



**PENGARUH PENAMBAHAN PATI BERAS PADA
CAMPURAN POLIETILENA TEREFTALAT DENGAN
SORBITOL TERHADAP UJI TARIK DAN LAJU
BIODEGRADABILITAS**

(THE INFLUENCE OF RICE STRACH INTO POLYETHYLENE
TERPHTHALATE AND SORBITOL ON TENSILE TEST AND
BIODEGRADATION RATE)

SKRIPSI

Oleh

Mochamad Gerindo Dwi Aqsho

NIM 141910101045

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2019**



**PENGARUH PENAMBAHAN PATI BERAS PADA
CAMPURAN POLIETILENA TEREFTALAT DENGAN
SORBITOL TERHADAP UJI TARIK DAN LAJU
BIODEGRADABILITAS**

(THE INFLUENCE OF RICE STRACH INTO POLYETHYLENE
TERPHTHALATE AND SORBITOL ON TENSILE TEST AND
BIODEGRADATION RATE)

SKRIPSI

Diajukan Guna Melengkapi Tugas Akhir Dan Memenuhi Salah Satu Syarat Untuk
Menyelesaikan Program Studi Teknik Mesin (S1) Dan Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik

Oleh

Mochamad Gerindo Dwi Aqsho

NIM 141910101045

**PROGRAM STUDI S1 TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS JEMBER
2019**

PERSEMBAHAN

Alhamdulillah, saya ucapkan puji syukur kehadirat Allah SWT yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang serta sholawat kepada Nabi Muhammad SAW. Skripsi ini saya persembahkan sebagai bentuk tanggung jawab, bakti, dan ungkapan yang tidak terkira pada:

1. Allah SWT yang telah memberikan kemudahan, rahmat dan karunia-Nya
2. Kedua Orang tua tercinta, Bapak H. Kabsul Anang dan Ibunda Hj. Rivi Kurniati yang telah mendoakan dan mencurahkan kasih sayang serta pengorbanan untuk membiayai pendidikan saya selama ini.
3. Kakak saya Aning Revika Dhuri beserta suamin serta adik - adik saya yang saya sayangi dan telah banyak membantu saya selama ini
4. Guru saya sejak duduk di Taman Kanak-Kanak hingga Sekolah Menengah Atas, Guru ngaji saya beserta Bapak dan Ibu dosen selama saya menempuh perkuliahan di Universitas Jember yang telah banyak memberikan do'a semangat, motivasi dan bimbingan selama ini
5. Sahabat – sahabat saya Yogi, Adam, Alfin, Eferanda dan Sandi yang selalu mendoakan, memotivasi dan menemani saya selama ini.
6. Terima kasih kepada Saudara seperjuangan di Teknik Mesin 2014 khususnya (kontrakan N19, kontrakan C6-5) yang sangat banyak sekali membantu saya dalam hal apapun. Sekali lagi saya ucapkan terima kasih.
7. Terima kasih kepada Laila Auliya Noviyanti yang telah menemani saya sampai saat ini.
8. Almamater yang saya banggakan TEKNIK MESIN UNIVERSITAS JEMBER

MOTTO

“Allah SWT tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kadar kesanggupannya.”

(Q.S. Al-Baqarah: 286)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mochamad Gerindo Dwi Aqsho

Nim : 141910101045

Dengan ini saya menyatakan bahwa Skripsi dengan judul "Pengaruh Penambahan Pati Beras Pada Campuran Polietilena Tereftalat Dengan Sorbitol Terhadap Uji Tarik Dan Laju Biodegradabilitas" berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli dari saya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya belum pernah diajukan pada insitusi manapun dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan tanggung jawab tanpa ada unsur pemaksaan serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 30 Juli 2019
Yang Menyatakan,

Mochamad Gerindo Dwi Aqsho
141910101045

SKRIPSI

**PENGARUH PENAMBAHAN PATI BERAS PADA CAMPURAN
POLIETILENA TEREFTALAT DENGAN SORBITOL TERHADAP UJI
TARIK DAN LAJU BIODEGRADABILITAS**

Oleh:

Mochamad Gerindo Dwi Aqsho

141910101045

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Utama : Sumarji, S.T.,M.T

Dosen Pembimbing Anggota : Hari Arbiantara B,S.T.,M.T

PENGESAHAN SKRIPSI

Skripsi berjudul “*Pengaruh Penambahan Pati Beras Pada Campuran Polietilena Tereftalat Dengan Sorbitol Terhadap Uji Tarik Dan Laju Biodegradabilitas*”, karya Mochamad Gerindo Dwi Aqsho telah diuji dan disahkan secara akademis pada:

Hari, tanggal : 26 Juli 2019

Tempat : Fakultas Teknik Universitas Jember

Tim Penguji

Pembimbing 1

Pembimbing 2

Sumarji, S.T., M.T
NIP 19680202199702001

Hari Arbiantara Basuki, S.T., M.T
NIP 196709241994121001

Penguji 1

Penguji 2

Dr. Salahuddin Junus, S.T., M.T
NIP 19751006 200212 1 002

Dedi Dwilaksana S.T., M.T
NIP 1969120 199602 1 001

Mengesahkan

Dekan Fakultas Teknik Universitas Jember,

Dr. Ir. Entin Hidayah, M.U.M
NIP 19661215 199503 2 001

RINGKASAN

“Pengaruh Penambahan Pati Beras Pada Campuran Polietilena Tereftalat Dengan Sorbitol Terhadap Uji Tarik Dan Laju Biodegradabilitas”

Mochamad Gerindo Dwi Aqsho, 141910101045; 2019; halaman; Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember.

Plastik merupakan bahan polimer yang banyak digunakan untuk kehidupan sehari – hari manusia, hal ini mengakibatkan terciptanya sampah plastik yang sulit terurai oleh lingkungan. Plastik *biodegradable* merupakan plastik yang dapat diuraikan oleh mikroorganisme, yang bisa diperoleh dari selulosa, pati, chitosan, gula polisakarida dan lain – lain. Plastik *biodegradable* yang dimodifikasi dengan polietilena tereftalat ditambah dengan pati beras dengan sorbitol sebagai *plasticizer* yang memiliki keunggulan meningkatkan kemampuan biodegradasi. Penelitian menggunakan metode *Blending* secara manual. Variabel yang digunakan dengan fraksi volume pati sebesar 0%, 5%, 10%, 15%, 20% dengan persentase sorbitol ditetapkan 20%. Sedangkan parameter yang digunakan adalah kekuatan tarik, uji biodegradasi, dan pengamatan struktur mikro.

Dari pengujian kuat tarik didapatkan hasil bahwa kekuatan tarik tertinggi dengan rata – rata sebesar 13,30 MPa pada fraksi volume (PET 75%; Sor 20%; Pati 5%) dan nilai terendah didapatkan pada fraksi (PET 60%; Sor 20%; Pati 20%) rata – rata sebesar 4,41 MPa. Hasil uji biodegradabilitas yang dilakukan selama 40 hari dengan metode *soil burial* hasil yang didapatkan terbesar pada fraksi volume (PET 65%; sor 20%; pati 15%) dari hasil rata – rata pengurangan sebesar 3,14% sedangkan nilai terendah didapatkan pada fraksi volume (PET 80%; sor 20%; pati 0%) didapatkan nilai rata – rata 0,11%. Pada struktur mikro terlihat bahwa masing – masing spesimen mengalami kerusakan yang diakibatkan oleh mikroorganisme yang terkandung didalam tanah, hasil yang didapatkan berupa lubang pada permukaan spesimen.

SUMMARY

Effects of Rice Starch Addition on Polyethylene Terephthalate Mixture With Sorbitol Against Tensile Test and Biodegradability Rate ".

Mochamad Gerindo Dwi Aqsho, 141910101045; 2019; page; majoring in mechanical engineering faculty of engineering, university of Jember.

Plastic is a polymer material that widely used for a daily life of human being, this results in the creation of plastic waste that is difficult to decompose by the environment. biodegradable plastic are plastic that can be broken down by microorganisms, which can be obtained from cellulose, starch, chitosan, polysaccharide sugar etc. Biodegradable plastic modified with Polyethylene Terephthalate added with rice starch with sarbitol as a plasticizer which has the advantage of increasing biodegradability. research uses the blending method manually. variables used with a starch volume fraction of 0%, 5%, 10%,15%, 20% with a sorbitol percentage set at 20%. while the parameter used are tensile strength, biodegradation test, and microstructure observation. from the tensile strength test the obtained results are that the highest tensile strength with an average of 13.30MPa in volume fraction (PET 75%; Sor20%; Starch 5%) and the lowest value was obtained in the fraction (PET 60%; Sor 20%; Starch 20%) an average of 4.41 MPa. biodegradability test results that carried out for 40 days with soil burial method the results obtained were greates at volume fraction (PET 65%; Sor 20%; Starch 15%) from the average reduction 3.14% while the lowest value are obtained in volume fraction (PET 80%; Sor 20%; Starch 0%) obtained an average value of 0.11%. in microstructure it is seen that each specimen suffered damage caused by microorganisms contained in soil, results obtained in the form of a hole on the surface of the specimen.

PRAKATA

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “*Pengaruh Penambahan Pati Beras Pada Campuran Polietilena Tereftalat Dengan Sorbitol Terhadap Uji Tarik Dan Laju Biodegradabilitas*”. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember. Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Sumarji, S.T.,M.T selaku Dosen Pembimbing Utama, dan Bapak, Hari Arbiantara B, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah memberikan masukan dan arahan dalam penyusunan dan penulisan skripsi ini, serta Bapak Dr. Salahuddin Junus, S.T., M.T selaku Dosen Penguji I dan Bapak Dedi Dwilaksana, S.T., M.T selaku Dosen Penguji II yang telah memberikan kritik dan saran untuk perbaikan skripsi menjadi lebih baik.
2. Pembimbing tambahan Bapak Dr. Mochamad Asrofi, S.T., M.T yang selalu memberikan bimbingan, motivasi, arahan, ide, dan bantuan dalam penyelesaian skripsi ini.
3. Semua pihak yang telah membantu dan memberi masukan dalam penyelesaian skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan. Semoga hasil dari penelitian ini dapat memberikan manfaat dan wawasan bagi pembaca.

Jember, 30 Juli 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMBUTAN	i
HALAMAN JUDUL	ii
HALAMAN PERSEMBAHAN	iii
HALAMAN MOTTO	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
HALAMAN PEMBIMBING	vi
HALAMAN PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
SUMMARY	ix
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan dan Manfaat.....	3
1.4.1 Tujuan	3
1.4.2 Manfaat	4
1.5 Hipotesa	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Plastik	5
2.1.1 Definisi Plastik.....	5
2.1.2 Kriteria Penggolongan Plastik	5
2.1.3 Plastik Konvensional (<i>non-biodegradable</i>).....	6
2.1.4 Plastik <i>Biodegradable</i>	7
2.1.5 Proses Pembuatan Plastik <i>Biodegradable</i>	9

2.2 <i>Polyethylene Terephthalate</i> (PET)	11
2.3 Pati Beras	13
2.4 Pemlastis (<i>Plasticizer</i>)	15
2.4.1 Sorbitol Sebagai <i>Plasticizer</i>	16
2.5 Uji Kekuatan Tarik	17
2.6 Uji Biodegradasi	19
2.7 Uji Mikrostruktur Permukaan Patahan dan Hasil Biodegradasi.....	20
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	22
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	22
3.2 Alat dan Bahan Penelitian	22
3.2.1 Alat.....	22
3.2.2 Bahan	26
3.3 Variabel Penelitian.....	27
3.3.1 Variabel Bebas	27
3.3.2 Variabel Terikat	27
3.3.3 Variabel Control.....	27
3.4 Prosedur Penelitian	28
3.4.1 Langkah – Langkah Pembuatan Sampel.....	28
3.5 Proses Pengujian Sampel.....	28
3.5.1 Pengujian Kuat Tarik	29
3.5.2 Pengujian Biodegradasi	30
3.5.3 Pengamatan Struktur Mikro.....	31
3.6 Diagram Alir Penelitian.....	32
BAB 4. PEMBAHASAN	33
4.1 Hasil Pengujian Kuat Tarik	33
4.2 Hasil Pengujian Biodegradasi.....	37
4.3 Pengamatan Struktur Mikro.....	42
4.3.1 Struktur Mikro Pada Spesimen Uji Biodegradasi.....	42
4.3.2 Struktur Mikro dan makro Pada Spesimen Uji Kuat Tarik.....	46
BAB 5. KESIMPULAN	50
5.1 Kesimpulan	50

5.2 Saran	50
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN.....	56



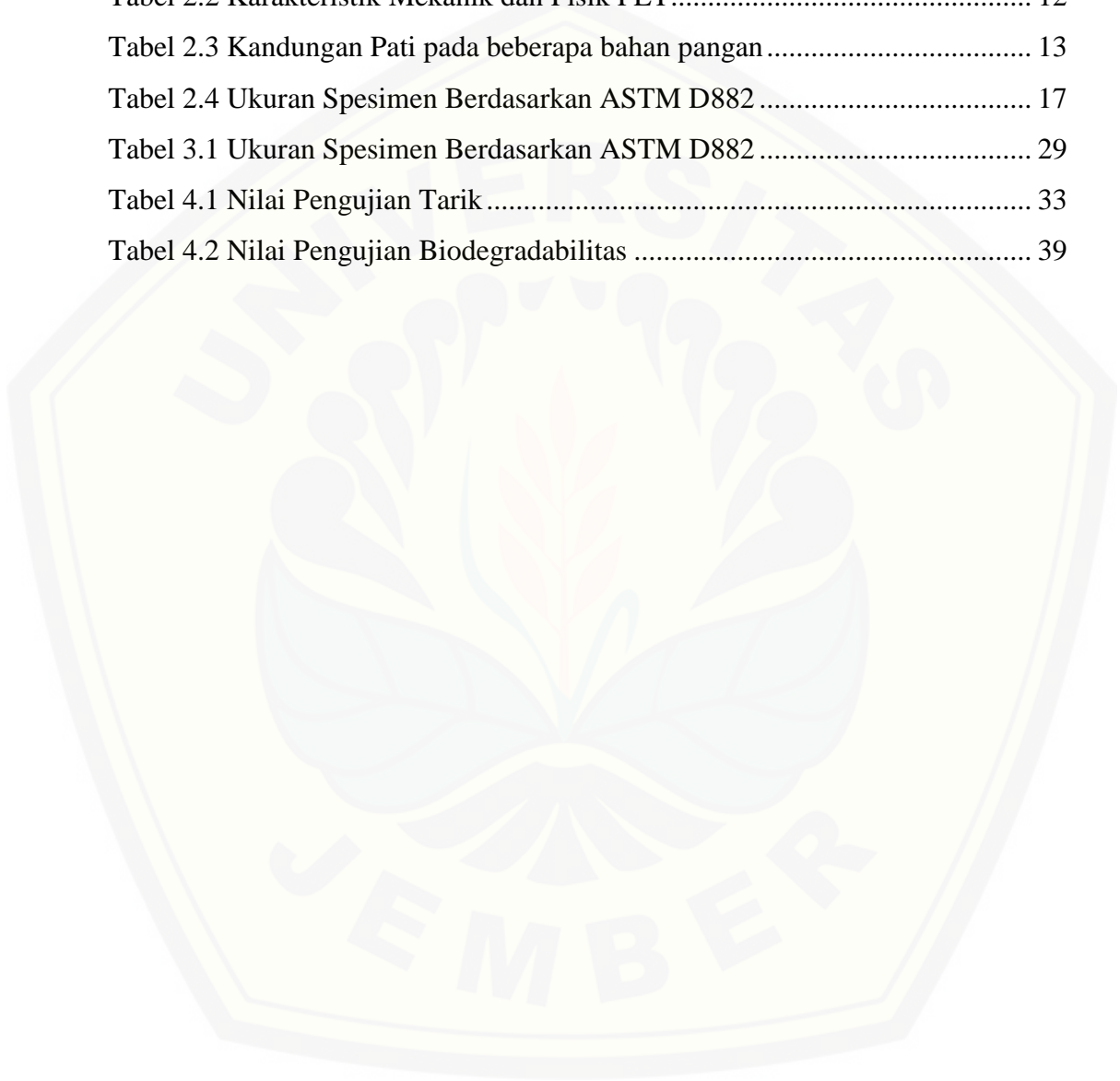
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Sifat bahan baku plastik konvensional dibandingkan dengan degradabilitas plastik	6
Gambar 2.2 Struktur Jenis Poliester <i>Biodegradable</i>	9
Gambar 2.3 Struktur Kimia Polietilena Tereftalat (PET)	11
Gambar 2.4 Pati Beras.....	14
Gambar 2.5 Struktur Sorbitol (D-Glucitol)	17
Gambar 2.6 Spesimen Uji Tarik (ASTM D882).....	17
Gambar 2.7 Kurva Tegangan – Regangan Untuk Polimer (a) Getas, (b) Plastik, (c) Elastomer (high Elastic).....	18
Gambar 2.8 Model Penguraian Plastik <i>Biodegradable</i>	20
Gambar 2.9 Hasil Foto Struktur Mikro Pada Permukaan Plastik <i>Biodegradable</i>	21
Gambar 3.1 Kompor Listrik	22
Gambar 3.2 Periuk Besi Teflon.....	23
Gambar 3.3 Cetakan Besi.....	23
Gambar 3.4 Timbangan Digital 500 gram	23
Gambar 3.5 Thermogun Meter.....	24
Gambar 3.6 Alat Uji Tarik	24
Gambar 3.7 Timbangan Digital	25
Gambar 3.8 Mikroskop Digital	25
Gambar 3.9 3 Ways Soil Meter.....	25
Gambar 3.10 Biji PET	26
Gambar 3.11 Pati Beras.....	26
Gambar 3.12 Sorbitol	27
Gambar 3.13 Spesimen Uji Tarik.....	29
Gambar 3.14 Diagram Proses Penelitian	32
Gambar 4.1 Grafik Nilai Kekuatan Tarik	33
Gambar 4.2 (a) Fenomena Patah Getas Tampak atas 750X.....	35

(b) Fenomena Patah Getas Tampak samping 230X	35
Gambar 4.3 Struktur Morfologi LDPE dan Pati Biji Durian	36
Gambar 4.4 Gambar Hasil Uji Tarik.....	37
Gambar 4.5 Grafik Laju Biodegradasi Konsentrasi Pati 0%	39
Gambar 4.6 Grafik Laju Biodegradasi Konsentrasi Pati 5%	39
Gambar 4.7 Grafik Laju Biodegradasi Konsentrasi Pati 10%	40
Gambar 4.8 Grafik Laju Biodegradasi Konsentrasi Pati 15%	40
Gambar 4.9 Grafik Laju Biodegradasi Konsentrasi Pati 20%	41
Gambar 4.10 Struktur Mikro pada Permukaan Sebelum uji Biodegrasi dan setelah uji biodegradasi selama 40 hari	42
Gambar 4.11 Struktur Mikro PET murni sebelum pengujian (a) setelah pengujian selama 40 hari (a1), pati 10% (b) setelah pengujian selama 40 hari (b1)	43
Gambar 4.12 Struktur Mikro sebelum di uji dan sesudah diuji biodegradasi ...	44
Gambar 4.13 Struktur Makro Sebelum diuji (a) dan Sesudah diuji di tanah alami (b) dan setelah diuji di tanah berkompos (c) Selama 150 Hari ...	45
Gambar 4.14 Struktur Mikro Sebelum diuji (a) dan Sesudah diuji di tanah alami (b) dan setelah diuji di tanah berkompos (c) Selama 150 Hari ...	46
Gambar 4.15 Struktur Mikro sesudah diuji Tarik (a) pati0% tampak atas (a1) tampak samping.....	46
Gambar 4.16 Struktur Mikro LDPE murni (a), LDPE/Pati 90%/10%	47
Gambar 4.17 Struktur Mikro sesudah diuji Tarik (a) pati 5% tampak atas (a1) tampak samping (b) pati 10% tampak atas (b1) tampak samping (c) pati 15% tampak atas (c1) tampak samping (d) pati 20% tampak atas (d1) tampak samping	48
Gambar 4.19 Struktur mikro LDPE/Pati 80/20 (c) 70/30 (d) 60/40 (e)	49

DAFTAR TABEL

Table 2.1 Perbandingan Antara Plastik Konvensional dan Plastik <i>Biodegradable</i> ..	7
Tabel 2.2 Karakteristik Mekanik dan Fisik PET.....	12
Tabel 2.3 Kandungan Pati pada beberapa bahan pangan.....	13
Tabel 2.4 Ukuran Spesimen Berdasarkan ASTM D882.....	17
Tabel 3.1 Ukuran Spesimen Berdasarkan ASTM D882.....	29
Tabel 4.1 Nilai Pengujian Tarik.....	33
Tabel 4.2 Nilai Pengujian Biodegradabilitas.....	39



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan masyarakat akan plastik sudah tidak diragukan lagi dari kalangan atas sampai bawah, dimana mereka selalu menggunakan plastik dalam kesehariannya. Plastik lebih praktis dari kemasan lain seperti kaleng dan kertas. Produsen makanan dan minuman menggunakan bahan plastik sebagai kemasan dikarenakan mudah dibentuk dan murah dalam produksinya. Hal tersebut membuat masyarakat lebih memilih kemasan plastik dari pada kemasan lainnya. Minat masyarakat yang tinggi dalam penggunaan plastik membuat kemasan ini semakin diminati tanpa mempertimbangkan dampaknya. Dampak dari plastik tersebut sangat berbahaya seperti, pencemaran lingkungan, banjir bahkan polusi udara. Contohnya Indonesia yang masuk dalam kategori negara penghasil sampah plastik terbesar kedua setelah Cina. Hal tersebut menjadi masalah serius karena dampaknya yang luar biasa terhadap masyarakat.

