

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI BONGGOL PISANG
(*Musa Paradisiaca*) SEBAGAI BAHAN DASAR
BIOPLASTIK**

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat
Guna Memperoleh Gelar Sarjana Pendidikan
dalam Ilmu Pendidikan Fisika



Oleh :

NAILA RIZKY
NIM : 133611027

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
SEMARANG**

2020

PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Naila Rizky

NIM : 133611027

Jurusan : Pendidikan Fisika

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul:

SINTESIS DAN KARAKTERISASI BONGGOL PISANG (*Musa Paradisiaca*) SEBAGAI BAHAN DASAR BIOPLASTIK

secara keseluruhan adalah hasil penelitian atau karya sendiri, kecuali bagian tertentu yang dirujuk sumbernya.

Semarang, 24 Desember 2020

Pembuat Pernyataan,



Naila Rizky

NIM: 133611027



KEMENTERIAN AGAMA R. I.
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
Jl. Prof. Hamka (Kampus II) Ngaliyan Semarang
Telp. 024-76433366 Fax. 7615387

PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini:

Judul : Sintesis dan Karakterisasi Bonggol Pisang (*Musa Paradisiaca*) sebagai Bahan Dasar Bioplastik

Penulis : Naila Rizky

NIM : 1403066069

Jurusan : Pendidikan Fisika

Telah diujikan dalam sidang *munaqasyah* oleh Dewan Penguji Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Walisongo dan dapat diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana dalam Ilmu Pendidikan Fisika.

Semarang, 31 Desember 2020

DEWAN PENGUJI

Ketua,

Joko Budi Poernomo, M.Pd.

NIP: 19760214 200801 1 01

Penguji I,

Agus Sudarmanto, M.Pd.

NIP: 19770823 200912 1 003

Pembimbing I,

Dr. Hamdan Hadi Kusuma, M.Sc.

NIP: 19770320 200912 1 002

Sekretaris,

Andi Fadlihan, M.Sc.

NIP: 19800915 200501 1 006

Penguji II,

Edy Saenuri Anwar, M.Si.

NIP: 19790726 200912 1002

Pembimbing II,

Mulyatun, M.Si.

NIP: 198305042011012008



NOTA DINAS

Semarang, 23 Desember 2020

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Walisongo Semarang
di Semarang

Assalamu'alaikum wr. wb.

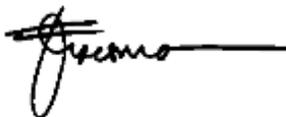
Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan :

Judul : **Sintesis dan Karakterisasi Bonggol Pisang (*Musa Paradisiaca*) sebagai Bahan Dasar Bioplastik**
Nama : Naila Rizky
NIM : 133611027
Jurusan : Pendidikan Fisika

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diajukan dalam sidang *Munaqasyah*.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Pembimbing I,



Dr. Hamdan Hadi Kusuma, S.Pd., M.Sc.
NIP: 19770320 200912 1 002

NOTA DINAS

Semarang, 24 Desember 2020

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Walisongo Semarang
di Semarang

Assalamu'alaikum wr. wb.

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan :

Judul : **Sintesis dan Karakterisasi Bonggol Pisang (*Musa Paradisiaca*) sebagai Bahan Dasar Bioplastik**
Nama : Naila Rizky
NIM : 133611027
Jurusan : Pendidikan Fisika

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo untuk diajukan dalam sidang *Munaqasyah*.

Wassalamu'alaikum wr. wb.

Pembimbing II,



Mulyatun, M.Si.

ABSTRAK

Plastik *biodegradable* merupakan plastik yang bersifat ramah lingkungan dan terbarukan. Penelitian ini bertujuan untuk membuat plastik *biodegradable* dengan *filler* berupa pati dari bonggol pisang dan kitosan dengan penambahan sorbitol sebagai *matrix*. Plastik *biodegradable* yang dibuat dikarakterisasi sifat ketahanan, sifat mekanik, dan kemampuan biodegradasi. Penelitian ini menghasilkan 3 sampel plastik *biodegradable* dengan variasi perbandingan komposisi massa *filler* (pati bonggol pisang/kitosan) masing-masing sampel yaitu A (40/60) %, B (50/50) %, C (60/40) %. Dari hasil uji ketahanan pelarut air (H₂O), asam (HCL), dan basa (NaOH) didapatkan nilai persentase terbaik terdapat pada variasi pa/ki A (40/60) berturut-turut adalah (88,87), (86,462), dan (89,775). Sedangkan uji sifat mekanik didapatkan nilai kuat tarik masing-masing sampel yaitu A (1,563±0,038) MPa, B (1,36±0,029) MPa, dan C (1±0,036) MPa. Nilai persen *elongasi* dari masing-masing sampel yaitu A (8 ± 0,35) %, B (13,1 ± 0,53) %, dan C (19,2 ± 1,4) %. Dari nilai uji kuat tarik dan persen *elongasi* didapatkan nilai *modulus young* masing-masing sampel yaitu yaitu A (20,11±0,48) MPa, B (10,7±0,23) MPa, dan C (5,18±0,2) Mpa. Penambahan komposisi massa kitosan terbukti mampu meningkatkan nilai kuat tarik dan *modulus young* plastik *biodegradable*, namun untuk nilai persen *elongasinya* menurun. Pada uji biodegradasi ketiga sampel hampir terdegradasi secara sempurna pada waktu 30 hari. Penambahan komposisi massa kitosan yang bersifat hidrofobik mengakibatkan plastik yang dihasilkan lebih sukar terurai di dalam tanah, sedangkan penambahan komposisi massa pati bonggol pisang yang bersifat hidrofilik mengakibatkan plastik lebih mudah terurai di dalam tanah.

Kata Kunci: Plastik *Biodegradable*, Bonggol Pisang, Kitosan

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT Sang Pencipta nan bijaksana serta shalawat dan salam semoga tercurah kepada Rasulullah Muhammad SAW. Berkat rahmat, taufik dan hidayah-Nya yang telah diberikan kepada Peneliti sehingga dapat menyelesaikan penelitian skripsi yang berjudul “”. Skripsi ini disusun guna memenuhi tugas dan persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan program Pendidikan Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang.

Proses penyusunan skripsi tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, motivasi, do'a, dan peran serta dari berbagai pihak. Oleh karena itu, peneliti mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Imam Taufiq, M.Ag., selaku Rektor UIN Walisongo Semarang
2. Dr. H. Ismail, M.Ag., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
3. Joko Budi Poernomo. M.Pd., selaku Ketua Jurusan Pendidikan Fisika yang telah memberikan izin penelitian.
4. Dr. Hamdan Hadi Kusuma, S.Pd., M.Sc., selaku pembimbing I dan Mulyatun, M.Si., selaku pembimbing II yang telah berkenan meluangkan waktu, tenaga, dan pikiran serta dengan tekun dan sabar memberikan bimbingan dan pengarahan dalam menyusun skripsi ini.

5. Segenap dosen dan staff Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan dalam penyusunan skripsi ini.
6. Ayahanda Ali Sodikin dan Ibunda Siti Komariyah selaku orang tua Penulis, yang telah memberikan segalanya baik do'a, semangat, cinta, kasih sayang, ilmu dan bimbingan, yang tidak dapat tergantikan dengan apapun.
7. Siti Musdalifah, S.Pd selaku saudara peneliti yang sudah *mensupport* dan mendoakan supaya peneliti dapat menamatkan pendidikan S-1.
8. Muna, Danis, Yessi (PC) sahabatku tersayang yang selalu membantu dan memberikan dukungan, do'a, kenangan-kenangan indah, dan semangatnya selama ini. Dan varida sahabatku atas bantuan yang diberikan kepada peneliti.
9. Sahabat-sahabat ku dari keluarga Pendidikan Fisika 2013 A yang memberikan kenangan terindah serta pelajaran berharga.
10. Keluarga dari HMJ Pendidikan Fisika yang telah memberikan ilmu, pengalaman dan manfaat kepada penulis.
11. Teman-teman PPL SMA N 7 SEMARANG untuk pengalaman-pengalaman yang berharga.
12. Teman-teman KKN Posko 5 Desa Tegalarum Kec. Mranggen Kab. Demak, terimakasih untuk bantuan, semangat dan do'anya.
13. Semua pihak yang tidak dapat Penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan, dorongan serta bimbingan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.

Penulis menyadari bahwa penulisan skripsi masih perlu penyempurnaan baik dari segi isi maupun metodologi. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun dari berbagai pihak sangat Penulis harapkan guna perbaikan dan penyempurnaan skripsi ini. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca umumnya. Amin.

Semarang, 24 Desember 2020

Penulis,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Naila Rizky', written over a horizontal line.

Naila Rizky
NIM. 133611027

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN	ii
PENGESAHAN	iii
NOTA DINAS	iv
ABSTRAK	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiv
BAB I: PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah Penelitian	5
C. Tujuan Penelitian	5
D. Manfaat Penelitian	5
E. Sistematika Penelitian	6
BAB II: LANDASAN TEORI	
A. Deskripsi Teori	8
1. Plastik.....	8
2. Plastik <i>Biodegradabel</i>	10
3. Plastik Go Green.....	12
4. Pisang	14
5. Pati	17

6. Plasticizer.....	18
7. Khitosan	18
8. Karakteristik Mekanik	19
B. Kajian Pustaka.....	24
BAB III: METODE PENELITIAN	
A. Jenis Penelitian	27
B. Waktu dan Tempat.....	27
C. Alat dan Bahan	27
D. Prosedur Penelitian	28
BAB IV: HASIL DAN PEMBAHASAN	45
A. Hasil.....	34
B. Pembahasan.....	39
BAB V: PENUTUP	
A. Kesimpulan.....	49
B. Saran	49
DAFTAR PUSTAKA.....	50
LAMPIRAN-LAMPIRAN.....	54

DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Kandungan Bonggol Pisang	16
Tabel 3.1	Variasi Komposisi Massa <i>Filler</i> Plastik <i>Biodegradable</i>	29
Tabel 4.1	Hasil Uji Ketahanan Pelarut Plastik <i>Biodegradable</i>	35
Tabel 4.2	Hasil Uji Tarik Plastik <i>Biodegradable</i>	36
Tabel 4.3	Data Nilai <i>Elongasi</i> Plastik <i>Biodegradable</i>	37
Tabel 4.4	Data <i>Modulus Young</i> Plastik <i>Biodegradable</i>	37
Tabel 4.5	Hasil Uji Biodegradrasi Plastik	38
Tabel 4.6	Nilai Kuat Tarik dan <i>Modulus Young</i> Plastik <i>Biodegradable</i>	44
Tabel 4.7	Perbandingan Kualitas Plastik Konvensional dan Plastik <i>Biodegradable</i>	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Telobag	14
Gambar 2.2	Bonggol Pisang	16
Gambar 2.3	Tegangan Normal pada Benda	20
Gambar 2.4	Regangan Tarik Bahan	22
Gambar 4.1	Hasil Pembuatan Pati Bonggol Pisang	34
Gambar 4.2	Hasil Pembuatan Plastik Biodegradabel	35
Gambar 4.3	Grafik Ketahanan Pelarut	39
Gambar 4.4	Grafik Kuat Tarik Sampel Plastik <i>Biodegradable</i>	41
Gambar 4.5	Grafik <i>Modulus Young</i> Plastik <i>Biodegradable</i>	43
Gambar 4.6	Grafik Persen <i>Elongasi</i> Plastik <i>Biodegradable</i>	45
Gambar 4.7	Uji Biodegradasi Plastik	47

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Judul	Halaman
Lampiran 1	Perhitungan Ketahanan Pelarut	55
Lampiran 2	Perhitungan Nilai Persen <i>Elongasi</i>	60
Lampiran 3	Perhitungan Nilai <i>Modulus Young</i>	63
Lampiran 4	Perhitungan Teori Ralat Data Uji Tarik	64
Lampiran 5	Perhitungan Teori Ralat Data Panjang Awal (l_0)	67
Lampiran 6	Perhitungan Teori Ralat Data Pertambahan Panjang (Δl)	70
Lampiran 7	Perhitungan Teori Ralat Data <i>Elongasi</i> (ϵ)	73
Lampiran 8	Perhitungan Teori Ralat Data <i>Modulus Young</i> (E)	76
Lampiran 9	Perhitungan Teori Ralat Data Massa Sampel Uji Biodegradasi	79
Lampiran 10	Perhitungan Persentase Biodegradasi Plastik	81
Lampiran 11	<i>Operating Manual of Analog Force Gauge</i>	85

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang Masalah

Plastik banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari mulai dari rumah tangga, industri rumah tangga, industri makanan sampai industri dalam skala besar. Penggunaan terbesar adalah pada Industri makanan dan FMCG (*fast moving consumer goods*) yang mencapai 60% (Arinanda 2016). Total konsumsi plastik Indonesia 2015 sekitar 4,2 juta ton, di mana 40 % di antaranya impor. ASEAN memasok 80% (Riyanto 2016). Penggunaan plastik biasanya sebagai pengemas berbagai bahan baik bahan makanan, minuman karena bahan plastik mempunyai banyak keunggulan dibandingkan dengan bahan pengemas lainnya seperti kertas, aluminium foil, logam, daun dan kayu. Keunggulan dari bahan plastik sendiri antara lain yaitu fleksibel (dapat mengikuti bentuk produk), ringan, simpel, transparan (tembus pandang), tidak mudah pecah, dapat dikombinasikan dengan kemasan lain, tidak memerlukan perlakuan atau perawatan istimewa dalam penyimpanan dan pengangkutannya, serta murah (Fanani, dkk. 2003).

Usaha-usaha yang telah dilakukan untuk menanggulangi masalah dari sampah plastik ini adalah dengan cara mendaur ulang dan pembakaran. Proses daur ulang sendiri memerlukan biaya yang besar dan kurang efektif, sedangkan untuk proses

pembakaran plastik sendiri dapat menimbulkan gas yang bersifat korosif dan beracun seperti HCl, HCN dan SO₂. Untuk menanggulangi terjadinya penumpukan sampah plastik, maka perlu diciptakan plastik (atau mensintesis polimer) yang dapat dibuang dan mudah didegradasi oleh mikroorganisme tanah yang disebut sebagai plastik *biodegradable* (Fanani, dkk. 2003).

Plastik *biodegradable* atau bioplastik merupakan plastik yang dapat terurai secara alami dan terbuat dari material yang dapat diperbaharui seperti pati, selulosa, lignin, serta protein dan lipid yang terdapat dalam hewan dan tumbuhan. Bioplastik menggunakan bahan dari polimer alam sehingga mudah dicerna oleh mikroorganisme. Material alam yang biasa digunakan dalam pembuatan bioplastik adalah pati atau amilum (Darni and Fathanah 2011).

Pati merupakan salah satu jenis polisakarida yang digunakan sebagai bahan dasar bioplastik. Kandungan pati banyak terdapat pada bagian tanaman seperti pada biji, buah, akar dan batangnya. Pati memiliki sifat yang mudah terurai (*biodegradable*), suka dengan air (*hidrofilik*), mudah diperoleh, dan murah. Alasan inilah yang menyebabkan produsen melirik pati sebagai bahan dasar pembuatan bioplastik (Hidayah, dkk. 2015). Beberapa tanaman sumber bahan pati tumbuh melimpah di Indonesia seperti padi, singkong, kentang, jagung, pisang, dan lain-lain.

