and products. (Silva1, 2018)



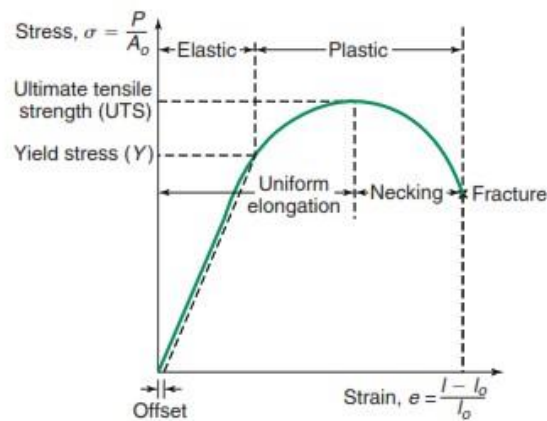
Gambar 2.8 TGA curves of PVC, D-PVC and M-PVC. (Chuayjuljit, 2015)



Gambar 2.9 TGA curves of neat polystyrene and PS/Magnesia composites

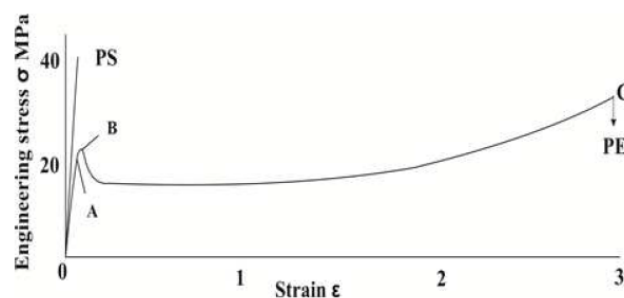
2.2.3 Contoh Hasil Uji Tarik

Hasil uji tarik akan didapatkan berupa grafik diagram yang akan menunjukkan perbandingan kekuatan tarik dan regangan suatu bahan material. Grafik yang dapat dilihat pada Gambar 2.10 ini merupakan kurva standar yang menunjukkan hubungan Antara gaya tarikan dan perubahan panjang suatu bahan.

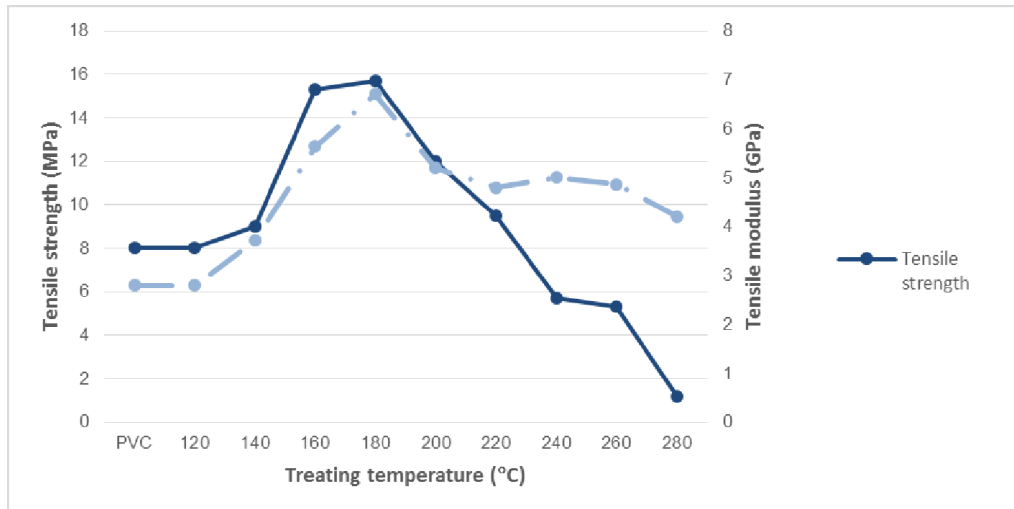


Gambar 2.10 Kurva standar hasil uji tarik

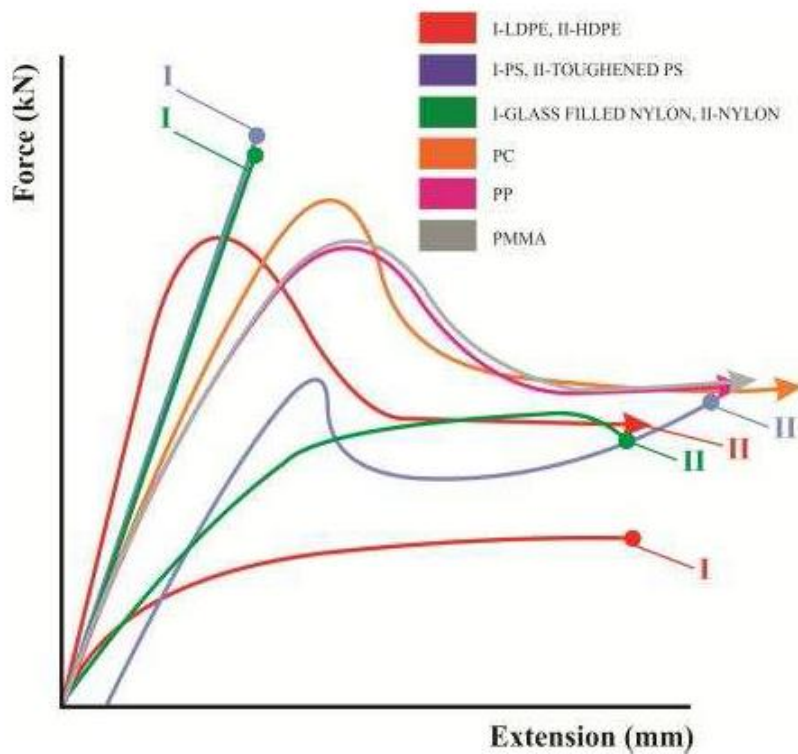
Contoh dari diagram hasil uji tarik adalah diagram PS PE pada Gambar 2.11, diagram PVC/BP pada Gambar 2.12, dan diagram beragam jenis polimer lainnya pada Gambar 2.13 yang dapat dilihat sebagai berikut.



Gambar 2.11 Stress-strain curves for polystyrene (PS) and polyethylene (Milisavljević, 2012)



Gambar 2.12 Tensile strength and tensile modulus of polyvinyl chloride/bamboo particles (PVC/BP) (Ain U. Md Shah, 2016)

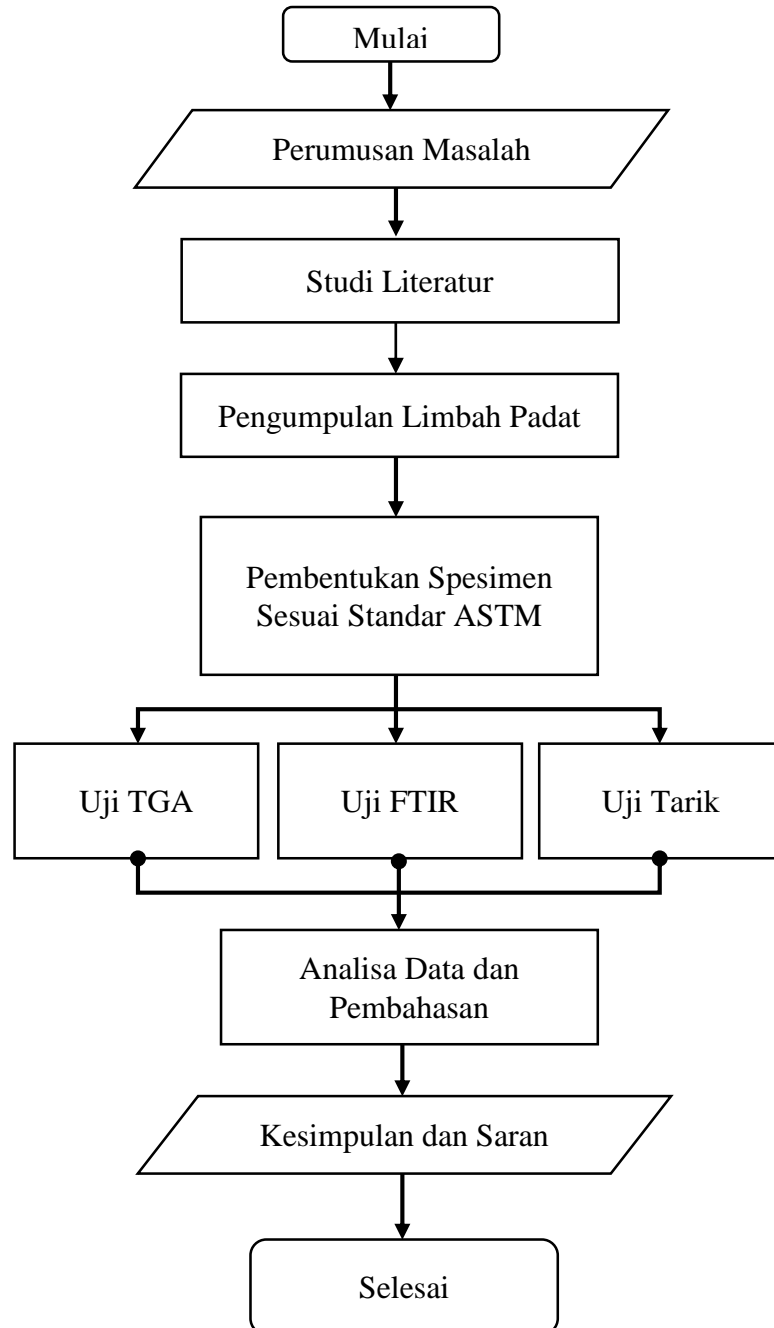


Gambar 2.13 Stress-strain curves for different kinds of polymers, to extension rate of 26 mm/min

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir

Adapun diagram alir penelitian yang digunakan ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Bahan dan Peralatan Pengujian

Dalam penelitian ini dibutuhkan peralatan dan bahan pegujian, perlengkapan tersebut antara lain sebagai berikut.

3.2.1 Bahan Uji

Bahan yang akan diuji dalam penelitian ini adalah:

1. Kertas Kardus

Berikut pada Gambar 3.2 adalah sampel kertas kardus yang akan diuji karakterisasi bahannya.



Gambar 3.2 Sampel Kertas Kardus

2. Kemasan Plastik

Berikut pada Gambar 3.3 adalah sampel kemasan plastik yang akan diuji karakterisasi bahannya.



Gambar 3.3 Sampel Kemasan Plastik

3. Kemasan Metalize

Berikut pada Gambar 3.4 adalah sampel kemasan metalized yang akan diuji karakterisasi bahannya.



Gambar 3.4 Sampel Kemasan Metalized

3.2.2 Peralatan Pengujian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Alat uji FTIR (*Fourier Transform Infrared*)

Alat uji FTIR yang digunakan pada laboratorium Departemen Teknik Material ITS dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Alat Uji FTIR

2. Alat uji TGA (*Thermal Gravimetri Analysis*)

Alat uji TGA yang digunakan pada laboratorium Energi dan Lingkungan ITS dapat dilihat pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Alat Uji TGA

3. Alat uji UTM (*Universal Testing Machine*)

Alat uji UTM yang digunakan pada laboratorium Departemen Teknik Material ITS dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Alat uji tarik

3.3 Metode Penelitian

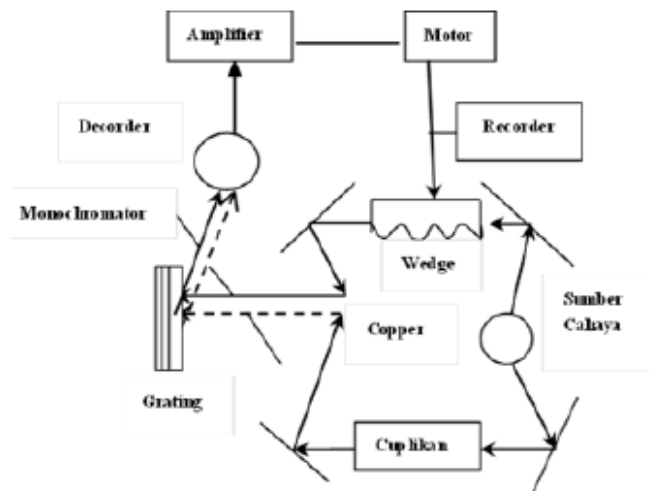
Untuk dapat melaksanakan penelitian, terlebih dahulu mempersiapkan bahan yang akan di uji. Bahan di dapat dari limbah padat milik PT. X berupa kertas kardus, kemasan plastik, dan kemasan metalized. Limbah atau bahan uji dipilah dan disiapkan sedemikian rupa sebelum dilakukan pengujian.