Oleh karena itu, pengembangan *biodegradable plastic* dengan berbasis pati merupakan salah satu solusi alternatif untuk menjaga lingkungan agar tetap bersih dari pencemaran lingkungan. Umumnya metode pembuatan *biodegradable plastic* dengan bahan dasar pati (*starch*) adalah gelatinisasi. Gelatinisasi pati merupakan proses perubahan pati dari butiran menjadi *gel*. Pati yang tergelatinasi tidak dapat kembali ke bentuk semula karena terjadinya perubahan struktur akibat pemanasan pada temperatur gelatinisasinya. Mekanisme pembentukan *gel* dimulai jika larutan pati dipanaskan. Butir – butir pati akan mengembang sehingga ikatan hidrogen pada unit amorf akan rusak dan pada suhu tertentu granula akan pecah. Bentuk *gel* yang dikeringkan akan membentuk suatu film pati. Film adalah lembaran tipis yang fleksibel dan tidak mengandung bahan metalik dengan ketebalan 0,01 inci sampai 250 mikron (Pudjiastuti, 2012).

Dalam penelitian ini, Polietilena Tereftalat (PET) akan digunakan sebagai matriks bioplastik dengan pencampuran pati beras. Pencampuran ini dilakukan untuk meningkatkan laju biodegradabilitas dari matriks PET. Sebagaimana yang

kita ketahui bahwa PET bersifat non-*biodegradable*. Bioplastik ini memiliki prospek yang bagus untuk masa depan dimana bahan pati yang digunakan masih dapat diperbaharui. Senyawa pati yang mengandung amilosa dan amilopektin dapat hancur dan terurai oleh mikro organisme lingkungan (Resalina dkk, 2013).

Pati adalah polisakarida yang memiliki monomer glukosa yang dihubungkan dengan ikatan glikosidik. Pati tersusun atas dua polimer utama yaitu amilosa dan amilopektin, juga mengandung protein 0,25% dan lemak 0,1%-0,3% (Ashogbon & Akintayo, 2012). Dalam penelitian ini, pati beras akan digunakan sebagai material *blend* komposit untuk meningkatkan laju *biodegradable* dari campuran bioplastik PET dan pati. Pemilihan pati beras didasarkan pada kandungan amilosanya yang cukup tinggi yaitu sekitar 25%. Kandungan amilosa yang tinggi dapat mempengaruhi sifat dari campuran *blend* komposit seperti sifat fisik, mekanik dan laju biodegradasinya. Pati dan komponen utamanya amilosa dan amilopektin adalah biopolimer yang merupakan bahan baku yang menarik untuk digunakan dalam makanan industri. Pati beras dan sorbitol telah digunakan untuk memproduksi film *biodegradable* untuk sebagian atau seluruhnya menggantikan polimer plastik karena biaya rendah dan terbarukan, dan memiliki sifat mekanik yang baik (Bourtoom, 2008).

Biopolimer pada penelitian sebelumnya (Bourtoom, 2008) pati beras dengan *plasticizer* sorbitol diaplikasikan untuk bahan perekat, pelapis atau agen kaca dan pengelmsi. Selain untuk pengaplikasian diatas bioplastik digunakan untuk kemasan makanan agar terlindung dari mikroorganisme dan kerusakan fisik. Setelah mempelajari dan mengamati penelitian sebelumnya contohnya (Resalina, 2013) meneliti tentang pengaruh penambahan serbuk gelatin terhadap sifat mekanik dan biodegredebilitas plastik campuran PET bekas dan pati sagu. Penelitian tersebut mempunyai kelemahan pada serbuk gelatin kurang efektif sebagai *plasticizer* dalam pencampuran plastik PET dengan pati sagu. Pada penelitian ini plastik PET akan dicampur dengan sorbitol sebagai *plasticizer* dan pati beras sebagai pengisi dalam pembuatan bioplastik dan di aplikasikan menjadi produk kemasan. Pengujian tarik, struktur mikro dan uji *biodegradable* di dalam tanah akan dilakukan untuk menentukan sifat mekanik dan laju degradasinya.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini dilakukan analisa pengaruh penambahan pati beras (*amylum oryzae*) pada campuran *biodegradable plastic* PET dengan sorbitol sebagai pemlastis (*plasticizer*) terhadap kekuatan tarik, laju biodegradasi dan pengamatan struktur mikro.

1.3 Batasan Masalah

Ruang lingkup penelitian ini cukup luas sehingga dibutuhkan batasan masalah agar penelitian lebih terarah untuk mencapai tujuan yang diinginkan.

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Kecepatan pengadukan dianggap stabil
- b. Pencampuran PET, sorbitol dan pati beras dianggap homogen
- c. Suhu pendinginan dianggap sudah suhu ruangan
- d. Tidak menghitung penyusutan plastik yang cair
- e. Data alat pengujian dianggap valid
- f. Sampel yang dihasilkan berupa komposit *biodegradable plastic*

1.4 Tujuan dan Manfaat

1.4.1 Tujuan

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Mengetahui pengaruh pati beras 0%, 5%, 10%, 15%, 20% terhadap kekuatan tarik pada campuran *biodegradable plastic* PET dengan *sorbitol* sebagai *plasticizer*
- b. Mengetahui pengaruh pati beras 0%, 5%, 10%, 15%, 20% terhadap laju biodegradasi pada campuran *biodegradable plastic* PET dengan *sorbitol* sebagai *plasticizer*
- c. Mengetahui struktur mikro pada campuran *biodegradable plastic* PET dengan *sorbitol* sebagai *plasticizer* setelah dilakukan uji kuat tarik dan uji biodegradasi

1.4.2 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Memperoleh informasi mengenai nilai kekuatan tarik pada *biodegradable plastic*
- b. Memperoleh informasi mengenai laju biodegradasi pada *biodegradable plastic*
- c. Memperoleh informasi mengenai struktur mikro pada *biodegradable plastic* yang telah dilakukan uji biodegradabilitas dan juga uji tarik
- d. Memberikan solusi pengurangan limbah plastik konvensional
- e. Turut serta memajukan teknologi pengolahan plastik

1.5 Hipotesa

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini yaitu semakin banyak pati yang ditambahkan pada bioplastik akan mempercepat laju biodegradasi. Dengan banyaknya pati akan mempengaruhi sifat kuat tarik menjadi getas maka dari itu penambahan sorbitol sebagai pemlastis akan dibutuhkan untuk memberikan pengaruh elastis kepada *biodegradable plastic*.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Plastik

2.1.1 Definisi Plastik

Plastik merupakan salah satu bahan untuk membuat kemasan, karena sifatnya yang ringan dan mudah dibentuk sehingga plastik digemari dan digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Plastik merupakan polimer sintesis yang dapat dicetak menjadi bentuk yang diinginkan dan mengeras setelah didinginkan (Apriyanto, 2007).

2.1.2 Kriteria Penggolongan Plastik

Berikut adalah penggolongan plastik menurut (Resalina, 2012):

a. Sifat fisiknya

- 1). Termoplastik merupakan jenis plastik yang bisa didaur ulang atau dicetak kembali. Contoh: Polietilen (PE), Polistiren (PS), Polikarbonat (PC), dll.
- 2). Termoset merupakan jenis plastik yang tidak bisa didaur ulang atau dicetak kembali.

b. Kinerja dan Penggunaanya

- 1) Plastik komoditas merupakan plastik yang mempunyai sifat mekanik tidak terlalu bagus dan tidak tahan panas.
- 2) Plastik teknik merupakan plastik yang tahan panas dan sifat mekaniknya bagus.
- 3) Plastik teknik khusus merupakan plastik yang mempunyai temperatur operasi di atas 150°C dan mempunyai sifat mekanik yang sangat bagus.

c. Berdasarkan tanda plastik kemasan yang telah di sepakati dan biasa digunakan sebagai acuan daur ulang, plastik dibedakan menjadi:

- 1) *Polyethylene Terephthalate* (PET, PETE)
- 2) *High Density Polyethylene* (HDPE)
- 3) *Polyvinyl Chloride* (PVC)
- 4) *Low Density Polyethylene* (LDPE)

5) *Polypropylene* (PP)

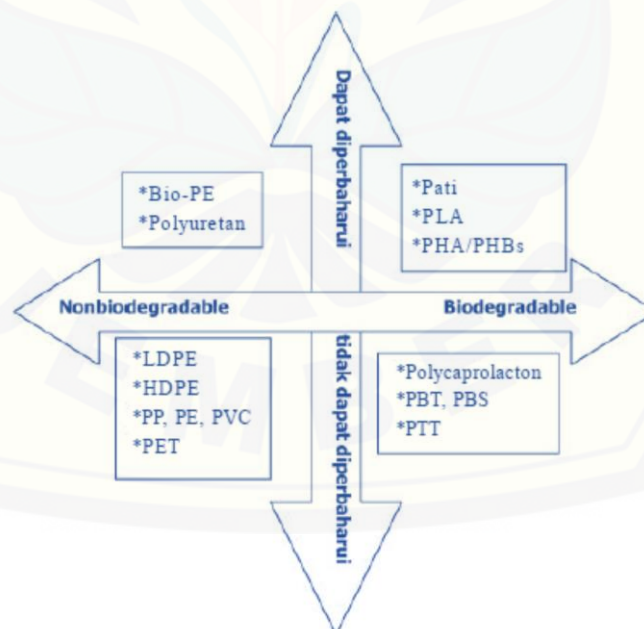
6) *Polystyrene* (PS)

7) *Polycarbonate* (PC)

2.1.3 Plastik Konvensional (*Non-Biodegradable*)

Menurut (Kamsiati dkk, 2017), plastik didefinisikan sebagai bahan sintetik atau semi sintetik yang diproses dalam bentuk polimer termoplastik dan thermoset. Pada umumnya polimer tersebut mempunyai berat molekul yang tinggi dan dibentuk menjadi produk berupa film dan filamen. Polimer plastik tersusun dari monomer melalui reaksi polimerisasi. Sebagian besar plastik terdiri atas 500–20.000 monomer, misalnya polietilen yang dibuat dari etilen.

Berdasarkan bahan bakunya, plastik dibedakan menjadi dua, yaitu mudah terdegradasi (*biodegradable*) dan sulit terdegradasi (*non biodegradable*). Berikut adalah gambar 2.1 perbandingan sifat bahan baku plastik konvensional dan *biodegradable plastic*.



Gambar 2.1 Sifat Bahan Baku Plastik Konvensional Dibandingkan Dengan Degradabilitas Plastik (Kamsiati, 2017)

Biodegradable plastic dibuat dari bahan alam yang bisa diperbarui dan pada umumnya terdapat pada produk pertanian. Oleh karena itu, produksi bahan nabati dapat berkelanjutan karena sifatnya yang ramah lingkungan contohnya bioplastik dari pati yang mudah terdegradasi oleh lingkungan. Namun harga bioplastik lebih mahal daripada plastik konvensional karena teknologinya belum berkembang luas. Maka dari itu plastik konvensional berbahan dasar *phatalat ester* yang bersifat stabil dan sukar diuraikan oleh mikroorganisme tetap menjadi pilihan terhadap produk kemasan. Teknologi pembuatan plastik *biodegradable* menjadi peluang bagi pengembangan bioplastik karena sifatnya yang ramah lingkungan. Tabel 2.1 menampilkan perbandingan plastik konvensional dan bioplastik ditinjau dari aspek ketersediaan bahan baku, teknologi, sosial, ekonomi, dan lingkungan.

Tabel 2.1 Perbandingan Antara Plastik Konvensional Dan Plastik *Biodegradable*

Aspek	Plastik Konvensional	Plastik <i>Biodegradable</i>
Bahan Baku	Sebagian besar dibuat dari bahan yang tidak dapat diperbaharui	Dibuat dari bahan yang dapat diperbaharui
Teknologi	Sudah canggih	Beberapa sudah diproduksi, sebagian masih dalam tahap penelitian
Sosial	Masyarakat mengetahui	Masih banyak yang belum mengetahui
Ekonomi	Murah	Mahal
Lingkungan	Tidak ramah lingkungan	Ramah lingkungan

(Sumber: Kamsiati dkk, 2017)

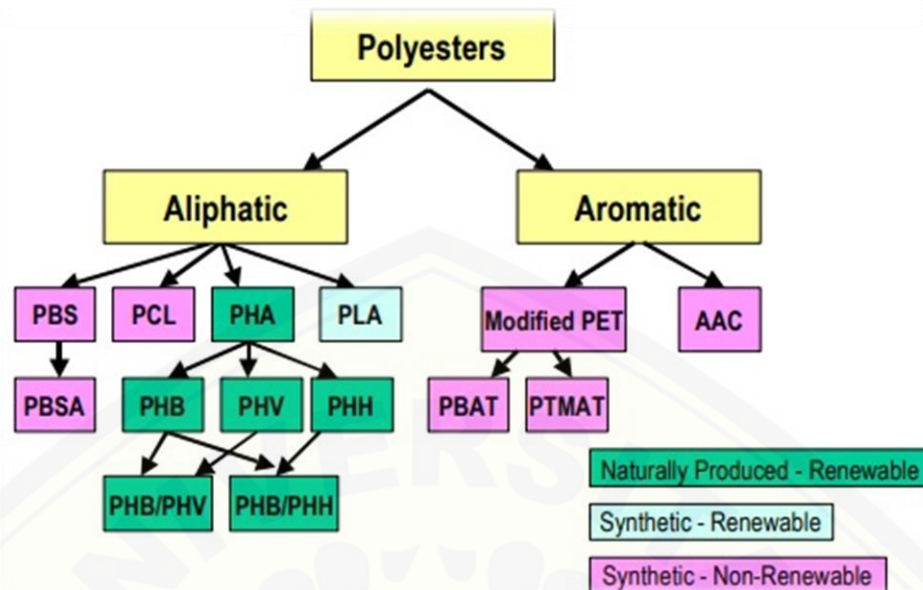
2.1.4 Plastik *Biodegradable*

Plastik *biodegradable* (bioplastik), merupakan plastik yang terbuat dari bahan alam contohnya (*polylactid acid*) PLA, selulosa, pati yang dapat hancur terurai oleh aktivitas mikroorganisme. Bioplastik terurai melalui berbagai tahap dan menjadi hasil akhir seperti air (H₂O) dan gas karbondioksida (CO₂) setelah masa pemakaian dan dapat kembali ke lingkungan. Pada waktu biodegradasi terjadi peristiwa

depolimerisasi yaitu pemutusan ikatan polimer pada bioplastik. Dalam peristiwa depolimerisasi mikroorganisme mengeluarkan enzim ekstraseluler (endo dan ekso enzim). Endo enzim memiliki tugas untuk memutus ikatan internal secara acak contohnya seperti, Enzim alfa-amilase merupakan endo enzim yang memutus ikatan alfa-1,4 amilosa dan amilopektin menghasilkan oligosakarida dan sejumlah kecil glukosa dengan cepat pada larutan pati kental yang telah mengalami gelatinisasi. Sedangkan ekso enzim memutus unit monomer pada rantai secara berurutan. Polimer *biodegradable* memiliki definisi dan hasil akhir yang beragam bentuk bergantung pada polimer, organisme, dan lingkungan (Kamsiati dkk, 2017).

Menurut Nolan-ITU (2002), poliester memainkan peran dominan sebagai *biodegradable plastic* karena ikatan ester yang berpotensi terhidrolisis. Seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.2 keluarga poliester terbuat dari dua kelompok besar yaitu, poliester alifatik (linier) dan poliester aromatik (cincin aromatik). Poliester *biodegradable* yang telah dikembangkan secara komersial dan dalam pengembangan komersial adalah sebagai berikut:

- a. PHA (*polyhydroxyalkanoates*)
- b. PHB (*polyhydroxybutyrate*)
- c. PHH (*polyhydroxyhexanoate*)
- d. PHV (*polyhydroxyvalerate*)
- e. PLA (*polylactic acid*)
- f. PCL (*polycaprolactone*)
- g. PBS (*polybutylene succinate*)
- h. PBSA (*polybutylene succinate adipate*)
- i. AAC (*Aliphatic-Aromatic copolyesters*)
- j. PET (*polyethylene terephthalate*)
- k. PBAT (*polybutylene adipate/terephthalate*)
- l. PTMAT (*polymethylene adipate/terephthalate*)



Gambar 2.2 Struktur Jenis Poliester *Biodegradable* (Nolan-ITU, 2002)

Sementara poliester aromatik seperti PET menunjukkan sifat material yang sangat baik, mereka terbukti hampir benar-benar tahan terhadap serangan mikroba. Poliester alifatik di sisi lain mudah terurai, tetapi tidak memiliki sifat mekanik yang baik yang sangat penting untuk sebagian besar aplikasi. Semua poliester terdegradasi akhirnya, dengan hidrolisis (degradasi yang disebabkan oleh air) menjadi mekanisme dominan.

2.1.5 Proses Pembuatan Plastik *Biodegradable*

Polimerisasi adalah proses pembentukan polimer dengan menggabungkan beberapa molekul kecil dan sederhana yang disebut monomer menjadi sebuah molekul raksasa (Coward, 1991). *Biodegradable plastic* dapat dibuat dari polimer alam atau dari campuran polimer alam dan polimer sintesis. Prinsip pembuatan bioplastik dari polimer sintetis adalah dengan menyisipkan gugus fungsional khusus yang alami pada rantai polimer sintesis (Cole, 1990). Polimer alam mempunyai sifat fisik yang kurang baik, sedangkan polimer sintesis mempunyai sifat fisik yang unggul seperti lebih tahan air dan kekuatan tariknya cukup tinggi. Polimer di modifikasi agar dapat dicampur dengan cara fisik (*blend*)

diharapkan dapat menghasilkan material yang sifat fisiknya baik dan bersifat ramah lingkungan (Wisojodharmo, 1998).

Biodegradable plastic dalam waktu dan kondisi tertentu akan mengalami perubahan struktur kimianya yang dipengaruhi mikroorganisme seperti bakteri, alga, dan jamur. Menurut (Griffin, 1991) berdasarkan proses pembuatannya, plastik yang mudah terurai dibedakan menjadi 3 tipe yaitu:

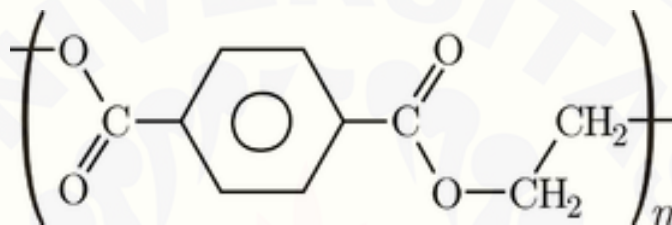
- a. Plastik yang dihasilkan dari suatu bahan akibat kerja dari suatu jenis mikroorganisme (prekursor).
- b. Plastik yang dibuat berdasarkan hasil rekayasa kimia dari bahan polimer alami seperti serat selulosa dan bahan berpati.
- c. Plastik dengan bahan baku polimer sintetik sebagai hasil dari sintesis minyak bumi seperti poliester kopolimer.

Pati memiliki tiga cara efektif digunakan untuk bahan dasar pembuatan bioplastik. Pertama, pati digunakan sebagai bahan pengisi plastik berbasis minyak bumi dan jumlahnya relatif sedikit berkisar antara 6% - 15% dan hanya patinya yang bersifat *biodegradable*. Kedua, pati dicampur dengan polimer *biodegradable* seperti *Polylactid Acid* (PLA) dengan jumlah pati yang digunakan hanya mencapai 85%. Ketiga, Pati termoplastik dicampur dengan *plasticizer* (air, gliserin, dan sorbitol), temperatur tinggi (90°C - 160°C), *shearing* dapat melelehkan pati dan kemudian dialirkan seperti termoplastik (Sriroth *et al*, 2000; Mooney, 2009; Cornelia *et al*, 2013; Coniwanti *et al*, 2014).

Plastik *biodegradable* dibuat dengan berbagai tahapan dengan menggunakan bahan dasar pati. Pembuatan bioplastik adalah mengintegrasikan teknik pencampuran, pemanasan, dan pencetakan. Plastik *biodegradable* yang dihasilkan berupa lembaran film (Coniwanti *et al*. 2014; Radhiyatullah *et al*. 2015; Lazuardi dan Cahyaningrum, 2013). Pembuatan plastik *biodegradable* dengan teknik *blending* cukup sederhana, namun implementasi teknologi produksi dalam skala lebih besar belum banyak dilaporkan. Di beberapa negara, teknologi produksi plastik *biodegradable* dalam skala besar tidak hanya menghasilkan lembaran film tapi juga dalam bentuk lainnya (Kamsiati dkk, 2017).