Pisang merupakan tanaman buah berupa herba yang berasal dari kawasan Asia Tenggara (termasuk Indonesia). Dimana

tanaman pisang sangat mudah ditemukan dan banyak dibudiyakan oleh masyarakatnya. Allah SWT telah berfirmandalam Al-Qur'an surah *Al Waqiah* ayat 27-33:

وَأَصْحَابُ الْيَمِينِ مَا أَصْحَابُ الْيَمِينِ ۝ فِي سِدْرٍ مَّخْضُودٍ ۝ فِي سِدْرٍ مَّخْضُودٍ ۝
 وَظِلٍّ مَّمْدُودٍ ۝ وَمَاءٍ مَّسْكُوبٍ ۝ وَفَاكِهَةٍ كَثِيرَةٍ ۝ لَا مَقْطُوعَةٍ وَلَا مَمْنُوعَةٍ

Artinya: *Dan golongan kanan, alangkah bahagianya golongan kanan itu. Berada di antara pohon bidara yang tak berduri, dan pohon pisang yang bersusun-susun (buahnya), dan naungan yang terbentang luas, dan air yang tercurah, dan buah-buahan yang banyak yang tidak berhenti (berbuah) dan tidak terlarang mengambilnya. (Al-Waqiah 27-33).*

Surah *Al Waqiah* ayat 27-33 menjelaskan bahwa Allah SWT telah menciptakan buah bernama pisang pada umat umat manusia untuk dimanfaatkan sebaiknya. Pisang disebutkan adalah tanaman yang melimpah dan perkembangbiakan yang mudah dan cepat. Seluruh bagian tanaman pisang (buah, daun, batang, dan bonggol, bahkan jantungnya) dapat dimanfaatkan. Tapi pemanfaatan pisang di Indonesia masih hanya sebatas buah dan daunnya saja, padahal tanaman pisang memiliki potensi lain untuk dimanfaatkan. Pohon dan jantung pisang lebih banyak dijadikan sebagai bahan pakan ternak ataupun dibiarkan menjadi sampah. Penumpukan limbah pohon pisang menjadi sebuah keprihatinan, padahal jika kita kaji bonggol pisang dan jantung

pisang dapat diekstrak menjadi pati dan digunakan sebagai bahan dasar pembuatan plastik ramah lingkungan.

Bonggol pisang memiliki kandungan gizi cukup tinggi. Penggunaan bonggol pisang selain jumlah yang melimpah dalam pembuatan bioplastik ini juga karena bonggol pisang memiliki kandungan pati yang cukup tinggi. Menurut hasil penelitian yuania, dkk (2008) menunjukkan komposisi bonggol pisang meliputi 76% pati dan 20 % air.

Pembuatan plastik *biodegradable* berbahan dasar alami telah banyak dilakukan penelitian seperti dari bahan dasar biji nangka oleh Puspita (2013), tepung biji durian oleh Ummah (2013), tepung sorgum oleh Darni dan Utama (2010), pati kulit pisang raja oleh Febriyantoro, dkk (2016), pati ubi gayong oleh Anas, dkk (2012), dan dari bahan pati jagung oleh Coniwati, dkk (2014). Pembuatan bioplastik dengan bahan dasar alami masih perlu dikembangkan, hal ini disebabkan masih banyak bahan-bahan alami lain yang bisa digunakan sebagai bahan dasar bioplastik seperti bonggol pisang. Bonggol pisang sangat mudah ditemukan terutama didaerah pedesaan.

Berdasarkan pada latar belakang yang telah diuraikan, maka dilakukan penelitian untuk membuat bioplastik dengan menggunakan bonggol pisang (*Musa paradisiaca*) sebagai bahan dasar plastik *biodegradable*. Penelitian merupakan salah satu solusi penanggulangan sampah plastik dan limbah pohon pisang.

B. Rumusan Masalah Penelitian

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana proses pembuatan plastik *biodegradable* dari bonggol pisang?
2. Bagaimana karakteristik kelenturan, ketahanan pelarut dan tingkat biodegradabilitas dari plastik yang dihasilkan?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

1. Untuk mengetahui bagaimana proses pembuatan plastik *biodegradable* dari pati bonggol pisang.
2. Untuk mengetahui karakteristik kelenturan, ketahanan pelarut dan tingkat biodegradabilitas plastik *biodegradable* dari pati bonggol pisang.

D. Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat sebagai berikut:

1. Dapat diperoleh plastik *biodegradable* dari bahan yang bisa diperbarui dan mudah diperoleh yaitu pati bonggol pisang.
2. Dapat diketahui karakteristik kelenturan, ketahanan pelarut dan karakteristik biodegradabilitas lastik dari bahan yang bisa diperbaharui dan mudah diperoleh yaitu pati bonggol pisang.

E. Sistematika Penulisan Skripsi

Sistematika penulisan skripsi ini disusun menjadi 3 bagian yaitu bagian awal, bagian isi dan bagian akhir.

1. Bagian awal berisi : halaman judul, abstrak, pengesahan, halaman motto, halaman persembahan, kata pengantar, daftar isi, daftar tabel, daftar lampiran dan daftar gambar.
2. Bagian isi terdiri atas 5 BAB, yaitu:

- a. **BAB I PENDAHULUAN**

Bab ini terdiri dari latar belakang, rumusan masalah dan pembatasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan sistematika skripsi.

- b. **BAB II LANDASAN TEORI**

Bab ini berisi tentang teori-teori yang mendasari skripsi. Landasan teori berisi penjelasan tentang plastik, plastik biodegradabel, pisang, pati, khitosan, plasticizer, karakteristik sifat mekanik plastik, ketahanan pelarut dan biodegradabilitas plastik. Karakteristik sifat mekanik disini adalah kekuatan Tarik plastik, regangan dan modulus young.

- c. **BAB III METODE PENELITIAN**

Bab ini berisi tentang alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian, cara pembuatan pati bonggol pisang, pembuatan sediaan larutan, pencampuran bahan bioplastik, pencetakan

bioplastik, pengujian karakteristik kelenturan, ketahanan pelarut dan karakteristik biodegradabilitas bioplastik serta teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini.

d. **BAB VI HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisi hasil penelitian, analisis data dan pembahasannya.

e. **BAB V PENUTUP**

Bab ini berisis tentang rangkuman dari hasil penelitian yang ditarik dari analisis data, hipotesis dan pembahasan. Bab ini juga berisi tentang perbaikan maupun saran bagi peneliti untuk perbaikan yang berkaitan dengan penelitian.

3. Bagian akhir skripsi berisi daftar pustaka dan lampiran.

BAB II

LANDASAN TEORI

A. Deskripsi Teori

1. Plastik

a. Definisi Plastik

Plastik merupakan salah satu komoditi yang kerap digunakan dalam kehidupan sehari-hari. Hampir semua peralatan ataupun produk yang sering digunakan dalam pengemasan bahan baku maupun produk terbuat dari plastik. Namun pada akhirnya, sampah dari plastik menjadi masalah pada lingkungan karena dibutuhkan waktu yang lama bagi plastik untuk terurai. Keunggulan plastik seperti ringan, fleksibel, kuat, tidak mudah pecah, transparan, tahan air, dan ekonomis inilah yang menjadi alasan banyaknya penggunaannya. Plastik adalah bahan polimer sintetik berantai panjang yang membentuk unit molekul berulang dan mengikat satu sama lain (Zheng dan Yanful, 2005). Sedangkan kelemahan dari plastik adalah karena adanya zat-zat tertentu dan molekul kecil dari plastik yang dapat berpindah ke dalam bahan pangan yang dikemas dalam kemasan plastik (Julianti dan Nurminah, 2006).

Baik plastik sintetis maupun plastik organik sama-sama dapat digunakan dalam industri. Hal ini karena adanya aplikasi dalam setiap aspek kehidupan dan industri bahwa plastik dapat

dibuat dalam berbagai bentuk seperti film, serat, piring, tabung, botol, kotak, dan lain sebagainya. Selain itu, plastik bersifat tahan banting dan tidak mudah pecah. Benda-benda plastik yang tidak dapat hancur oleh mikroorganime. Hal ini mengakibatkan kontaminasi alami oleh sampah plastik. Untuk mengatasi hal ini, dunia ilmiah dan industri telah bersatu untuk menghasilkan bahan plastik lain yang dapat terurai secara hayati (Siotto et al, 2011).

Plastik adalah campuran polimer dengan desain tidak lentur yang dibentuk dari polimerisasi monomer hidrokarbon yang menyusun rantai panjang. Plastik memiliki fokus penggelembungan dan pelarutan yang berbeda, hal ini bergantung pada monomer yang menyusunnya. Monomer yang biasa digunakan dalam penyusunan plastik yaitu propena (C_3H_6), etena (C_2H_4), vinil klorida (CH_2), nilon, karbonat (CO_3), dan stirena (C_8H_8). Plastik merupakan senyawa amalgamsi hidrokarbon yang didapat dari bahan bakar minyak. Plastik yang memiliki tingkat kestabilan tinggi dan ikatan karbon rantai panjang merupakan plastik yang tidak dapat terdegradasi oleh mikroorganime. Pemberian nama pada senyawa polimer plastik disesuaikan dengan nama monomer pembuatnya dan diberi awalan poli-. Contohnya plastic yang terbentuk dari monomer-monomer vinil kholira maka namanya adalah polivinil khlorida (hamonangan, 2009).

b. Jenis-Jenis Plastik

Plastik dibagi menjadi dua jenis yaitu plastik thermoplast dan plastik thermoset. Plastik thermoplast merupakan plastik yang dapat dicetak berulang kali karena factor panas. Contohnya adalah *polypropylene*, *polystyrene*, *acrylonitrile butadiene styrene*, *polyvinyl chloride*, *polyamida* dan sebagainya. Sedangkan plastik thermoset adalah plastik yang tidak dapat didaur ulang kembali dikarenakan susunan polimernya memiliki bentuk jaringan tiga dimensi. Contohnya adalah PU (*Poly Urethane*), UF (*Urea Formaldehyde*), MF (*Melamine Formaldehyde*), *polyester*, *epoksi* dan sebagainya (Mujiarto, 2005). Plastik thermoset bersifat lebih keras, lebih kuat dan lebih tidak mudah larut dalam cairan dari pada plastik thermoplast.

2. Plastik Biodegradabel

Plastik biodegradable atau biopolimer adalah plastik yang diproduksi menggunakan senyawa-senyawa yang secara efektif ditemukan di alam (Faizin 2012). Plastik biodegradable adalah plastik yang dibuat untuk mengurangi masalah alam akibat pencemaran limbah plastik. Kehadiran plastik biodegradable yang dapat digunakan kembali secara alami dapat membantu mengurangi jumlah sampah modern yang tidak dapat digunakan kembali. penyuraian ini mencakup perawatan tanah aerobik dan anaerobik. Kondisi inilah yang melandasi penciptaan dan pengembangan standarisasi sesuai metode uji untuk menentukan

biodegradasi dari bahan polimer (Gartiser et al 1998). Sanjaya dan puspita (2010) menjelaskan bahwa plastik biodegradabel adalah plastik yang akan hancur di alam oleh mikroorganisme yang diaktifkan di lingkungan untuk metabolisme struktur molekul film plastik tersebut.

Plastik biodegradabel merupakan plastik yang ramah lingkungan yang dapat hancur oleh mikroorganisme yang terdapat dalam tanah. Plastik biodegradabel juga cenderung terdegradasi tanpa merusak lingkungan. Plastik biodegradabel telah terbukti meningkatkan kualitas tanah, proses tersebut dilakukan sebagai pembusukan materi oleh mikroorganisme dalam tanah sehingga tanah menjadi subur (Berkesch 2005).

Plastik biodegradable sangat unik dibandingkan dengan plastik biasa. Plastik biodegradable akan diurai oleh mikroorganisme dan kemudian menghasilkan air dan gas karbondioksida setelah dibuang ke lingkungan. Sedangkan plastik konvensional tidak dapat diurai oleh mikroorganisme. Sejalan dengan itu, plastik biodegradable disebut plastik tidak berbahaya bagi ekosistem (Firdaus dan Anwar 2004). Pada umumnya, plastik biasa diproduksi dengan menggunakan gas yang mudah terbakar, bensin atau batu bara, sedangkan plastik yang dapat terurai diproduksi menggunakan bahan yang berkelanjutan, misalnya, yang ditemukan pada tumbuhan, termasuk selulosa, kasein, kolagen, protein atau lemak yang ditemukan pada makhluk (Huda dan Firdaus, 2007).

3. Plastik Go Green / Bioplastik

Plastik *Go Green* atau bioplastik adalah plastik yang dapat digunakan layaknya seperti plastik konvensional dapat terdegradasi secara alami oleh mikroorganisme, bioplastik terbuat dari biopolimer pati seperti pati durian, kentang, jagung, ubi, jantung pisang, dan kentan (Sinaga et al. 2014). Jenis-jenis dari plastik *biodegradable* antara lain yaitu *polyhidroksialkanoat* (PHA) dan poli-asam amino yang berasal dari sel bakteri, *polylaktida* (PLA) yang merupakan modifikasi asam laktat hasil perubahan zat tepung oleh mikroorganisme, dan *poliaspartat*. Bahan dasar plastik biodegradabel berasal dari selulosa, khitin, khitosan, atau tepung yang terkandung dalam tumbuhan, serta lipid yang terkandung dalam hewan.

Bioplastik dapat dihasilkan melalui beberapa cara, salah satunya adalah biosintesis yaitu menggunakan bahan yang mengandung pati atau selulosa. Cara pembuatan bioplastik yang berbasiskan pati antara lain (Ummah 2013):

- a. Mencampur pati dan plastik konvensional (PE atau PP) dalam jumlah kecil (10% - 20%).
- b. Mencampur pati dan turunan hasil samping minyak bumi, seperti PCL, dalam komposisi yang sama (50%).

- c. Mencampur pati dengan bahan-bahan seperti protein kedelai, gliserol, alginat, lignin, dan sebagainya sebagai bahan *plasticizer* atau disebut dengan proses ekstruksi.

Salah satu contoh bioplastik yang sudah ada adalah telobag. Bioplastik telobag terbuat dari bahan alami yang berasal dari tumbuh-tumbuhan yaitu singkong. Proses pembuatan telobag ini tergolong ramah lingkungan serta mudah terdegradasi di alam. Hasil dari degradabel telobag akan menyatu sempurna dengan alam selama kurun waktu 2 – 6 bulan dengan bantuan mikroorganisme dan makroorganisme dalam kondisi alam bebas, tanpa adanya rekayasa dan pemberian zat-zat tertentu. Telobag sendiri serupa dengan plastik biasanya ditemui, permukaan telobag tersebut terasa lebih lembut. Adapun kelebihan telobag adalah sebagai berikut:

- a. Telobag setelah terdegradasi dan menjadi kompos tanah atau tumbuhan yang berguna untuk meningkatkan kemampuan tanah dalam menyerap air serta menyuburkan tanah.
- b. Bioplastik telobag mudah terdegradasi secara alami dengan bantuan mikroorganisme dan makroorganisme yang terdapat dalam tanah pada umumnya tanpa meninggalkan residu berbahaya.
- c. Telobag bisa didaur ulang dengan produk kertas ataupun bahan yang terbuat dari bahan dasar serat tumbuhan yang lainnya.

- d. Telobag tidak akan mencemari lautan bila terbuang dilaut dan aman jika termakan oleh hewan laut.
- e. Tingkat kerapatan sangat tinggi, sehingga tidak tembus bau.



Gambar 2.1 Telobag.

Kekurangan dari bioplastik telobag ini sendiri adalah dalam segi harga yang masih relatif mahal yaitu kisaran Rp.1500,00 sampai Rp.2000,00. Telobag juga rentan terhadap air dingin dan panas yang bisa merusak telobag dalam waktu singkat.