3.4 Pengujian

Setelah mempersiapkan bahan, maka dilakukan pengujian bahan. Jenis pengujian yang dilakukan adalah dengan menggunakan alat uji FTIR, alat uji TGA, dan alat uji tarik.

3.4.1 Uji FTIR

Cara kerja FTIR dapat dilihat pada Gambar 3.8.. Mula mula zat yang akan diukur diidentifikasi, berupa atom atau molekul. Sinar infra merah yang berperan sebagai sumber sinar dibagi menjadi dua berkas, satu dilewatkan melalui sampel dan yang lain melalui pembanding. Kemudian secara berturut-turut melewati chopper. Setelah melalui prisma atau grating, berkas akan jatuh pada detektor dan diubah menjadi sinyal listrik yang kemudian direkam oleh rekorder. Selanjutnya diperlukan amplififier bila sinyal yang dihasilkan sangat lemah.

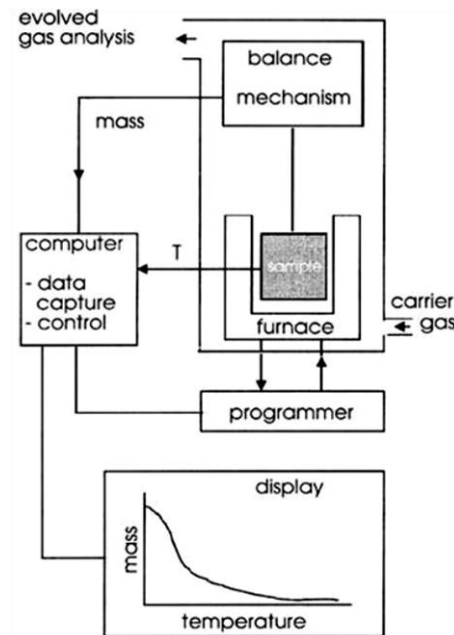


Gambar 3.8 Prinsip Kerja FTIR

3.4.2 Uji TGA

Pengujian TGA (*Thermo Gravimetric Analyzer*) digunakan untuk mengetahui kestabilan termal dari komposit. Hasil dari TGA berupa grafik dimana sumbu x ialah temperatur (0°C) sedangkan sumbu y ialah berat yang hilang (%).

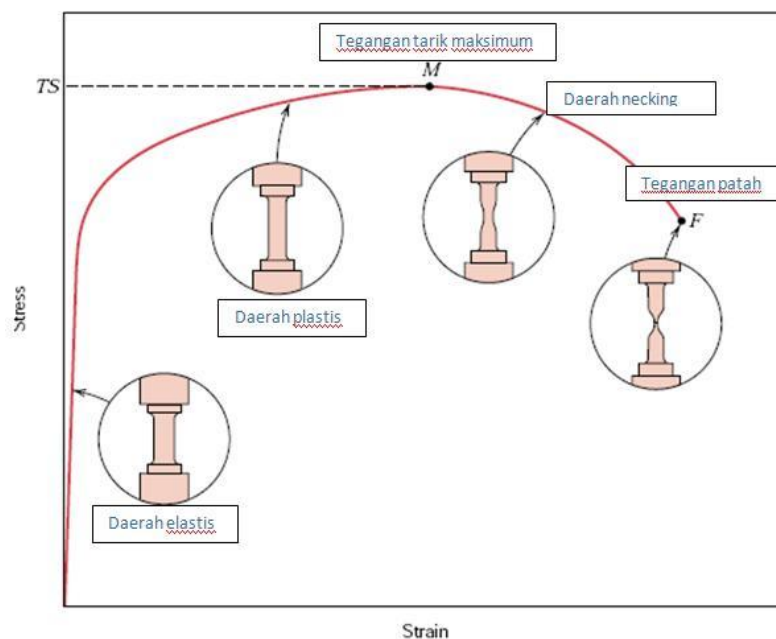
Pelaksanaan pengujian termal seperti pada Gambar 3.9 dilakukan dengan cara menempatkan sampel di atas meja putar yang ada di dalam tungku. Selanjutnya dilakukan pengisian data berat awal (input data) untuk masing-masing sampel ke dalam sistem komputer. Kondisi di dalam ruang tungku dialiri udara kering (dry air) dari tabung gas dengan kecepatan pengaliran tertentu. Program pengoperasian tungku berupa kecepatan pemanasan, range temperatur, dan pendinginan dilakukan dengan melalui input komputer. Analisis dilakukan dengan menaikkan suhu secara bertahap dan analisa berat terhadap suhu. Setelah data diperoleh, kurva operasi dismoothing dan dapat ditemukan titik-titik belok yang tepat. TGA dikenal sebagai metode dengan resolusi tinggi, sehingga sering digunakan untuk memperoleh akurasi yang lebih besar di daerah puncak kurva. Dalam metode ini, kenaikan suhu diperlambat sebagai meningkatkan berat-susut (weight-loss). Hal ini dilakukan agar didapat suhu yang tepat di mana puncak terjadi dan dapat diidentifikasi lebih akurat.



Gambar 3.9 Skema Uji TGA

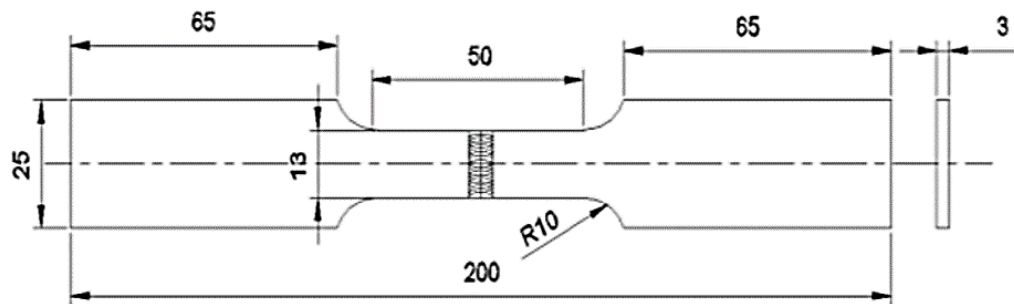
3.4.3 Uji Tarik

Uji tarik adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan/material dengan cara memberikan beban gaya yang berlawanan arah dalam satu garis lurus. Pengujian uji tarik digunakan untuk mengukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara lambat. Bila kita terus menarik suatu bahan (dalam hal ini suatu logam) sampai putus, kita akan mendapatkan profil tarikan yang lengkap yang berupa kurva seperti digambarkan pada Gambar 3.10. Kurva ini menunjukkan hubungan antara gaya tarikan dengan perubahan panjang. Profil ini sangat diperlukan dalam desain yang memakai bahan tersebut.

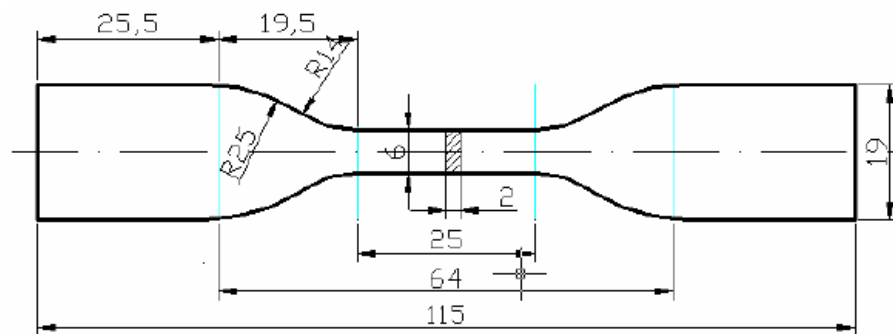


Gambar 3.10 Kurva hubungan gaya tarik dengan panjang regangan

Pada uji tarik, sampel pada umumnya akan dibentuk terlebih dahulu sebelum dilakukan pengujian. Bahan bisa langsung dibentuk atau dicacah terlebih dahulu kemudian dilebur dan dicetak kembali menjadi sampel uji dengan ukuran standar ASTM E8 seperti pada Gambar 3.11 atau standar SII 0431-81 seperti pada Gambar 3.12. Sampel didinginkan dari percetakan, dan pencetakan sampel plastik yang baik adalah dengan menggunakan tekan injeksi 5 sampai 7 bar dan dengan temperatur peleburannya 130°C-200°C sebagaimana rekomendasi dari hasil uji percobaan berulang.



Gambar 3.11 Sampel uji tarik ASTM E8



Gambar 3.12 Sampel uji tarik plastik SII 0431-81

BAB IV
ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Analisis FTIR (*Fourier Transform Infrared*)

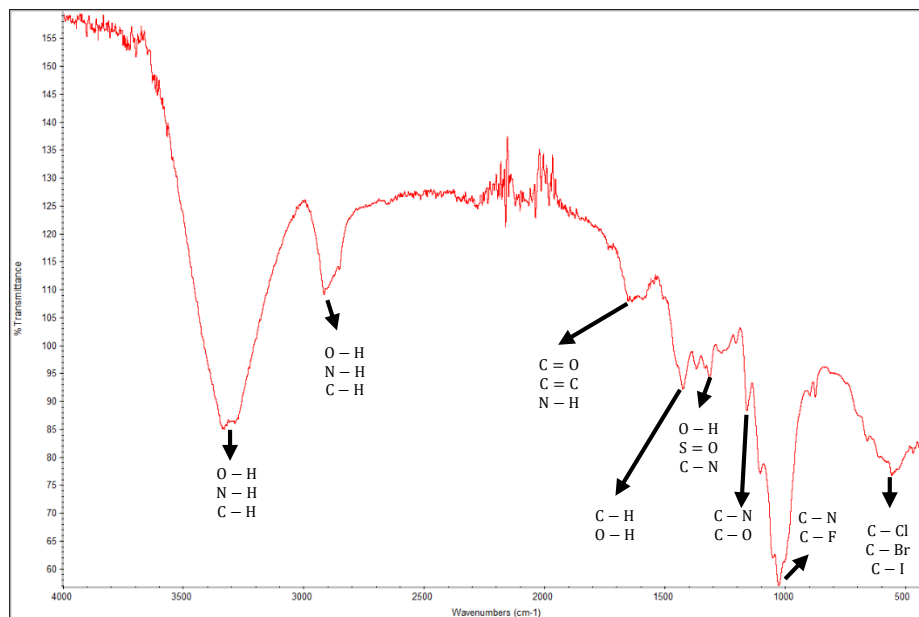
Dalam uji FTIR ini, masing masing sampel diuji dan dianalisa agar dapat menentukan peak dari tiap sampel dan mengidentifikasi gugus ikatan yang mengindikasikan sampel tersebut. Dari hasil uji FTIR akan didapatkan data perbandingan antara transmistansi (rasio intensitas) dan bilangan gelombang. Data tersebut kemudian dianalisa dengan standar FTIR seperti pada Tabel 4.1 yang berisi interval panjang gelombang dan jenis ikatan kimianya.