2.2 Polyethylene Terephthalate (PET)

PET (*polyethylene terephthalate*) mengandung monomer-co-monomer seperti eter, amida atau monomer alifatik yang rentan terhadap biodegradasi melalui hidrolisis. Tergantung pada aplikasinya hingga tiga monomer alifatik dimasukkan ke dalam struktur PET. Bahan PET yang dimodifikasi khusus termasuk PBAT (*Polybutylene Adipate/ Terephthalate*) dan PTMAT (*Polytetramethylene Adipate / terephthalate*) (Nolan-ITU, 2002). Berikut adalah gambar 2.3 dari struktur kimia polimer PET.



Gambar 2.3 Struktur Kimia Polietilena Tereftalat (PET) (Resalina, 2012).

Polyethylene Terephthalate (PET) adalah polimer yang sangat keras dan kaku dengan massa jenis kerapatan 1340-1390 kg/m³. PET memiliki transparansi yang sangat baik, ketahanan suhu dan sifat penghalang. PET yang berwarna memiliki fisik yang sama dengan PET murni yang memiliki penampilan buram. PET dengan penampilan buram dapat memberi perlindungan cahaya pada produk yang dikemas. Produk kemasan makanan memiliki standar dalam pewarnaan, hal ini menyebabkan produk kemasan makanan sangat teliti dalam mengolah pewarnaan kemasan dan juga berlaku pada semua macam kemasan plastik. Film PET juga diproduksi dan diaplikasikan dalam bentuk label, *thermoformed* cups, kubah kue, kemasan blister dan aplikasi lembaran umum lainnya, seperti serat PET yang memiliki beberapa aplikasi tekstil (Nolan-ITU, 2003).

Tabel 2.2 Karakteristik Mekanik dan Fisik PET

Karakteristik	Tes Metode	Nilai	Sumber
Berat Molekul	-	192 g/mol	-
Parameter Mark-Houwink	-	$k=3,72 \times 10^{-2}$ ml/g $\alpha=0,73$	[15]
Rata – rata berat molekul	-	30,000-80,000 g/mol	[15]
Massa Jenis	-	1,41 g/cm ³	[15]
Trasnisi temperature leleh	DSC	69-115(°C)	[3,2,15,16]
Titik leleh	DSC	265(°C)	[5,16]
Kalor lebur	DSC	166 J/g	[2]
Kekuatan Tarik	Tensile	50 (MPa)	[17]
Modulus Tarik (<i>young's modulus</i>)	-	1700 (MPa)	[17]
<i>Yield Strain</i>	Tensile	4 (%)	[17]
Kekuatan Takik	ASTM D256-86	90 (J/m)	[17]
Daya serap air (setelah 24 jam)	-	0,5 (%)	[17]

(Sumber: Awaja dan Pavel, 2005)

PET merupakan salah satu bahan baku dalam pembuatan botol kemasan minuman. Plastik konvensional juga dapat digunakan untuk pembuatan produk non-pangan meskipun hanya dalam jumlah yang lebih kecil tetapi bermanfaat digunakan dalam aplikasi serat seperti pakaian bulu dan tekstil lainnya. PET telah mendapatkan pangsa pasar dalam minuman berkarbonasi dengan menggantikan kemasan botol kaca dan aluminium. Pasar untuk PET diperkirakan akan terus meningkat, terutama untuk produk makanan non-minuman seperti selai, madu, selai kacang dan aplikasi layanan makanan (misalnya, kemasan *thermoformed* untuk *sandwich*, dll.). Pasar yang sedang berkembang secara internasional termasuk produk kemasan misalnya saus, kaleng cat, dan botol oli motor harus mempunyai ketahanan panas yang baik (Nolan-ITU, 2003).

2.3 Pati Beras

Pati merupakan karbohidrat yang dihasilkan dari proses fotosintesis yang disimpan dalam bentuk glukosa. Pati bisa didapatkan dalam tanaman jagung, kentang, gandum, beras dan tanaman-tanaman umbi. Jumlah produksi tahunan pati adalah sekitar 60 jt MT (Metric Ton) dan akan diperkirakan meningkat 10 jt MT (Metric Ton) pada tahun 2011 (Ardiansyah, 2011).

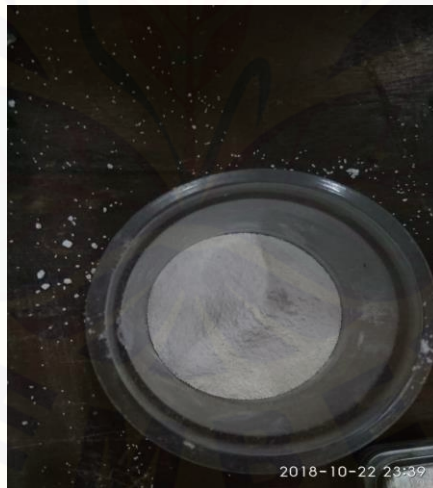
Pati merupakan senyawa polisakarida yang terdiri dari 2 fraksi. Fraksi terlarut disebut amilosa dan fraksi tidak terlarut disebut amilopektin. Monomer dari pati adalah glukosa yang berikatan dengan ikatan α (1,4) - glikosidik, yaitu ikatan kimia yang menggabungkan 2 molekul monosakarida yang berikatan kovalen terhadap sesamanya. Pati merupakan zat tepung dari karbohidrat dengan suatu polimer senyawa glukosa yang terdiri dari dua komponen utama, yaitu amilosa dan amilopektin. Polimer linier dari D-glukosa membentuk amilosa dengan ikatan (α) - 1,4 - glukosa. Sedangkan polimer amilopektin adalah terbentuk dari ikatan (α) - 1,4 - glukosida dan membentuk cabang pada ikatan (α) - 1,6 - glukosida untuk plastik biodegradasi (Akbar dkk, 2013). Dalam tabel 2.3 berikut adalah kandungan pati dari beberapa bahan pangan.

Tabel 2.3 Kandungan Pati Pada Beberapa Bahan Pangan

Bahan Pangan	Pati (% dalam berbasis kering)
Biji Gandum	67
Beras	89
Jagung	57
Biji Sorghum	72
Kentang	75
Ubi Jalar	90
Singkong	90
Talas	68,24 - 72,61

(Sumber: Wajira S. Ratnayake, 2009).

Pati beras terdiri dari dua polimer karbohidrat yaitu, amilosa dan amilopektin. Perbandingan kedua golongan pati ini dapat menentukan sifat fisik seperti warna dan teksturnya. Berdasarkan kandungan yang tersimpan dalam beras, kandungan amilosa dibedakan dari amilosa tinggi sampai rendah secara berturut-turut adalah kadar amilosa $> 25\%$, kadar amilosa sedang $20-25\%$, dan kadar amilosa rendah $10-20\%$ serta beras ketan dengan kadar amilosa $< 10\%$ (Dianti, 2010). Menurut (Ardiansyah, 2011) Pati terdiri dari 2 fraksi yang dapat dipisahkan dengan air panas. Fraksi terlarut disebut amilosa dan fraksi tidak terlarut disebut amilopektin. Amilosa memberikan sifat keras dan amilopektin menyebabkan sifat lengket. Kadar kedua komponen tersebut mempengaruhi sifat mekanik dari polimer. Pati memiliki kristal bergranula yang tidak dapat larut dalam air dalam kondisi murni pada temperatur ruangan yang memiliki bentuk dan ukuran sesuai jenis tanamannya (Indra & wibowo, 2013). Gambar 2.4 merupakan pati beras yang berbentuk serbuk.



Gambar 2.4 Pati Beras

Karbohidrat dalam beras terdiri dari pati yang mengandung amilosa dan amilopektin. Selain pati beberapa kandungan lainnya adalah seperti gula, selulosa, hemiselulosa dan pentosa. Pati yang ada dalam beras $85\% - 90\%$ dari berat kering beras, pentosa $2,0\% - 2,5\%$ dan gula $0,6\% - 1,4\%$ dari berat beras pecah kulit. Oleh karena itu, sifat-sifat pati merupakan faktor yang dapat

menentukan sifat fisikokimia dari beras (Haryadi, 2006). Penelitian sebelumnya menggunakan pati yang diambil dari limbah air cucian beras digunakan untuk bahan pengisi pada plastik *biodegradable*. Air cucian beras pada umumnya jarang dimanfaatkan lagi, padahal air cucian beras masih mengandung karbohidrat jenis pati sebanyak 76% pada beras pecah kulit. Menurut Chrysti (2013), kandungan karbohidrat pada pati beras tersebut memenuhi syarat untuk media pertumbuhan bakteri *Actobacter Xylinum* yang berperan dalam pembuatan nata sebagai langkah awal plastik *biodegradable* pada penelitian ini.

2.4 Pemlastis (*Plasticizer*)

Menurut (Wypych, 2004), berbagai definisi mengenai *platicizer* yang sering digunakan yaitu:

- a. Bahan yang memiliki berat molekul yang ditambahkan kedalam bahan polimer seperti cat, plastik atau perekat untuk meningkatkan fleksibilitasnya.
- b. Dalam kemasan, *platicizer* adalah zat yang ditambahkan ke bahan untuk memperbaiki fleksibilitas, kemampuan kerja.
- c. *Plasticizer* memberi sifat khusus seperti tahan terhadap kondisi cuaca, fleksibilitas rendah cuaca.
- d. *Plasticizer* berinteraksi dengan rantai polimer untuk mempercepat viskoelastisitasnya.

Plasticizer adalah senyawa yang ditambahkan pada senyawa polimer untuk meningkatkan beberapa sifat, misalnya kemampuan kerja (*workability*), ketahanan terhadap panas (*heat resistance*), ketahanan terhadap temperature (*low – temperature resistance*), ketahanan terhadap cuaca (*wethering resistance*), sifat insuli (*insolution properties*), ketahanan terhadap minyak (*oil resistance*).

Menurut Nolan-ITU (2002), *plasticizer* sering ditambahkan untuk meningkatkan fleksibilitas plastik *biodegradable*. Tipe *plasticizer* yang digunakan dalam plastik *biodegradable* meliputi:

- a. Gliserol
- b. Sorbitol

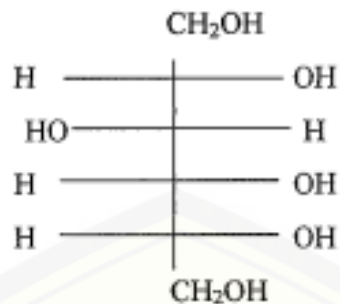
- c. Propilena glikol
- d. Etilen glikol
- e. Polyethylene glycol
- f. Trietil sitrat
- g. Triacetine

2.4.1 Sorbitol Sebagai *Plasticizer*

Menurut (Rimadianti, 2007), beberapa contoh *plasticizer* yang sering digunakan dalam pembuatan plastik *biodegradable* antara lain glycerol, sorbitol dan polyethylene glycol. *Plasticizer* seperti sorbitol mempunyai kemampuan mengurangi ikatan hidrogen internal dan meningkatkan jarak intermolekuler. Sorbitol adalah alkohol gula dan merupakan pemanis yang ditemukan pada beberapa produk. Sorbitol juga termasuk *zat hemectant* (pengatur kelembaban).

Polyols, seperti sorbitol dan gliserol efektif sebagai *plasticizer* karena kemampuannya untuk mengurangi ikatan internal dilain sisi dapat meningkatkan jarak intermolekul. Sehingga secara tidak langsung terjadi peningkatan konsentrasi menurunkan kekuatan tarik dan meningkatkan persen pemanjangan *edible film* (Mc Hugh dan Krochta, 1994).

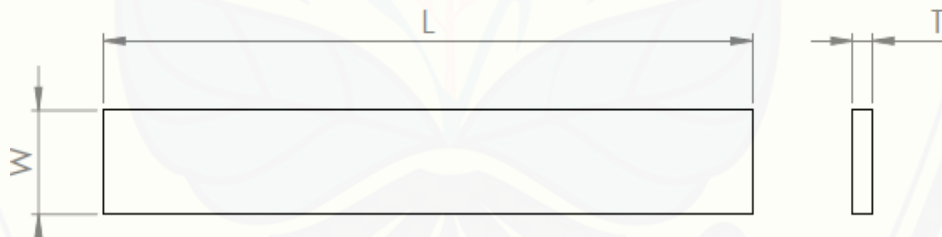
Berdasarkan GRAS dari US Food and Drug Administration, pemakaian *plasticizer* digunakan sebagai filler tergantung pada aplikasi material yang akan digunakan dengan memperhatikan sifat tahan airnya, dalam hal ini *plasticizer* seperti gliserin dan senyawa yang lainnya mampu menarik uap air yang digunakan. *Plasticizer* banyak digunakan sebagai senyawa yang mudah larut terhadap air (sampai 83%). Selain itu sorbitol digunakan pada bahan *biodegradable*, kapsul gel, dan beberapa digunakan sebagai serat *biodegradable*. Sorbitol mudah larut terhadap methanol, isopropanol, butanol, sikloheksanol, fenol, aseton, asam asetat, dimetil formamida, piridin, dan asetamida. Kelarutan sorbitol baik dalam alkohol panas dan sedikit larut dalam alkohol dingin. Sorbitol memiliki sifat yang stabil terhadap asam, enzim, dan suhu sampai 140⁰C (248⁰F) (Rimadianti, 2007). Gambar struktur sorbitol disajikan pada gambar 2.5



Gambar 2.5 Struktur Sorbitol (D-Gluciol) (Metzger, 2005)

2.5 Uji Kekuatan Tarik

Standar metode pengujian harus digunakan dalam melakukan penelitian agar pengujian sesuai dan terkontrol secara baik. Uji kekuatan tarik dilakukan agar mengetahui sifat dari suatu material. Setiap material memiliki metode pengujian tarik atau *tensile strength* berbeda dengan yang lain. Dan mempunyai standar pengujian yang berbeda dimana pengujian kali ini menggunakan ASTM D882. Berikut adalah gambar 2.6 dan ukuran pada spesimen dengan ASTM D882.



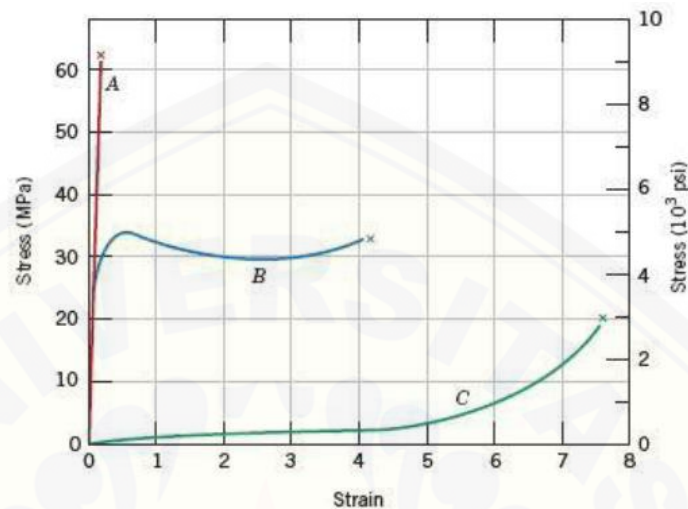
Gambar 2.6 Spesimen Uji Tarik (ASTM,2002)

Tabel 2.4 Ukuran Spesimen Berdasarkan ASTM D882

Spesifikasi	Ukuran (mm (in))
Ketebalan <math><7\text{mm}</math>, T	$3,00 \pm 0,4$ (0,11 \pm 0,02)
Lebar, W	15 (0,59)
Panjang, L	100 (3,937)

(Sumber: ASTM,2002)

Struktur polimer cukup berbeda sehingga perilaku mekanisnya pun berbeda dengan logam maupun keramik. Pada gambar 2.7 merupakan sebuah hasil dari uji tarik pada bahan polimer yang mempunyai sifat dan karakter yang berbeda.



Gambar 2.7 Kurva tegangan-regangan untuk polimer (a) getas, (b) plastis, (c) elastomer (*high elastic*) (Sumaryono, 2012).

Dari gambar 2.7 pada semua padatan, tegangan akan menimbulkan regangan elastis. Regangan muncul karena adanya tegangan, tetap konstan apabila tegangan konstan dan hilang apabila tegangan dihilangkan.

Perubahan yang ditunjukkan pada gambar 2.7 disebut sebagai regangan teknik, yang didefinisikan sebagai perubahan panjang yang terjadi akibat perubahan statik (ΔL) terhadap panjang mula – mula (L_0). Tegangan teknik dihasilkan dari nilai pembebanan yang terjadi (F) pada luas penampang awal (A_0). (Indradianto, 2017).

Tegangan normal yang diakibatkan gaya tarik dapat ditentukan berdasarkan persamaan:

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \dots\dots\dots(2.1)$$

Dimana:

σ = Tegangan tarik (Mpa)

F = Gaya Tarik (N)

$A_0 =$ Luas Penampang Spesimen mula – mula (mm^2)

Regangan akibat beban tekan statik dapat ditentukan:

$$\varepsilon = \frac{(L - L_0)}{L_0} = \frac{\Delta L}{L_0} \dots \dots \dots (2.2)$$

Dimana:

ε : Regangan kedalam daya tarik (%)

ΔL : Perubahan Panjang spesimen (mm)

L : Panjang spesimen mula – mula (mm)

2.6 Uji Biodegradasi

Kemampuan untuk mendekomposisi suatu bahan menjadi unsur tunggal (karbondioksida, metana, air, dan komponen organik) melalui mekanisme enzimatik yang dilakukan oleh mikroorganisme dalam kurun waktu tertentu disebut sebagai kemampuan biodegradabilitas. Dalam pengujian biodegradasi ada beberapa macam standart yang memang harus dilakukan agar dapat mengetahui seberapa banyak persen massa yang hilang. Ada beberapa macam standart pengujian dan berbagai kondisi seperti, simulasi pengomposan (D5509, D5512), simulasi landfill (D5525), aktivitas mikroba aerobik (D5247) dan kondisi mengambang laut (D5437). Kelompok kedua standar ASTM membahas pembentukan CO₂ di lingkungan aerobik termasuk lumpur limbah (D5209), lumpur limbah aktif (D5271), dan pengomposan terkontrol (D5338). Kelompok ketiga standar ASTM membahas evolusi CH₄ / CO₂ dalam lingkungan anaerobik seperti lumpur limbah anaerobik (D5210), biodegradasi anaerobik (D5511), dan penimbunan yang dipercepat (D5526). D6400 membedakan antara plastik *biodegradable* dan *degradable* (Nolan-ITU, 2002).

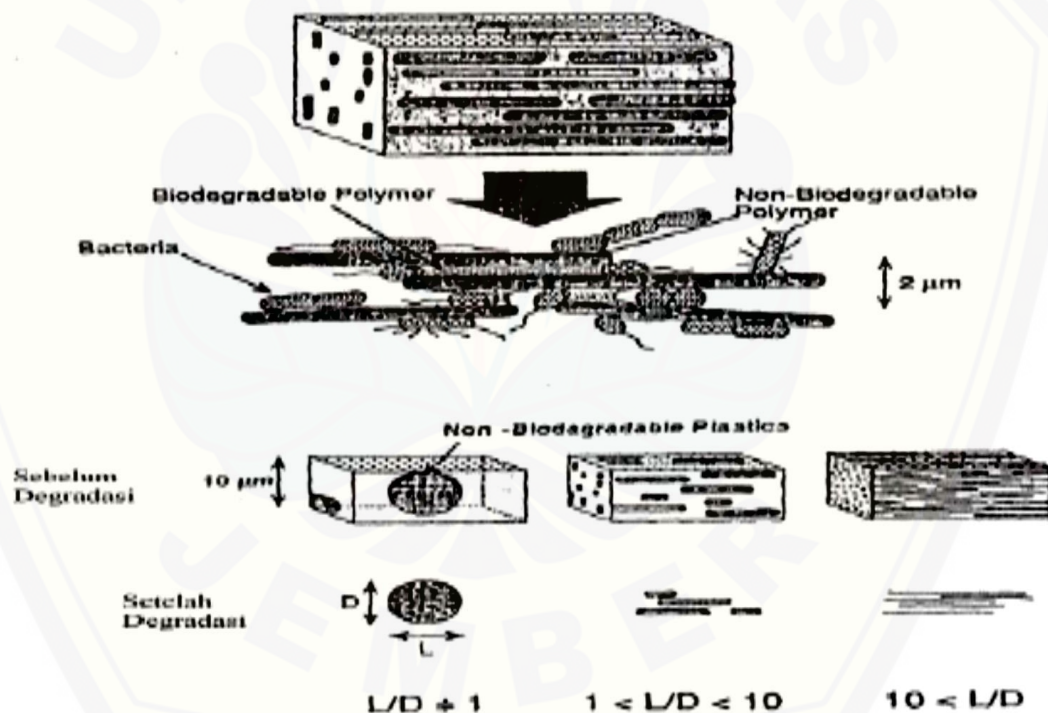
Metode uji untuk standar ASTM kunci dirangkum di bawah ini, Untuk mengetahui ketahanan suatu bahan terhadap lingkungan setelah selesai masa pemakaian maka perlu dilakukan pengujian kemampuan biodegradasi pada bahan tersebut. Salah satu metode yang dapat dilakukan adalah dengan cara penimbunan pada tanah. Pada metode ini memanfaatkan enzim yang dihasilkan

oleh aktivitas mikroorganisme pada tanah untuk menguraikan bahan yang sedang di uji (Noezar, *et al*, 2008).