4. Pisang

Pisang (*Musa Spp.*) merupakan tanaman yang sangat mudah dibudayakan hampir di setiap pekarangan rumah, terutama di wilayah pedesaan. Tanaman pisang dapat tumbuh dengan baik tanpa perawatan. Hal inilah yang menjadi alasan utama mengapa banyak orang yang membudidayakannya (Pertanian 2010).

Tanaman pisang berasal dari kawasan di Asia Tenggara (termasuk Indonesia). Tanaman pisang kemudian menyebar ke Afrika (Madagaskar), Amerika Selatan dan Amerika Tengah. Di Jawa Barat, pisang disebut dengan Cau, di Jawa Tengah dan Jawa Timur

dinamakan gedang (BAPPENAS 2000). Klasifikasi botani tanaman pisang adalah sebagai berikut:

Divisi : *Spermatophyta*.

Sub divisi : *Angiospermae*.

Kelas : *Monocotyledonae*.

Keluarga : *Musaceae*.

Genus : *Musa*.

Spesies : *Musa* spp.

Tumbuhan pisang menyukai daerah alam terbuka yang cukup sinar matahari , cocok pada daerah tropis, tumbuh di dataran rendah sampai pada ketinggian 1000 meter lebih diatas permukaan laut. Indonesia yang mempunyai iklim tropis sangat cocok untuk menunjang perkembangan tanaman pisang, yang menjadikan pisang dapat berbuah setiap saat tanpa mengenal musim panen. Pada tanaman pisang selain buahnya, bagian lainnya juga dapat dimanfaatkan antara lain bonggol, batang, daun, dan jantung pisang.

Bonggol pisang mengandung banyak manfaat dan gizi yang cukup tinggi dengan komposisi lengkap. Menurut munajid (1993) bonggol pisang mengandung karbohidrat 66%, protein air dan mineral-mineral penting. bonggol pisang mempunyai kandungan pati 45,4% dan kadar protein 4,35%. Adapun kandungan dalam bonggol pisang ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Kandungan bonggol pisang

No.	Kandungan gizi	Bonggol basah	Bonggol kering
1	Kalori (kal)	43	425
2	Protein (gram)	0,36	3,45
3	Lemak (gram)	0	0
4	Karbohidrat (gram)	11,6	66,20
5	Kalsium (mg)	15	60
6	Fosfor (mg)	60	150
7	Zat Besi (mg)	0,5	2
8	Vitamin A	0	0
9	Vitamin B1	0,01	0,04
10	Vitamin C	12	4,00
11	Air	86	20,00
12	Bagian yang dapat dikonsumsi	100	100

Bonggol pisang juga mengandung selulosa dan pati (lihat Gambar 2.1). Menurut hasil penelitian Yuanita dkk. (2008) menunjukkan komposisi bonggol pisang meliputi 76% pati dan 20% air. Melihat dari kadar tersebut, maka bonggol pisang dapat dimanfaatkan dalam pembuatan plastik biodegradabel.

**Gambar 2.1** bonggol pisang

5. Pati

Pati adalah polimer alam berumus molekul $(C_6H_{10}O_5)_n$. pati terdapat dalam terigu, beras, singkong, kentang, jagung dan tumbuhan hijau. Pati dihasilkan dengan cara ekstraksi, bahan tumbuhan dihancurkan bersama dengan air sehingga menghasilkan bubur. Bubur yang dihasilkan kemudian disaring untuk memisahkan jaringan kasarnya, sehingga sisanya adalah suspensi pati. Tepung pati kemudian dikumpulkan dengan cara memusing fitrat itu (cowd 1991).

Pati terdiri dari dua polisakarida, amilase dan amilopektin yang bisa dipisahkan menurut perbedaan kelarutan. Amilase yang menyusun 20-50% dari pati alam dibentuk dari kesatuan glukosa yang bergabung melalui ikatan α -1,4, massa molekulnya sangat beragam bergantung dengan sumbernya. Sedangkan amilopektin sangat bercabang, polimer ini memiliki rantai bercabang yang mempunyai ikatan glukosa α -1,6, disamping α -1,4 (cowd 1991).

Pati bersifat tidak mereduksi. Pati memberikan zat berwarna biru-hitam karena mengandung iod. Pati secara besar-besaran digunakan dalam industri kertas dan perekat kertas. Pati banyak digunakan dalam industri makanan, baik sebagai komponen bahan makanan maupun dihidrolisis lebih lanjut menjadi glukosa. Pati juga digunakan untuk tekstil, dan diragikan untuk menjadi alkohol.

6. Plasticizer

Plasticizer didefinisikan sebagai bahan non volatil, bertitik didih tinggi jika ditambahkan pada material lain sehingga dapat merubah sifat material tersebut. Efek dari penambahan plasticizer adalah dapat mengurangi kekuatan antarmolekul dan meningkatkan kemampuan adaptasi film dan mengurangi sifat batas film. Gliserol dan sorbitol adalah pemlastis yang kuat karena dapat mengurangi ikatan hidrogen internal dalam ikatan antarmolekul. Pemlastis ditambahkan ke dalam perakitan bioplastik untuk mengurangi kelemahan, peningkatan kemampuan beradaptasi dan penyumbatan lapisan tipis terutama bila disimpan pada suhu rendah.

7. Khitosan

Kitosan merupakan konsekuensi deasetilasi kitin, yang merupakan polimer rantai panjang glukosamin (2-amino-2-deoksi-glukosa) (Knorr, 1982). Kitosan sendiri dapat terurai dalam pengaturan korosif alami namun tidak dapat hancur dalam pelarut alami lainnya, misalnya dimetil sulfoksid, sedangkan kitosan yang layak larut bersifat asam korosif (Ornum, 1992). Laboratorium. Protan (1987) menyatakan bahwa kitosan merupakan poliglukosamin yang dapat larut dalam banyak asam, misalnya asam korosif, korosif laktat atau asam alam (adipat, malat), asam mineral, misalnya HCl, HNO₃, pada konvergensi 1% dan telah membatasi solvabilitas dalam korosif fosfor. Terlebih lagi, tidak larut dalam korosif sulfur (Ebookpangan 2006).

Kitosan sendiri memiliki pertemuan utilitarian amina, pertemuan hidrosil esensial dan opsional, dengan kehadiran pertemuan praktis ini menghasilkan reaktivitas sintetik yang tinggi karena dapat membentuk ikatan hidrogen, sehingga kitosan adalah bahan pencampur yang ideal. Kitosan juga merupakan turunan dari kitin yang merupakan polisakarida paling banyak di bumi setelah selulosa, kitosan bersifat hidrofobik dan dapat membingkai film dengan baik (Setiani, et al. 2013).

8. Karakteristik Sifat Mekanik

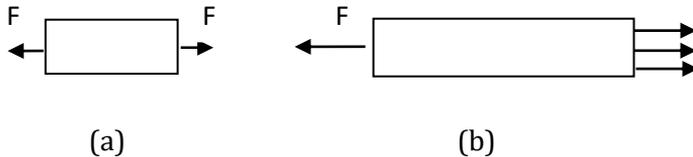
Sifat mekanik film plastik merupakan sifat yang mendasar. Sifat ini pada umumnya terdiri atas kekuatan tarik, *elongasi* dan *modulus Young* yang biasanya disebut sebagai sifat peregangan. Kekuatan tarik mengacu pada ketahanan terhadap tarikan. Sifat peregangan menunjukkan bagaimana materi akan bereaksi terhadap gaya yang diterapkan pada suatu ketegangan (*stress*).

a. Kekuatan tarik (*tensile strength*)

Kekuatan tarik didefinisikan sebagai tegangan yang dibutuhkan untuk mematahkan suatu bahan, yang dinyatakan sebagai gaya persatuan luas penampang. Kekuatan tarik (nominal) dihitung dengan membagi beban maksimum dengan luas bidang penampang spesimen. Hasilnya dinyatakan dalam gaya per satuan luas, biasanya megapascal atau pound-*force* per square inch.

Kekuatan tarik diukur dengan menarik suatu bahan dengan dimensi yang seragam. Gaya yang bekerja pada

penampang melintang secara aktual merupakan resultan distribusi gaya-gaya yang bekerja pada penampang melintang (lihat Gambar 2.2).



Gambar 2.2 Tegangan pada benda

Dengan mengasumsikan tegangan terbagi rata di seluruh penampang maka, dapat dilihat bahwa resultannya harus sama dengan intensitas σ , sehingga tegangan dapat dirumuskan dalam Persamaan 1:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (\text{Pers. 1})$$

Dimana:

σ = tegangan (N/m^2)

F = gaya (N)

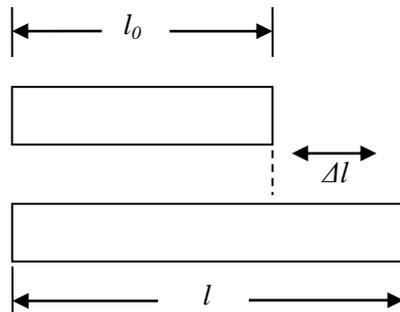
A = luas penampang (m^2)

Persamaan (1) memberikan intensitas tegangan merata pada suatu bahan. Apabila benda tersebut ditarik dengan gaya F , maka tegangannya disebut tegangan tarik (*tensile stress*), sedangkan apabila benda tersebut ditekan dengan gaya F , maka terjadi tegangan tekan (*compressive stress*). Tegangan yang mempunyai arah tegak lurus dengan permukaan potongan disebut dengan tegangan normal (*normal stress*). Tegangan

normal dapat berupa tegangan tarik maupun tegangan tekan. Jika suatu benda ditarik atau ditekan dengan gaya F , maka akan mengakibatkan adanya ketegangan antarpartikel yang besarnya berbanding lurus dengan gaya tersebut. Perubahan tegangan partikel tersebut akan menyebabkan adanya pergeseran struktur material regangan atau himpitan yang besarnya juga berbanding lurus. Karena adanya pergeseran, maka terjadilah deformasi bentuk material.

b. Regangan (*elongation*)

Regangan (ϵ) merupakan ukuran sejauh mana benda mengalami deformasi atau perubahan panjang apabila diberi tegangan. sebuah benda dengan panjang sebelum ditarik l_0 akan mengalami perpanjangan menjadi $l = \Delta l + l_0$ ketika gaya-gaya F yang sama besar dan arahnya berlawanan dilakukan pada ujung-ujungnya. Perpanjangan Δl tidak hanya terjadi pada ujung-ujungnya. Setiap bagian benda akan memanjang dengan perbandingan yang sama (lihat Gambar 2.3).



Gambar 2.3 regangan tarik bahan

Regangan adalah perbandingan perpanjangan sampel terhadap panjang awalnya (Young & Freedman 2000), secara matematis dituliskan pada Persamaan 2.

$$\varepsilon = \frac{l-l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0}$$

(Pers. 2)

Dimana:

ε = regangan/ strain

l_0 = panjang benda mula-mula (m)

Δl = perubahan panjang benda (μm).

Jika bahan terkena tekanan, regangan tersebut disebut regangan elastis, yang menunjukkan pemuaihan bahan. Pada titik ketika material terkena tekanan, regangan disebut regangan tekan dan material menyingkat. Regangan lentur bertanda positif sedangkan regangan tekan bertanda negatif.

c. ***Modulus Young***

Modulus Youthful (E) menggambarkan fleksibilitas atau kecenderungan lunak dari suatu benda untuk berubah bentuk di sepanjang sumbu ketika tekanan berlawanan diterapkan di sepanjang poros tersebut, yang dicirikan sebagai proporsi tekanan elastis terhadap regangan lentur. *Modulus Young* secara teratur disebut sebagai modulus elastisitas. Modulus elastisitas untuk setiap material sangat berbeda. Regangan adalah bilangan tak berdimensi (proporsi dua satuan panjang), sehingga

modulus elastisitas memiliki satuan yang sama dengan tegangan, yaitu N / m^2 . Secara matematis, modulus elastisitas dirumuskan pada Persamaan 3.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (\text{Pers. 3})$$

Dimana:

E = Modulus Young (N/m^2)

σ = tegangan (N/m^2)

ε = regangan.

Modulus Young sendiri dinamai menurut peneliti Inggris abad kesembilan belas Thomas Young. Namun ide serupa pertama kali dikembangkan oleh Leonhard Euler pada 1727, dan orang pertama yang mencoba menggunakan ide yang sama seperti *modulus Young* dilakukan oleh Giordano Riccati pada 1782.

B. Kajian Pustaka

Pembuatan bioplastik dari berbagai bahan alami telah banyak diteliti oleh beberapa peneliti diantaranya: penelitian yang dilakukan oleh Puspita (2013) dengan judul “Pembuatan dan Karakterisasi Struktur Mikro dan Sifat Termal Film Plastik Berbahan Dasar Pati Biji Nangka (*Artocarpus heterophyllus*)”. Hasil penelitian menunjukkan bioplastik dengan kandungan gliserol 0,4% dari volume total memiliki titik leleh sebesar $104^{\circ}C$ dan titik dekomposisi pada suhu $525^{\circ}C$. Waktu untuk sampel A terdegradasi dalam tanah yaitu 6 hari

setelah pemendaman. Sedangkan sampel B dan C terdegradasi 8 hari dan 10 hari setelah pemendaman.

Ummah (2013) telah melakukan penelitian untuk membuat plastik *Biodegradable Plastic* dari tepung biji durian (*Durio Zibethinuz Murr*) kemudian diuji ketahan terhadap Air dan menentukan nilai densitas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bioplastik (film plastik) yang dibuat memiliki sifat ketahanan air sebesar 0,85%, kerapatan maksimum sebesar 1,61 kg/l dengan komposisi khitosan 3 % dari larutan pati. Darni dan Utama (2010) telah melakukan pembuatan bioplastik dari pati sorgum kemudian dikarakterisas sifat mekanik dan hidrofobilitas. Hasil penelitian menyimpulkan bahwa formulasi campuran pati sorgum-kitosan dengan *plasticizer* sorbitol terbaik adalah pada konsentrasi 20% dan temperatur gelatinisasi 95°C dengan nilai Modulus Young tertinggi 42.480 MPa dan nilai ketahanan air terbaik sebesar 36,825 % pada formulasi pati-kitosan, konsentrasi sorbitol 40%. Konsentrasi sorbitol 20 % sebagai *plasticizer* pada campuran pati-kitosan sudah dapat memberikan sifat elastisitas yang menyamai plastik komersial (polipropilena dan polietilen).

Febriyantoro, dkk (2016) telah melakukan penelitian pengaruh komposisi pati kulit pisang raja dan kulit singkong sebagai bahan baku bioplastik. Hasil penelitian menunjukkan nilai kuat tarik optimum bioplastik yang dihasilkan sebesar 7.02 ± 0.75 MPa pada rasio pati 2:2. Adapun persen pemanjangan optimum pada rasio pati 1:3 sebesar 45.56 ± 4.84 MPa. Uji ketahanan udara menunjukkan

bioplastik terdegradasi selama 20 hari. Uji ketahanan kimia menunjukkan bioplastik dapat larut dalam air, asam asetat dan menyerap larutan garam. Bioplastik terdegradasi oleh air panas antara 90-550 detik pada suhu pemanasan 60°C dan 80°C.

Penelitian Anas, dkk (2012) telah melakukan pembuatan bioplastik dengan memvariasi massa umbi ganyong (*Canna edulis*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa plastik *biodegradable* dengan massa ganyong 500 gram memiliki kuat putus sebesar 1.58005 N dan perpanjangan sebesar 2.2246%, massa ganyong 1000 gram memiliki kuat putus sebesar 2.59295 N dan perpanjangan sebesar 2.45935%, dan massa ganyong 1500 gram memiliki kuat putus sebesar 1.27135 N dan perpanjangan sebesar 1.9695%. sehingga dapat diketahui bahwa plastic biodegradable dengan massa ganyong 1000 gram memiliki sifat mekanik yang paling optimum.