Tabel 4.1 Daerah ikatan kimia pada FTIR (instanano.com/characterization/reference/ftir-functional-group-search/)

Ikatan	Tipe Senyawa	Daerah Frekuensi (cm ⁻¹)	Intesitas
C – H	Alkana	2850 - 2970	Kuat
		1340 - 1470	Kuat
C – H	Alkena	3010 - 3095	Sedang
		675 - 995	
C – H	Alkuna	3300	Kuat
C – H	Cincin Aromatik	3010 - 3100	Sedang
		690 - 900	Kuat
O – H	Fenol, monomer alkohol	3590 - 3650	Berubah-ubah
	Alkohol ikatan hidrogen, fenol	3200 - 3600	Kadang Melebar
	Monomer asal karboksilat	3500 - 3650	Sedang
	Ikatan hidrogen asam karboksilat	2500 - 2700	Melebar
N – H	Amina, Amida	3300 - 3500	Sedang
C = C	Alkena	1610 - 1680	Berubah-ubah
C = C	Cincin Aromatik	1500 - 1600	Berubah-ubah
C ≡ C	Alkun	2100 - 2260	Berubah-ubah
C – N	Amina, Amida	1180 - 1360	Kuat
C ≡ N	Nitril	2210 - 2280	Kuat
S = O	Sulfon	1300 - 1350	Kuat
C – O	Alkohol, Eter, Ester, Asam Karboksilat	1050 - 1300	Kuat
C = O	Aldehid, Keton, Asam Karboksilat, Ester	1690 - 1760	Kuat
NO ₂	Senyawa Nitro	1500 - 1570	Kuat
		1300 - 1370	Kuat
C – F	Senyawa FluoroKarbon	1000 - 1400	Kuat
C – Cl	Senyawa Halogen	550 – 850	Kuat
C – Br	Senyawa Halogen	515 – 690	Kuat
C – I	Senyawa Halogen	500 - 600	Kuat

4.1.1 Analisis Hasil FTIR Sampel Kertas Kardus

Pada sebuah sampel kertas kardus, yang ukurannya telah disederhanakan dan dimasukkan ke mesin uji FTIR spektrofotometer, didapat hasil berupa grafik yang dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut.



Gambar 4.1 Hasil Uji FTIR pada sampel kertas kardus

Dari grafik hasil FTIR di atas, dapat dianalisis ikatan kimia yang terkandung dalam sampel kertas kardus. Dengan menyesuaikan nilai bilangan gelombang, yang paling menonjol berada pada setiap puncak grafik didata kembali pada Tabel 4.2 berikut.

Tabel 4.2 Daerah Serapan Infra Merah Sampel Kertas Kardus

Jenis Ikatan	Tipe Senyawa	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)
O – H stretching	Alkohol	
N – H stretching	Amina Sekunder	3331.20
C – H stretching	Alkana	
O – H stretching	Asam Karboksilat	
N – H stretching	Garam Amonium	2915.98
C – H stretching	Alkana	
C = O stretching	Amida	
C = C stretching	Alkena	1637.14
N – H stretching	Amina	
C – H bending	Alkana	
O – H bending	Asam Karboksilat	1425.68
O – H bending	Fenol	
S = O stretching	Sulfon	1315.13
C – N stretching	Amina Aromatik	
C – N stretching	Amina	
C – O stretching	Alkohol	1159.16
C – N stretching	Amina	
C – F stretching	FluoroKarbon	1027.04
C – Cl	Senyawa Halogen stretching	
C – Br		558.17
C – I		

Dengan melihat tabel standar FTIR, didapatkan hasil seperti yang tertera di Tabel 4.2 diatas. Dari hasil tersebut ada enam *peak* yang menonjol dibanding puncak lainnya. Peak

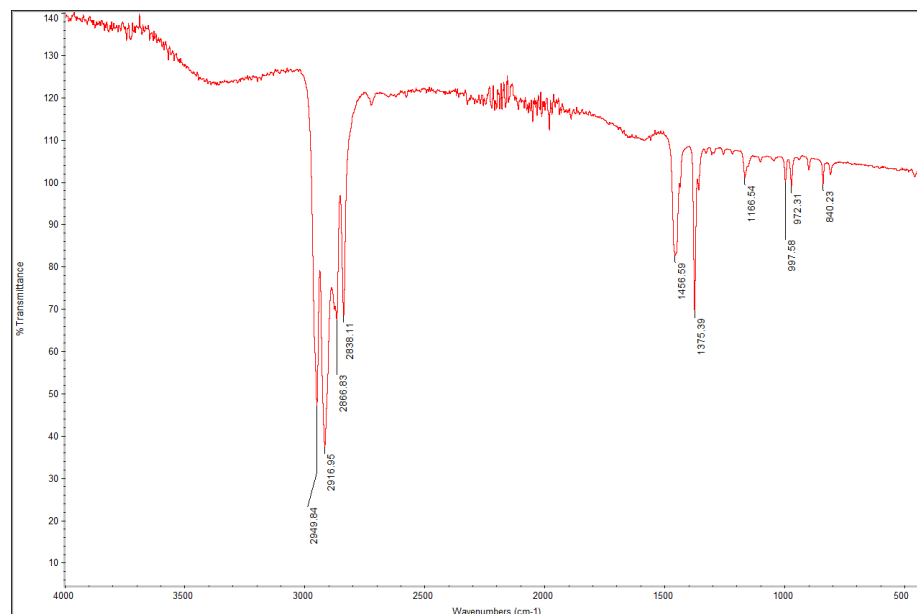
tersebut yakni yang berada pada bilangan gelombang 3331.20 cm^{-1} , 2915.98 cm^{-1} , 1637.14 cm^{-1} , 1425.68 cm^{-1} , 1027.04 cm^{-1} dan 558.17 cm^{-1} . Jenis ikatan yang teridentifikasi dari bilangan gelombang tersebut adalah ikatan ragangan O-H, regangan C-H, regangan N-H, regangan C=O, regangan C=C, bengkokan C-H, bengkokan O-H, regangan C-N, regangan C-F, dan regangan senyawa halogen (C-Cl, C-Br, C-I). Dan dari hasil uji FTIR tersebut dapat diidentifikasi dari Gambar 4.2 , bahwa nama senyawa yang paling cocok adalah *Cellophane* (kertas kaca), dengan persentase kecocokan hasil sebesar 59.77 %.

Index	Match	Compound name	Library
40	59.77	CELLOPHANE	Hummel Polymer Sample Library
82	54.88	Chipboard P40 10.7% N	HR Hummel Polymer and Additives
80	53.68	Chipboard K540 4.2% N	HR Hummel Polymer and Additives
81	52.69	Chipboard K540 2.9% N	HR Hummel Polymer and Additives
73	51.67	Chipboard w/ 3.6% methylene bis(phenylisocyanate)	HR Hummel Polymer and Additives
8	51.64	CELLOPHANE	Hummel Polymer Sample Library
103	51.20	Cellulose + lignin	HR Hummel Polymer and Additives
122	50.94	DEXTROSE MONOHYDRATE POWDER	Georgia State Crime Lab Sample Library
1078	50.68	Pullulan P800	HR Hummel Polymer and Additives
1079	50.62	Pullulan P2000	HR Hummel Polymer and Additives

Gambar 4.2 Persentase kecocokan hasil uji FTIR pada sampel kertas kardus

4.1.2 Analisis Hasil FTIR Sampel Kemasan Plastik

Pada sebuah sampel kemasan plastik, yang ukurannya telah disederhanakan dan dimasukkan ke mesin uji FTIR spektrofotometer, didapat hasil berupa grafik yang dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut.



Gambar 4.3 Hasil Uji FTIR pada sampel kemasan plastik

Dari grafik hasil FTIR di atas, dapat dianalisis ikatan kimia yang terkandung dalam sampel kemasan plastik. Dengan menyesuaikan nilai bilangan gelombang, yang paling menonjol berada pada setiap puncak grafik didata kembali pada Tabel 4.3 berikut.

Tabel 4.3 Daerah Serapan Infra Merah Sampel Kemasan Plastik

Jenis Ikatan	Tipe Senyawa	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)
C-H stretching	Alkana	2949.84
N-H stretching	Amina aromatik	2916.95
O-H stretching	Alkohol	2866.83
O-H stretching	Asam Karboksilat	2838.11
C-H bending	Alkana	1456.59
O-H bending	fenol	1375.39
C-F stretching	FluoroKarbon	1166.54
C=C bending	Alkena	972.31
C-Cl bending	Alkena	840.23

Dengan melihat tabel standar FTIR, didapatkan hasil seperti yang tertera pada Tabel 4.3 diatas. Dari hasil tersebut ada enam *peak* yang menonjol dibanding puncak lainnya. Peak tersebut yakni yang berada pada bilangan gelombang 2949.84 cm⁻¹, 2916.95 cm⁻¹, 2838.11 cm⁻¹, 1456.59 cm⁻¹, 1375.39 cm⁻¹ dan 1166.54 cm⁻¹. Jenis ikatan yang teridentifikasi dari bilangan gelombang tersebut adalah ikatan ragangan C-H, regangan N-H, regangan O-H, bengkokan C-H, bengkokan O-H, dan regangan senyawa fluoro karbon. Dan dari hasil uji FTIR tersebut dapat diidentifikasi dari Gambar 4.4, bahwa nama senyawa yang paling cocok adalah *Polypropylene isotactic*, dengan persentase kecocokan hasil sebesar 92.51 %.

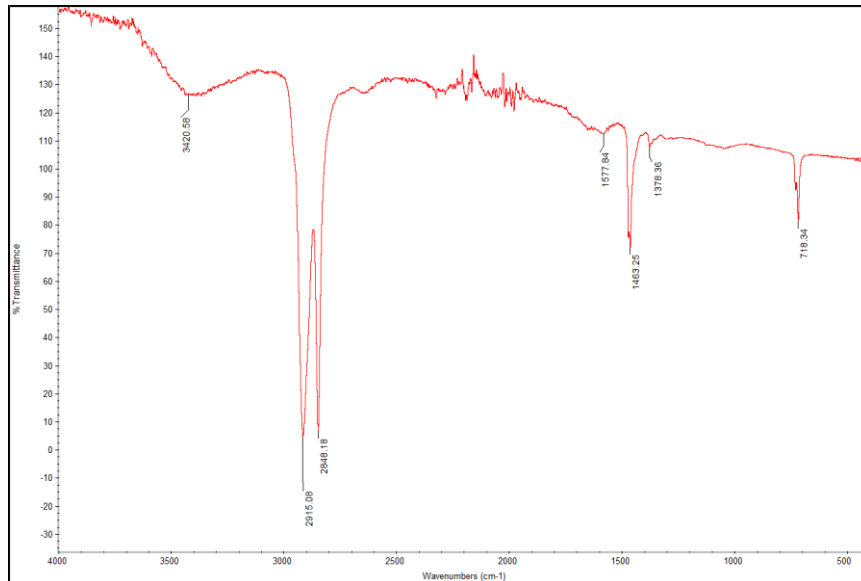
Spectrum: B
Region: 3495.26-455.13
Search type: Correlation
Hit List:

Index	Match	Compound name	Library
17997	92.51	Polypropylene, isotactic, average MW ca. 250,000	HR Aldrich FT-IR Collection Edition II
324	89.93	Polypropylene + poly(ethylene:propylene)	HR Hummel Polymer and Additives
566	88.60	Polypropylene, atactic	HR Hummel Polymer and Additives
41	86.81	POLY(PROPYLENE), ATACTIC	Hummel Polymer Sample Library
303	86.80	Polypropylene + 20% talcum	HR Hummel Polymer and Additives
942	85.25	Polypropylene, isotactic	HR Hummel Polymer and Additives
1061	85.24	Poly(propylene:butenone), 2:1	HR Hummel Polymer and Additives
624	84.29	Polypropylene+poly(ethylene:propylene)	HR Nicolet Sampler Library
499	83.86	Poly(propylene:ethylene), 83 mol% C3	HR Hummel Polymer and Additives
737	81.96	Polypropylene	HR Nicolet Sampler Library

Gambar 4.4 Persentase kecocokan hasil uji FTIR pada sampel kemasan plastik

4.1.3 Analisis Hasil FTIR Sampel Kemasan Metalized

Pada sebuah sampel kemasan metalized, yang ukurannya telah disederhanakan dan dimasukkan ke mesin uji FTIR spektrofotometer, didapat hasil berupa grafik yang dapat dilihat pada Gambar 4.5 berikut.