Dalam penelitian ini standart yang akan digunakan yaitu, ASTM D6003-96 dimana pengujian biodegradasi didesain agar tanah sesuai dengan lingkungan yang ada atau lingkungan kompos yang terkendali. Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Nguyen dkk, 2016) juga menggunakan standart ini untuk pengujian biodegradasi. Untuk menghitung kemampuan suatu bahan setelah diuji dengan cara penguburan digunakan persamaan:

$$WL(\%) = \left(\frac{w_1 - w_2}{w_1} \right) \times 100\% \dots \dots \dots (2.3)$$

Dengan WL adalah persen berat (%) w1 adalah berat awal (kg) dan w2 adalah berat setelah penguburan (kg).



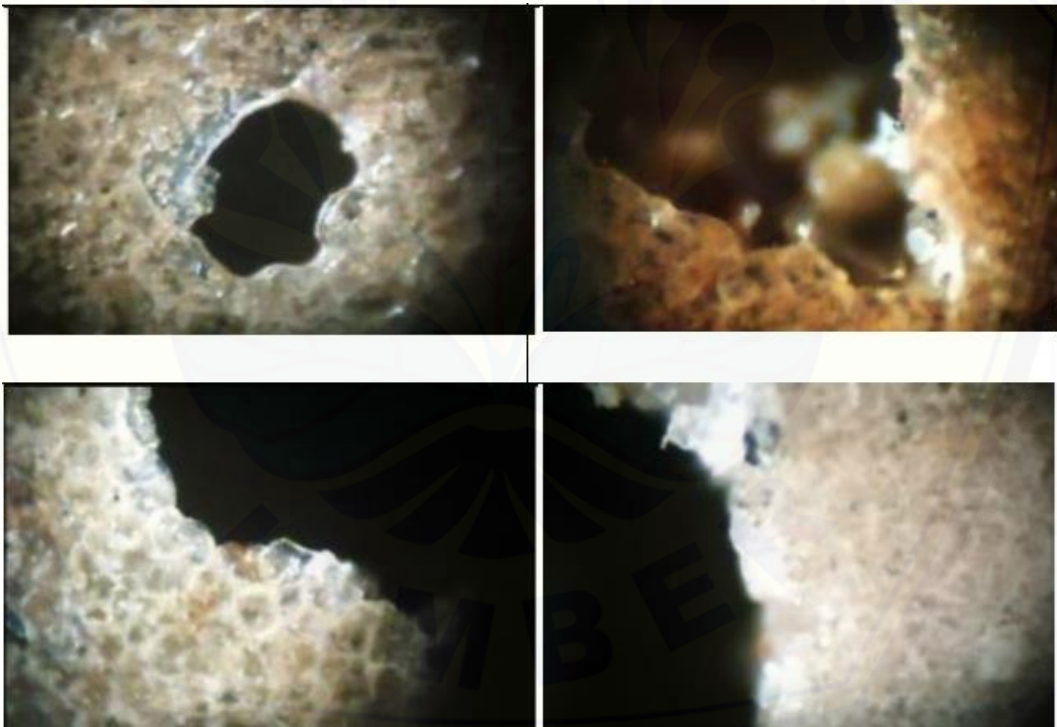
Gambar 2.8 Model Penguraian Plastik *Biodegradable* (Octaviani dkk, 2013).

2.7 Uji Mikrostruktur Permukaan Patahan dan Hasil Biodegradasi

Mikroskop yang digunakan yaitu mikroskop digital yang merupakan mikroskop optik yang dilengkapi dengan kamera digital. Mikroskop digital merupakan variasi dari mikroskop yang digabungkan dengan kamera output

yang berbentuk gambar digital yang dapat disambungkan ke perangkat multimedia seperti komputer. Selain menggunakan mikroskop digital, mikroskop yang sering digunakan dalam penelitian yaitu mikroskop optik. Mikroskop optik yaitu mikroskop yang menggunakan sinar sebagai penerangan dan sebuah lensa untuk memperbesar dan memperkecil gambar yang ditangkap. Pada penggunaan mikroskop optik ini dapat disambungkan melalui kamera yang nantinya akan disambungkan pada komputer (Ilmy, 2017).

Cara kerja dari mikroskop optik sendiri adalah dari cahaya lampu yang dibiaskan oleh lensa condensor, setelah melewati lensa condensor sinar akan menegani spesimen dan diteruskan oleh lensa objektif. Dari lensa objektif inilah yang nantinya dapat diketahui perbesaran yang dilakukan (Ilmy, 2017).



Gambar 2.9 Hasil Foto Struktur Mikro pada Permukaan Plastik *Biodegradable* (Elistiya, 2012).

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Pada penelitian yang akan dilakukan meliputi dua kegiatan utama yaitu, proses pembuatan dan pengujian plastik *biodegradable* campuran *Polyethylene Terephthalate* (PET) dengan pati beras (*amylum oryzae*) sebagai bahan pengisi dan sorbitol sebagai *plasticizer*. Penelitian dilakukan di Laboratorium Fisika Material, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA) Universitas Jember. Waktu penelitian dilakukan pada bulan Desember 2018 sampai dengan bulan Januari 2019.

3.2 Alat dan Bahan

Pada penelitian ini terdapat beberapa alat dan bahan yang digunakan serta alat K3 yang harus digunakan yaitu:

3.2.1 Alat

a. Peralatan yang digunakan untuk pembuatan plastik *biodegradable* campuran PET (*polyethylene terephthalate*) dengan pati beras (*amylum oryzae*) sebagai bahan pengisi dan sorbitol sebagai *plasticizer*.

1) Kompor listrik S302 Maspion

Daya	: 600 watt
Tegangan	: 220V / 50Hz
Pengaman	: Thermostat dan Thermofuse
Dimensi	: 33 x 32 x 10 cm
Berat	: 3 kg



Gambar 3.1 Kompor Listrik

- 2) Periuk Stainless Steel



Gambar 3.2 Periuk Besi Teflon

- 3) Pengaduk kayu
4) Cetakan besi 10 x 10 cm



Gambar 3.3 Cetakan Besi

- 5) Gunting
6) Timbangan digital 500 gram
Kapasitas: 500 gram
Akurasi: $\pm 0,01$ gram
Operating Model: gram, carat, oz, ozt, dwt.
Platform Dimension: 100 x 100 mm
Scale Dimension: 105 x 125 x 20 mm



Gambar 3.4 Timbangan 500 gram

- 7) Kain penyaring
- 8) Cutter
- 9) *Thermogun meter* Omegascope OS520 Series



Gambar 3.5 Thermogun Meter

- 10) Kertas anti lengket
- 11) Jangka sorong *Vernier Caliper*

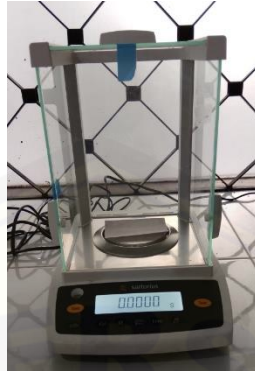
b. Peralatan yang digunakan untuk pengujian plastik *biodegradable* adalah sebagai berikut:

- 1) Alat uji tarik (*Computer Universal Testing Machine HT-2402*)



Gambar 3.6 Alat Uji Tarik

- 2) Timbangan digital dengan ketelitian 0,0001 gram (*Sartorius Entris 124-1S analytical balance*)



Gambar 3.7 Timbangan Digital

- 3) Digital mikroskop (*XC Source 20X - 800X 8LED 3D Zoom Digital USB Microscope PC Endosc-TE07*)



Gambar 3.8 Mikroskop Digital

- 4) 3 Way Soil Meters



Gambar 3.9 3 Way Soil Meter

c. Beberapa peralatan K3 yang harus dipakai ketika melakukan penelitian adalah sebagai berikut:

- 1) Sarung tangan
- 2) Sepatu
- 3) Masker

3.2.2 Bahan

a. Bahan – bahan yang harus digunakan pada proses pembuatan plastik *biodegradable* adalah sebagai berikut:

- 1) *Polyethylene Terephthalate* (PET)



Gambar 3.10 Biji PET

- 2) *Amylum oryzae* (Pati Beras)



Gambar 3.11 Pati Beras

3) Sorbitol (*plasticizer*)



Gambar 3.12 Sorbitol

3.3 Variabel Penelitian

3.3.1 Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang nilainya ditentukan sebelum dilakukannya penelitian. Pada penelitian ini akan dibuat 5 variasi konsentrasi pati beras, penambahan konsentrasi pati beras dimulai dari penambahan (0%, 5%, 10%, 15%, dan 20%) dengan konsentrasi sorbitol (20%) tetap.

3.3.2 Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang nilainya ditentukan berdasarkan tidak dapat ditentukan oleh peneliti, tetapi biasanya tergantung pada variabel bebasnya. Pada penelitian ini adalah Uji Tarik, Uji Mikroskopik dan Uji Biodegradasi

3.3.3 Variabel Control

Variabel control adalah variabel yang dikendalikan atau dibuat konstan yang digunakan untuk membandingkan antara variabel yang lain. Perbedaan yang terjadi antara massa pati beras pada uji tarik dan uji biodegradasi yang dilakukan selama 40 hari

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Langkah – Langkah Pembuatan Sampel

a. Mengisolasi Pati Beras (*Amylum Oryzae*)

- 1) Beras di cuci terlebih dahulu, kemudian direndam selama 1 jam
- 2) Setelah dibersihkan dikeringkan hingga kadar air berkurang 50%
- 3) Beras digiling atau ditumbuk hingga halus
- 4) Setelah mejadi tepung beras, tepung beras dicampur dengan air kemudian diperas untuk mendapatkan air perasan
- 5) Air perasan yang dihasilkan kemudian didekantasi (diendapkan) selama 2 hari hingga pati dapat mengendap dengan sempurna
- 6) Setelah pati mengendap kemudian pisahkan endapan dan air rendaman
- 7) Kemudian endapan pati dikeringkan menggunakan oven pada suhu $\pm 50^{\circ}\text{C}$ selama 2 jam.

b. Proses Pembuatan Plastik *Biodegradable*

- 1) Metode yang digunakan yaitu metode *blending* secara manual menggunakan panik/periuk besi yang dipanaskan diatas kompor listrik
- 2) Plastik dilelehkan dahulu hingga mencapai titik leleh
- 3) Bahan dasar pati beras dicampur dengan *plasticizer* sorbitol
- 4) Campurkan plastik dan campuran pati + sorbitol kemudian aduk sebentar lalu angkat dan keringkan
- 5) Variasi konsentrasi pati yang digunakan yaitu 0%, 5%, 10%, 15% dan 20%
- 6) Dipersiapkan pati beras tanpa *plasticizer* yang digunakan sebagai variable kontrol
- 7) Campuran plastik yang telah tercampur dituangkan kedalam cetakan. Dinginkan pada suhu ruangan 36°C
- 8) Potong spesimen sesuai standar yang sudah ditentukan
- 9) Plastik *biodegradable* siap untuk dianalisis

3.5 Proses Pengujian Sampel

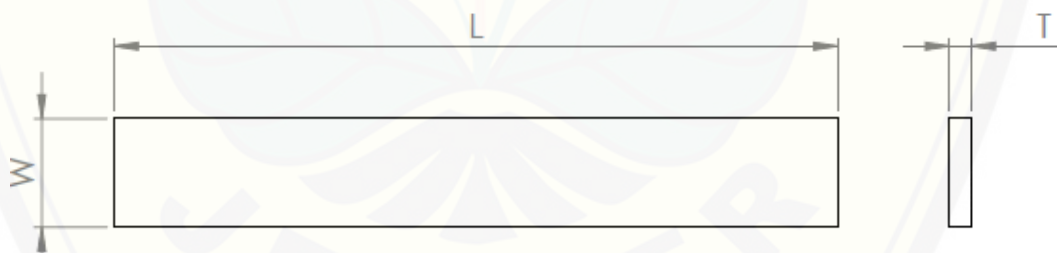
Ada 3 cara yang dilakukan dalam pengujian plastik *biodegradable* pada penelitian ini, yaitu:

3.5.1 Pengujian Tarik

Pengujian kuat tarik dilakukan di laboratorium Fisika Material Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (MIPA) Universitas Jember. Uji Tarik yang dilakukan menggunakan standart ASTM D882. Dimana dalam proses pengujiannya dilakukan dengan menggunakan alat *Computer Universal Testing Machine HT-2402* yang sudah otomatis mengeluarkan nilai pembebanan maksimum dan elongasi disetiap bahannya. Pengujian tarik ini bertujuan untuk mengetahui seberapa kuat spesimen menerima beban maksimum yang diberikan kepada spesimen dengan dan tanpa penambahan pati.

Spesimen plastik *biodegradable* yang telah dipotong sesuai ASTM kemudian dilakukan pengujian tarik dengan standart ASTM D882 memiliki tahapan - tahapan sebagai berikut:

- Preparasi sampel sesuai standart ASTM D882 seperti pada gambar 3.1
- Kondisikan sampel pada suhu 23 °C atau biarkan sampel selama 1 minggu setelah pembuatan bioplastik
- Pasang sampel pada alat uji untuk dilakukan pengujian tarik
- Lakukan pengujian tarik dan amati pengecilan diameter pada sampel uji tarik



Gambar 3.13 Spesimen Uji Tarik (ASTM D882, 2002)

Tabel 3.2 Ukuran spesimen berdasarkan ASTM D882

Spesifikasi	Ukuran (mm (in))
Ketebalan <math>< 7\text{mm}</math> , T	$3,00 \pm 0,4$ (0,118 \pm 0,02)
Lebar , W	15 (0,59)
Panjang , L	100 (3,937)

(Sumber: ASTM D882, 2002)

Plastik yang telah dibentuk kemudian dilakukan pengujian tarik dengan mesin ujin tarik Univesal testing machine. Kekuatan tarik ditentukan dari perbandingan kekuatan pada beban maksimum dengan luas area spesimen plastik (mm^2). Kekuatan tarik dapat dirumuskan:

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots \dots \dots (3.1)$$

Dengan :

σ = Kekuatan Tarik (N/mm^2)

F = Gaya Tarik (N)

A = Luas Area Penampang (mm^2)

3.5.2 Pengujian Biodegradasi

Pengujian *biodegradable* dilakukan dengan menggunakan media polybag yang terisi tanah dan kompos sesuai standart ASTM D6003 dimana kelembaban (rH) dan keasaman (pH) diukur menggunakan alat *3 way soil meter* yang sudah otomatis menunjukkan nilai yang diharapkan. Kemudian dalam pengukuran pengurangan berat/ penimbangan, spesimen diuji di laboratorium Kimia Farmasi Jurusan Farmasi Universitas Jember. Dimana dalam proses pengujiannya dilakukan dengan menggunakan timbangan *Sartorius Entris 124-1S analytical balance* dengan ketelitian 0.0001 gram yang sudah otomatis mengeluarkan nilai disetiap bahannya.

Pada proses pengujian biodegradasi menurut ASTM D6003-96 dilakukan pada tanah kompos yang sudah terukur dan memiliki tahap – tahap sebagai berikut:

- a. Persiapkan sampel dan juga tanah dengan mengacu pada standart ASTM D6003-96
- b. Sampel dikubur pada kedalaman 10 cm dengan suhu rata – rata 30 ± 2 °C
- c. Sampel dikubur kedalam media tanah dengan variasi penguburan yaitu 10 hari, 20 hari, 30 hari dan 40 hari
- d. Setiap 10 hari sampel diangkat dan bersihkan dengan air suling kemudian keringkan dalam oven pada suhu 60 ± 2 °C selama 24 jam

Pengujian biodegradasi mengkaji berapa lamanya penguburan terhadap persen kehilangan berat sempel. Sebelum penanaman sempel ditimbang dahulu perlakuan

ini dilakukan pada setiap sampel yang akan diuji. Persen kehilangan berat dapat dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$WL(\%) = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\% \dots \dots \dots (3.2)$$

Dengan :

WL (%) = persen kehilangan berat

w1= Berat plastik sebelum di uji biodegradasi

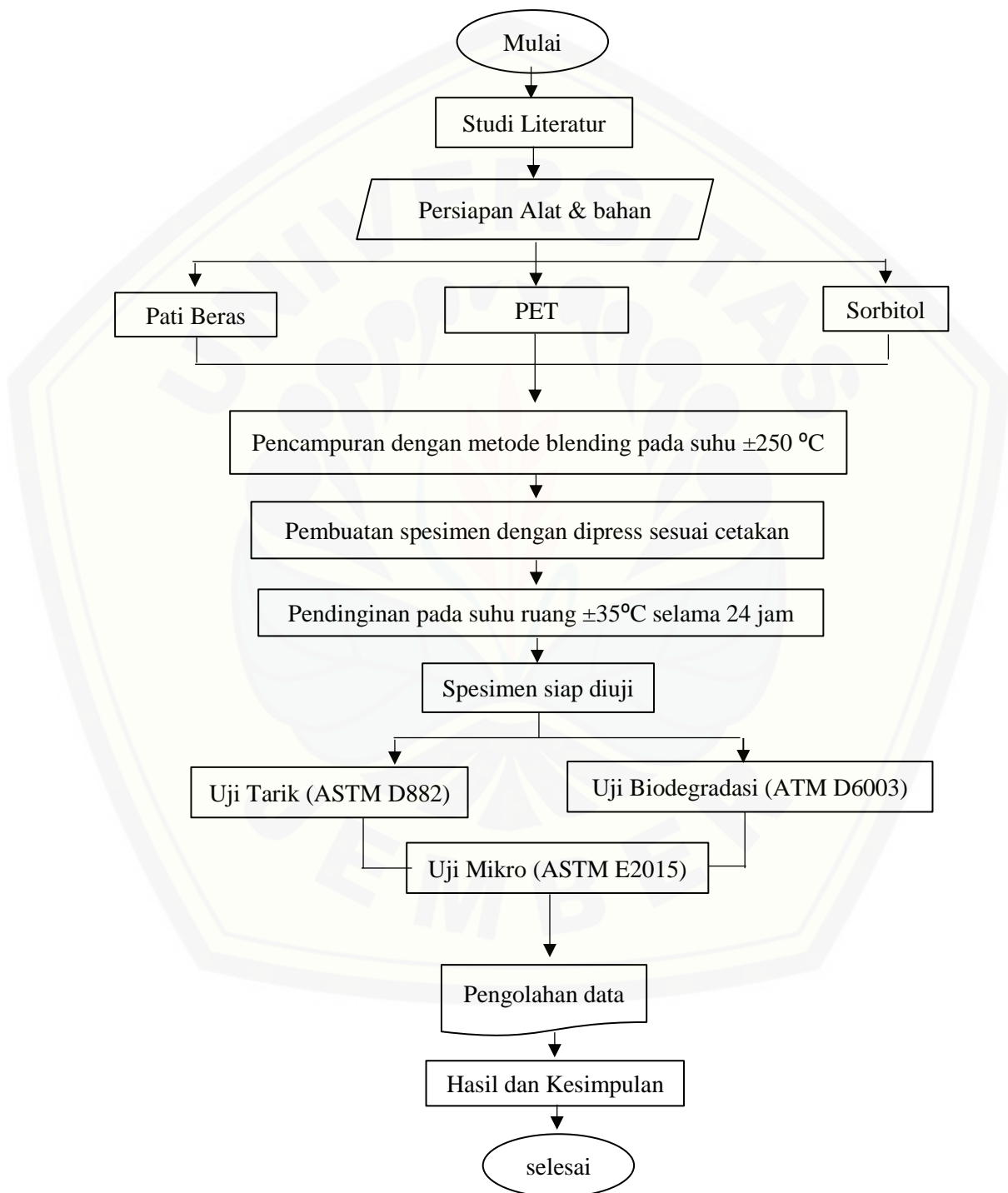
w2= Berat plastik setelah di uji biodegradasi

3.5.3 Pengujian Mikro

Pengamatan struktur mikro dilakukan di laboratorium Uji Bahan Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember. Pengamatan struktur mikro yang dilakukan menggunakan standart ASTM E2015. Dimana dalam proses pengujiannya dilakukan dengan menggunakan alat *XC Source 20X-800X 8LED 3D Zoom Digital USB Microscope PC Endosc-TE071* yang masih manual dalam pengaturan perbesaran dan pemfokusan di setiap bahannya. Pada proses pengujian mikro menurut standar ASTM E2015-04 bertujuan untuk mendriskripsikan kualitatif dan kuantitatif struktur mikro pada material. Struktur mikro dicirikan melalui ukuran, bentuk, susunan, jumlah jenis dan cacat fase (Geels *et al*, 2007). Dilakukan untuk mengetahui kondisi spesimen uji tarik setelah diuji dan melihat patahan yang terjadi. Kemudian untuk mengetahui struktur mikro pada spesimen uji biodegradasi pada waktu sebelum penguburan (0 hari) dan setelah dilakukan penguburan (40 hari) di dalam polybag. Kemudian dilakukan perbesaran 250X dan 800X.