Coniwati, dkk (2014) membuat film plastik *biodegradabel* dari pati jagung dengan penambahan kitosan dan pemplastis gliserol. Hasil dari penelitian ini plastic biodegradable dengan kinerja yang optimal adalah 26.78% untuk persentase ketahanan air, untuk kuat Tarik 3.92 MPa, untuk elongasi 37.92% dan positif terhadap uji biodegradasi. Pada penelitian ini semakin tinggi konsentrasi dari variasi kitosan, maka akan meninggikan nilai kuat Tarik dan sifat biodegradabelnya.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian laboratorium. Penelitian dilakukan dengan membuat boplastik berbahan dasar pati bonggol pisang kemudian menguji karakteristik plastik biodegradabel tersebut. Bahan kimia lain yang digunakan dalam penelitian ini adalah gliserol sebagai *plasticizer*.

B. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilakukan selama 2 bulan dari Maret – April 2020. Pembuatan sampel dan pengujian sampel plastik biodegradabel dilakukan secara mandiri di tempat peneliti di Jl. Sriwidodo Utara no. 144.

C. Alat dan Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan sampel bioplastik antara lain pati bonggol pisang, khitosan, asam asetat, gliserol dan aquades. bonggol pisang untuk pembuatan pati diperoleh dari daerah Kecamatan Bandar Kabupaten Batang. Sedangkan bahan-bahan lain seperti khitosan, asam asetat, gliserol dan aquades diperoleh dari toko kimia. Alat-alat yang digunakan dalam pembuatan pati bonggol pisang antara lain pisau, blender, saringan, alas untuk menjemur. Peralatan yang digunakan dalam

pembuatan bioplastik adalah cetakan, gelas beker, gelas ukur, termometer, pipet, pengaduk, kompor, neraca.

D. Prosedur Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini diawali dengan pembuatan pati bonggol pisang, pencampuran larutan, pemanasan, pencetakan, pengeringan dan pendinginan. Uji karakteristik plastik secara manual dengan menggunakan *froce gauge*. Data kemudian dianalisis dan di dibahas, kemudian diakhiri dengan penulisan laporan.

1. Pembuatan sampel plastik

Pembuatan sampel plastik ini dimulai dengan pembuatan pati bonggol pisang. Proses-proses tersebut dapat dicermati secara rinci pada pembahasan dibawah ini.

a. Pembuatan pati bonggol pisang

Pengolahan pati bonggol pisang dilakukan dalam serangkaian proses yang cukup sederhana. Tahap awal pembuatan pati bonggol pisang adalah pengupasan bonggol pisang, kemudian rendam dalam larutan garam agar tidak terjadi perubahan warna atau pencoklatan pada bonggol pisang, selanjutnya donggol pisang dijadikan bubur dengan cara di bender. Bubur bonggol pisang kemudian disaring dan diendapkan selama 60 menit untuk memisahkan patinya. Pati yang diperoleh selanjutnya di keringkan di bawah sinar matahari selama 1-3 hari hingga kadar airnya hilang.

b. Pembuatan sampel plastik

Pembuatan plastik biodegradabel dilakukan dengan mencampurkan 2 gram massa filler (pati bonggol pisang dan kitosan) dalam asam asetat 1% dan gliserol kemudian dipanaskan dan diaduk sampai bahan menjadi homogen. Hasil larutan ini kemudian di cetak pada cetakan alumunium foil, kemudian dikeringkan. Komposisi pembuatan plastik biodegradable seperti terlihat pada Tabel 3.1

Tabel 3.1 variasi komposisi massa filler plastik *biodegadabel*

Kode sampel	Pati/kitosan (%)	Pati	
		bonggol pisang (gr)	kitosan (gr)
A	40/60	0,8	1,2
B	50/50	1,0	1,0
C	60/40	1,2	0,8

2. Karakteristik Plastik *Biodegradabel*

a. Uji Ketahanan Larutan

Uji ketahana larutan dilakukan dengan memotong sampel plastik *biodegradabel* sebanyak pelarut yang akan diujikan, kemudian masing-masing sampel tersebut ditimbang. Sampel dimasukkan ke dalam masing-masing gelas beker yang telah diisi sebanyak 5 ml pelarut air (H₂O), pelarut bersifat asam (HCL), dan pelarut bersifat basa (NaOH)). Sampel didiamkan, kemudian setiap satu

menit sampel diambil dan ditimbang serta dihitung persen pelarut yang diserap. Langkah tersebut dilakukan secara berulang-ulang sampai diperoleh berat konstan. Berdasarkan hasil tersebut dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\% \text{ pelarut yang diserap} = \frac{W - W_0}{W_0} \times 100\%$$

Dimana :

W_0 = berat sampel kering

W = berat sampel setelah diuji

Ketahanan pelarut = 100% - persen pelarut yang diserap.

b. Uji Sifat Mekanik

Uji sifat mekanik dilakukan menggunakan alat uji *force gauge* dengan 3 kali penarikan setiap sampelnya. Uji ini dilakukan untuk mengetahui kuat tarik, persen *elongasi* dan *modulus young*.

Uji sifat mekanik menghasilkan besaran kuat tarik sampel plastik, yang sebelumnya telah diukur panjang awal (l_0) dan kemudian setelah pengujian diukur panjang akhirnya (l). Data-data tersebut digunakan untuk menghitung besaran persen *elongasi* plastik, dimana persen *elongasi* dapat ditentukan dengan menggunakan Persamaan 3.2 (Young & Freedman, 2000):

$$\% \varepsilon = \left(\frac{l-l_0}{l_0} \right) \times 100$$

(3.2)

Hasil kuat tarik dan *elongasi* plastik kemudian digunakan untuk menentukan nilai *modulus young*, dengan menggunakan Persamaan 3.3 (Young & Freedman, 2000).

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

(3.3)

Data nilai kuat tarik diralat secara sistematis terlebih dahulu untuk menghitung tingkat keakuratan datanya dengan langkah-langkah sebagai berikut (Arsini & Nurhayati, 2014):

1. Menghitung nilai terbaik dari besaran yang teramati menggunakan persamaan:

$$\bar{x} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k x_i$$

Dengan k adalah jumlah pengamatan yang dilakukan.

2. Menghitung selisih nilai-nilai yang telah teramati (deviasi) menggunakan persamaan:

$$\delta_{x_i} = x_i - \bar{x}$$

3. Menghitung deviasi standar rata-rata dengan persamaan:

$$s_{\bar{x}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (\delta x_i)^2}{k(k-1)}}$$

4. Menghitung keseksamaan data hasil pengamatan menggunakan persamaan:

$$keseksamaan = 100\% - \left(\frac{S_{\bar{x}}}{\bar{x}}\right) \cdot 100\%$$

5. Menghitung nilai hasil pengamatan setelah diralat dengan persamaan:

$$x = \bar{x} \pm S_{\bar{x}}$$

Analisis data pada hasil uji sifat mekanik merupakan analisis data deskriptif. Analisis data deskriptif adalah analisis data yang digunakan untuk memberi gambaran terhadap obyek yang diteliti melalui data sampel atau populasi sebagaimana adanya (Sugiyono, 2012). Data yang diperoleh kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik. Grafik yang disajikan merupakan grafik hubungan antara kuat tarik dengan konsentrasi *filler*, persen *elongasi* dengan konsentrasi *filler*, serta *modulus young* dengan konsentrasi *filler*.

c. Uji Biodegradasi

Uji biodegradasi dilakukan dengan teknik *soil burial test* yaitu sampel dikubur didalam tanah dan dibiarkan pada udara terbuka dengan mengandalkan faktor penyebab degradasinya (mikroorganisme dan makroorganisme). Setiap sampel ditimbang dengan massa 0,5 gram, kemudian sampel dikubur dalam tanah yang

telah ditempatkan pada wadah. Setiap sampel plastik ditanam dalam wadah yang berbeda supaya memudahkan pengamatan. Pengamatan terhadap sampel dilakukan selama 30 hari dengan penimbangan setiap 5 hari untuk mengetahui persentase kehilangan massa pada pada setiap sampelnya. Data yang diperoleh kemudian dihitung persentase biodegradasinya dengan menggunakan persamaan berikut (Anas *et al.*, 2012).

$$\% \text{ kehilangan massa} = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\%$$

Dimana :

W_i = Berat plastik sebelum di uji biodegradasi

W_f = Berat plastik setelah di uji biodegradasi

Data kemudian disajikan dalam bentuk grafik sehingga diketahui pengaruh perbandingan *filler* terhadap proses biodegradasinya.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Penelitian

Penelitian ini telah menghasilkan plastik *biodegradable* dengan variasi komposisi antara tepung bonggol pisang dengan kitosan.

1. Fabrikasi Plastik *Biodegradable*

a. Hasil Pembuatan Tepung Bonggol Pisang

Tepung bonggol pisang yang dihasilkan memiliki teksturnya lebih berserat dan warna kecoklatan (seperti terlihat pada Gambar 4.1).



Gambar 4.1. Hasil pembuatan pati bonggol pisang

b. Hasil Pembuatan Plastik *Biodegradable*

Sampel plastik *biodegradable* yang dihasilkan pada salah satu sisi permukaannya kasar, namun sisi satunya halus. Plastik yang dihasilkan memiliki warna kecoklatan pekat.



Gambar 4.2. . Hasil pembuatan plastik *biodegradable*

2. Data Hasil Uji Ketahanan Larutan

Hasil uji ketahanan larutan dari sampel penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1. Hasil Uji Ketahanan Larutan Plastik *Biodegradable*

Kitosan (%)	H₂O (%)	HCl (%)	NaOH (%)
40	73,8	85,132	86,275
50	84,808	86,186	87,425
60	88,87	86,462	89,775

Data perhitungan nilai ketahanan pelarut dapat dilihat pada Lampiran 1.

3. Data Hasil Uji Kuat Tarik

Hasil uji kuat tarik sampel penelitian menggunakan *force gauge* manual dapat dilihat pada Tabel 4.2,

Tabel 4.2. Hasil Uji Tarik Plastik *Biodegradable*

Sampel	Kuat tarik (MPa)	Nilai kuat tarik terbaik $\sigma = \bar{\sigma} \pm S_{\bar{\sigma}}$	Tingkat ketelitian (%)
A	1	1,56	97,57
	2	1,63	
	3	1,50	
B	1	1,37	97,87
	2	1,31	
	3	1,41	
C	1	0,938	99
	2	1,062	
	3	1	

Data perhitungan nilai ralat kuat tarik dapat dilihat pada Lampiran 4.

4. Data Elongasi

Data dari uji tarik digunakan untuk menentukan nilai *elongasi*. Berdasarkan perhitungan nilai *elongasi* yang telah dilakukan pada masing-masing sampel diperoleh nilai *elongasi* sebagaimana Tabel 4.3. Data perhitungan *elongasi* dapat dilihat pada Lampiran 2 dan data perhitungan nilai ralat *elongasi* dapat dilihat pada Lampiran 5, Lampiran 6 dan Lampiran 7.

Tabel 4.3. Data Nilai *Elongasi* Plastik *Biodegradable*

Sampel	(l_0) (cm)	(Δl) (cm)	<i>Elongasi</i>	Nilai	Tingkat
				<i>elongasi</i> terbaik (%)	
				$\varepsilon = \bar{\varepsilon} \pm s_{\bar{\varepsilon}}$	
A	1	2,8	0,2	0,07	8 \pm 0,35
	2	3,0	0,3	0,10	
	3	2,9	0,2	0,069	
B	1	2,9	0,3	0,103	13,1 \pm 0,53
	2	2,7	0,4	0,15	
	3	2,8	0,4	0,14	
C	1	3,0	0,6	0,20	19,2 \pm 1,4
	2	2,8	0,6	0,21	
	3	3,0	0,5	0,17	

5. Data *Modulus Young*

Nilai *modulus young* yang didapatkan untuk masing-masing sampel dapat dilihat pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4. Data *Modulus Young* Plastik *Biodegradable*

Sampel		<i>Modulus</i>	Nilai <i>modulus</i>	Tingkat
		<i>young</i> (MPa)	<i>young</i> terbaik $E = \bar{E} \pm s_{\bar{E}}$	ketelitian (%)
A	1	22,29	20,11 \pm 0,48	97,2
	2	16,3		
	3	21,74		
B	1	13,30	10,7 \pm 0,23	97,87
	2	8,73		
	3	10,07		
C	1	4,60	5,18 \pm 0,2	96,14
	2	5,05		
	3	5,88		

Data perhitungan *modulus young* dapat dilihat pada lampiran 3 dan data perhitungan nilai ralat *modulus young* dapat dilihat pada Lampiran 8.

6. Hasil Uji Biodegradasi

Hasil uji biodegradasi dari sampel plastik penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.5. Data perhitungan nilai ralat massa sample uji biodegradasi dapat dilihat pada Lampiran 9.

Tabel 4.5. Hasil Uji Biodegradasi Plastik

Hari	Sampel	W_i (gram)	W_f (gram)	W (%)
5	A	0,5	0,409	18,2
	B	0,5	0,397	20,6
	C	0,5	0,386	22,8
10	A	0,5	0,301	39,8
	B	0,5	0,290	42
	C	0,5	0,261	47,8
15	A	0,5	0,206	58,8
	B	0,5	0,190	62
	C	0,5	0,199	60,2
20	A	0,5	0,121	75,8
	B	0,5	0,101	79,8
	C	0,5	0,090	82
25	A	0,5	0,089	82,2
	B	0,5	0,062	87,6
	C	0,5	0,039	92,2

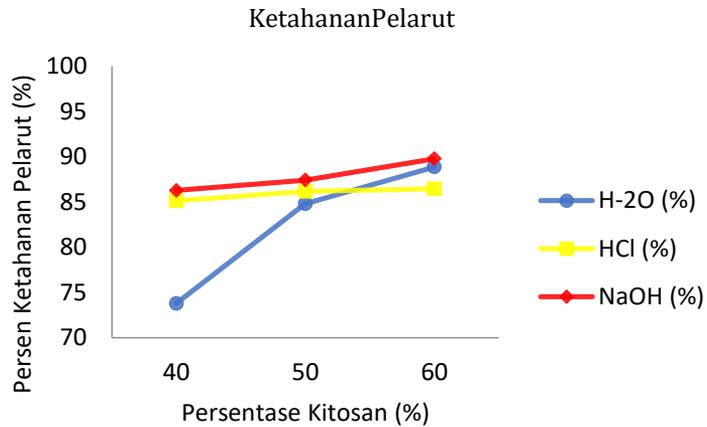
30	A	0,5	0,032	93,6
	B	0,5	0,029	94,2
	C	0,5	0,009	98,2

B. Pembahasan

1. Karakteristik Plastik *Biodegradable*

a. Uji Ketahanan Pelarut

Uji ketahanan pelarut dilakukan untuk mengetahui sejauh mana daya tahan plastik terhadap pelarut baik itu air, asam, dan basa. Nilai ketahanan pelarut tertinggi terdapat dalam pada kandungan kitosan 60% (lihat Gambar 4.3). Dimana persentasenya adalah pada pelarut air sebesar 88,87%, HCL sebesar 86,462%, dan NaOH sebesar 89,775%. Kandungan kitosan 40% dengan persentase air sebesar 73,8%, HCL sebesar 85,132%, dan NaOH sebesar 86,275, sedangkan untuk kandungan kitosan 50% sebesar air 84,808%, HCL 86,186%, dan NaOH sebesar 87,425%.