Gambar 4.5 Hasil Uji FTIR pada sampel kemasan metalized

Dari grafik hasil FTIR di atas, dapat dianalisis ikatan kimia yang terkandung dalam sampel kemasan metalized. Dengan menyesuaikan nilai bilangan gelombang, yang paling menonjol berada pada setiap puncak grafik didata kembali pada Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Daerah Serapan Infra Merah Sampel Kemasan Metalized

Jenis Ikatan	Tipe Senyawa	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)
O-H stretching	Alkohol	2915.08
N-H stretching	Amina aromatik	2848.18
C-H bending	Alkana	1463.25
C=C bending	Alkena	718.34

Dengan melihat tabel standar FTIR, didapatkan hasil data jenis ikatan seperti yang tertera pada Tabel 4.4 diatas. Dari hasil tersebut ada empat *peak* yang paling menonjol. Peak tersebut yakni yang berada pada bilangan gelombang 2915.08 cm⁻¹, 2848.18 cm⁻¹, 1463.25 cm⁻¹, dan 718.34 cm⁻¹. Jenis ikatan yang teridentifikasi dari bilangan gelombang tersebut adalah ikatan regangan O-H, regangan N-H, bengkokakan C-H, dan bengkokan C=C. Dan dari hasil uji FTIR tersebut dapat diidentifikasi dari Gambar 4.5, bahwa nama senyawa yang paling cocok adalah *Polyethylene*, dengan persentase kecocokan hasil sebesar 94.15 %.

Spectrum:	C		
Region:	3495.26-455.13		
Search type:	C orrelation		
Hit List:			
Index	Match	Compound name	Library
625	94.15	polyethylene	HR Nicolet Sampler Library
17868	94.15	Polyethylene, low density	HR Aldrich FT-IR C collection Edition II
95	93.45	POLY(ETHYLENE), LOW DENSITY	Aldrich Condensed Phase Sample Library
17905	90.24	Polyethylene, oxidized, low molecular weight	HR Aldrich FT-IR C collection Edition II
1355	87.45	Octadecanoic acid; Stearic acid	HR Hummel Polymer and Additives
3806	87.02	Ethyl triacontanoate, 98%	HR Aldrich FT-IR C collection Edition II
3902	86.37	Beeswax, refined, Yellow	HR Aldrich FT-IR C collection Edition II
2977	86.06	Triacontanoic acid, 98%	HR Aldrich FT-IR C collection Edition II
17869	85.84	Polyethylene, medium density	HR Aldrich FT-IR C collection Edition II
17872	85.68	Polyethylene, chlorinated, 25% chlorine	HR Aldrich FT-IR C collection Edition II

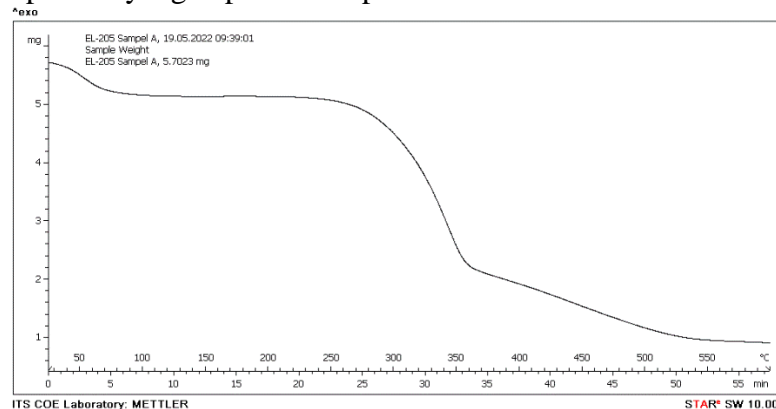
Gambar 4.6 Persentase kecocokan hasil uji FTIR pada sampel kemasan metalized

4.2 Analisis TGA (*Thermo Gravimetric Analysis*)

Dengan menggunakan TGA perubahan massa akan diukur terhadap perubahan temperatur. TGA dapat digunakan untuk mendeteksi perubahan massa sampel (weight loss) PDMS/PS terhadap waktu dengan temperatur tetap. Analisa tersebut bergantung pada tiga pengukuran yaitu perubahan massa, perubahan waktu pada temperatur konstan, dan perubahan temperatur. Pengujian dilakukan di Laboratorium Energi ITS Surabaya. Pengujian TGA ini dilakukan berdasarkan standard ASTM E1131.

4.2.1 Analisis Hasil TGA Sampel Kertas Kardus

Pada sebuah sampel kertas kardus, yang ukurannya telah disederhanakan dan dimasukkan ke sebuah timbangan pada mesin uji TGA, didapat hasil berupa grafik perbandingan perubahan massa dengan temperatur yang dapat dilihat pada Gambar 4.7 berikut.

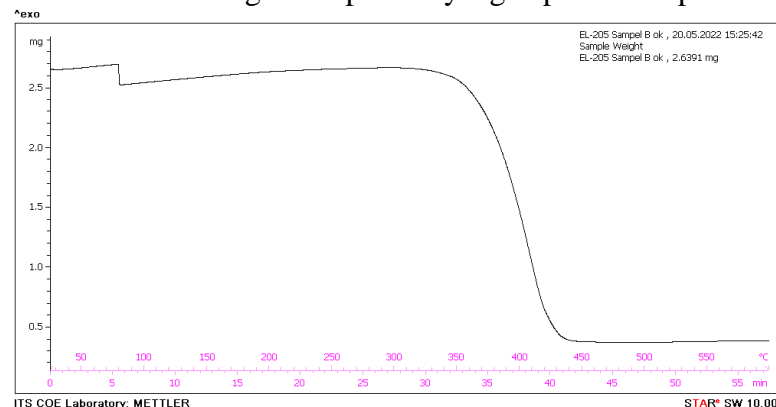


Gambar 4.7 Grafik TGA Sampel Kertas Kardus

Pada Gambar 4.7 menunjukkan *weight loss* dari sampel kertas kardus pada rentang 25 °C - 600 °C. Pada gambar tersebut menunjukkan 4 region temperatur yaitu temperatur dibawah 70 °C, 70 °C - 250 °C, 250 °C - 550 °C, dan diatas 550 °C. Pada region temperatur dibawah 70 °C *weight loss* sudah mulai mengalami perubahan akibat dekomposisi. Kemudian pada region temperatur 70 °C - 250 °C massa sampel relatif lebih stabil kembali. Sedangkan pada region 250 °C - 550 °C *weight loss* mengalami perubahan lagi, hingga pada region temperatur diatas 550 °C menyisakan residu atau massa sisa hingga suhu mencapai batas pengujian di 600 °C.

4.2.2 Analisis Hasil TGA Sampel Kemasan Plastik

Pada sebuah sampel kemasan plastik, yang ukurannya telah disederhanakan dan dimasukkan ke sebuah timbangan pada mesin uji TGA, didapat hasil berupa grafik perbandingan perubahan massa dengan temperatur yang dapat dilihat pada Gambar 4.8 berikut.

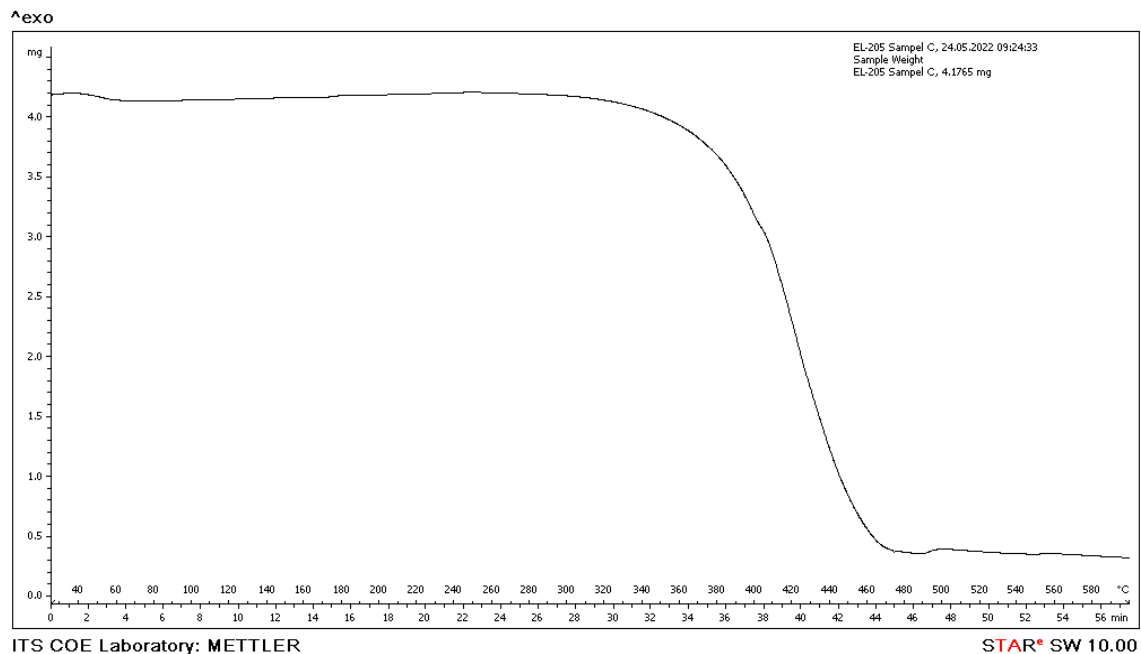


Gambar 4.8 Grafik TGA Sampel Kemasan Plastik

Pada Gambar 4.8 menunjukkan *weight loss* dari sampel kemasan plastik pada rentang 25°C - 600°C. Pada gambar tersebut menunjukkan 5 region temperatur yaitu temperatur dibawah 80°C, 80°C - 100°C, 100°C - 350°C, 350°C - 450°C dan diatas 450°C. Pada region temperatur dibawah 80°C weight masih dalam keadaan relatif stabil. Pada region temperatur 80°C - 100°C weight loss sudah mulai mengalami perubahan. Kemudian pada region temperatur 100°C - 350°C relatif lebih stabil kembali akan tetapi massa cenderung naik juga karena mengalami oksidasi. Sedangkan pada region 350°C - 450°C massa mengalami penurunan lagi, hingga pada region temperatur diatas 450°C menyisakan residu atau massa sisa hingga sampel terbakar habis.

4.2.3 Analisis Hasil TGA Sampel Kemasan Metalized

Pada sebuah sampel kemasan metalized, yang ukurannya telah disederhanakan dan dimasukkan ke sebuah timbangan pada mesin uji TGA, didapat hasil berupa grafik perbandingan perubahan massa dengan temperatur yang dapat dilihat pada Gambar 4.9 berikut.



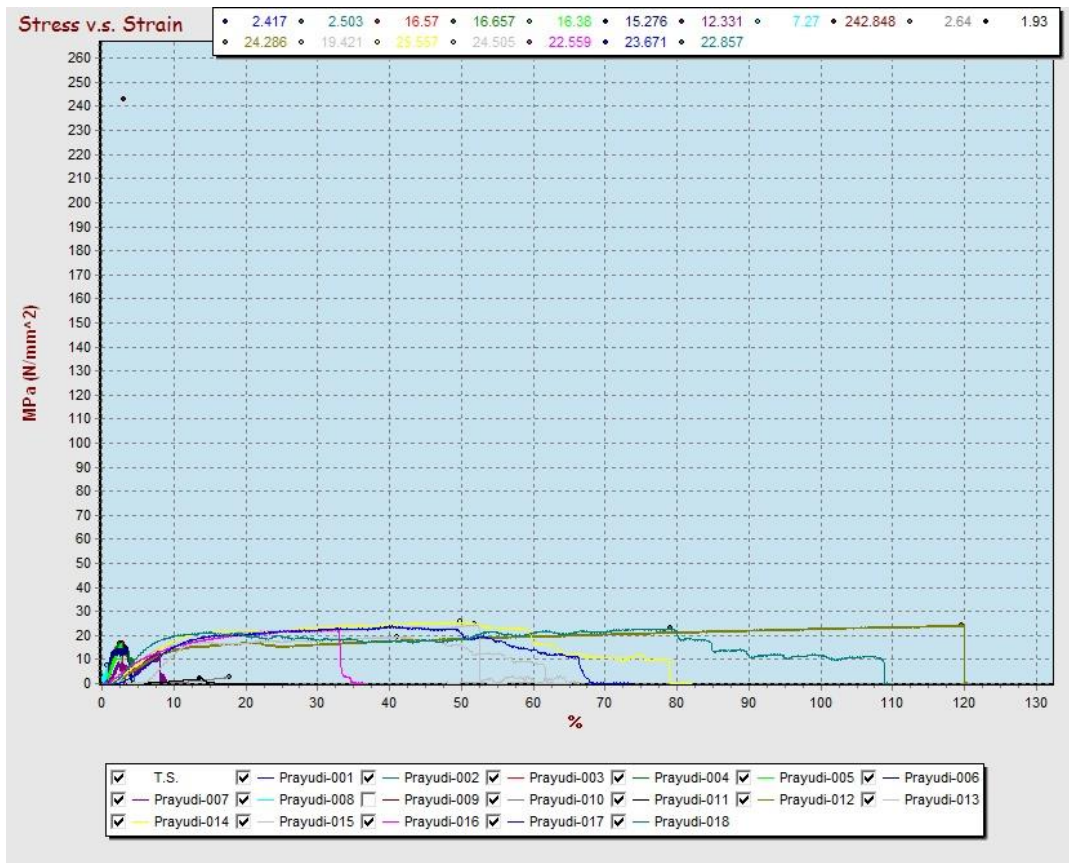
Gambar 4.9 Grafik TGA Sampel Kemasan Metalized

Pada Gambar 4.9 menunjukkan *weight loss* dari sampel kemasan metalized pada rentang 25°C - 600°C. Pada gambar tersebut menunjukkan 3 region temperatur yaitu temperatur dibawah 260°C, 260°C - 480°C, dan diatas 480°C. Pada region temperatur dibawah 260°C weight masih dalam keadaan relatif stabil. Pada region temperatur 260°C - 480°C weight loss sudah mulai mengalami perubahan. Hingga pada region temperatur diatas 480°C menyisakan residu atau massa sisa hingga sampel terbakar habis.