3.6 Diagram Alir Penelitian

Pada penelitian ini memiliki langkah-langkah yang telah dilakukan oleh peneliti yang disajikan pada gambar 3.2 dibawah ini:



Gambar 3.14 Diagram Proses Penelitian

BAB 5. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil percobaan dan analisis data hasil pengamatan didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Penambahan pati beras sebesar 5-15% meningkatkan kekuatan tarik dari film campuran bioplastik. Nilai kekuatan tarik maksimum sebesar 13,30 MPa terdapat pada pati 5% dibandingkan dengan sampel control yaitu 0% Pati beras.
2. Penambahan pati beras dapat mempercepat laju biodegradasi. Laju biodegradasi tertinggi terletak pada sampel pati 15% dengan pengurangan berat 5.28% setelah penguburan 40 hari.
3. Pada pengamatan struktur mikro hasil uji kuat tarik dapat dilihat sebelum pengujian tarik agar dapat melihat kerusakan yang terjadi pada masing – masing spesimen. Hasil yang didapat semakin banyak kandungan pati maka semakin banyak pori – pori yang terbentuk akibat tidak terdispersinya pati secara merata dan mengakibatkan patah getas pada semua spesimen uji kuat tarik yang didapat pada penelitian ini. Sedangkan pada pengamatan struktur mikro uji biodegradabilitas bertujuan untuk melihat warna, sebaran pati dan permukaan spesimen. Perubahan yang terjadi terlihat jelas pada warna spesimen yang semula gelap kemudian terang. Kemudian kerusakan yang berbentuk celah - celah atau lobang seperti pada Gambar 4.5 terjadi diakibatkan oleh mikroorganisme yang memakan pati pada komposisi 5%-20%.

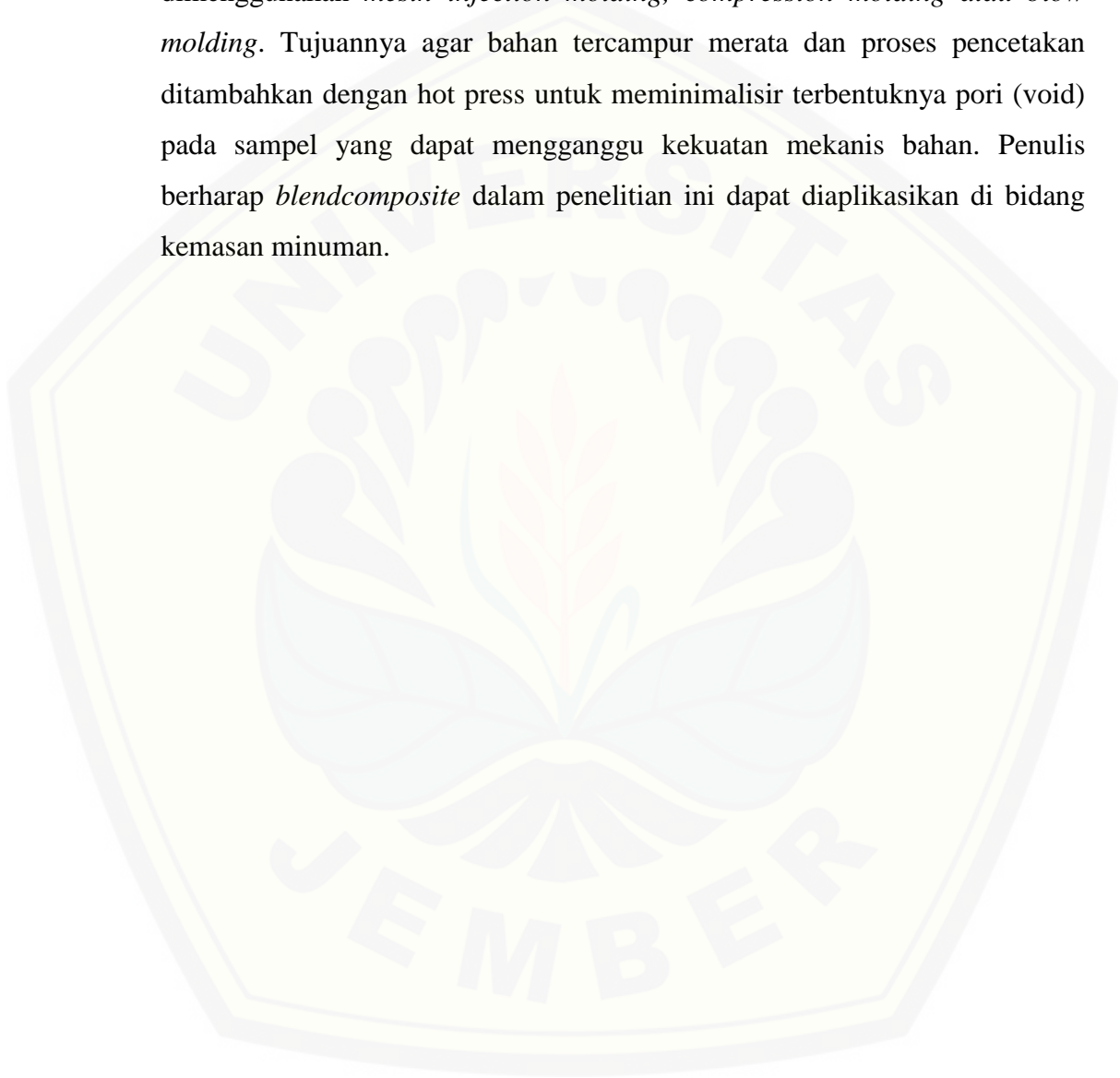
5.2 Saran

Agar penelitian memperoleh hasil yang maksimal, maka disarankan kepada peneliti selanjutnya:

1. Selain pati yang divariasikan, konsentrasi sorbitol juga dapat dioptimalkan untuk memperoleh komposisi bahan yang optimal. Selain itu penggunaan

pemlastis sorbitol yang seperti gliserol dapat dioptimalkan juga untuk mengetahui seberapa besar kemuluran yang dihasilkan.

2. Dalam pembuatan sampel (fabrikasi) perlunya dilakukan pengawasan dalam fabrikasi supaya hasil yang didapat bisa sesuai dan juga hendaknya dimenggunakan *mesin injection molding, compression molding atau blow molding*. Tujuannya agar bahan tercampur merata dan proses pencetakan ditambahkan dengan hot press untuk meminimalisir terbentuknya pori (void) pada sampel yang dapat mengganggu kekuatan mekanis bahan. Penulis berharap *blendcomposite* dalam penelitian ini dapat diaplikasikan di bidang kemasan minuman.



DAFTAR PUSTAKA

- American Standard Testing and Material (ASTM). 2004. *Standard Test Method for Determining Weight Loss From Plastic Material Exposed to Stimulated Municipal Solid Waste (MSW) Aerobic Compost Environment*. ASTM D6003-96. Vol 8.03. West Conshohocken, PA. ASTM
- American Standard Testing And Material (ASTM). 2004. *Standard Test Methods for Tensile Properties of Thin Plastics Sheeting*. ASTM D882-02. Vol 8.01. West Conshohochken, PA. ASTM
- American Standard Testing And Material (ASTM). 2014. *Standard Guide for Preparation of Plastics and Polymeric Specimens for Microstructural Examination*. ASTM E2015-04. Vol 3.01. West Conshohocken, PA. ASTM
- Apriyanto J. 2007. Karakteristik Biofilm dari bahan dasar Polivinil Alkohol (PVOH) dan Kitosan. *Skripsi*. Bogor: Departemen Hasil Hutas Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- Ardiansyah, R. 2011. Pemanfaatan Pati Umbi Garut untuk Pembuatan Plastik Biodegradable. *Skripsi*. Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Ashogbon, A., & A. E. 2012. *Morphological, Functional and Pasting properties of Starches Separated Cultivars Rice Grown in Nigeria*. *International Food Research Jurnal*, 19(2): 665-671.
- Asrofi, M., H. Abral, A. Kasim, A. Pratoto, M. Mahardika, dan F. Hafizulhaq. 2018. Mechanical Properties of aWater Hyacinth Nanofiber Cellulose Reinforced Thermoplastic Starch Bionanocomposite: Effect of Ultrasonic Vibration during Processing. *Fibers*. Pp:1-9
- Awaja, F., Pavel, D. 2005 Recycling of PET. *European Polymer* 41: 1453 – 1477.
- Bourtoom, T. 2008. Plasticizer Effect on The Properties of Biodegradable Blend Film from Rice Strach-Chitosan. *Songklanakarin J. Sci. Technol.* 30(1): 149- 165.
- Borghei, S. M., Khoramejadian, S., Karbassi, A. R. & Javid, A. H., 2010. Microbial Biodegradable Potato Starch Based Low Density Polyethylene. *African Journal Of Biotechnology*, 28 June, Volume Vol. 9(26), Pp. 4075-4080.

- Coniwanti, P., L. Laila, M.R. Alfira,. 2014. Pembuatan Film Plastik Biodegradabel Dari Pati Jagung Dengan Penambahan Kitosan Dan Pemlastis Gliserol. *Jurnal Teknik Kimia* 20(4): 22–30.
- Cornelia, M., R. Syarief, H. Effendi, dan B. Nurtama. 2013. Pemanfaatan Pati Biji Durian (*Durio Zibethinus* Murr.) Dan Pati Sagu (*Metroxylon* Sp.) Dalam Pembuatan Bioplastik. *J. Kimia Kemasan* 35(1): 20–29.
- Haryadi. 2006. *Teknologi Pengolahan Beras*. Gadjah Mada University Press.
- Ilmy, M. A. 2017. Pengaruh Fraksi Voleme Fiber Glass Terhadap Sifat Mekanik Komposit Fiber Glass/Epoxy Dengan Metode V Ari. *Teknik Mesin*, Kamis Januari, Pp: 24-25.
- Indra, A., dan Wibowo, G. A. 2013. Modifikasi Pati Tapioka Menggunakan Komponen Aktif Minyak Jahe. *Teknologi Kimia dan Industri*: 46-50.
- Kamsiati, E., H. Herawati, dan E. Y. Purwani. 2017. Potensi Pengembangan Plastik Biodegradable Berbasis Pati Sagu dan Ubikayu di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian*. 36(2): 67-76.
- Lazuardi., G.P. dan S.E. Cahyaningrum,. 2013. Pembuatan Dan Karakterisasi Bioplastik Berbahan Dasar Kitosan Dan Pati Singkong Dengan Plasticizer Gliserol. *Unesa Journal of Chemistry*. 2(3): 161-166
- Mooney, B.P. 2009. The second green revolution production of plant-based *biodegradable* plastics. *Biochem. J.* 418: 219–232.
- Nguyen, D. M, T. V. V. Do, A. C. Grillet, H. H. Thuc, dan C. N. H. Thuc. 2016. Biodegradability of Polymer Film Based on Low Density Polyethylene and Cassava Strach. *International Biodeteriotation and Biodegradation* 115(2016): 257-265.
- Ningsih. E. S., S. Mulyadi, dan Y. Yetri. 2012. Modifikasi Polipropilena Sebagai Polimer Komposi Biodegradabel Dengan Bahan Pengisi Pati Pisang Dan Sorbitol Sebagai Platisizer. *Jurnal Fisika Unand*. 1(1): 53-59
- Nkwachukwu, O.I. C.H. Chima, A.O. Ikenna and L.Albert. 2013. Focus On Potential Environmental Issues On Plastic World Towards A Sustainable Plastic Recycling In Developing Countries. *Intr. J of Industrial Chemistry*. 4(34): 1–13.
- Noezar, I., Praptowidodo, V.S., Agustin, S. P., dan Dewita, R. 2008. Membran PVA-Chitosan Crosslinked untuk Pemisahan Campuran Etanol-Air Secara Pervaporasi. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, 7(1): 724-730

- Nolan-ITU Pty Ltd. 2002. *Plastics Recycling Survey, prepared for the Plastics and Chemical Industries Association*. Australia: Nolan-ITU.
- Nolan-ITU Pty Ltd. 2003. *Plastics Recycling Survey, Polymer Re-Use and Capability Report*. Australia: Nolan-ITU.
- Plastic Europe. 2017. What is Plastic <http://www.plasticseurope.org/what-is-plastic.aspx>. [5 Juli 2017].
- Pranamuda H. 2009. Pengembangan Bahan Plastik Biodegradabel Berbahan Baku Pati Tropis. Disampaikan pada Seminar on-Air Bioteknologi untuk Indonesia Abad 21, 1-14 Februari 2001. Jepang: Sinergy Forum-PPI Tokyo Institute of Technology.
- Prachayawarakorn. *et al.* 2010. Properties Of Thermoplastic Rice Starch Composites Reinforced By Cotton Fiber Or Low-Density Polyethylene. *Carbohydrate Polymers*. 81: 425 – 433.
- Pudjiastuti, W., A. Listyarini dan Sudirman. 2012. Polimer Nano Komposit sebagai *Master Batch* Polimer Biodegradable untuk Kemasan Makanan. *Jurnal Riset Industri*, VI(1): 51-60.
- Radhiyatullah, A., N. Indriani, dan M.H.S. Ginting. 2015. Pengaruh Berat Pati Dan Volume Plasticizer Gliserol Terhadap Karakteristik Film Bioplastik Dari Pati Kentang. *Jurnal Teknik Kimia USU*. 4(3): 35–39.
- Resalina, S. Mulyadi, dan Y. Yetri. 2013. Pengaruh Penambahan Serbuk Gelatin Terhadap Sifat Mekanik Dan Biodegradabilitas Plastik Campuran Polietilen Tereftalat Bekas Dan Pati Sagu. *Jurnal Fisika Unand*. 2(1): 26-32.
- Rimadianti, N. 2007. Karakteristik *Edible Film* dari *Isinglass* dengan Penambahan Sorbitol sebagai *Plasticizer*. Skripsi. Program Studi Teknologi Hasil Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor.
- Saptorahardjo, A. 2016. Enviplast: Strach Based Bioplastik Compound. Prosiding Seminar Nasional Kulit, Karet dan Plastik Ke-5. Yogyakarta, 26 Oktober.
- Sriroth, K., R. Chollakup, K. Piyachomkwan, and C.G. Oates. 2000. *Biodegradable Plastics From Cassava Starch in Thailand*. http://ciat-library.ciat.cgiar.org/Articulos_Ciat/asia/proceedings_workshop_00/538.pdf .[13 April 2016]
- Syafputri, E. 2014. *Produksi sampah plastik Indonesia 5,4 juta ton per tahun*. Jakarta: Antara News. 4 Februari.

Wypych, G., 2004. *Handbook Of Plasticizers*. 1st penyunt. New York: William Andrew.



LAMPIRAN

A. Perhitungan Fraksi Volume Komposit Bio-Plastik

Perhitungan fraksi volume Polietilena Tereftalat (PET), Pati Beras, dan Sorbitol dengan variasi pati 0%, 5%, 10%, 15% dan 20%. Adapun perhitungannya sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Diketahui: } \rho_{\text{PET}} &= 1,41 \text{ g/cm}^3 \\ \rho_{\text{Sorbitol}} &= 1,49 \text{ g/cm}^3 \\ \rho_{\text{Pati Beras}} &= 1,5 \text{ g/cm}^3 \\ \text{Dimensi Cetakan: Panjang} &= 10 \text{ cm} \\ &\text{Lebar} = 10 \text{ cm} \\ &\text{Tebal} = 0,3 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ditanya: } m_{\text{Pati}} \quad 0\%-20\% &= ? \\ m_{\text{Sorbitol}} \quad 20\% &= ? \\ m_{\text{PET}} \quad 60\%-80\% &= ? \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Dijawab: } V_{\text{cetakan}} &= p \times l \times t \\ &= 10 \times 10 \times 0,3 \text{ (cm)} \\ &= 30 \text{ cm}^3 \times 10 \\ &= 60 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

Perbandingan PB 1 (PET 60%, Pati 20% dan Sorbitol 20%).

$$\begin{aligned} \text{Volume Matrik, } V_{\text{PET}} &= \frac{60}{100} \times 60 \text{ cm}^3 \\ &= 36 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Matrik, } m_{\text{PET}} &= V_{\text{PET}} \times \rho_{\text{PET}} \\ &= 36 \text{ cm}^3 \times 1,41 \text{ g/cm}^3 \\ &= 50,76 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Pati, } V_{\text{pati}} &= \frac{20}{100} \times 60 \text{ cm}^3 \\ &= 12 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Pati, } m_{\text{pati}} &= V_{\text{Pati}} \times \rho_{\text{Pati}} \\ &= 12 \text{ cm}^3 \times 1,5 \text{ g/cm}^3 \\ &= 18 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume Sorbitol, } V_{\text{Sor}} &= \frac{20}{100} \times 60 \text{ cm}^3 \\ &= 12 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa Sorbitol, } m_{\text{Sor}} &= V_{\text{Sor}} \times \rho_{\text{Sor}} \\ &= 12 \text{ cm}^3 \times 1,49 \text{ g/cm}^3 \\ &= 17,88 \text{ gr}\end{aligned}$$

Perbandingan PB 2 (PET 65%, Pati 15% dan Sorbitol 20%).

$$\begin{aligned}\text{Volume Matrik, } V_{\text{PET}} &= \frac{65}{100} \times 60 \text{ cm}^3 \\ &= 39 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa Matrik, } m_{\text{PET}} &= V_{\text{PET}} \times \rho_{\text{PET}} \\ &= 39 \text{ cm}^3 \times 1,41 \text{ g/cm}^3 \\ &= 54,99 \text{ gr}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume Pati, } V_{\text{pati}} &= \frac{15}{100} \times 60 \text{ cm}^3 \\ &= 9 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa Pati, } m_{\text{pati}} &= V_{\text{pati}} \times \rho_{\text{pati}} \\ &= 9 \text{ cm}^3 \times 1,5 \text{ g/cm}^3 \\ &= 13,5 \text{ gr}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume Sorbitol, } V_{\text{Sor}} &= \frac{20}{100} \times 60 \text{ cm}^3 \\ &= 12 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa Sorbitol, } m_{\text{Sor}} &= V_{\text{Sor}} \times \rho_{\text{Sor}} \\ &= 12 \text{ cm}^3 \times 1,49 \text{ g/cm}^3 \\ &= 17,88 \text{ gr}\end{aligned}$$

Perbandingan PB 3 (PET 70%, Pati 10% dan Sorbitol 20%).

$$\begin{aligned}\text{Volume Matrik, } V_{\text{PET}} &= \frac{70}{100} \times 60 \text{ cm}^3 \\ &= 42 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa Matrik, } m_{\text{PET}} &= V_{\text{PET}} \times \rho_{\text{PET}} \\ &= 42 \text{ cm}^3 \times 1,41 \text{ g/cm}^3 \\ &= 59,22 \text{ gr}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume Pati, } V_{\text{pati}} &= \frac{10}{100} \times 60 \text{ cm}^3 \\ &= 6 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa Pati, } m_{\text{pati}} &= V_{\text{Pati}} \times \rho_{\text{Pati}} \\ &= 6 \text{ cm}^3 \times 1,5 \text{ g/cm}^3 \\ &= 9 \text{ gr}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume Sorbitol, } V_{\text{Sor}} &= \frac{20}{100} \times 60 \text{ cm}^3 \\ &= 12 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa Sorbitol, } m_{\text{Sor}} &= V_{\text{Sor}} \times \rho_{\text{Sor}} \\ &= 12 \text{ cm}^3 \times 1,49 \text{ g/cm}^3 \\ &= 17,88 \text{ gr}\end{aligned}$$

Perbandingan PB 4 (PET 75%, Pati 5% dan Sorbitol 20%).

$$\begin{aligned}\text{Volume Matrik, } V_{\text{PET}} &= \frac{75}{100} \times 60 \text{ cm}^3 \\ &= 45 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa Matrik, } m_{\text{PET}} &= V_{\text{PET}} \times \rho_{\text{PET}} \\ &= 45 \text{ cm}^3 \times 1,41 \text{ g/cm}^3 \\ &= 63,45 \text{ gr}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume Pati, } V_{\text{pati}} &= \frac{5}{100} \times 60 \text{ cm}^3 \\ &= 3 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa Pati, } m_{\text{pati}} &= V_{\text{Pati}} \times \rho_{\text{Pati}} \\ &= 3 \text{ cm}^3 \times 1,5 \text{ g/cm}^3 \\ &= 4,5 \text{ gr}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Volume Sorbitol, } V_{\text{Sor}} &= \frac{20}{100} \times 60 \text{ cm}^3 \\ &= 12 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa Sorbitol, } m_{\text{Sor}} &= V_{\text{Sor}} \times \rho_{\text{Sor}} \\ &= 12 \text{ cm}^3 \times 1,49 \text{ g/cm}^3 \\ &= 17,88 \text{ gr}\end{aligned}$$