Gambar 4.3. Grafik persentase ketahanan sampel plastik terhadap pelarut.

Berdasarkan Gambar 4.3 menunjukkan bahwa semakin bertambahnya massa kitosan pada sampel, maka akan semakin besar atau semakin kuat ketahanan sampel plastik terhadap pelarut. Hal ini dikarenakan dalam kitosan memiliki gugus hidroksil (OH) yang bermuatan negatif dan gugus amin (NH) yang bermuatan positif ini menyebabkan kitosan mampu berikatan ionik dengan kuat. Gugus hidrofobik bermuatan negatif ini menyebabkan kitosan bersifat hidrofobik sehingga meningkatkan persentase ketahanan terhadap air. Perbedaan yang signifikan sampel plastik terlihat pada pelarut air sedangkan untuk pelarut asam dan basa tidak terjadi perbedaan yang terlalu

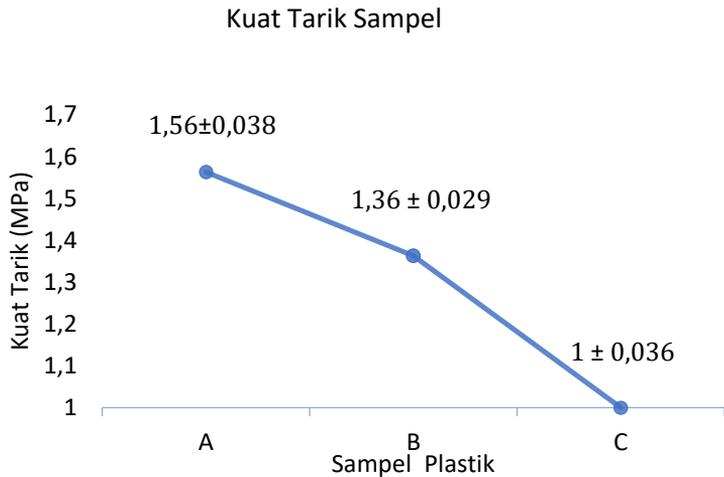
signifikan terhadap ketahanan pelarut pada sampel yang diuji.

b. Uji Sifat Mekanik

Pengujian sifat mekanik dilakukan untuk mengetahui pengaruh komposisi tepung bonggol pisang dan kitosan terhadap sifat mekanik plastik *biodegradable*, yang diantaranya kuat tarik, persen *elongasi* dan *modulus young*.

1) Kuat Tarik

Uji kuat tarik dilakukan untuk mengetahui gaya tarik maksimum yang dapat ditahan oleh plastik selama pengukuran berlangsung. Gambar 4.4 menunjukkan bagaimana pengaruh komposisi massa *filler* (tepung bonggol pisang dan kitosan) terhadap nilai kuat tarik plastik, dimana setiap sampel memiliki komposisi yang berbeda. Berdasarkan grafik tersebut nilai kuat tarik tertingginya yaitu sampel A sebesar $1,563 \pm 0,038$ MPa dan nilai kuat tarik terendahnya yaitu sampel C sebesar $1 \pm 0,036$ MPa. Nilai kuat tarik sampel B yaitu $1,36 \pm 0,029$ Mpa.



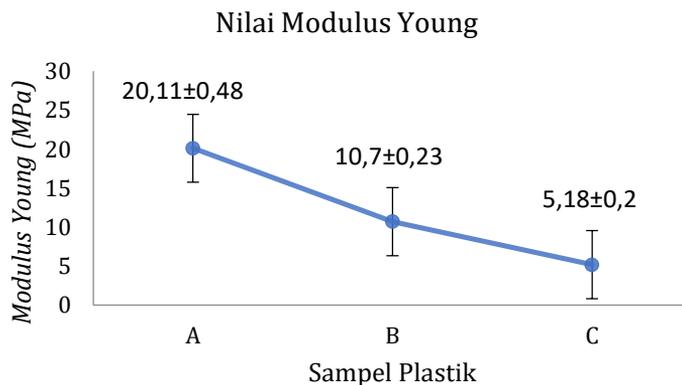
Gambar 4.4. Grafik Kuat Tarik Sampel Plastik *Biodegradable*

Berdasarkan Gambar 4.4, kuat tarik plastik *biodegradable* meningkat seiring dengan penambahan komposisi massa kitosan dan berkurangnya komposisi massa tepung bonggol pisang. Semakin tinggi komposisi massa kitosan maka akan semakin banyak gugus $C\equiv C$ yang terdapat di dalam plastik. Hal tersebut menyebabkan ikatan antar molekul dari plastik akan semakin kuat dan sulit diputus, karena memerlukan energi yang besar untuk memutus ikatannya (Coniwanti *et al.*, 2014). Penambahan komposisi massa kitosan juga mengakibatkan struktur molekul pada plastik

biodegradable semakin rapat dan homogen, sehingga nilai kuat tariknya akan semakin tinggi (Hartatik *et al.*, 2013).

2) Modulus Young

Penghitungan *modulus young* dilakukan untuk mengetahui ukuran dari kekuatan plastik yang dihasilkan. Pengaruh komposisi massa *filler* terhadap nilai *modulus young* dapat diamati pada Gambar 4.5. Berdasarkan grafik tersebut nilai *modulus young* tertingginya yaitu sampel A sebesar $(20,11 \pm 0,48)$ MPa. Nilai *modulus young* terendahnya yaitu sampel C $(5,18 \pm 0,2)$ Mpa. Nilai *modulus young* sampel B sebesar $(10,7 \pm 0,23)$ MPa.



Gambar 4.5. Grafik *Modulus Young* Plastik *Biodegradable*

Berdasarkan Gambar 4.5, nilai *modulus young* plastik *biodegradable* meningkat seiring dengan

penambahan komposisi massa kitosan dan berkurangnya komposisi massa pati bonggol pisang. Sedangkan nilai *modulus young* menurun seiring dengan bertambahnya komposisi massa pati bonggol pisang dan berkurangnya komposisi massa kitosan. Sampel plastik yang memiliki gugus $C\equiv C$ paling banyak, ikatannya sulit dilepas, sehingga cenderung lebih sukar mengalami perenggangan ketika ditarik. Hal tersebut menyebabkan dibutuhkan kuat tarik yang besar untuk membuat benda tersebut mengalami peregangan (Supriyono 2016). Hubungan antara *modulus young* dengan kuat tarik yaitu berbanding lurus. Dimana semakin tinggi nilai kuat tarik plastik biodegradabel, maka akan semakin tinggi pula nilai *modulus young* plastik biodegradabel tersebut, begitupun sebaliknya.

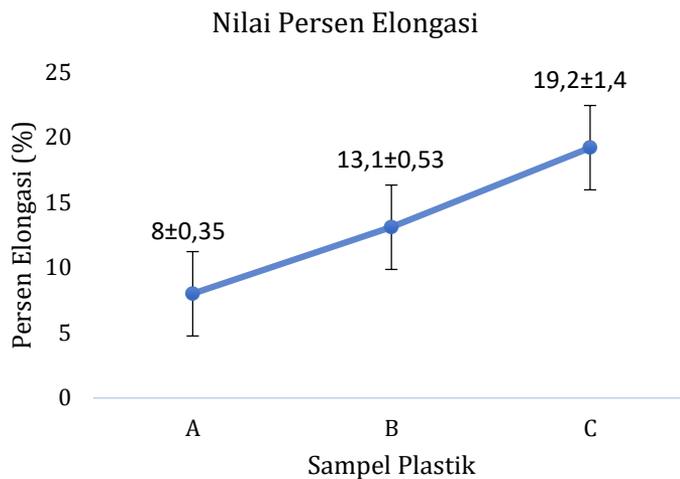
Tabel 4.6. Nilai Kuat Tarik dan *Modulus Young* Plastik *Biodegradable*

Sampel	<i>Modulus Young</i> (MPa)	Kuat Tarik (MPa)
A	$20,11 \pm 0,48$	$1,563 \pm 0,038$
B	$10,7 \pm 0,23$	$1,36 \pm 0,029$
C	$8,18 \pm 0,2$	$1 \pm 0,036$

3) Persen *Elongasi*

Penghitungan persen *elongasi* dilakukan untuk mengetahui perubahan panjang maksimum plastik

sebelum terputus. Pengaruh komposisi massa *filler* terhadap nilai persen *elongasi* dapat diamati pada Gambar 4.6. Berdasarkan Gambar 4.6 nilai persen *elongasi* tertingginya yaitu sampel C sebesar $(19,2 \pm 1,4)$ %, dimana sampel C memiliki nilai kuat tarik terendah. Sedangkan nilai persen *elongasi* terendahnya yaitu sampel A sebesar $(8 \pm 0,35)$ %, dimana sampel A memiliki nilai kuat tarik tertinggi. Nilai persen *elongasi* sampel B yaitu $(13,1 \pm 0,53)$ %.



Gambar 4.6. Grafik Persen *Elongasi* Plastik *Biodegradable*

Berdasarkan Gambar 4.6 nilai persen *elongasi* plastik *biodegradable* menurun seiring dengan penambahan komposisi massa kitosan dan berkurangnya komposisi massa pati bonggol pisang, begitupun

sebaliknya. Menurut hasil penelitian (Selpiana *et al.*, 2015), persentase *elongasi* suatu bahan berbanding terbalik dengan kuat tariknya. Semakin tinggi nilai persen *elongasi*, maka semakin menurun nilai kuat tariknya, begitupun sebaliknya. Plastik yang memiliki ikatan gugus $C\equiv C$ paling banyak dimana disini ditandai dengan semakin banyaknya massa kitosan, ikatannya sulit dilepas, sehingga cenderung sukar merenggang dan memiliki nilai *elongasi* yang lebih kecil. Hal tersebut disebabkan semakin menurunnya jarak ikatan antar molekulnya (Indriyanto *et al.*, 2014).

Kualitas plastik *biodegradable* kemudian dibandingkan dengan kualitas plastik konvensional. Indikator kualitas yang diperbandingkan yaitu nilai kuat tarik dan persen *elongasinya*. Perbandingan kualitas plastik konvensional dengan plastik *biodegradable* berdasarkan Standar Nasional Indonesia (SNI) tentang plastik dapat diamati pada Tabel 4.7.

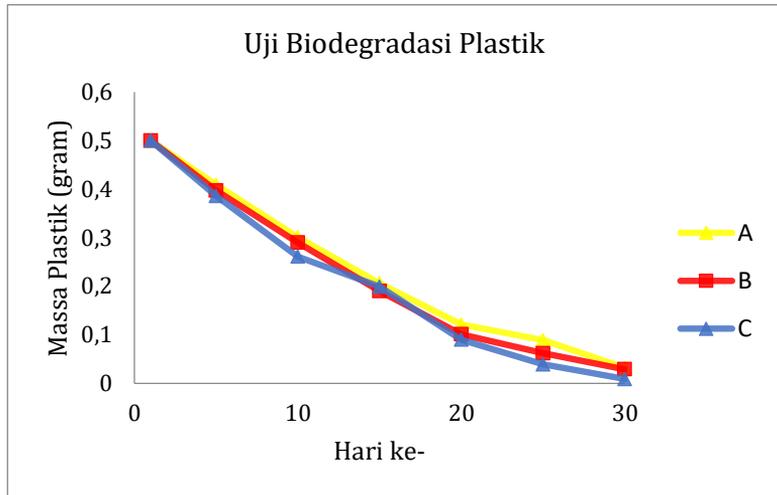
Tabel 4.7. Perbandingan Kualitas Plastik Konvensional dengan Plastik *Biodegradable*

Nilai	Plastik konvensional	Sampel plastik <i>biodegradable</i>		
		A	B	C
Kuat tarik (Mpa)	24,7-302	1,563	1,36	1
% <i>elongasi</i>	21-220	8	13,1	19,2

Tabel 4.7 menjelaskan bahwa kualitas plastik *biodegradable* yang dihasilkan masih belum cukup baik jika dibandingkan dengan kualitas plastik konvensional. Plastik konvensional memiliki kuat tarik sebesar 24,7-302 MPa, sedangkan plastik *biodegradable* yang dihasilkan hanya memiliki kuat tarik terbaik pada sampel A sebesar 1,563 MPa. Nilai persen *elongasi* plastik konvensional berdasarkan SNI adalah 21-220 % sedangkan plastik *biodegradable* yang dihasilkan nilai persen *elongasi* terbaiknya pada sampel C yaitu 19,2 %.

c. Uji Biodegradasi

Uji biodegradasi dilakukan untuk mengetahui berapa lama waktu yang dibutuhkan plastik *biodegradable* berbahan dasar bonggol pisang dapat terdegradasi oleh mikroorganisme di dalam tanah.



Gambar 4.7. Uji Biodegradasi Plastik *Biodegradable*

Gambar 4.7 menunjukkan proses biodegradasi plastik *biodegradable* yang dapat diketahui dengan mengamati massa plastik yang hilang selama 30 hari. Sampel C paling cepat terdegradasi dengan massa akhir 0,009, sedangkan sampel A paling lama terdegradasi dengan massa akhir 0,032. Sampel B terdegradasi dengan massa akhir 0,029 pada 30 hari. Proses biodegradasi berlangsung semakin cepat seiring dengan berkurangnya komposisi massa kitosan dan bertambahnya komposisi massa pati bonggol pisang.

Berdasarkan peristiwa degradasi ke 3 sampel tersebut di dalam tanah, maka plastik *biodegradable* dari pati bonggol pisang ini merupakan plastik yang ramah lingkungan. Semakin banyak komposisi massa kitosan yang

digunakan mengakibatkan plastik semakin sukar terdegradasi. Hal ini ditunjukkan oleh plastik sampel A dengan komposisi massa kitosan sebesar $(1,2 \pm 0,005)$ gr, paling banyak di antara ke 3 sampel lainnya, memiliki intensitas gugus $C\equiv C$ tertinggi. Hal tersebut menyebabkan ikatan antar molekul dari plastik akan semakin kuat dan sulit diputus. Di samping itu, kitosan bersifat hidrofobik, sehingga sampel dengan komposisi massa kitosan paling banyak, membutuhkan waktu lebih lama untuk terdegradasi di lingkungan (Hidayah *et al.*, 2015). Sedangkan plastik sampel C dengan komposisi massa pati bonggol pisang sebesar $(1,2 \pm 0,005)$ gr, paling banyak di antara ke 3 sampel lainnya mengalami degradasi paling cepat. Pati bonggol pisang memiliki sifat hidrofilik, sehingga sampel dengan komposisi massa pati bonggol pisang terbanyak membutuhkan waktu lebih cepat untuk terdegradasi dibanding sampel lainnya.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Pembuatan plastik *biodegradable* berbahan dasar tepung bonggol pisang dengan dicampur kitosan, asam asetat dan sorbitol telah berhasil dibuat dengan warna kecoklatan.
2. Penambahan komposisi massa kitosan terbukti mampu meningkatkan nilai kuat tarik dan *modulus young* plastik *biodegradable*, namun untuk nilai persen *elongasinya* menurun. Penambahan komposisi massa kitosan yang bersifat hidrofobik mengakibatkan plastik yang dihasilkan lebih sukar terurai di dalam tanah. Penambahan komposisi massa pati bonggol pisang yang bersifat hidrofilik mengakibatkan plastik lebih mudah terurai di dalam tanah.