4.3 Analisis Uji Tarik (*Tensile Test*)

Uji tarik digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan dengan cara memberi tarikan atau gaya yang berlawanan arah dalam satu garis lurus.

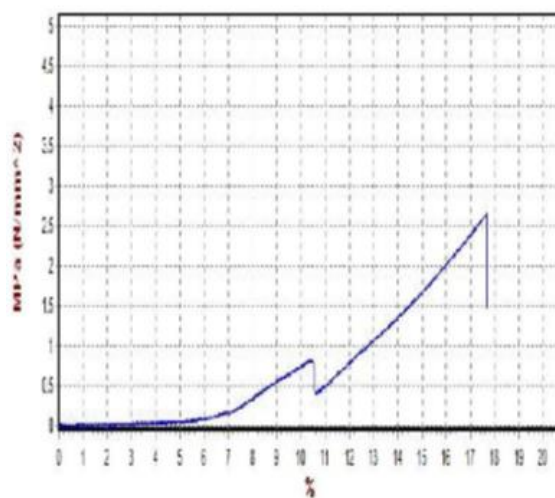
Pada penelitian ini, telah diuji 3 buah bahan limbah padat yakni kertas kardus, kemasan plastik, dan kemasan metalized, pada mesin uji tarik, dan didapatkan keseluruhan hasil perbandingan *stress* dan *strain* yang dapat dilihat pada Gambar 4.10 sebagai berikut.



Gambar 4.10 Kurva perbandingan *stress vs strain* dari seluruh sampel bahan (lampiran)

4.3.1 Analisis Hasil Uji Tarik Kertas Kardus

Pada sebuah sampel kertas kardus, setelah diukur panjang, lebar, dan tebalnya bahan, lalu dilakukan pengujian dengan 2 variasi berdasarkan arah tekstur kertas dan didapatkan hasil berupa grafik diagram perbandingan tegangan tarik dan elongasi yang dapat dilihat pada Gambar 4.11 untuk arah horizontal, dan Gambar 4.12 untuk arah vertikal.



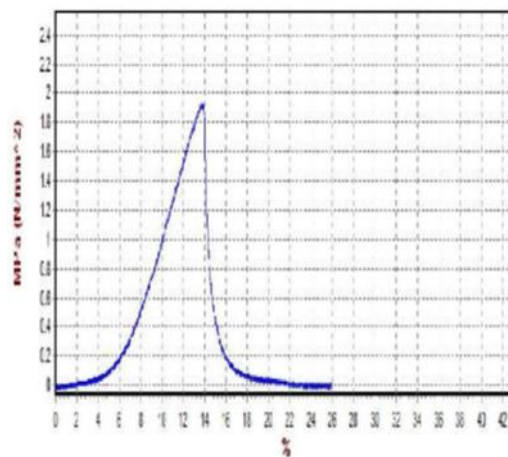
Gambar 4.11 Diagram perbandingan *stress* dan *strain* pada sampel kertas kardus horizontal

Dari diagram pada Gambar 4.11 didapatkan pula hasil kekuatan tarik, modulus young, elongasi, dan data lainnya yang dimuat pada Tabel 4.5 sebagai berikut.

Tabel 4.5 Data hasil pengujian tarik kertas kardus horizontal

Specimen	Max Force (N)	Yield Strength (N/mm ²)	Tensile Strength (N/mm ²)	Young's Modulus (N/mm ²)	Elongation (%)
Kertas	100.6	0.09	2.64	25.37	25.32

Dari Tabel 4.5 tersebut dapat dilihat bahwa sampel bahan limbah kertas kardus tekstur horizontal memiliki kekuatan tarik maksimum sebesar 2.64 N/mm², dengan nilai elongasi sebesar 25.32 %, dan nilai modulus young sebesar 25.37 N/mm².



Gambar 4.12 Diagram perbandingan *stress* dan *strain* pada sampel kertas kardus vertikal

Dari diagram pada Gambar 4.12 didapatkan pula hasil kekuatan tarik, modulus young, elongasi, dan data lainnya yang dimuat pada Tabel 4.6 sebagai berikut.

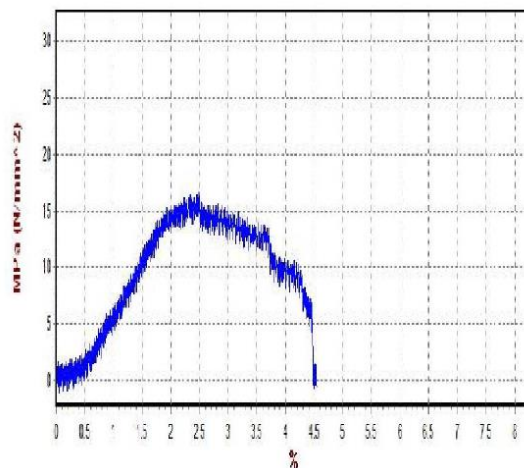
Tabel 4.6 Data hasil pengujian tarik kertas kardus vertikal

Specimen	Max Force (N)	Yield Strength (N/mm ²)	Tensile Strength (N/mm ²)	Young's Modulus (N/mm ²)	Elongation (%)
Kertas	70.3	0.09	1.93	28.05	25.32

Dari Tabel 4.6 tersebut dapat dilihat bahwa sampel bahan limbah kertas kardus tekstur vertikal memiliki kekuatan tarik maksimum sebesar 1.93 N/mm², dengan nilai elongasi sebesar 25.32 %, dan nilai modulus young sebesar 28.05 N/mm².

4.3.2 Analisis Hasil Uji Tarik Kemasan Plastik

Pada sebuah sampel kemasan plastik, setelah diukur panjang, lebar, dan tebalnya bahan, lalu dilakukan pengujian dan didapatkan hasil berupa grafik perbandingan tegangan tarik dan elongasi yang dapat dilihat pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Grafik perbandingan *stress* dan *strain* pada sampel kemasan plastik

Dari diagram tersebut didapatkan pula hasil kekuatan tarik, modulus young, elongasi, dan data lainnya yang dimuat pada Tabel 4.7 sebagai berikut.

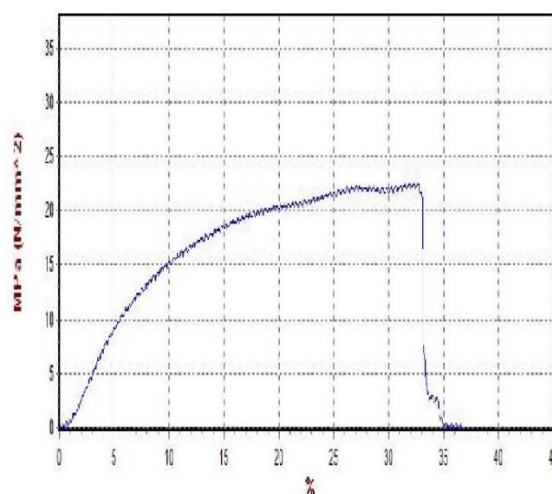
Tabel 4.7 Data Hasil Pengujian Tarik Kemasan Plastik

Specimen	Max Force (N)	Yield Strength (N/mm ²)	Tensile Strength (N/mm ²)	Young's Modulus (N/mm ²)	Elongation (%)
Plastik	8.3	9.61	16.66	895.77	6.66

Dari Tabel 4.7 tersebut dapat dilihat bahwa sampel bahan limbah kemasan plastik memiliki kekuatan tarik maksimum sebesar 16.66 N/mm², dengan nilai elongasi sebesar 6.66 %, dan nilai modulus young sebesar 895.77 N/mm².

4.3.3 Analisis Hasil Uji Tarik Kemasan Metalized

Pada sebuah sampel kemasan metalized, setelah diukur panjang, lebar, dan tebalnya bahan, lalu dilakukan pengujian dan didapatkan hasil berupa grafik perbandingan tegangan tarik dan elongasi yang dapat dilihat pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Grafik perbandingan *stress* dan *strain* pada sampel kemasan *metalized*

Dari diagram tersebut didapatkan pula hasil kekuatan tarik, modulus young, elongasi, dan data lainnya yang dimuat pada Tabel 4.8 sebagai berikut.

Tabel 4.8 Data Hasil Pengujian Tarik Kemasan Metalized

Specimen	Max Force (N)	Yield Strength (N/mm ²)	Tensile Strength (N/mm ²)	Young's Modulus (N/mm ²)	Elongation (%)
Metalized	51.6	14.56	22.56	543.46	25.32

Dari Tabel 4.8 tersebut dapat dilihat bahwa sampel bahan limbah kemasan metalized memiliki kekuatan tarik maksimum sebesar 22.56 N/mm², dengan nilai elongasi sebesar 25.32 %, dan nilai modulus young sebesar 543.46 N/mm².

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Dari hasil uji FTIR pada limbah padat PT. X, dapat disimpulkan bahwa, sampel kertas kardus teridentifikasi sebagai senyawa *Cellophane* dengan persentase kecocokan hasil sebesar 59.77%, pada sampel kemasan plastik teridentifikasi sebagai senyawa *Polypropylene isotactic*, dengan persentase kecocokan hasil sebesar 92.51% dan pada sampel kemasan *metalized* teridentifikasi sebagai *Polyethylene* dengan persentase kecocokan hasil sebesar 94.15%.
2. Dari hasil uji TGA pada limbah padat PT. X, dapat disimpulkan bahwa, sampel kertas kardus mengalami 2 kali dekomposisi di rentang suhu 25°C-70°C, dan 250°C-550°C. Pada sampel kemasan plastik terjadi 2 kali dekomposisi di rentang suhu 80°C-100°C, dan 350°C-450°C. Dan pada kemasan *metalized* terjadi 1 kali dekomposisi pada rentang suhu 260°C-480°C.
3. Dari hasil uji tarik, dapat didapatkan hasil bahwa, sampel kertas kardus horizontal memiliki kekuatan tarik maksimum sebesar sebesar 2.64 N/mm², dengan nilai elongasi sebesar 25.32 %, dan nilai modulus young sebesar 25.37 N/mm² dan pada sampel kertas kardus vertikal memiliki kekuatan tarik maksimum sebesar sebesar 1.93 N/mm², dengan nilai elongasi sebesar 25.32 %, dan nilai modulus young sebesar 28.05 N/mm². Pada sampel kemasan plastik memiliki kekuatan tarik maksimum sebesar 16.66 N/mm², dengan nilai elongasi sebesar 6.66 %, dan nilai modulus young sebesar 895.77 N/mm². Pada sampel kemasan *metalized* memiliki kekuatan tarik maksimum sebesar 22.56 N/mm², dengan nilai elongasi sebesar 25.32 %, dan nilai modulus young sebesar 543.46 N/mm²

5.2 Saran

1. Untuk penelitian dapat menggunakan sampel jenis lain dari limbah padat.
2. Sebaiknya melakukan variasi sampel yang lebih banyak untuk hasil yang lebih akurat.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