Perbandingan PB 5 (PET 80%, Pati 0% dan Sorbitol 20%).

$$\begin{aligned}\text{Volume Matrik, } V_{\text{PET}} &= \frac{80}{100} \times 60 \text{ cm}^3 \\ &= 48 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Massa Matrik, } m_{\text{PET}} &= V_{\text{PET}} \times \rho_{\text{PET}} \\ &= 48 \text{ cm}^3 \times 1,41 \text{ g/cm}^3\end{aligned}$$

$$= 67,68 \text{ gr}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Pati, } V_{\text{pati}} &= \frac{0}{100} \times 60 \text{ cm}^3 \\ &= 0 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Pati, } m_{\text{pati}} &= V_{\text{Pati}} \times \rho_{\text{Pati}} \\ &= 0 \text{ cm}^3 \times 1,5 \text{ g/cm}^3 \\ &= 0 \text{ gr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Volume Sorbitol, } V_{\text{Sor}} &= \frac{20}{100} \times 60 \text{ cm}^3 \\ &= 12 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Massa Sorbitol, } m_{\text{Sor}} &= V_{\text{Sor}} \times \rho_{\text{Sor}} \\ &= 12 \text{ cm}^3 \times 1,49 \text{ g/cm}^3 \\ &= 17,88 \text{ gr} \end{aligned}$$

B. Pengukuran Tebal Spesimen Pada 5 titik.

Spesimen	Tebal(mm)					rata - rata
	1	2	3	4	5	
pb1	2.53	2.52	2.63	2.71	2.71	2.62
	2.6	2.6	2.6	2.8	2.82	2.68
	2.6	2.6	2.6	2.85	2.8	2.69
pb2	3.5	3.2	2.8	2.7	2.8	3
	3.2	3	3.1	3.15	3.1	3.11
	3.35	3.15	2.75	2.55	2.45	2.85
pb3	1.8	2	2.05	2.2	2.25	2.06
	2.3	2.35	2.5	3	3.2	2.67
	2.3	2.45	2.6	2.85	2.9	2.62
pb4	3.3	3	2.8	2.1	1.8	2.6
	2.5	2.5	2.55	2.68	2.78	2.60
	2.7	2.5	2.2	2.2	2.3	2.38
pb5	2.5	2.3	2	2.2	2.2	2.24
	2.6	2.7	2.65	2.4	2.45	2.56
	3	2.7	2.7	2.55	2.55	2.7

C. Perhitungan Pengujian Biodegradabilitas

Pada pengujian biodegradabilitas dilakukan penguburan selama 40 hari dengan pengambilan data selama 10 hari sekali. Persamaan yang digunakan untuk pengujian biodegradabel adalah:

$$WL(\%) = \frac{w_1 - w_2}{w_1} \times 100\%$$

Dari penelitian yang dilakukan selama 40 hari didapatkan hasil sebagai berikut:

Spesimen	Pengulangan	Massa (g)/hari				
		0	10	20	30	40
Pati 20%	1	3.8751	3.8745	3.8623	3.847	3.8626
	2	4.386	4.3829	4.3831	4.3856	4.3904
	3	4.3178	4.3112	4.3121	4.3151	4.3086
Pati 15%	1	4.5843	4.584	4.5223	4.3294	4.3045
	2	3.186	3.183	3.0919	3.0966	3.102
	3	3.4742	3.4721	3.3988	3.268	3.2584
Pati 10%	1	3.8223	3.782	3.8211	3.8155	3.8539
	2	4.4376	4.4254	4.4019	4.3912	4.4025
	3	2.3819	2.3701	2.382	2.3617	2.3616
Pati 5%	1	4.7476	4.7471	4.7461	4.7451	4.7244
	2	2.7111	2.7097	2.7092	2.7081	2.6774
	3	3.0347	3.0348	3.0344	3.0344	3.042
Pati 0%	1	3.4313	3.4313	3.4312	3.4311	3.4301
	2	3.4273	3.4271	3.4271	3.4271	3.4276
	3	4.2544	4.254	4.2543	4.2543	4.2005

D. Lampiran Kegiatan



Gambar 1. Cetakan Spesimen



Gambar 2. Sorbitol



Gambar 3. Timbangan digital 200 gram



Gambar 4. Thermogun



Gambar 5. Serbuk Pati Beras



Gambar 6. Preparasi Sampel



Gambar 7. 3 Way Soil Meter



Gambar 8. Biji Plastik PET



Gambar 9. Jangka Sorong



Gambar 10. Pengecekan Suhu



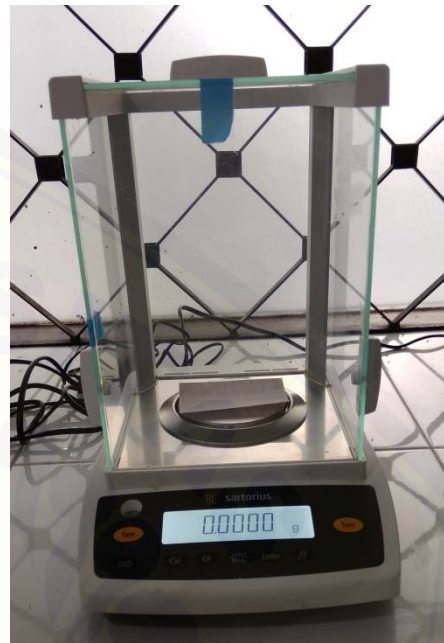
Gambar 11. Preparasi Uji Biodegradabilitas



Gambar 12. Pengecekan pH dan rH Tanah



Gambar 13. Preparasi Sampel Uji Tarik



Gambar 14. Timbangan Digital 0.0001g



Gambar 15. Proses Penimbangan Spesimen



Gambar 16. Preparasi Sorbitol



Gambar 17. Kompos



Gambar 18. Alat Uji Tarik



Gambar 19. Digital Mikroskop Perbesaran 20X-800X



Gambar 20. Proses Pengambilan Gaambar Mikro Struktur



Gambar 21. Perbandingan PET 60%; Sorbitol 20%; Pati 20% (pb1)



Gambar 22. Perbandingan PET 65%; Sorbitol 20%; Pati 15% (pb2)



Gambar 23. Perbandingan PET 70%; Sorbitol 20%; Pati 10% (pb3)



Gambar 24. Perbandingan PET 75%; Sorbitol 20%; Pati 5% (pb4)



Gambar 25. Perbandingan PET 80%; Sorbitol 20%; Pati 0% (pb5)

GOODS: JADE BRAND POLYESTER CHIPS CZ-302 WATER BOTTLE GRADE

LOT NO. 33160222 32160222

ITEM	UNIT	SPECIFICATION	VALUE
INTRINSIC VISCOSITY	DL/G	0.800+/-0.02	0.798
CRYSTALLINITY	%	55+/-5	55
COLOR VALUE	L	>=82.0	85.6
	B	<=1.0	-0.3
CONTENT OF ACETALDEHYDE	UG/G	<=1.0	0.7
DUST CONTENT	MG/KG	<=100	12
MELTING POINT	°C	243.0+/-2.0	244.1
WEIGHT OF 100 CHIPS	G	1.55+/-0.10	1.50

LOT NO. 33160226 32160226 31160226

ITEM	UNIT	SPECIFICATION	VALUE
INTRINSIC VISCOSITY	DL/G	0.800+/-0.02	0.803
CRYSTALLINITY	%	55+/-5	55
COLOR VALUE	L	>=82.0	86.4
	B	<=1.0	-0.4
CONTENT OF ACETALDEHYDE	UG/G	<=1.0	0.7
DUST CONTENT	MG/KG	<=100	14
MELTING POINT	°C	243.0+/-2.0	244.6
WEIGHT OF 100 CHIPS	G	1.55+/-0.10	1.50

化股份有限公司
XINGYE PLASTIC CO., LTD
薛纪良
SIGNATURE OF MANUFACTURER
江苏兴业塑化股份有限公司
JIANGSU XINGYE PLASTIC CO., LTD
薛纪良

Gambar 26. Spesifikasi Biji Plastik PET

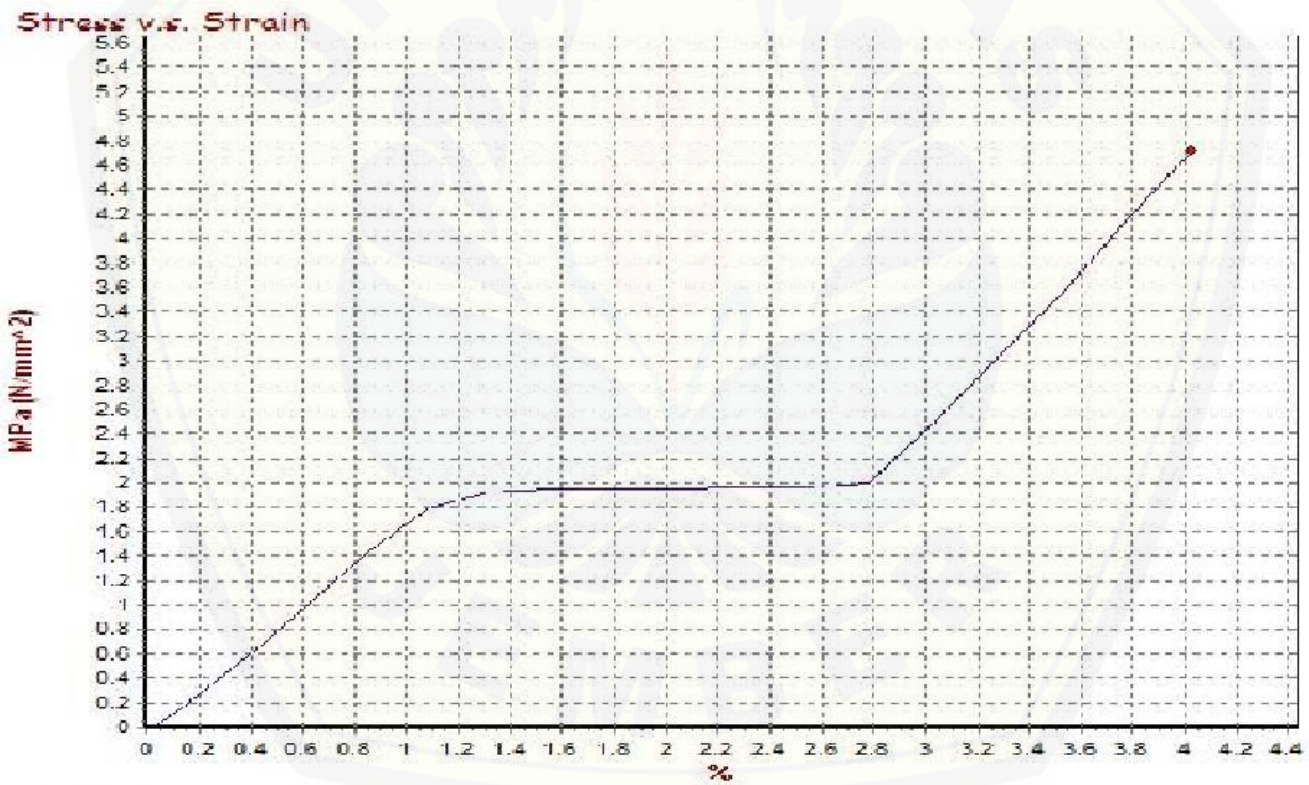


TEST REPORT

Test Description : pet

Test No. : 1

Specimen	Area (mm ²)	Max. Force (N)	0.2% Y.S. (N/mm ²)	Yield Strength (N/mm ²)	Tensile Strength (N/mm ²)	Elongation (%)
pb1a	30	141.6	1.96	1.96	4.72	



1-001

Penanggung Jawab

Drs. Sujito, Ph.D.

Operator

Edy Sutrisno

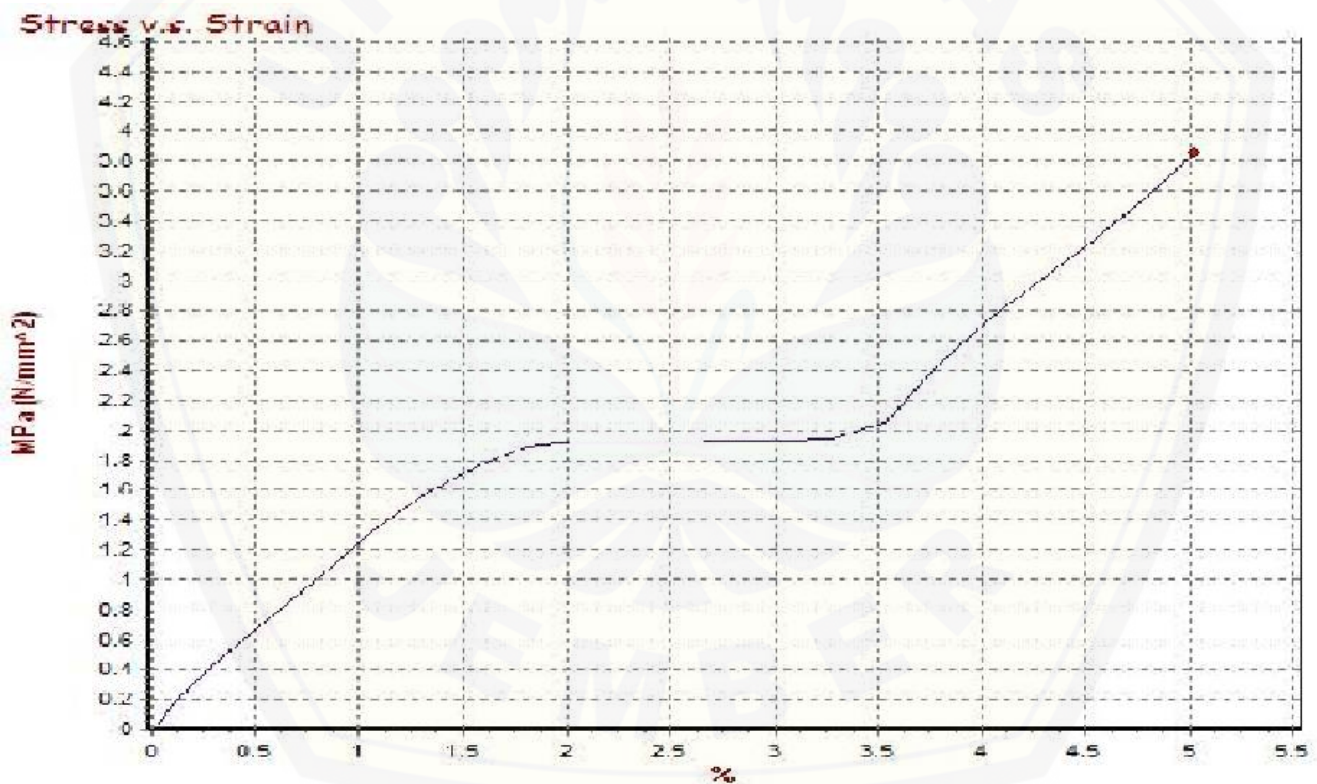


TEST REPORT

Test Description : pet

Test No. : 1

Specimen	Area (mm ²)	Max. Force (N)	0.2% Y.S. (N/mm ²)	Yield Strength (N/mm ²)	Tensile Strength (N/mm ²)	Elongation (%)
pb1b	30	115.8	1.93	1.93	3.86	



1-001

Penanggung Jawab

Drs. Sujito, Ph.D.

Operator

Edy Sutrisno



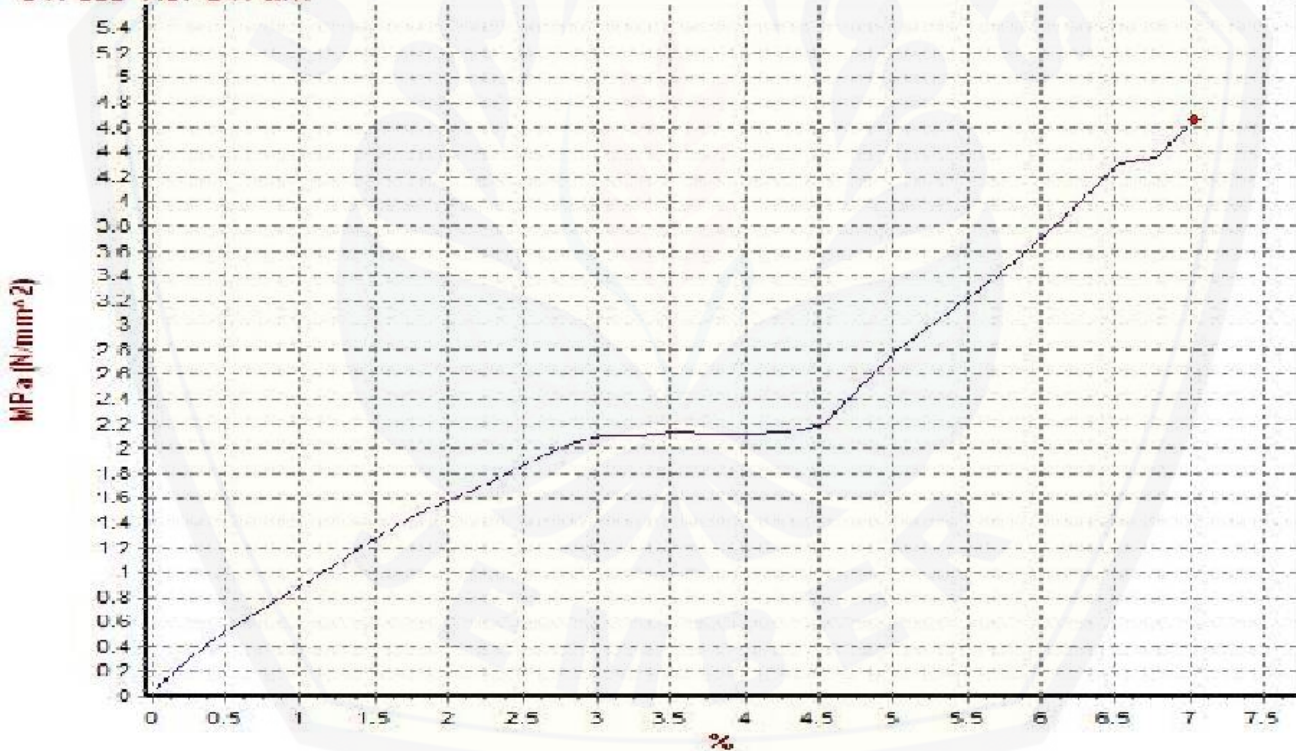
TEST REPORT

Test Description : pet

Test No. : 1

Specimen	Area (mm ²)	Max. Force (N)	0.2% Y.S. (N/mm ²)	Yield Strength (N/mm ²)	Tensile Strength (N/mm ²)	Elongation (%)
pb1c	30	139.9	2.12	2.12	4.66	

Stress v.s. Strain



1-001

Penanggung Jawab

Drs. Sujito, Ph.D.