B. Saran

1. Pati bonggol pisang perlu pemurnian lebih lanjut untuk menghasilkan plastik yang lebih baik.
2. Untuk penelitian selanjutnya, pembuatan plastik *biodegradable* dapat dilakukan dengan variasi komposisi massa yang berbeda dan pengujian karakterisasi lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anas, A. K., Salma, A., Nugroho, F., Linguistika, Y., & Filinoristi, W. (2012). Pengaruh Variasi Massa Umbi Ganyong (*Canna edulis*) pada Pembuatan dan Karakterisasi Plastik Biodegradabel Ramah Lingkungan Berbahan Dasar Umbi Ganyong. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian, Pendidikan Dan Penerapan MIPA*, K-1-K-10. Yogyakarta: Fakultas MIPA, Universitas Negeri Yogyakarta.
- Arinanda, D. (2016). Wajah Industri Plastik Indonesia. Retrieved September 4, 2017, from Kompasiana website: http://www.kompasiana.com/dhitaarinanda/wajah-industri-plastik-indonesia_54f7c9b9a33311df1d8b4a18.
- Arsini & Nurhayati, A. (2014). *Petunjuk Praktikum Fisika Dasar I*. IAIN Walisongo Semarang: Laboratorium Fisika Dasar.
- BAPPENAS. (2000). PISANG (*Musa spp*). In K. Prihatman (Ed.), *TTG BUDIDAYA PERTANIAN* (pp. 1-13). Jakarta: Kantor Deputi Menegristek Bidang Pendayagunaan dan Pemasyarakatan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi.
- Berkesch, S. (2005). Biodegradable Polymers: A Rebirth of Plastic. *Distribution*, (March).
- Bintang, M. (2010). *Biokimia Tehnik Penelitian*. Jakarta: Erlangga.
- Coniwanti, P., Laila, L., & Alfira, M. R. (2014). *Pembuatan film Plastik Biodegradabel Dari Pati Jagung Dengan Penambahan Kitosan dan pemplastik Gliserol*. 20(4), 22-30.
- Cowd, M.A. (1991). *Kimia Polimer*. Bandung: ITB.
- Darni, Y., & Elpita, F. Y. (2015). Peningkatan Karakteristik Ekanik dan Fisik Bioplastik Berbahan Dasar Pati Sorgum dan Serbuk Batng Sorgum. *Seminar Nasional Sains & Teknologi VI*, (November), 599-609.

- Darni, Y., & Utami, H. (2010). Studi Pembuatan dan Karakteristik Sifat Mekanik dan Hidrofobisitas Bioplastik dari Pati Sorgum. *Rekayasa Kimia Dan Lingkungan*, 7(4), 88–93.
- Ebookpangan. (2006). *Khitin – khitosan, produksi dan pemanfaatannya*. ebookpangan.com.
- Fanani, Z., Miksusanti, & Desnelli. (2003). Biodegradation of Polyblend Polypropilene-Plam Oil- Amylum by Bacillus Subtilus and Clostridium Botulinum. *Indonesian Journal of Chemistry*, 3(3), 160–165.
- Febrianto Sinaga, R., Minawarisa Ginting, G., Hendra Ginting, M. S., & Hasibuan, R. (2014). Pengaruh Penambahan Gliserol Terhadap Sifat Kekuatan Tarik dan Pemanjangan saat Putus Bioplastik dari Pati Umbi Talas. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 3(2).
- Febriyantoro, I., Nuriyah, L., & Iswarin, S. J. (2016). *Pengaruh Komposisi Pati Kulit Pisang Raja dan Kulit Singkong sebagai Bahan Baku Bioplastik dan Pengukuran Karakteristiknya*. 6–9.
- Firdaus, F., & Anwar, C. (2004). Potensi Limbah Padat-cair Industri Tepung Tapioka sebagai Bahan Baku Film Plastik Biodegradabel. *Logika*, 1(2), 38–44. <https://doi.org/10.20885/logika.vol1.iss2.art4>
- Firdaus, F., Mulyaningsih, S. R. I., & Anshory, H. (2008). Sintesis Film Kemasan Ramah Lingkungan dari Komposit Pati , Khitosan dan Asam Polilaktat dengan Pemplastik Gliserol : Studi Morfologi dan Karakteristik Mekanik. *Penelitian Dan Pengabdian*, 5, 1–14.
- Gartiser, S., Wallrabenstein, M., & Stiene, G. (1998). Navigating wall-sized displays with the gaze: A proposal for cultural heritage. *Environmental Polymer Degradation*, 6(July 1998), 36–43. <https://doi.org/10.1023/A>
- Julianti, E., & Nurminah, M. (2006). *Teknologi Pengemasan* (Universita). Sumatra Utara.
- Mujiarto, I. (2005). Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Aditif. *Traksi*, 3(2), 65–74.

- Nurminah, M. (2002). Penelitian Sifat Berbagai Bahan Kemasan Plastik Dan Kertas Serta Pengaruhnya Terhadap Bahan Yang Dikemas. *USU Digital Library*, 1–15.
- Pertanian, K. (2010). *dendeng jantung pisang makanan murah sarat gizi*. Bogor: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Riyanto, J. (2016). Darurat Sampah Plastik terhadap Kesehatan. Retrieved September 4, 2017, from Harian Analisis Daily website: <http://harian.analisedaily.com/opini/news/darurat-sampah-plastik-terhadap-kesehatan/217293/2016/02/27>
- Sanjaya I Gede, & Puspita Tyas. (2012). Pada Karakteristik Plastik Biodegradable Dari Pati Limbah Kulit Singkong. *Pengelolaan Limbah*.
- Setiani, W., Sudiarti, T., & Rahmidar, L. (2013). Preparasi Dan Karakterisasi Edible Film Dari Poliblend Pati Sukun-Kitosan. *Valensi*, 3(1), 100–109.
- Sinaga, R. F., Ginting, G. M., Ginting, M. H. S., & Hasibuan, R. (2014). Pengaruh Penambahan Gliserol Terhadap Sifat Kekuatan Tarik Dan Pemanjangan Saat Putus Bioplastik Dari Pati Umbi Talas. 3(2), 19–24.
- Siotto, M., Tosin, M., Degli Innocenti, F., & Mezzanotte, V. (2011). Mineralization of Monomeric Components of Biodegradable Plastics in Preconditioned and Enriched Sandy Loam Soil Under Laboratory Conditions. *Water, Air, and Soil Pollution*, 221(1–4), 245–254. <https://doi.org/10.1007/s11270-011-0787-8>.
- Sugiono. (2016). *Metode Penelitian Pendidikan Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta.
- Supriyono. (2016). *Sintesis dan Karakterisasi Biodegradable Palstic Baerbahab Dasar Pati Kulit Singkong dengan Penambahan Kitosan*. Skripsi. Semarang: Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Islam Negeri Walisongo.
- Ummah, N. Al. (2013). *Uji Ketahanan Biodegradable Plastic Berbasis*

Tepung Biji Durian (Durio Zibethinus Murr) Terhadap Air Dan Pengukuran Densitasnya. Semarang.

Winarno, F. G., Fardiaz, S., & Fardiaz, D. (1992). *Pengantar teknologi pangan.* Jakarta: Gramedia.

Young, H.D. & Freedman, R.A. (2000). *Fisika Universitas.* Edisi 10. Jilid I. Jakarta: Erlangga.

-----,2020. *Telobag.* diunduh di <http://telobag.com/kelebihan-bioplastik-telobag-yang-harus-anda-tahu/> tanggal 1 Januari 2021.

-----,2020, *Telobag "Tas Plastik" Ramah Lingkungan.* diunduh di <https://warga.seruji.co.id/sharing/telobag-tas-plastik-ramah-lingkungan/> tanggal 1 Januari 2021.

LAMPIRAN-LAMPIRAN

Lampiran 1: Perhitungan Ketahanan Pelarut

KETAHANAN PELARUT

a. Ketahanan Pelarut Sampel 40%

H₂O

$$\begin{aligned}
 \text{Pelarut yang di serap} &= \frac{W - W_o}{W_o} \times 100\% \\
 &= \frac{0,631 - 0,5}{0,5} \times 100\% \\
 &= \frac{0,131}{0,5} \times 100\% \\
 &= 26,2 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \% \text{ ketahanan pelarut} &= 100\% - \% \text{pelarut yang diserap} \\
 &= 100\% - 26,2\% \\
 &= 73,8\%
 \end{aligned}$$

HCL

$$\begin{aligned}
 \text{Pelarut yang di serap} &= \frac{W - W_o}{W_o} \times 100\% \\
 &= \frac{0,564 - 0,491}{0,491} \times 100\% \\
 &= \frac{0,073}{0,491} \times 100\% \\
 &= 14,868 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \% \text{ ketahanan pelarut} &= 100\% - \% \text{pelarut yang diserap} \\
 &= 100\% - 14,868\% \\
 &= 85,132\%
 \end{aligned}$$

NaOH

$$\begin{aligned}
 \text{Pelarut yang di serap} &= \frac{W - W_o}{W_o} \times 100\% \\
 &= \frac{0,58 - 0,51}{0,51} \times 100\% \\
 &= \frac{0,07}{0,51} \times 100\% \\
 &= 13,725\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \% \text{ ketahanan pelarut} &= 100\% - \% \text{pelarut yang diserap} \\
 &= 100\% - 13,725\% \\
 &= 86,275\%
 \end{aligned}$$

b. Ketahanan Pelarut Sampel 50%

H₂O

$$\begin{aligned}
 \text{Pelarut yang di serap} &= \frac{W - W_o}{W_o} \times 100\% \\
 &= \frac{0,599 - 0,52}{0,52} \times 100\% \\
 &= \frac{0,079}{0,52} \times 100\% \\
 &= 15,192\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \% \text{ ketahanan pelarut} &= 100\% - \% \text{pelarut yang diserap} \\
 &= 100\% - 15,192\% \\
 &= 84,808\%
 \end{aligned}$$

HCl

$$\begin{aligned}
 \text{Pelarut yang di serap} &= \frac{W - W_o}{W_o} \times 100\% \\
 &= \frac{0,552 - 0,485}{0,485} \times 100\% \\
 &= \frac{0,067}{0,485} \times 100\% \\
 &= 13,814 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \% \text{ ketahanan pelarut} &= 100\% - \% \text{pelarut yang diserap} \\
 &= 100\% - 13,814\% \\
 &= 86,186\%
 \end{aligned}$$

NaOH

$$\begin{aligned}
 \text{Pelarut yang di serap} &= \frac{W - W_o}{W_o} \times 100\% \\
 &= \frac{0,564 - 0,501}{0,501} \times 100\% \\
 &= \frac{0,063}{0,501} \times 100\% \\
 &= 12,575 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \% \text{ ketahanan pelarut} &= 100\% - \% \text{pelarut yang diserap} \\
 &= 100\% - 12,575\% \\
 &= 87,425\%
 \end{aligned}$$

c. Ketahanan Pelarut Sampel kitosan 60%

H₂O

$$\text{Pelarut yang di serap} = \frac{W - W_o}{W_o} \times 100\%$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{0,669 - 0,602}{0,602} \times 100\% \\
 &= \frac{0,067}{0,602} \times 100\% \\
 &= 11,130\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \% \text{ ketahanan pelarut} &= 100\% - \% \text{pelarut yang diserap} \\
 &= 100\% - 11,130\% \\
 &= 88,87\%
 \end{aligned}$$

HCl

$$\begin{aligned}
 \text{Pelarut yang di serap} &= \frac{W - W_o}{W_o} \times 100\% \\
 &= \frac{0,629 - 0,554}{0,554} \times 100\% \\
 &= \frac{0,075}{0,554} \times 100\% \\
 &= 13,538\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \% \text{ ketahanan pelarut} &= 100\% - \% \text{pelarut yang diserap} \\
 &= 100\% - 13,538\% \\
 &= 86,462\%
 \end{aligned}$$

NaOH

$$\begin{aligned}
 \text{Pelarut yang di serap} &= \frac{W - W_o}{W_o} \times 100\% \\
 &= \frac{0,539 - 0,489}{0,489} \times 100\% \\
 &= \frac{0,05}{0,489} \times 100\% \\
 &= 10,225\%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\% \text{ ketahanan pelarut} &= 100\% - \% \text{pelarut yang diserap} \\ &= 100\% - 10,225\% \\ &= 89,775\%\end{aligned}$$

Lampiran 2: Perhitungan Nilai Persen *Elongasi* (% ϵ)**PERSEN *ELONGASI***

- a. Persen
- Elongasi*
- Sampel Variasi Pati 40/60

$$\% \epsilon = \left(\frac{l - l_0}{l_0} \right) \times 100$$

$$\begin{aligned} \% \epsilon A_1 &= \left(\frac{3,0 - 2,8}{2,8} \right) \times 100 \\ &= \left(\frac{0,2}{2,8} \right) \times 100 \\ &= 7 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \epsilon A_2 &= \left(\frac{3,3 - 3,0}{3,0} \right) \times 100 \\ &= \left(\frac{0,3}{3,0} \right) \times 100 \\ &= 10 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \% \epsilon A_3 &= \left(\frac{3,1 - 2,9}{2,9} \right) \times 100 \\ &= \left(\frac{0,2}{2,9} \right) \times 100 \\ &= 6,9 \% \end{aligned}$$

- b. Persen
- Elongasi*
- Sampel Variasi Pati 50/50

$$\begin{aligned} \% \epsilon B_1 &= \left(\frac{3,2 - 2,9}{2,9} \right) \times 100 \\ &= \left(\frac{0,3}{2,9} \right) \times 100 \end{aligned}$$

$$= 10,3 \%$$

$$\begin{aligned} \% \varepsilon B_2 &= \left(\frac{3,1 - 2,7}{2,7} \right) \times 100 \\ &= \left(\frac{0,4}{2,7} \right) \times 100 \\ &= 15 \%$$

$$\begin{aligned} \% \varepsilon B_3 &= \left(\frac{3,2 - 2,8}{2,8} \right) \times 100 \\ &= \left(\frac{0,4}{2,8} \right) \times 100 \\ &= 14 \%$$

c. Persen *Elongasi* Sampel Variasi Pati 60/40

$$\begin{aligned} \% \varepsilon C_1 &= \left(\frac{3,6 - 3,0}{3,0} \right) \times 100 \\ &= \left(\frac{0,6}{3,0} \right) \times 100 \\ &= 20 \%$$

$$\begin{aligned} \% \varepsilon C_2 &= \left(\frac{3,4 - 2,8}{2,8} \right) \times 100 \\ &= \left(\frac{0,6}{2,8} \right) \times 100 \\ &= 21 \%$$

$$\begin{aligned}\% \varepsilon C_3 &= \left(\frac{3,5 - 3,0}{3,0} \right) \times 100 \\ &= \left(\frac{0,5}{3,0} \right) \times 100 \\ &= 17 \%\end{aligned}$$