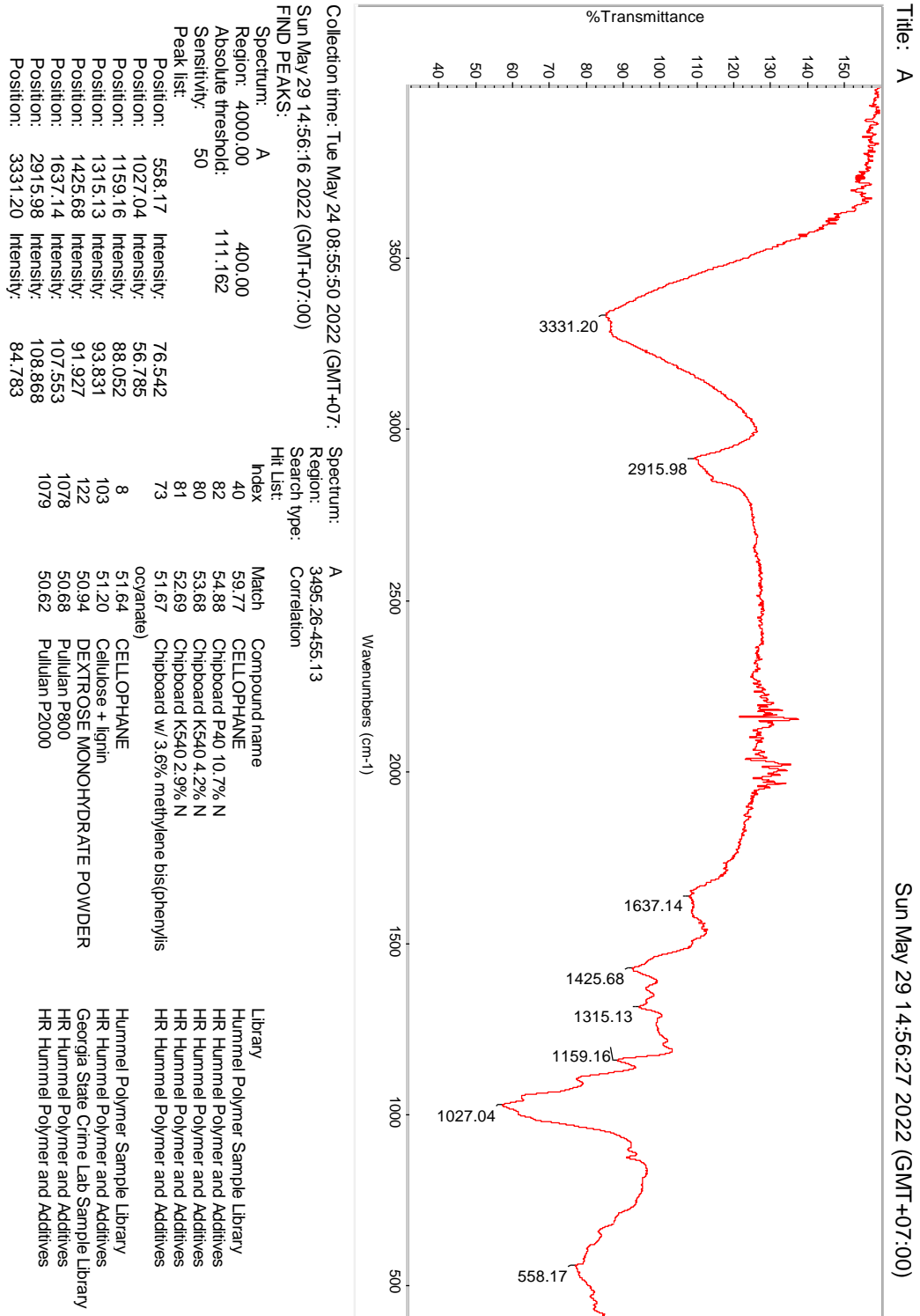
- Ain U. Md Shah. (2016). A Review on the Tensile Properties of Bamboo Fiber.
- Ali Sharif-Pakdaman, J. M. (2011). Influence of the Silane Grafting of Polyethylene on the.
- Anwar Ul-Hamid. (2015). Failure investigation of an underground low.
- Chuayjuljit, S. (2015). Physical Properties of Plasticized Poly(vinyl chloride).
- Darti Nurani, I. S. (2016). Barrier Quality of Flexible Packaging Based on Metalized Film.
- Isnani, H. H. (2020). Potensi Pencemaran Limbah Cair Rumah Pemotongan Ayam di Dusun Betakan, SumberRahayu, Moyudan,Sleman. *Diploma thesis, Poltekkes Kemenkes Yogyakarta* (p. 10). Yogyakarta: mahasiswa polkesyo.
- Martiyadi Nurhidayat, H. A. (2021). EKSPLORASI KERTAS KARTON DALAM PRODUK KEMASAN.
- Milislavljević, J. (2012). TENSILE TESTING FOR DIFFERENT TYPES OF POLYMERS.
- Rizal, R. (2021). PENGARUH VARIASI RASIO CO-FIRING BAHAN BAKAR BATU BARA DAN BIOMASSA TERHADAP PERFORMA PLTU , DAYA DAN KAPASITAS FAN PLTU UNIT 3 PAITON SUPERCRITICAL 815 MW DENGAN SIMULASI CYCLE TEMPO 5.0. *Kumpulan Tugas Akhir* (p. 20). Surabaya: Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem, ITS.
- Sam Sung Ting*. (2015). Thermal degradation of high-density.
- Shanti, D. (2016). *Plastik Sebagai Kemasan Makanan dan Minuman*.
- Silva1, C. V. (2018). PET glycolysis optimization using ionic liquid [Bmin]ZnCl3.
- V. Herman. (n.d.). Core double–shell cobalt/graphene/polystyrene.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