Operator

Edy Sutrisno

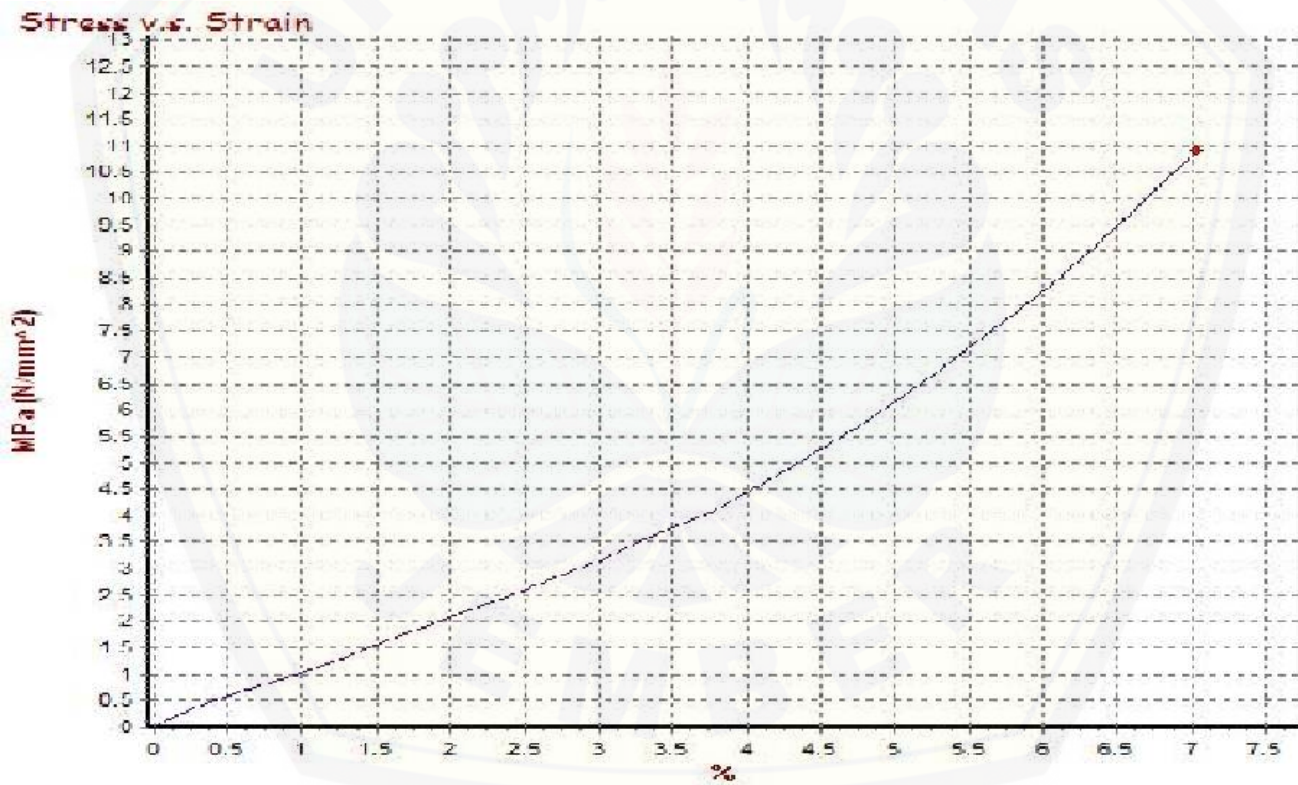


TEST REPORT

Test Description : pet

Test No. : 1

Specimen	Area (mm ²)	Max. Force (N)	0.2% Y.S. (N/mm ²)	Yield Strength (N/mm ²)	Tensile Strength (N/mm ²)	Elongation (%)
pb2c	30	327.4	5.75	6.22	10.91	



1-001

Penanggung Jawab

Drs. Sujito, Ph.D.

Operator

Edy Sutrisno

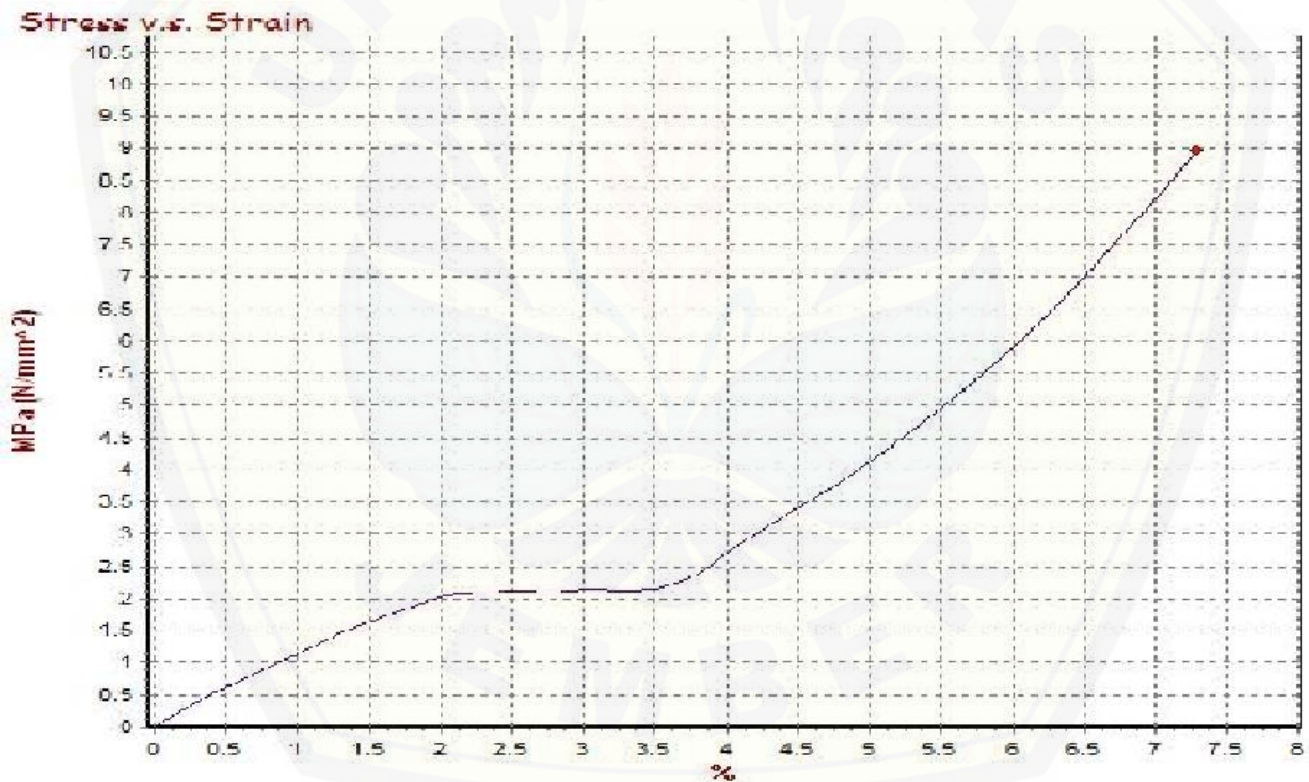


TEST REPORT

Test Description : pet

Test No. : 1

Specimen	Area (mm ²)	Max. Force (N)	0.2% Y.S. (N/mm ²)	Yield Strength (N/mm ²)	Tensile Strength (N/mm ²)	Elongation (%)
pb2a	30	269.0	4.17	4.17	8.97	



1-001

Penanggung Jawab

Drs. Sujito, Ph.D.

Operator

Edy Sutrisno

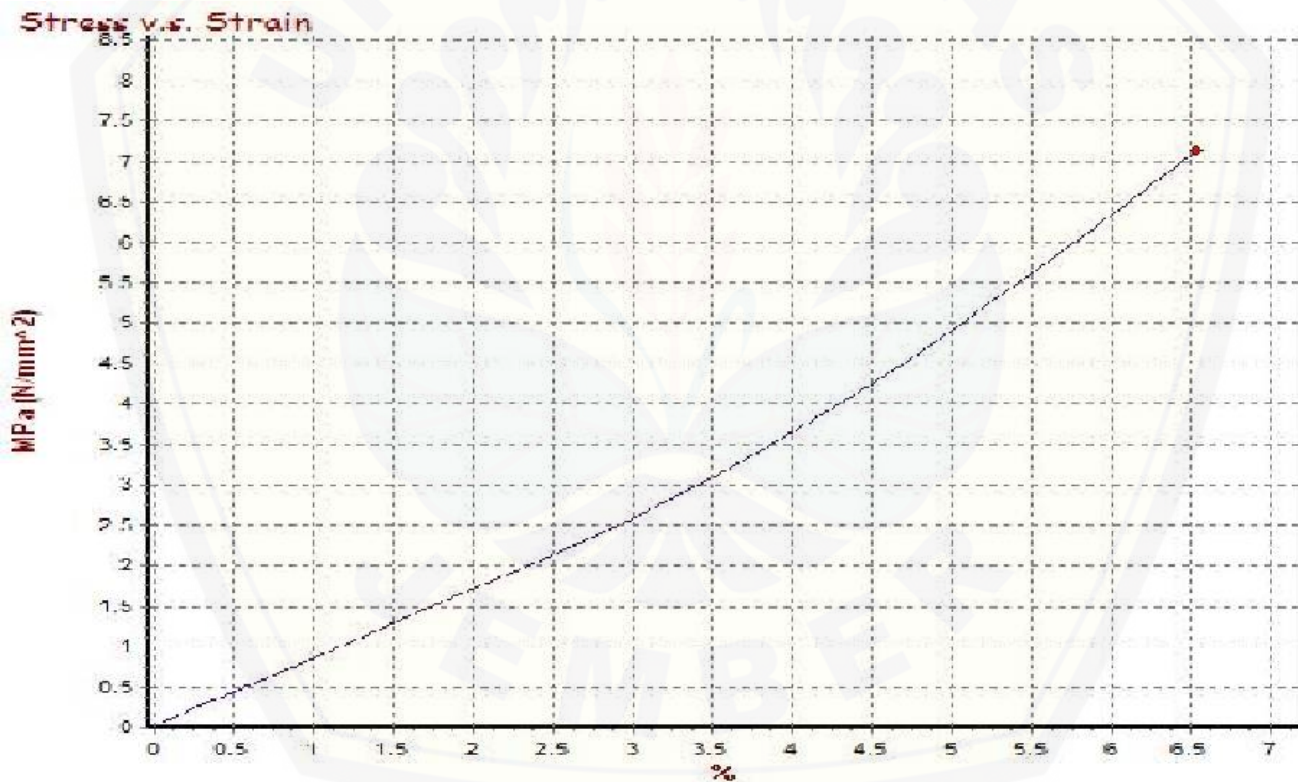


TEST REPORT

Test Description : pet

Test No. : 1

Specimen	Area (mm ²)	Max. Force (N)	0.2% Y.S. (N/mm ²)	Yield Strength (N/mm ²)	Tensile Strength (N/mm ²)	Elongation (%)
pb4c	30	214.1	3.68	3.68	7.14	



1-001

Penanggung Jawab

Drs. Sujito, Ph.D.

Operator

Edy Sutrisno

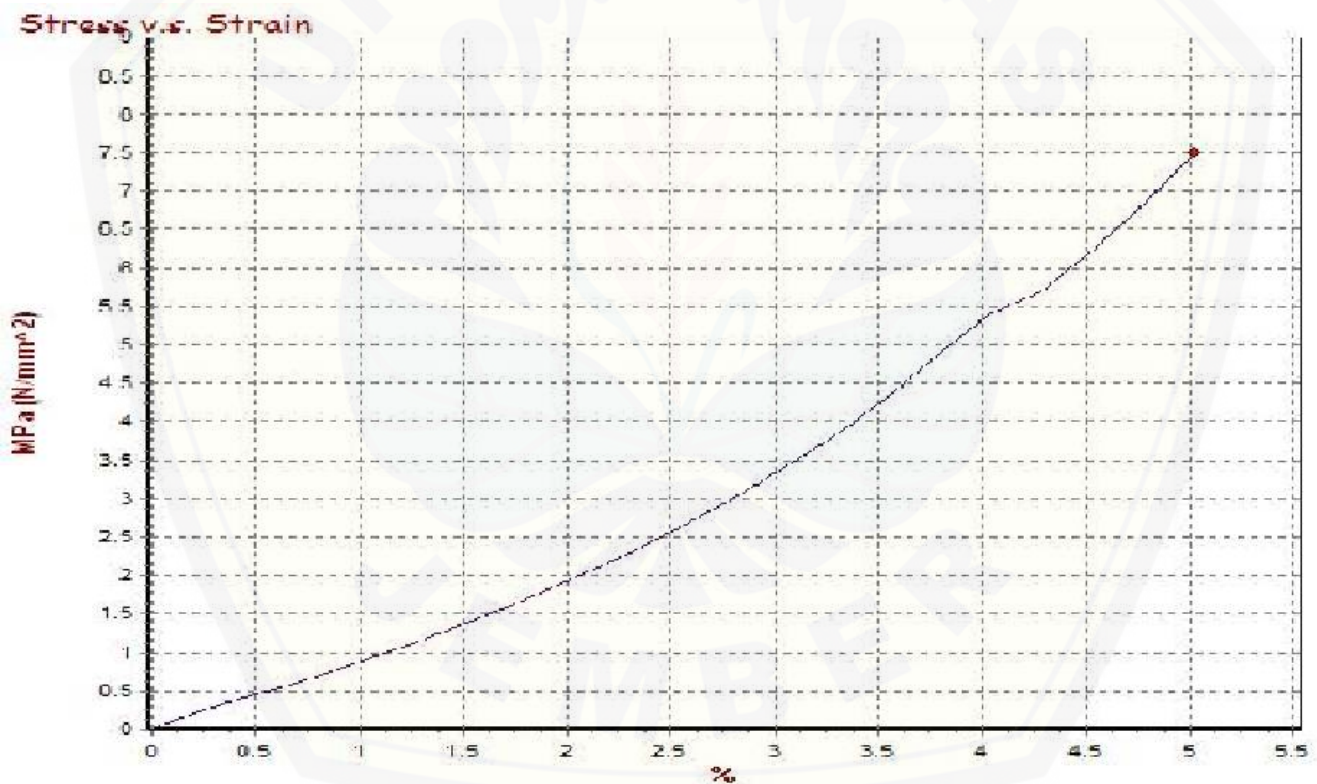


TEST REPORT

Test Description : pet

Test No. : 1

Specimen	Area (mm ²)	Max. Force (N)	0.2% Y.S. (N/mm ²)	Yield Strength (N/mm ²)	Tensile Strength (N/mm ²)	Elongation (%)
pb3c	30	225.2	3.81	4.29	7.51	



1-001

Penanggung Jawab

Drs. Sujito, Ph.D.

Operator

Edy Sutrisno

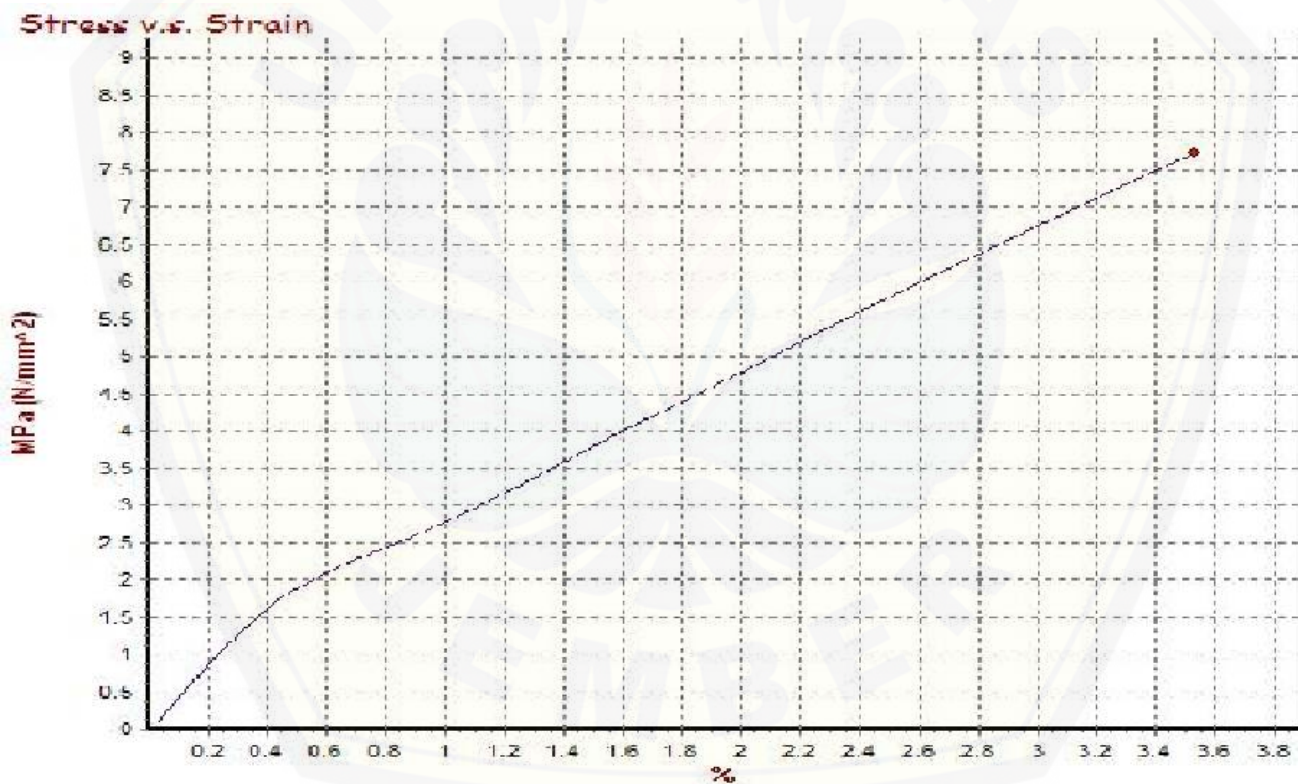


TEST REPORT

Test Description : pet

Test No. : 1

Specimen	Area (mm ²)	Max. Force (N)	0.2% Y.S. (N/mm ²)	Yield Strength (N/mm ²)	Tensile Strength (N/mm ²)	Elongation (%)
pb3b	30	232.0	7.73	6.80	7.73	



1-001

Penanggung Jawab

Drs. Sujito, Ph.D.

Operator

Edy Sutrisno

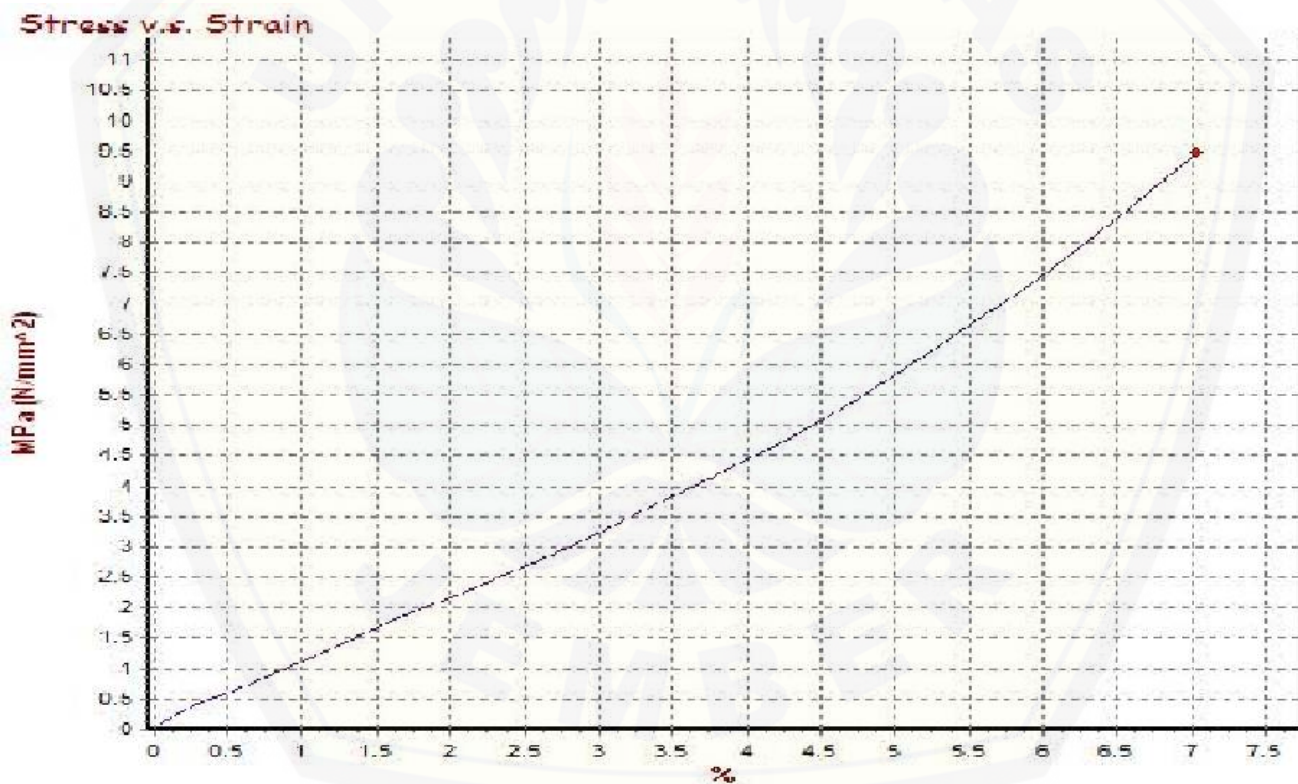


TEST REPORT

Test Description : pet

Test No. : 1

Specimen	Area (mm ²)	Max. Force (N)	0.2% Y.S. (N/mm ²)	Yield Strength (N/mm ²)	Tensile Strength (N/mm ²)	Elongation (%)
pb2b2	30	284.3	4.77	5.11	9.48	



1-001

Penanggung Jawab

Drs. Sujito, Ph.D.