Lampiran 3: Perhitungan Nilai *Modulus Young***MODULUS YOUNG**

- a.
- Modulus Young*
- Sampel Variasi Pati 40/60

$$EA_1 = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{1,56}{0,07} = 22,29 \text{ MPa}$$

$$EA_2 = \frac{1,63}{0,10} = 16,3 \text{ MPa}$$

$$EA_3 = \frac{1,50}{0,069} = 21,74 \text{ MPa}$$

- b.
- Modulus Young*
- Sampel Variasi Pati 50/50

$$EB_1 = \frac{1,37}{0,103} = 13,30 \text{ MPa}$$

$$EB_2 = \frac{1,31}{0,15} = 8,73 \text{ MPa}$$

$$EB_3 = \frac{1,41}{0,14} = 10,07 \text{ MPa}$$

- c.
- Modulus Young*
- Sampel Variasi Pati 60/40

$$EC_1 = \frac{0,92}{0,20} = 4,60 \text{ MPa}$$

$$EC_2 = \frac{1,06}{0,21} = 5,05 \text{ MPa}$$

$$EC_3 = \frac{1}{0,17} = 5,88 \text{ MPa}$$

Lampiran 4: Perhitungan Teori Ralat Data Uji Tarik

KUAT TARIK

1) Sampel A

Tabel 1. Ralat Kuat Tarik Sampel A

Pengukuran ke-	Kuat tarik (σ_i) MPa	Deviasi ($\delta\sigma_i$)	Kuadrat deviasi ($\delta\sigma_i$) ²
1	1,56	-0,003	0,00009
2	1,63	0,067	0,004489
3	1,50	-0,063	0,003969
Jumlah	4,69		0,008548

a) Nilai besaran yang diamati:

$$\bar{\sigma} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \sigma_i$$

$$\bar{\sigma} = \frac{1}{3} \times 4,69 = 1,563 \text{ MPa}$$

b) Standar deviasi

$$s_{\bar{\sigma}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (\delta\sigma_i)^2}{k(k-1)}}$$

$$s_{\bar{\sigma}} = \sqrt{\frac{0,008548}{3(3-1)}} = 0,038 \text{ MPa}$$

c) Nilai besaran terbaik yang teramati

$$\sigma = \bar{\sigma} \pm s_{\bar{\sigma}}$$

$$\sigma = (1,563 \pm 0,038) \text{ MPa}$$

d) Ketelitian

$$\begin{aligned}
 &= 100\% - \left(\frac{s_{\bar{\sigma}}}{\bar{\sigma}}\right) \times 100\% \\
 &= 100\% - \left(\frac{0,038}{1,563}\right) \times 100\% \\
 &= 97,57\%
 \end{aligned}$$

2) Sampel B

Dengan menggunakan perhitungan yang sama pada sampel A, maka diperoleh nilai-nilai besaran terukur sebagai berikut:

Tabel 2. Ralat Kuat Tarik Sampel B

Pengukuran ke-	Kuat tarik (σ_i) Mpa	Deviasi ($\delta\sigma_i$)	Kuadrat deviasi($\delta\sigma_i$) ²
1	1,37	0,007	0,000049
2	1,31	-0,053	0,002809
3	1,41	0,047	0,002209
Jumlah	4,09		0,005067

a) Nilai besaran yang diamati

$$\bar{\sigma} = 1,363 \text{ MPa}$$

b) Standar deviasi

$$s_{\bar{\sigma}} = 0,029 \text{ Mpa}$$

c) Nilai besaran terbaik yang teramati

$$\sigma = (1,363 \pm 0,029) \text{ MPa}$$

d) Ketelitian

$$= 97,87\%$$

3) Sampel C

Dengan menggunakan perhitungan yang sama pada sampel A, maka diperoleh nilai-nilai besaran terukur sebagai berikut:

Tabel 3. Ralat Kuat Tarik Sampel C

Pengukuran ke-	Kuat tarik (σ_i) MPa	Deviasi ($\delta\sigma_i$)	Kuadrat deviasi ($\delta\sigma_i$) ²
1	0,938	-0,062	0,003844
2	1,062	0,062	0,003844
3	1	0,000	0,000000
Jumlah	3		0,007688

a) Nilai besaran yang diamati

$$\bar{\sigma} = 1 \text{ MPa}$$

b) Standar deviasi

$$s_{\bar{\sigma}} = 0,036 \text{ MPa}$$

c) Nilai besaran terbalik yang teramati

$$\sigma = (1 \pm 0,036) \text{ MPa}$$

d) Ketelitian

$$= 99\%$$

Lampiran 5: Perhitungan Teori Ralat Data Panjang Awal (l_0)**PANJANG AWAL**

1) Sampel A

Tabel 1. Ralat Kuat Tarik Sampel A

Pengukuran ke-	Panjang Awal (l_0) cm	Deviasi (δl_{0i})	Kuadrat deviasi (δl_{0i}) ²
1	2,8	-0,1	0,01
2	3,0	0,1	0,01
3	2,9	0	0
Jumlah	8,7		0,02

a) Nilai besaran yang diamati:

$$\bar{l}_0 = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k l_{0i}$$

$$\bar{l}_0 = \frac{1}{3} \times 8,7 = 2,9 \text{ cm}$$

b) Standar deviasi

$$s_{\bar{l}_0} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (\delta l_{0i})^2}{k(k-1)}}$$

$$s_{\bar{l}_0} = \sqrt{\frac{0,02}{3(3-1)}} = 0,03 \text{ cm}$$

c) Nilai besaran terbaik yang teramati

$$l_0 = \bar{l}_0 \pm s_{\bar{l}_0}$$

$$l_0 = (2,9 \pm 0,03) \text{ cm}$$

d) Ketelitian

$$\begin{aligned}
 &= 100\% - \left(\frac{s_{l_0}}{l_0}\right) \times 100\% \\
 &= 100\% - \left(\frac{0,03}{2,9}\right) \times 100\% \\
 &= 99,97\%
 \end{aligned}$$

2) Sampel B

Dengan menggunakan perhitungan yang sama pada sampel A, maka diperoleh nilai-nilai besaran terukur sebagai berikut:

Tabel 2. Ralat Panjang Awal Sampel B

Pengukuran ke-	Panjang Awal (l_0) cm	Deviasi (δl_{0i})	Kuadrat deviasi (δl_{0i}) ²
1	2,9	0,1	0,01
2	2,7	-0,1	0,01
3	2,8	0	0
Jumlah	8,4		0,02

a) Nilai besaran yang diamati

$$\bar{l}_0 = 2,8 \text{ cm}$$

b) Standar deviasi

$$s_{\bar{l}_0} = 0,03 \text{ cm}$$

c) Nilai besaran terbaik yang teramati

$$l_0 = (2,8 \pm 0,03) \text{ cm}$$

d) Ketelitian

$$= 99,93\%$$

3) Sampel C

Dengan menggunakan perhitungan yang sama pada sampel A, maka diperoleh nilai-nilai besaran terukur sebagai berikut:

Tabel 3. Ralat Panjang Awal Sampel C

Pengukuran ke-	Panjang Awal (l_0) cm	Deviasi (δl_{0i})	Kuadrat deviasi (δl_{0i}) ²
1	3,0	0,07	0,0049
2	2,8	-0,13	0,0169
3	3,0	0,07	0,0049
Jumlah	8,8		0,0267

a) Nilai besaran yang diamati

$$\bar{l}_0 = 2,93 \text{ cm}$$

b) Standar deviasi

$$s_{\bar{l}_0} = 0,04 \text{ cm}$$

c) Nilai besaran terbaik yang teramati

$$l_0 = (2,93 \pm 0,04) \text{ cm}$$

d) Ketelitian

$$= 99,62\%$$

Lampiran 6: Perhitungan Teori Ralat Data Pertambahan Panjang (Δl)**PERTAMBAHAN PANJANG**

1) Sampel A

Tabel 1. Ralat Pertambahan Panjang Sampel A

Pengukuran ke-	Pertambahan Panjang (Δl_i) cm	Deviasi ($\delta \Delta l_i$)	Kuadrat deviasi ($\delta \Delta l_i$) ²
1	0,2	-0,03	0,0009
2	0,3	0,07	0,0049
3	0,2	-0,03	0,0009
Jumlah	0,7		0,0067

a) Nilai besaran yang diamati:

$$\overline{\Delta l} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \Delta l_i$$

$$\overline{\Delta l} = \frac{1}{3} \times 0,7 = 0,23 \text{ cm}$$

b) Standar deviasi

$$s_{\overline{\Delta l}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (\delta \Delta l_i)^2}{k(k-1)}}$$

$$s_{\overline{\Delta l}} = \sqrt{\frac{0,0067}{3(3-1)}} = 0,01 \text{ cm}$$

c) Nilai besaran terbaik yang teramati

$$\Delta l = \overline{\Delta l} \pm s_{\overline{\Delta l}}$$

$$\Delta l = (0,23 \pm 0,01) \text{ cm}$$

d) Ketelitian

$$\begin{aligned}
 &= 100\% - \left(\frac{s_{\bar{\Delta l}}}{\bar{\Delta l}}\right) \times 100\% \\
 &= 100\% - \left(\frac{0,01}{0,23}\right) \times 100\% \\
 &= 95,7\%
 \end{aligned}$$

2) Sampel B

Dengan menggunakan perhitungan yang sama pada sampel A, maka diperoleh nilai-nilai besaran terukur sebagai berikut:

Tabel 2. Ralat Pertambahan Panjang Sampel B

Pengukuran ke-	Pertambahan Panjang (Δl_i) cm	Deviasi ($\delta \Delta l_i$)	Kuadrat deviasi ($(\delta \Delta l_i)^2$)
1	0,3	-0,07	0,0049
2	0,4	0,03	0,0009
3	0,4	0,03	0,0009
Jumlah	1,1		0,0067

a) Nilai besaran yang diamati

$$\bar{\Delta l} = 0,37 \text{ cm}$$

b) Standar deviasi

$$s_{\bar{\Delta l}} = 0,01 \text{ cm}$$

c) Nilai besaran terbaik yang teramati

$$\Delta l = (0,37 \pm 0,01) \text{ cm}$$

d) Ketelitian

$$= 97,3\%$$

3) Sampel C

Dengan menggunakan perhitungan yang sama pada sampel A, maka diperoleh nilai-nilai besaran terukur sebagai berikut:

Tabel 3. Ralat Pertambahan Panjang Sampel C

Pengukuran ke-	Pertambahan Panjang (Δl_i) cm	Deviasi ($\delta \Delta l_i$)	Kuadrat deviasi ($(\delta \Delta l_i)^2$)
1	0,6	0,03	0,0009
2	0,6	0,03	0,0009
3	0,5	-0,07	0,0049
Jumlah	1,7		0,0067

- a) Nilai besaran yang diamati

$$\overline{\Delta l} = 0,57 \text{ cm}$$

- b) Standar deviasi

$$s_{\overline{\Delta l}} = 0,01 \text{ cm}$$

- c) Nilai besaran terbaik yang teramati

$$\Delta l = (0,57 \pm 0,01) \text{ cm}$$

- d) Ketelitian

$$= 98,25\%$$

Lampiran 7: Perhitungan Teori Ralat Data *Elongasi* (ϵ)**PERSEN ELONGASI**

1) Sampel A

a) Nilai besaran yang diamati:

$$\bar{\epsilon} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \epsilon_i$$

$$\bar{\epsilon} = \frac{1}{3} \times 0,239 = 0,08$$

b) Ketidakpastian

$$\Delta\epsilon = \sqrt{\left(\frac{\partial\epsilon(l_0, \Delta l)}{\partial\Delta l}\right)^2 \Delta\Delta l^2 + \left(\frac{\partial\epsilon(l_0, \Delta l)}{\partial l_0}\right)^2 \Delta l_0^2}$$

$$\Delta\epsilon = \sqrt{\left(\frac{1}{l_0}\right)^2 \Delta\Delta l^2 + \left(-\frac{\Delta l}{l_0^2}\right)^2 \Delta l_0^2}$$

$$\Delta\epsilon = \sqrt{\left(\frac{1}{2,9}\right)^2 (0,01)^2 + \left(-\frac{0,23}{(2,9)^2}\right)^2 (0,03)^2}$$

$$\Delta\epsilon = \sqrt{(0,34)^2(0,0001) + (-0,0273)^2(0,0009)}$$

$$\Delta\epsilon = \sqrt{(11,56 \times 10^{-6}) + (0,671 \times 10^{-6})}$$

$$\Delta\epsilon = \sqrt{0,000012230761} = 0,0035$$

c) Nilai besaran terbaik yang teramati

$$\epsilon = \bar{\epsilon} \pm \Delta\epsilon$$

$$\epsilon = 0,08 \pm 0,0035$$

d) Ketelitian

$$\begin{aligned}
 &= 100\% - \left(\frac{\Delta\bar{\varepsilon}}{\bar{\varepsilon}}\right) \times 100\% \\
 &= 100\% - \left(\frac{0,0035}{0,08}\right) \times 100\% \\
 &= 95,6\%
 \end{aligned}$$

2) Sampel B

Dengan menggunakan perhitungan yang sama pada sampel A, maka diperoleh nilai-nilai besaran terukur sebagai berikut:

a) Nilai besaran yang diamati

$$\bar{\varepsilon} = 0,131$$

b) Ketidakpastian

$$\Delta\varepsilon = \sqrt{0,0000284265} = 0,0053$$

c) Nilai besaran terbaik yang teramati

$$\varepsilon = 0,131 \pm 0,0053$$

d) Ketelitian

$$= 95,95\%$$

3) Sampel C

Dengan menggunakan perhitungan yang sama pada sampel A, maka diperoleh nilai-nilai besaran terukur sebagai berikut:

a) Nilai besaran yang diamati

$$\bar{\varepsilon} = 0,192$$

b) Ketidakpastian

$$\Delta\varepsilon = \sqrt{0,00019794} = 0,014$$

c) Nilai besaran terbaik yang teramati

$$\varepsilon = 0,192 \pm 0,014$$

d) Ketelitian

$$= 92,71\%$$

Lampiran 8: Perhitungan Teori Ralat Data *Modulus Young* (E)**MODULUS YOUNG**

1) Sampel A

a) Nilai besaran yang diamati:

$$\bar{E} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k E_i$$

$$\bar{E} = \frac{1}{3} \times 60,33 = 20,11 \text{ MPa}$$

b) Ketidakpastian

$$\Delta E = \sqrt{\left(\frac{\partial E(\varepsilon, \sigma)}{\partial \sigma}\right)^2 \Delta \sigma^2 + \left(\frac{\partial E(\varepsilon, \sigma)}{\partial \varepsilon}\right)^2 \Delta \varepsilon^2}$$

$$\Delta E = \sqrt{\left(\frac{1}{\varepsilon}\right)^2 \Delta \sigma^2 + \left(-\frac{\sigma}{\varepsilon^2}\right)^2 \Delta \varepsilon^2}$$

$$\Delta E = \sqrt{\left(\frac{1}{0,08}\right)^2 (0,038)^2 + \left(-\frac{1,563}{(0,08)^2}\right)^2 (0,0035)^2}$$

$$\Delta E = \sqrt{(12,5)^2 (0,001444) + (-19,538)^2 (0,0001225)}$$

$$\Delta E = \sqrt{0,225625 + 0,004676}$$

$$\Delta E = \sqrt{0,230301} = 0,4799 \text{ MPa}$$

c) Nilai besaran terbaik yang teramati

$$E = \bar{E} \pm \Delta E$$

$$E = (20,11 \pm 0,4799) \text{ MPa}$$

d) Ketelitian

$$\begin{aligned}
 &= 100\% - \left(\frac{\Delta E}{E}\right) \times 100\% \\
 &= 100\% - \left(\frac{0,4799}{20,11}\right) \times 100\% \\
 &= 97,2\%
 \end{aligned}$$