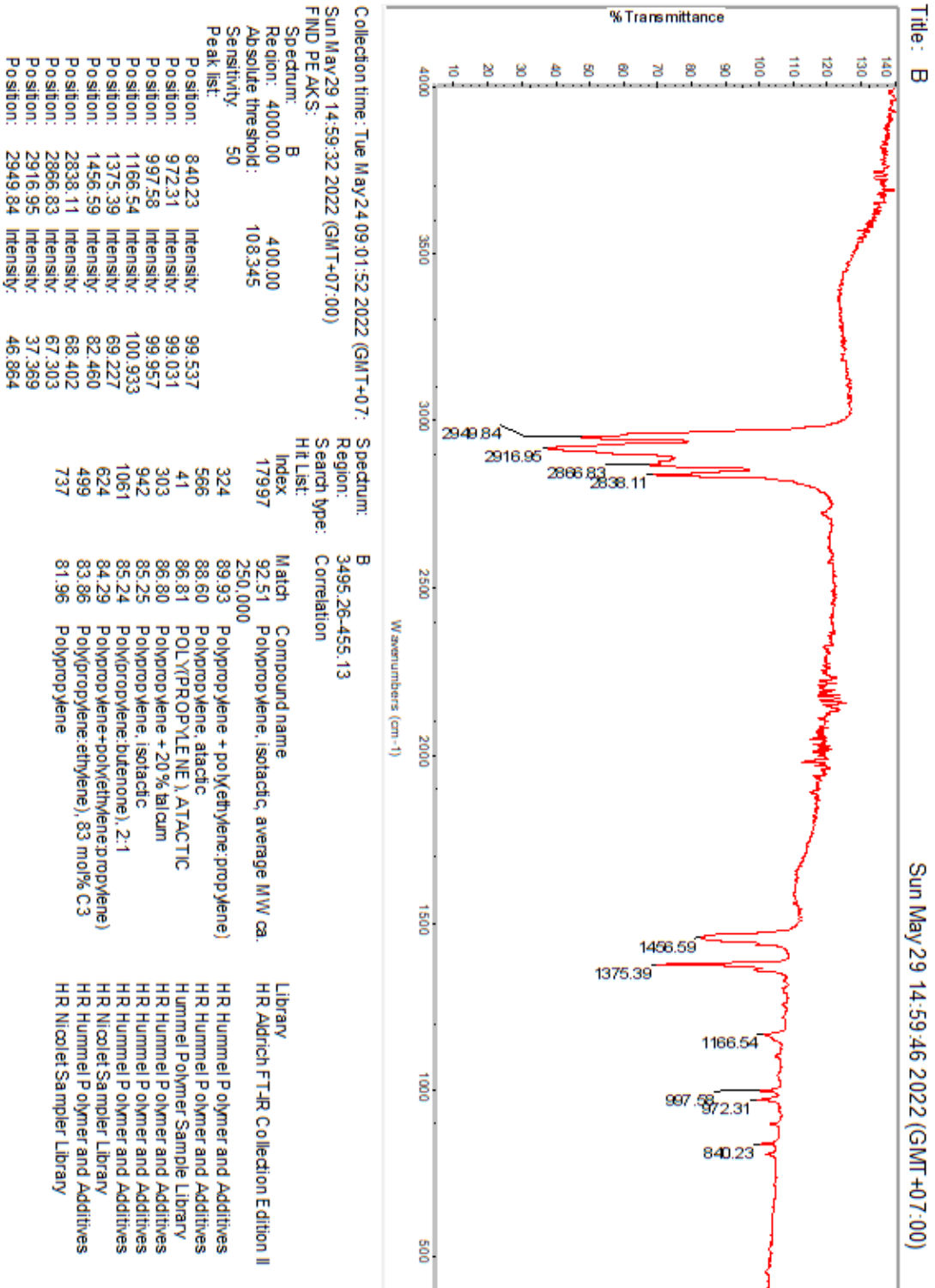
LAMPIRAN

1. Hasil Uji FTIR

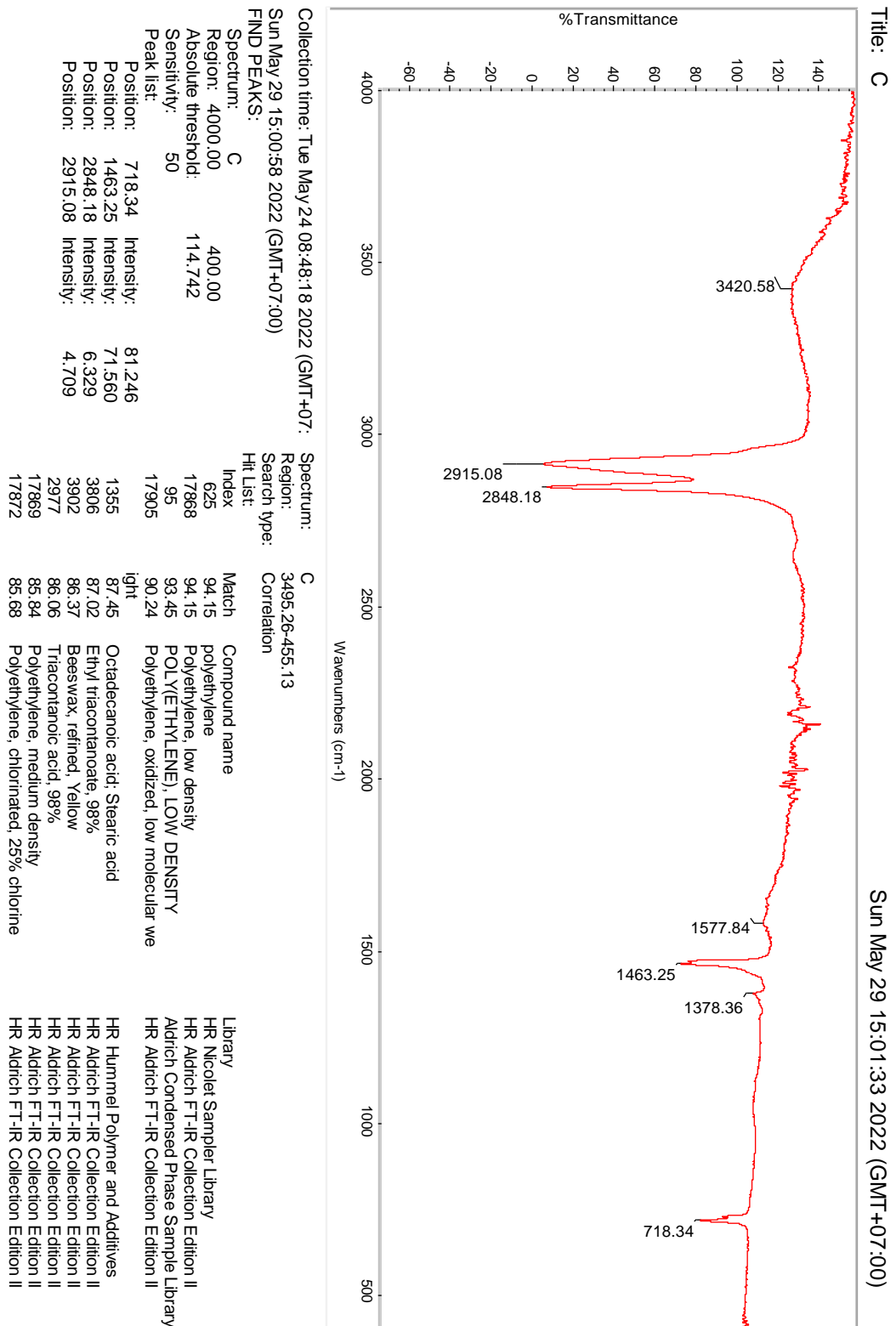
a. Sampel bahan kertas kardus



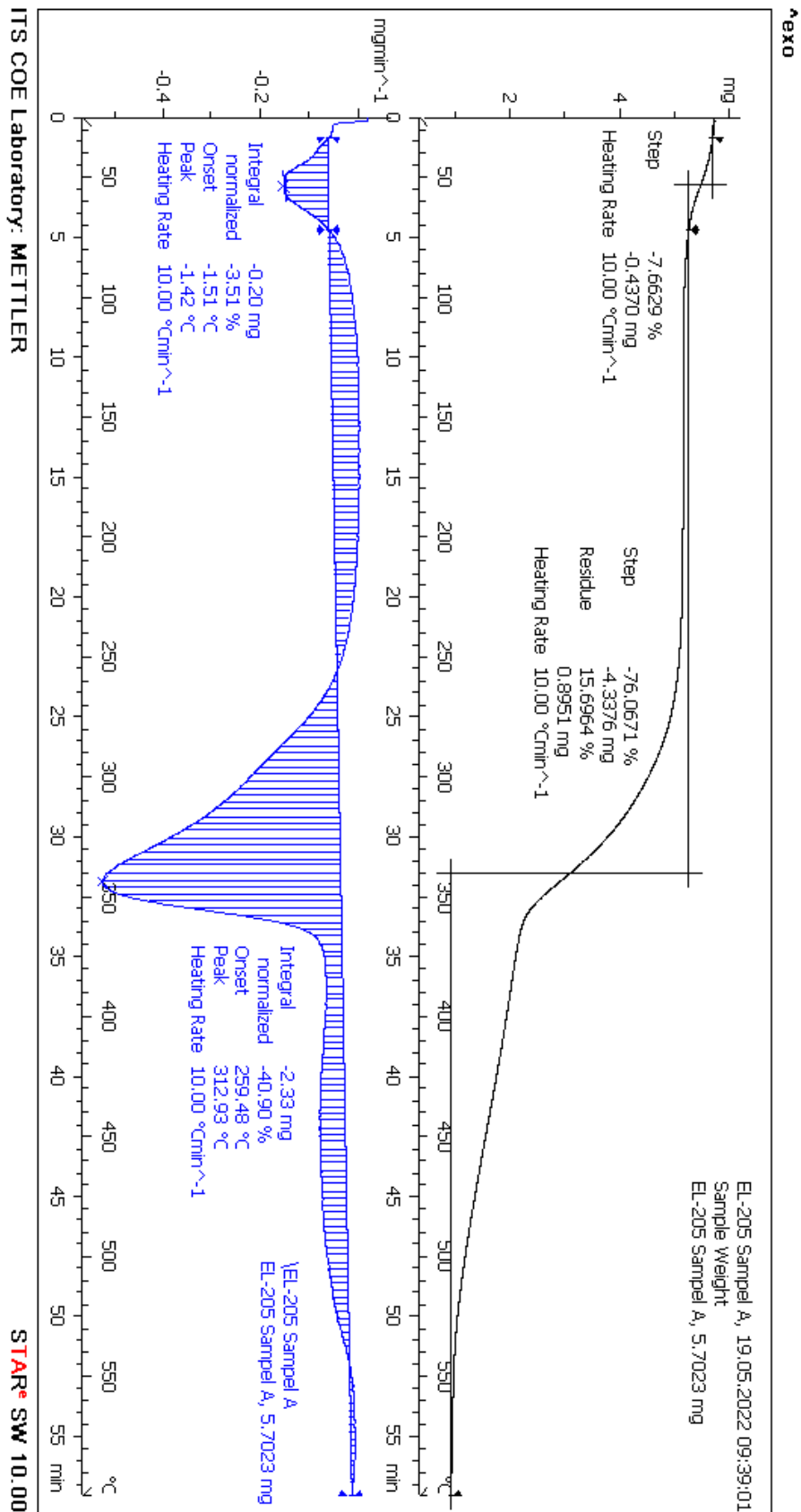
b. Sampel bahan kemasan plastik



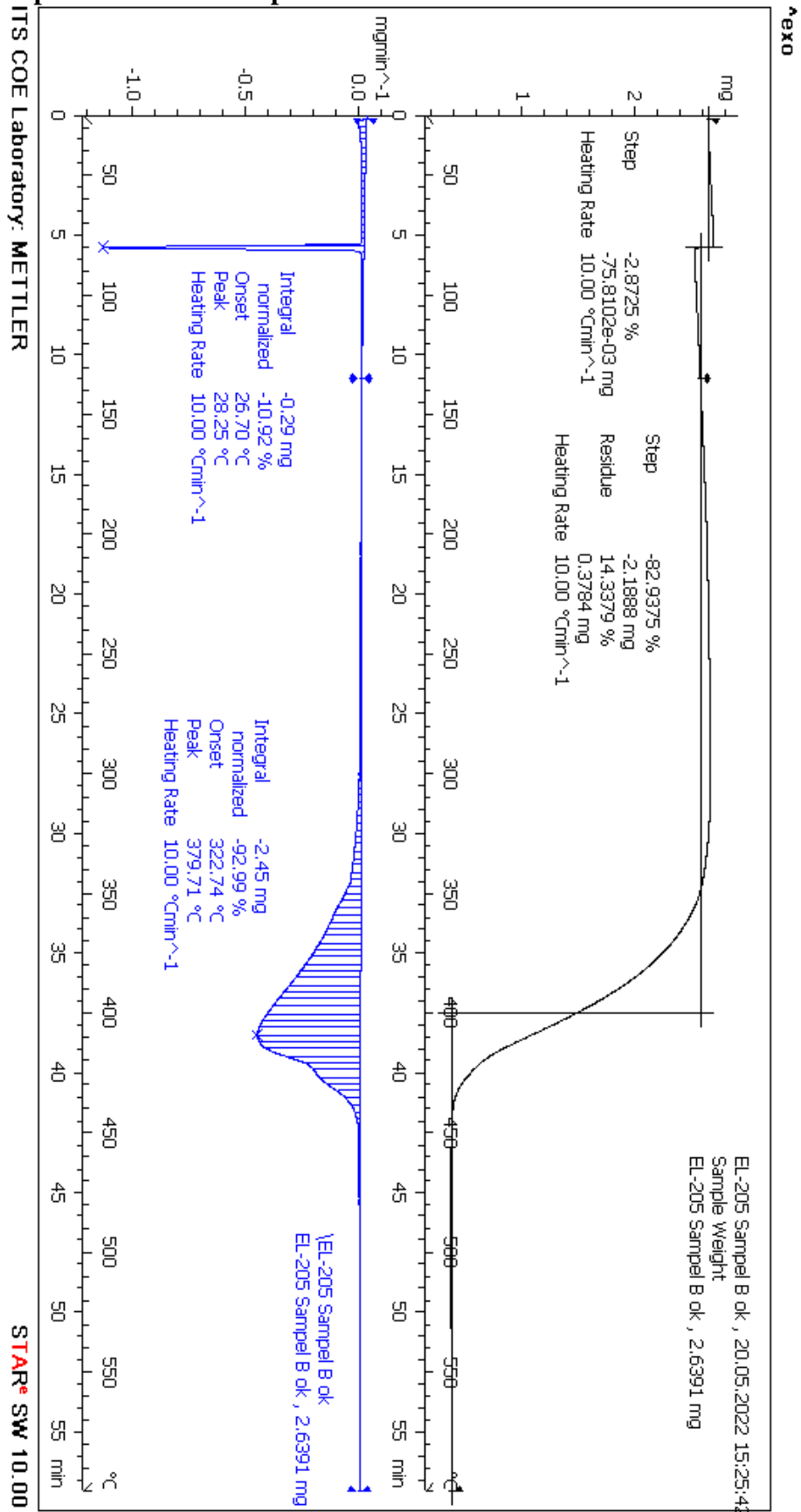
c. Sampel bahan kemasan *metalized*



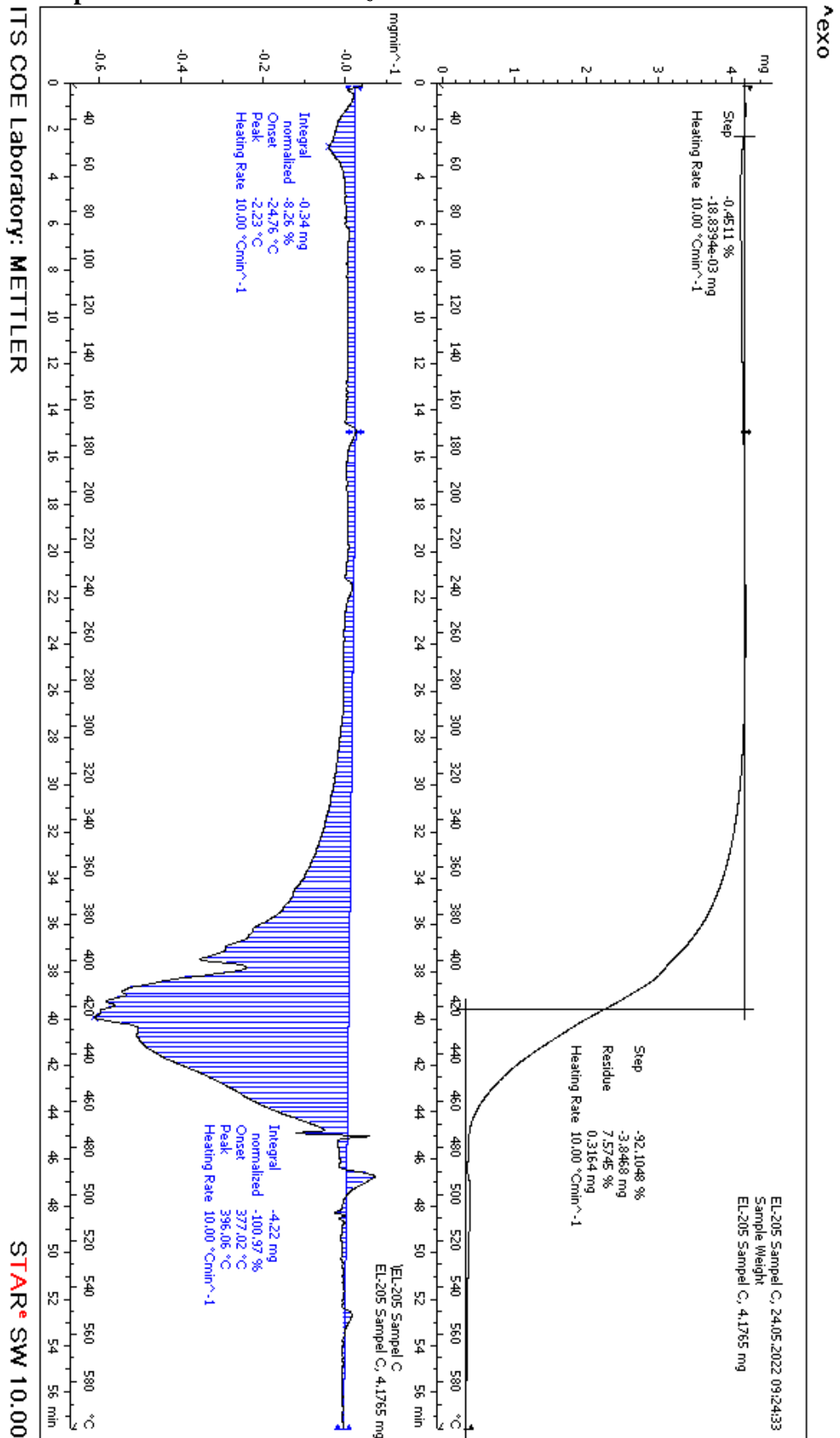
2. Hasil Uji TGA
a. Sampel bahan kertas kardus