Operator

Edy Sutrisno

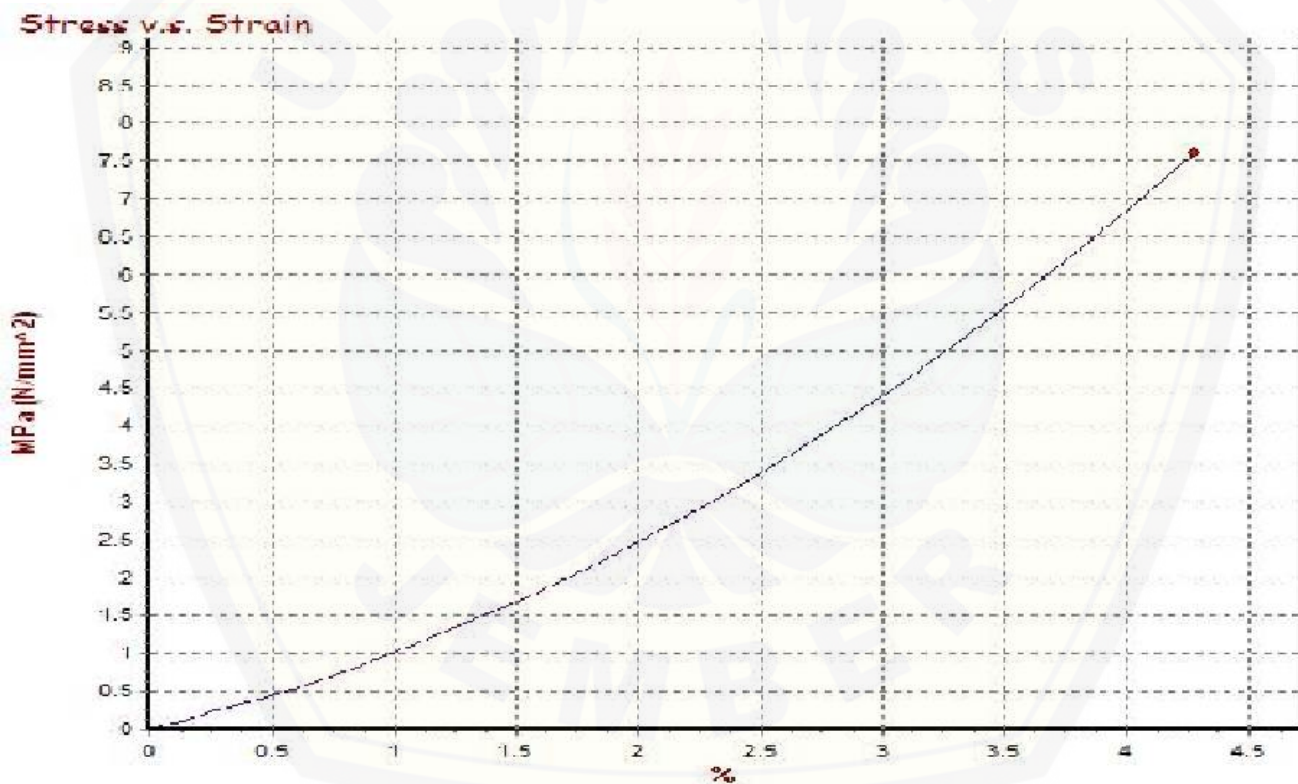


TEST REPORT

Test Description : pet

Test No. : 1

Specimen	Area (mm ²)	Max. Force (N)	0.2% Y.S. (N/mm ²)	Yield Strength (N/mm ²)	Tensile Strength (N/mm ²)	Elongation (%)
pb3a	30	228.6	3.46	3.46	7.62	



1-001

Penanggung Jawab

Drs. Sujito, Ph.D.

Operator

Edy Sutrisno

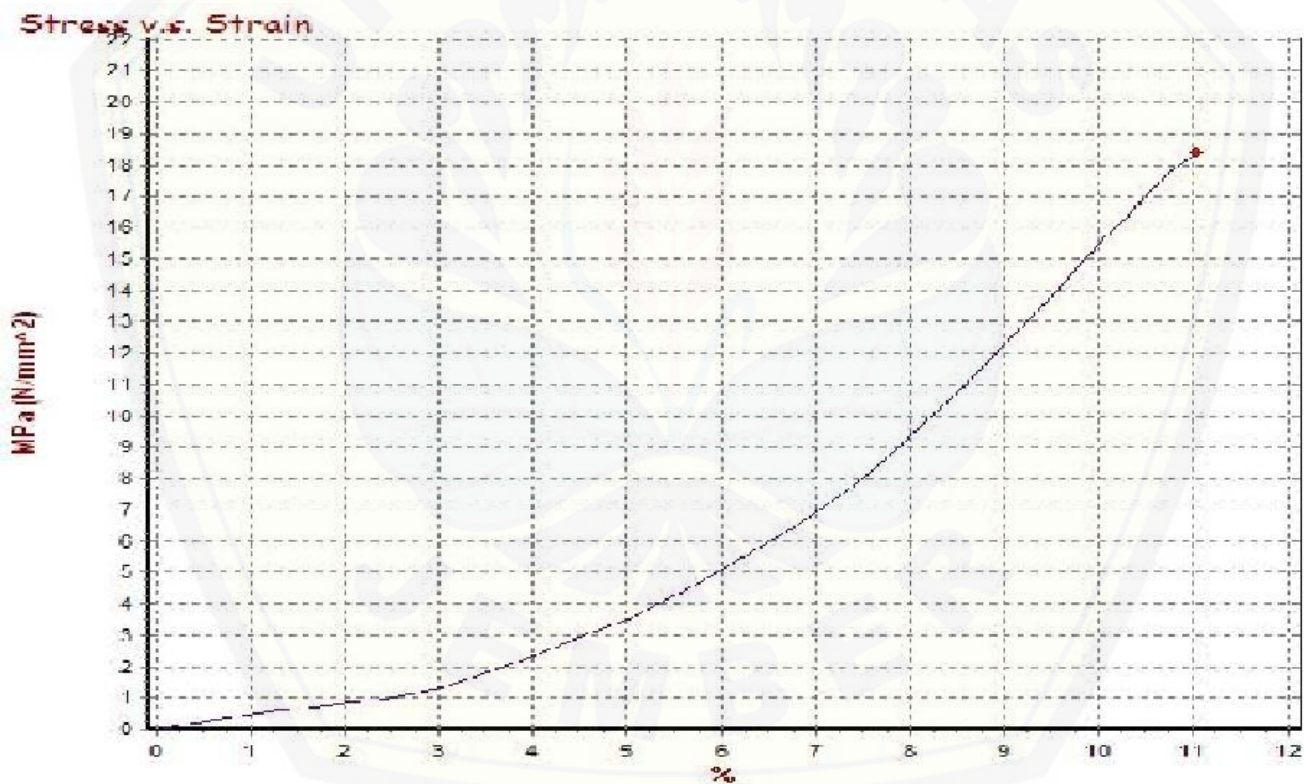


TEST REPORT

Test Description : pet

Test No. : 1

Specimen	Area (mm ²)	Max. Force (N)	0.2% Y.S. (N/mm ²)	Yield Strength (N/mm ²)	Tensile Strength (N/mm ²)	Elongation (%)
pb4a	30	552.0	8.74	18.40	18.40	



1-001

Penanggung Jawab

Drs. Sujito, Ph.D.

Operator

Edy Sutrisno

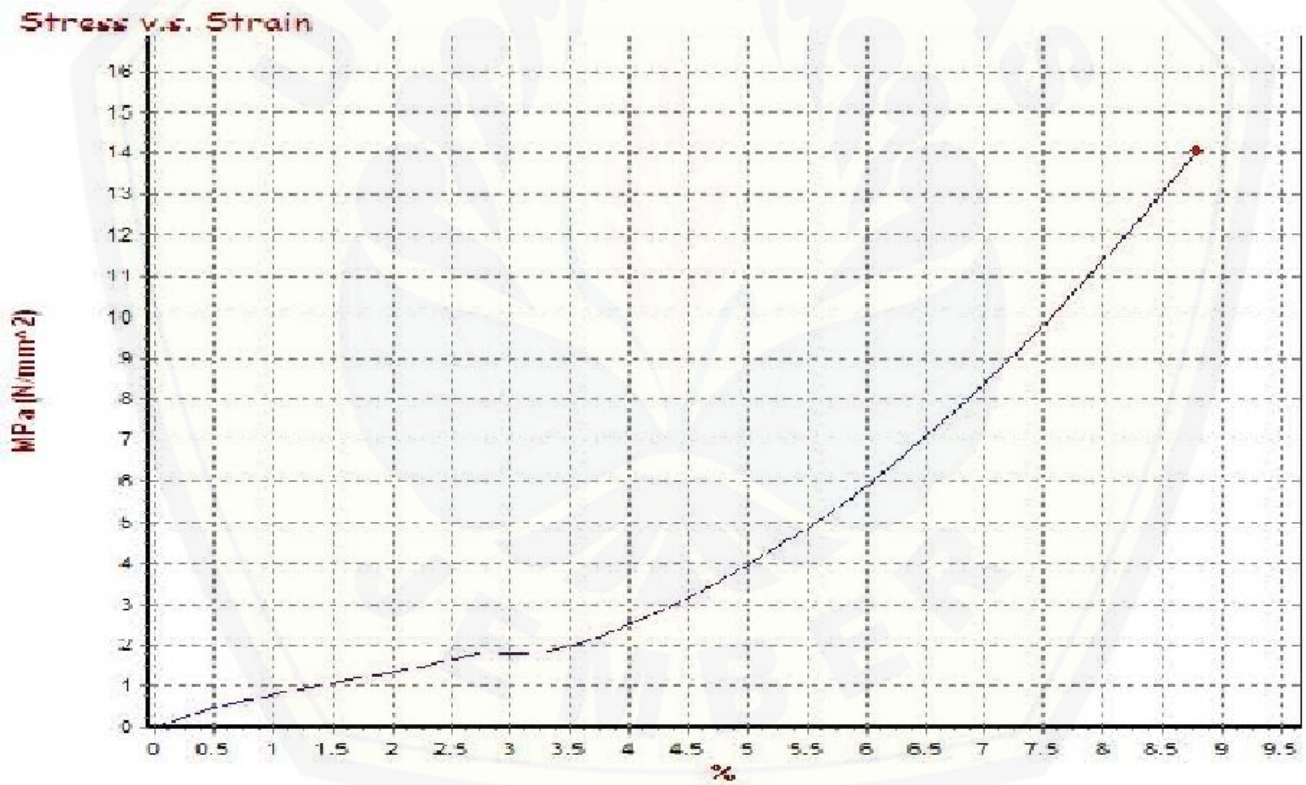


TEST REPORT

Test Description : pet

Test No. : 1

Specimen	Area (mm ²)	Max. Force (N)	0.2% Y.S. (N/mm ²)	Yield Strength (N/mm ²)	Tensile Strength (N/mm ²)	Elongation (%)
pb4b	30	422.0	6.52	7.16	14.07	



1-001

Penanggung Jawab

Drs. Sujito, Ph.D.

Operator

Edy Sutrisno



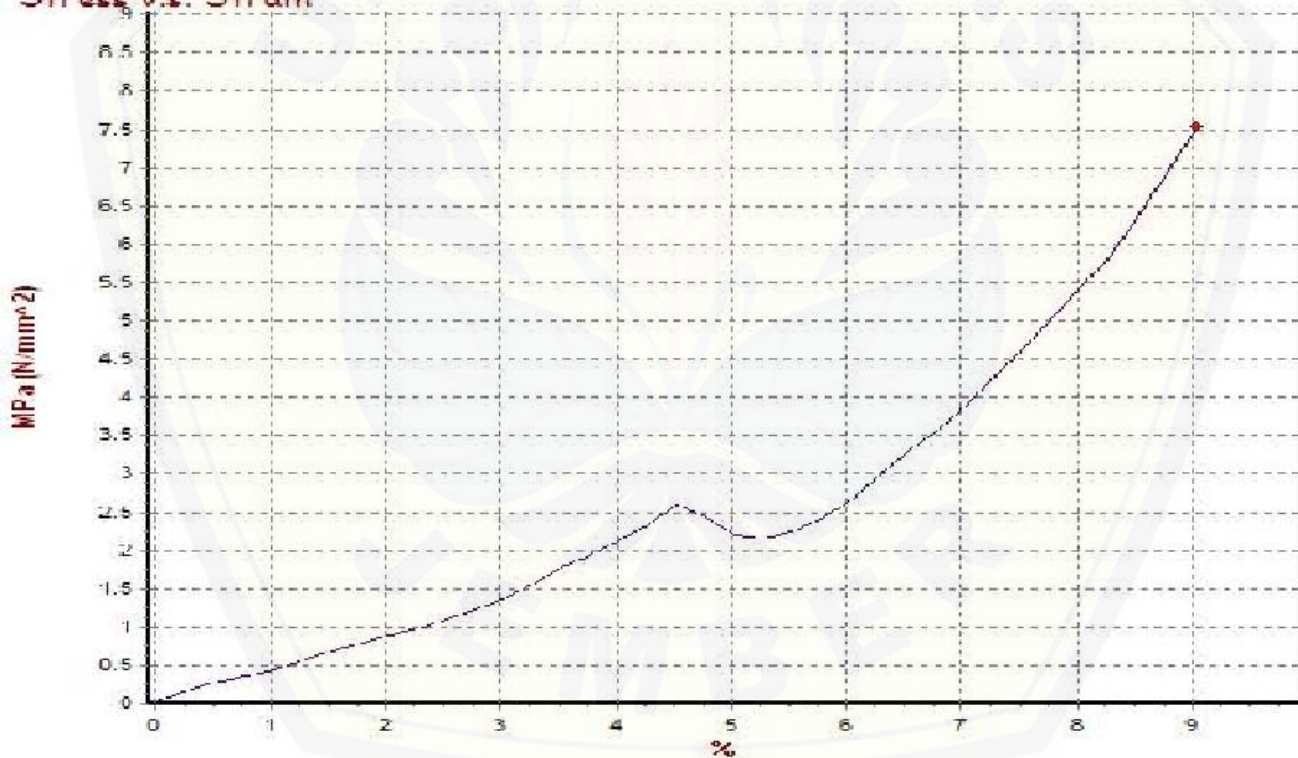
TEST REPORT

Test Description : pet

Test No. : 1

Specimen	Area (mm ²)	Max. Force (N)	0.2% Y.S. (N/mm ²)	Yield Strength (N/mm ²)	Tensile Strength (N/mm ²)	Elongation (%)
pb5a	30	226.1	3.55	2.41	7.54	

Stress v.s. Strain



1-001

Penanggung Jawab

Drs. Sujito, Ph.D.

Operator

Edy Sutrisno



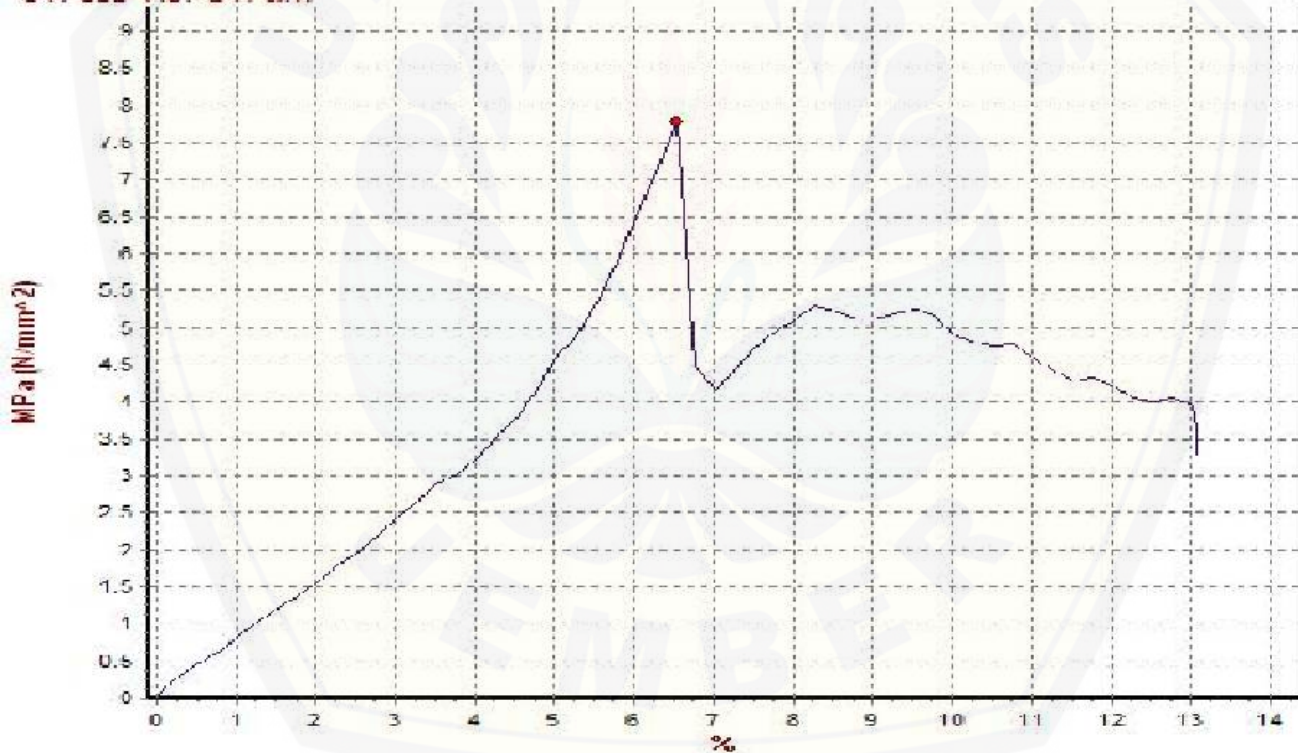
TEST REPORT

Test Description : pet

Test No. : 1

Specimen	Area (mm ²)	Max. Force (N)	0.2% Y.S. (N/mm ²)	Yield Strength (N/mm ²)	Tensile Strength (N/mm ²)	Elongation (%)
pb5b	30	233.6	3.79	3.79	7.79	

Stress v.s. Strain



1-001

Penanggung Jawab

Drs. Sujito, Ph.D.

Operator

Edy Sutrisno

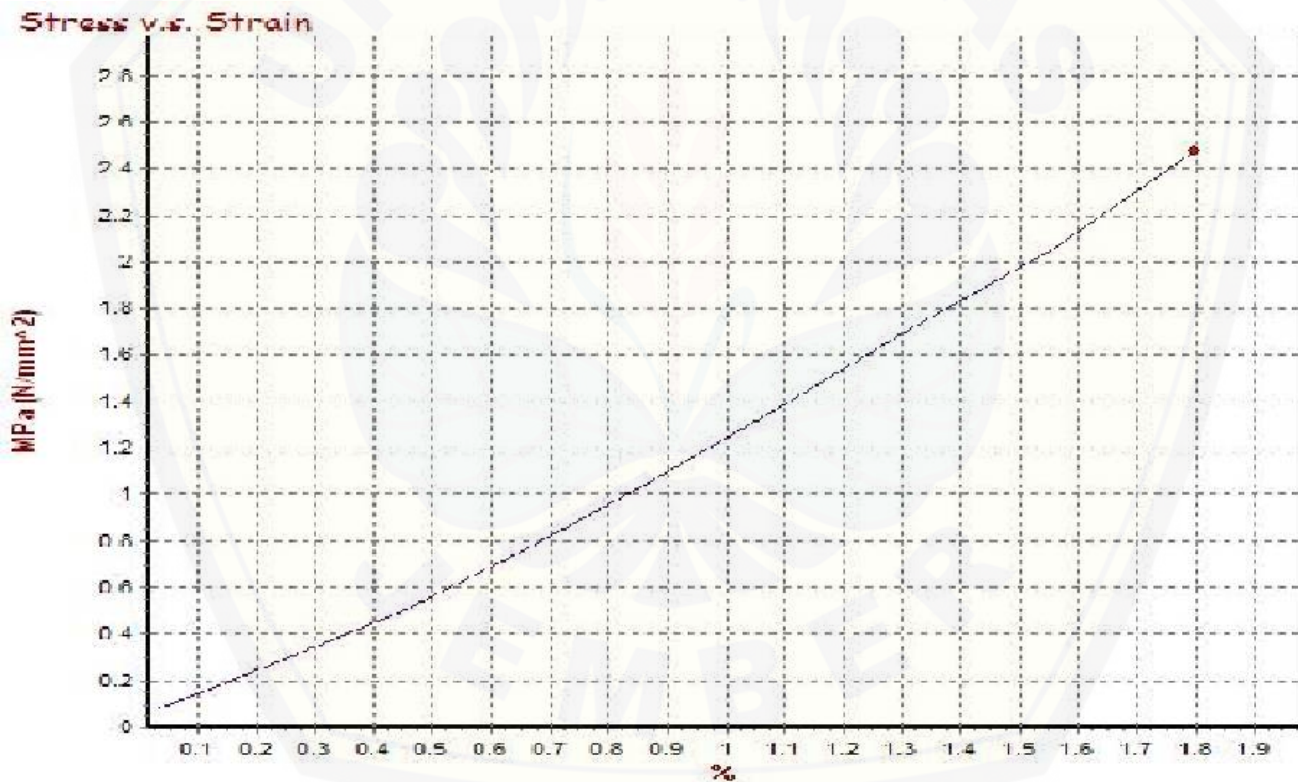


TEST REPORT

Test Description : pet

Test No. : 1

Specimen	Area (mm ²)	Max. Force (N)	0.2% Y.S. (N/mm ²)	Yield Strength (N/mm ²)	Tensile Strength (N/mm ²)	Elongation (%)
pb5c2	30	74.4	2.06	1.37	2.48	1.80



1-001

Penanggung Jawab

Drs. Sujito, Ph.D.

Operator

Edy Sutrisno