2) Sampel B

Dengan menggunakan perhitungan yang sama pada sampel A, maka diperoleh nilai-nilai besaran terukur sebagai berikut:

a) Nilai besaran yang diamati

$$\bar{E} = 10,7 \text{ MPa}$$

b) Ketidakpastian

$$\Delta E = \sqrt{0,052001312} = 0,228 \text{ MPa}$$

c) Nilai besaran terbaik yang teramati

$$E = (10,7 \pm 0,228) \text{ MPa}$$

d) Ketelitian

$$= 97,87\%$$

3) Sampel C

Dengan menggunakan perhitungan yang sama pada sampel A, maka diperoleh nilai-nilai besaran terukur sebagai berikut:

a) Nilai besaran yang diamati

$$\bar{E} = 5,18 \text{ MPa}$$

b) Ketidakpastian

$$\Delta E = \sqrt{0,040467909} = 0,201166373 \text{ MPa}$$

c) Nilai besaran terbaik yang teramati

$$E = (5,18 \pm 0,2) \text{ MPa}$$

d) Ketelitian

$$= 96,14\%$$

Lampiran 9: Perhitungan Massa Sampel Uji Biodegradasi

MASSA SAMPEL UJI BIODEGRADASI

1) Sampel A

a) Ketidakpastian

$$\Delta m = \frac{1}{2} \times NST \text{ neraca digital} = \frac{1}{2} \times 0,01 = 0,005 \text{ gr}$$

b) Nilai besaran yang teramati

$$m = m \pm \Delta m$$

$$m_1 = (0,5 \pm 0,005) \text{ gr}$$

$$m_2 = (0,0,409 \pm 0,005) \text{ gr}$$

$$m_3 = (0,301 \pm 0,005) \text{ gr}$$

$$m_4 = (0,206 \pm 0,005) \text{ gr}$$

$$m_5 = (0,121 \pm 0,005) \text{ gr}$$

$$m_6 = (0,089 \pm 0,005) \text{ gr}$$

$$m_7 = (0,032 \pm 0,005) \text{ gr}$$

2) Sampel B

Dengan menggunakan perhitungan yang sama pada sampel A, maka diperoleh nilai-nilai besaran terukur sebagai berikut:

a) Ketelitian

$$\Delta m = \frac{1}{2} \times NST \text{ neraca digital} = \frac{1}{2} \times 0,01 = 0,005 \text{ gr}$$

b) Nilai besaran terbaik yang teramati

$$m = m \pm \Delta m$$

$$m_1 = (0,5 \pm 0,005) \text{ gr}$$

$$m_2 = (0,397 \pm 0,005) \text{ gr}$$

$$m_3 = (0,290 \pm 0,005) \text{ gr}$$

$$m_4 = (0,190 \pm 0,005) \text{ gr}$$

$$m_5 = (0,101 \pm 0,005) \text{ gr}$$

$$m_6 = (0,062 \pm 0,005) \text{ gr}$$

$$m_7 = (0,029 \pm 0,005) \text{ gr}$$

3) Sampel C

Dengan menggunakan perhitungan yang sama pada sampel A, maka diperoleh nilai-nilai besaran terukur sebagai berikut:

a) Ketelitian

$$\Delta m = \frac{1}{2} \times NST \text{ neraca digital} = \frac{1}{2} \times 0,01 = 0,005 \text{ gr}$$

b) Nilai besaran terbaik yang teramati

$$m = m \pm \Delta m$$

$$m_1 = (0,5 \pm 0,005) \text{ gr}$$

$$m_2 = (0,386 \pm 0,005) \text{ gr}$$

$$m_3 = (0,261 \pm 0,005) \text{ gr}$$

$$m_4 = (0,199 \pm 0,005) \text{ gr}$$

$$m_5 = (0,090 \pm 0,005) \text{ gr}$$

$$m_6 = (0,039 \pm 0,005) \text{ gr}$$

$$m_7 = (0,009 \pm 0,005) \text{ gr}$$

Lampiran 10: Perhitungan Presentase Biodegradasi Plastik

PRESENTASE BIODEGRADASI PLASTIK

$$\% \text{ kehilangan massa} = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100\%$$

Hari ke-5

% kehilangan massa sampel A

$$\begin{aligned} &= \frac{0,5 - 0,409}{0,5} \times 100\% \\ &= 18,2\% \end{aligned}$$

% kehilangan massa sampel B

$$\begin{aligned} &= \frac{0,5 - 0,397}{0,5} \times 100\% \\ &= 20,6\% \end{aligned}$$

% kehilangan massa sampel C

$$\begin{aligned} &= \frac{0,5 - 0,386}{0,5} \times 100\% \\ &= 22,8\% \end{aligned}$$

Hari ke- 10

% kehilangan massa sampel A

$$\begin{aligned} &= \frac{0,5 - 0,301}{0,5} \times 100\% \\ &= 39,8\% \end{aligned}$$

% kehilangan massa sampel B

$$\begin{aligned} &= \frac{0,5 - 0,290}{0,5} \times 100\% \\ &= 42\% \end{aligned}$$

% kehilangan massa sampel C

$$\begin{aligned} &= \frac{0,5 - 0,261}{0,5} \times 100\% \\ &= 47,8\% \end{aligned}$$

Hari ke- 15

% kehilangan massa sampel A

$$\begin{aligned} &= \frac{0,5 - 0,206}{0,5} \times 100\% \\ &= 58,8\% \end{aligned}$$

% kehilangan massa sampel B

$$\begin{aligned} &= \frac{0,5 - 0,190}{0,5} \times 100\% \\ &= 62\% \end{aligned}$$

% kehilangan massa sampel C

$$\begin{aligned} &= \frac{0,5 - 0,199}{0,5} \times 100\% \\ &= 60,2\% \end{aligned}$$

Hari ke- 20

% kehilangan massa sampel A

$$\begin{aligned} &= \frac{0,5 - 0,121}{0,5} \times 100\% \\ &= 75,8\% \end{aligned}$$

% kehilangan massa sampel B

$$= \frac{0,5 - 0,101}{0,5} \times 100\%$$

$$= 79,8\%$$

% kehilangan massa sampel C

$$= \frac{0,5 - 0,090}{0,5} \times 100\% \\ = 82\%$$

Hari ke- 25

% kehilangan massa sampel A

$$= \frac{0,5 - 0,089}{0,5} \times 100\% \\ = 82,2\%$$

% kehilangan massa sampel B

$$= \frac{0,5 - 0,062}{0,5} \times 100\% \\ = 87,6\%$$

% kehilangan massa sampel C

$$= \frac{0,5 - 0,039}{0,5} \times 100\% \\ = 92,2\%$$

Hari ke- 30

% kehilangan massa sampel A

$$= \frac{0,5 - 0,032}{0,5} \times 100\% \\ = 93,6\%$$

% kehilangan massa sampel B

$$\begin{aligned} &= \frac{0,5 - 0,029}{0,5} \times 100\% \\ &= 94,2\% \end{aligned}$$

% kehilangan massa sampel C

$$\begin{aligned} &= \frac{0,5 - 0,009}{0,5} \times 100\% \\ &= 98,2\% \end{aligned}$$

Lampiran 11: Operating Manual Of Analog Force Gauge

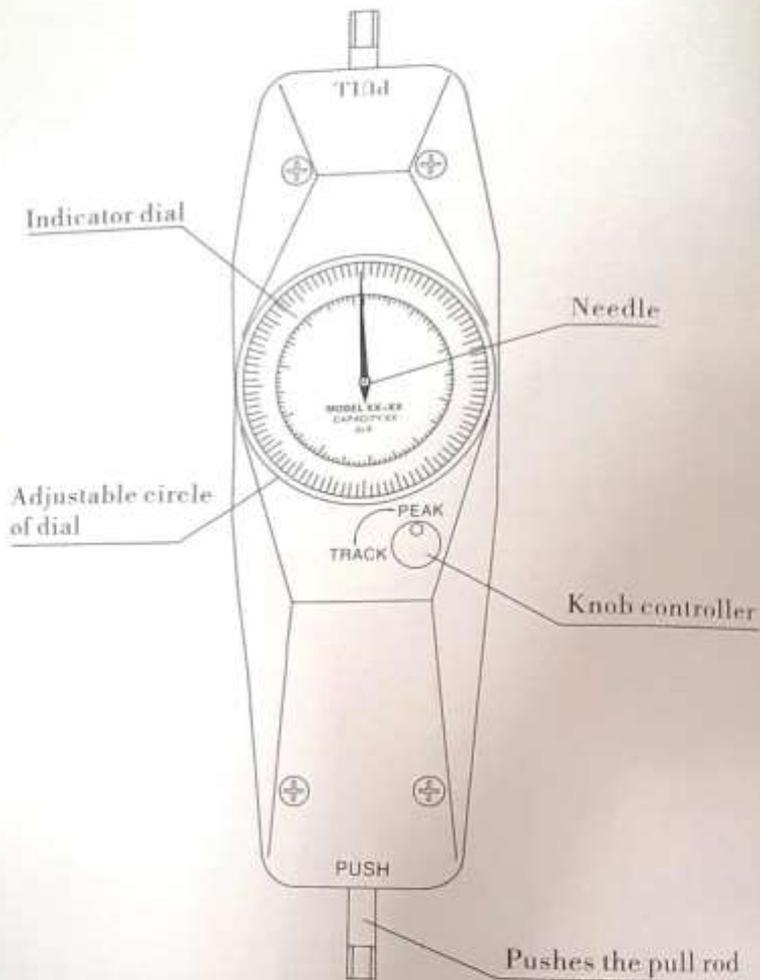
1. Gauge introduction

The NK series Analog Force Gauge with compact size, high accuracy, they are easy to operate and handy to carry out, and can show the unit of newton and kilogram at the same time. The PEAK/TRACK knob of it can switch between the peak value load test and the continuous load test. They are excellent products which can take the place of the old style force gauges, and widely applied in electr-on, high & low voltage electric appliance, hardware, automobile parts, lighter and ignition system, light industry, mechanical, textile, and so on industries for test of pull or push load test, insertion force or pull and destructive experiment. Please reading the manual carefully before using this instrument.

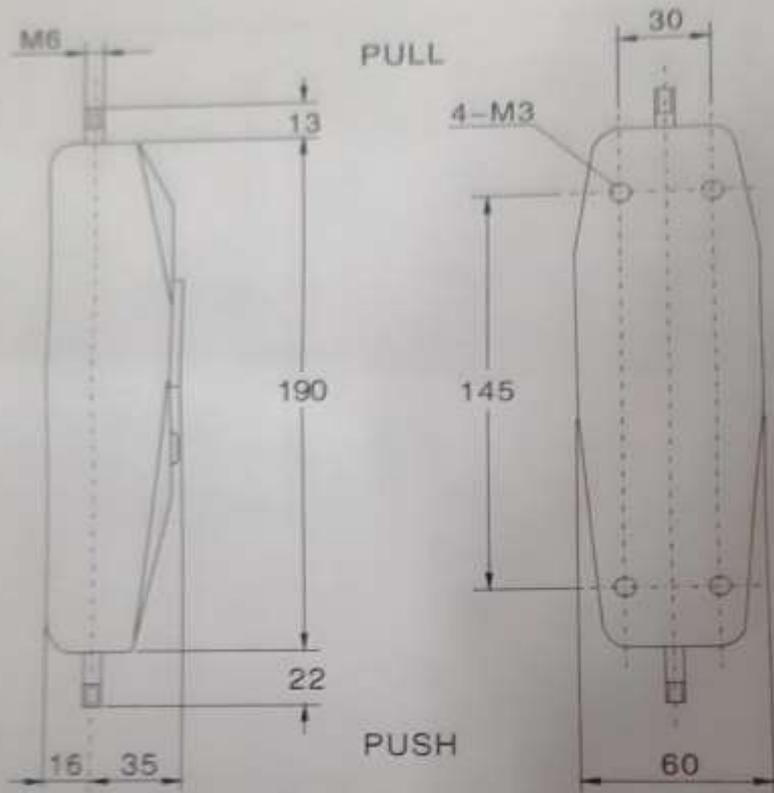
2. Table of appendix

Model amount Name	NK-20	NK-30	NK-50	NK-100	NK-200	NK-300	NK-500
	NLB-20	NLB-30	NLB-50	NLB-100	NLB-200	NLB-300	NLB-500
Name	ALB-4		ALB-10	ALB-20	ALB-40		ALB-100
push clamp	4	4	4	4	4	4	4
pull clamp	1	1	1	1	1	1	1
Added pole	1	1	1	1	1	1	1
User's manual	1	1	1	1	1	1	1
Check certificate	1	1	1	1	1	1	1

3. Parts appellation



4. Parts appearance and install size



5. Parts technical specifications

Model	NK-20	NK-30	NK-50	NK-100	NK-200	NK-300	NK-500
Max load	20N 2kg	30N 3kg	50N 5kg	100N 10kg	200N 20kg	300N 30kg	500N 50kg
Min load	2N 0.2kg	3N 0.3kg	5N 0.5kg	10N 1kg	20N 2kg	30N 3kg	50N 5kg
Load graduation value	0.1N 20g	0.2N 20g	0.25N 50g	0.5N 100g	1.0N 200g	2.0N 200g	2.5N 500g
Rod journey	10mm						
Work temperature	20°C ± 10°C						
Carry temperature	-27°C → +70°C						
Relative humidity	15%~80%RH						
Work environment	No vibrancy and no cauterly						

6. Preparation before test

Choose appropriate joint clamps and install it on the gauge before test.

(1) pull test

Choose pull clamp and install it on the central stick of marked [PULL].

(2) Push test

Choose push clamp and install it on the central stick of marked [PUSH].

(3) Use of prolong stick

When it isn't possible to touch tested thing, use prolong stick to install clamp.

NOTE:

When testing, tested thing and gauge must be on the same straight line, if not, it isn't possible to test right value of load

(4) Confirmation and operation method of changing knob

(a) [PEAK] change of [TRACK]

Lightly press knob changing, at the same time, turn it to left to make mark "●" be in the place of [TRACK].

(b) [TRACK] change of [PEAK]

Turn knob to right, the knob springs and mark "●" is in the place of [TRACK].

(c) Points for attention after testing

After finishing testing, change mark "●", please put it in the place of [PEAK]. If changing knob is put in the place of [TRACK] for a long term, life of inner springs lam in ation will shorten.

(5) Adjustments of indicator dial

(a) Please confirm whether needle aims at [O] of dial, if not, please turn adjustable circle of dial, and dial will run with it to make needle aimed at [O].

(b) When the machine is vertically placed to use, especially under the condition installing clamp, even don't apply load, needle will be lean, which is the dead weight reason of the machine and clamp. Turn adjustable circle of dial to have [O] aimed at needle, which can't affect veracity of testing result.

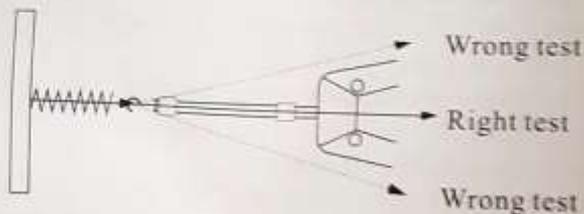
NOTE:

Usually give the machine to apply the load exceeding the range of max test load, spring of load test machine will gradually be bad and lead to test value of load rightly. When using it, please don't overload to maintain life of the machine.

7. Test

- (1) Please tightly hold gauge by hands or appropriate stands to make a test.

When testing, please place tested thing and gauge on the same straight line to test, if they aren't on the line, we don't test value of load rightly.

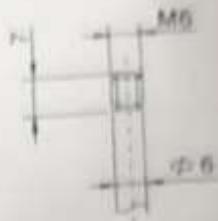


- (2) Change of load testing

- (a) When changing knob is placed in [TRACK], the needle moves in accordance with change of force.
- (b) When changing knob is placed in [PEAK] and test reaches max value of load, needle will stand still indicating peak force. If unchain the needle, please press changing knob and needle will return to place [O].

8. Clamp

In order to make gauge have a right and stable tested value, please make full use of clamp attached. If your company wants to manufacture clamp fits best, please refer to connected size of central stick shown picture form right.



9. Maintenance

- (1) Please don't apply load exceeding the max test range of gauge to avoid damaging instrument and producing trouble.
- (2) Don't put or use gauge in the place of low or high temperature and humidity. Please store and use it in the ruled environment.
- (3) If there's something wrong with it, please contact with original sales department or this corporation.