b. Sampel bahan kemasan plastik

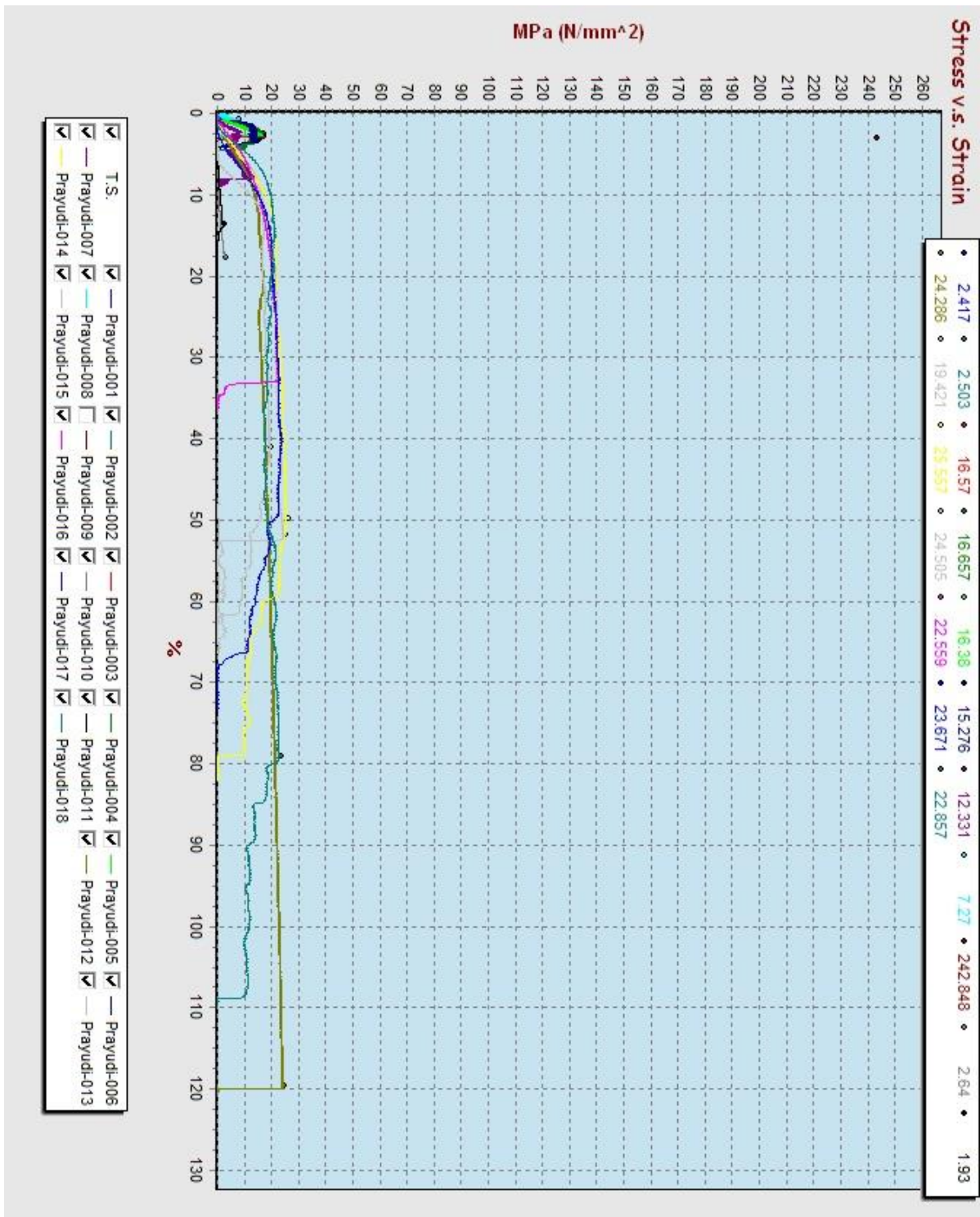


c. Sampel bahan kemasan *metalized*

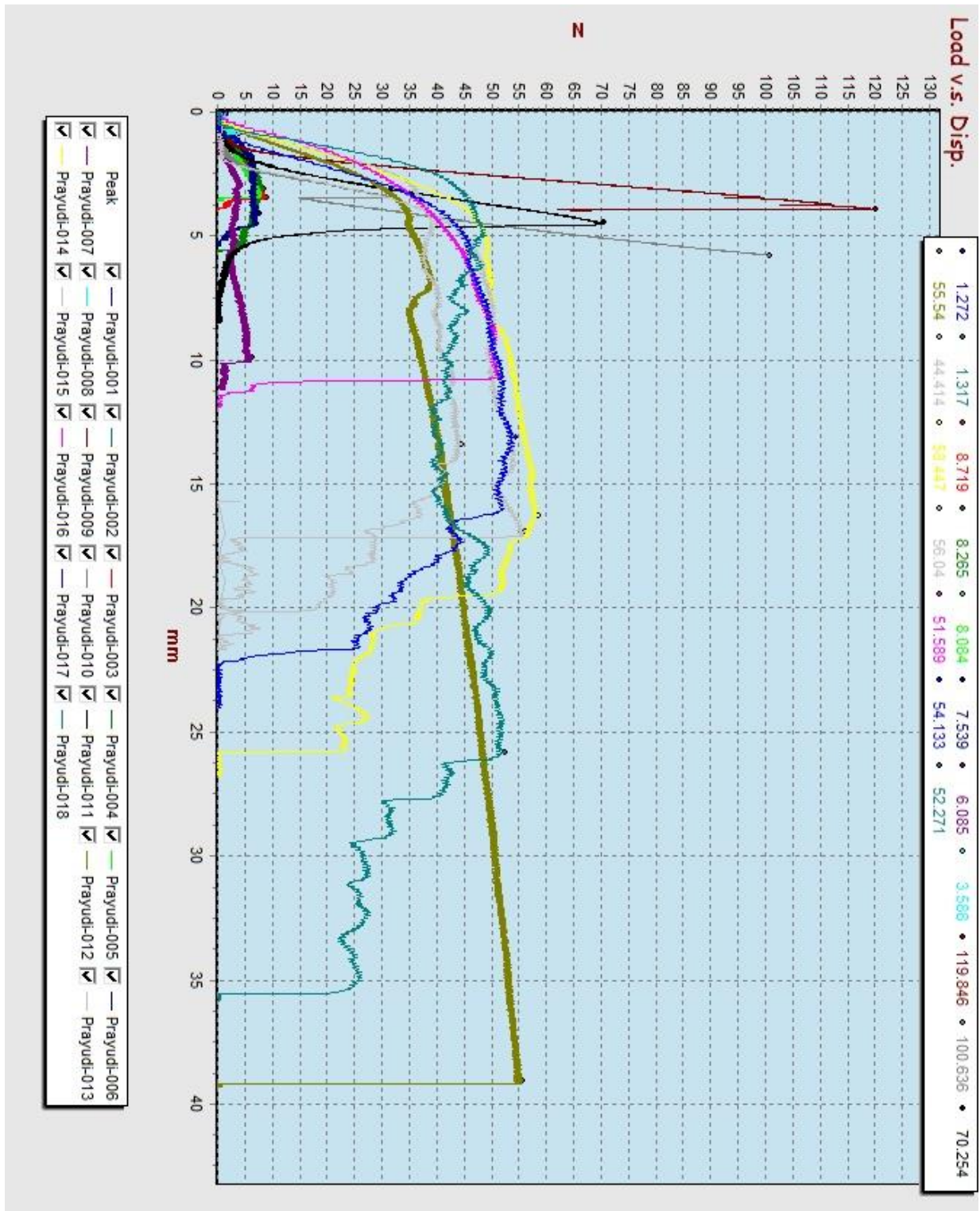


3. Hasil Uji Tarik

a. Kurva perbandingan *stress vs strain* keseluruhan sampel



b. Kurva perbandingan *load vs displacement* keseluruhan sampel



UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam proses penelitian dan penyusunan laporan tugas akhir ini, penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, penelitian ini tidak dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, ucapan terima kasih tak lupa penulis sampaikan kepada pihak-pihak yang turut serta membantu, diantaranya:

1. Tuhan yang maha Esa karena telah memberikan kelancaran keberkahan dan keselamatan selama proses pengerjaan penelitian tugas akhir ini berlangsung.
2. Kepada orang tua dan saudara yang telah memberikan dukungan mental dan finansial.
3. Bapak Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si., P.hD. selaku kepala Departemen Teknik Material dan Metalurgi ITS. Dan juga selaku pembimbing utama penelitian tugas akhir penulis yang sudah membantu dan mau berlapang dada dalam membimbing penulis.
4. Bapak Dr. Eng. Hosta Ardhyanta, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing dalam berbagai hal pada masa krisis di penghujung masa perkuliahan penulis.
5. Bu Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T. selaku dosen wali yang sudah mau memberi petunjuk dan memberi motivasi bagi penulis agar tetap optimis menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Bu Amaliya Rasyida, S.T.,M.Sc selaku dosen penguji yang juga bersedia membantu penulis melengkapi dan memperbaiki kekurangan dari laporan penelitian penulis.
7. Bu Diah Susanti, S.T.,M.T.,PhD, yang sudah bersedia menguji juga memberi saran, masukkan serta nasihat untuk penulis.
8. Kepada Bapak/Ibu tenaga pendidik lainnya, karyawan, sesama mahasiswa, serta seluruh masyarakat ITS, terkhusus Departemen Material Dan Metalurgi yang sudah membantu secara langsung maupun tidak langsung, sehingga penulis dapat sampai di titik ini.

Penulis menyadari bahwa penulis mungkin pernah melakukan kesalahan selama perkuliahan, termasuk juga pada saat penulisan laporan penelitian tugas akhir ini yang masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk menyempurnakannya. Akhir kata, penulis berharap dengan adanya laporan tertulis ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan pihak-pihak yang membutuhkan.

Surabaya, 8 Juli 2022
Penulis

Prayudi Novem Insani Pangaribuan

BIODATA PENULIS

I. Data Pribadi



Nama : Prayudi Novem Insani Pangaribuan
Tempat Lahir : Pematangsiantar,
Tanggal Lahir : 23 November 1996
Jenis Kelamin : Laki-laki
Agama : Protestan
Alamat : Jalan Bahlias No 18, Kel. Sigulanggulang,
Pematangsiantar, Sumatera Utara.
Nomor HP : 081357812268
E-mail : Prayudipangaribuan@gmail.com

II. Riwayat Pendidikan

2003 – 2003 : TK Nazareth Pematangsiantar
2003 – 2009 : SD Cinta Rakyat 6 Pematangsiantar
2009 – 2012 : SMP RK Bintang Timur Pematangsiantar
2012 – 2015 : SMA RK Budi Mulia Pematangsiantar
2015 – sekarang : Departemen Teknik Material Institut Teknologi Sepuluh
Nopember, Surabaya

III. Pengalaman Organisasi

1. Staff Unit Kegiatan Mahasiswa, **Catur Institut Teknologi Sepuluh Nopember** (2016/2017)
2. Badan Pengurus Harian, **Catur Institut Teknologi Sepuluh Nopember** (2017/2018)
3. Staff Departemen Minat Bakat, **Himpunan Mahasiswa Teknik Material dan Metalurgi (HMMT)** (2016/2017)

IV. Pengalaman Pelatihan

1. Pelatihan Keterampilan Manajemen Mahasiswa Pra-Tingkat Dasar (2015)
2. Pelatihan Keterampilan Manajemen Mahasiswa Tingkat Dasar (2016)
3. Pelatihan Keterampilan Mahasiswa Wirausaha Tingkat Dasar (2016)
Pelatihan Karya Tulis Ilmiah Tingkat Dasar (2016)

