



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Unand.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Unand.

PENGARUH PENAMBAHAN GULA JAGUNG TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN BIODEGRADABILITAS PLASTIK CAMPURAN POLYPROPYLENE BEKAS DAN PATI SAGU

SKRIPSI



**MARIA ELVI HUTAGALUNG
07135073**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG
2011**

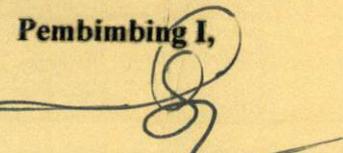
SKRIPSI

**PENGARUH PENAMBAHAN GULA JAGUNG TERHADAP SIFAT MEKANIK DAN
BIODEGRADABILITAS PLASTIK CAMPURAN POLYPROPYLENE BEKAS DAN
PATI SAGU**

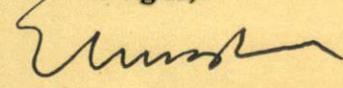
yang disusun oleh
Maria Elvi Hutagalung
07 135 073
telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Pada tanggal 05 Juli 2011
dan dinyatakan telah lulus memenuhi syarat

Susunan Tim Penguji

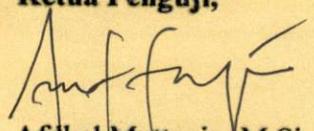
Pembimbing I,


Drs. Sri Mulyadi Dt. Basa, M.Si
NIP. 195208011986101001

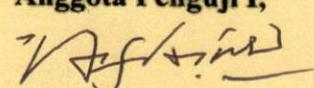
Pembimbing II,


Dr. Elvis Adril ST, MT
NIP. 196403031990031001

Ketua Penguji,


Afdhal Muttaqin, M.Si
NIP. 197704292005011002

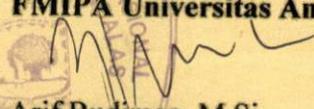
Anggota Penguji I,

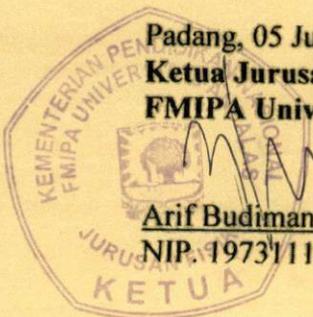

Afdal M.Si
NIP. 197601062000031001

Anggota Penguji II,


Astuti M.Si
NIP. 198108142005012002

Padang, 05 Juli 2011
Ketua Jurusan Fisika
FMIPA Universitas Andalas, Padang


Arif Budiman, M.Si
NIP. 197311141999031004



**PENGARUH PENAMBAHAN GULA JAGUNG TERHADAP SIFAT
MEKANIK DAN BIODEGRADABILITAS PLASTIK CAMPURAN
POLYPROPYLENE BEKAS DAN PATI SAGU**

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Sains
Program Studi Fisika
Jurusan Fisika



diajukan oleh
Maria Elvi Hutagalung
07 135 073

kepada

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG
2011**

Syallom...

Puji dan Syukur kepada Tuhan yang baik, untuk semua kasih, berkat dan rancangan Nya yang indah untuk ku. Trimakasih banyak, tetap menemani ku, walau sering ku mengecewakan Mu. Semoga aku tetap pada Mu, dan menjadikan Mu satu-satunya sandaran hidup ku.

Untuk mom and dad ku

Trimakasih untuk doa, kasih sayang, semangat dan dukungan yang kalian berikan. Disaat semua orang meninggalkan ku, kalian tetap disini memelukku. Dad, aku senang saat kita berbicara lama di telfon, itu jarang sekali. Mendengar mu bahagia dan semangat, buat ku semangat mengerjakan tugas dan kuliah ku. Mom, walau pembicaraan kita sering putus karena sinyal gak bagus, dan aku tahu engkau kesal, tapi aku senang mendengar omelan mu. Serasa berada di rumah. Aku bisa menyelesaikan kuliah ini karena kalian. I love you both...

Untuk adik-adik dan kakak ku

Lina dan Dora, trimakasih untuk doa dan cinta kalian pada kakak. Semoga kalian terus diberkati, hingga boleh menjadi orang sukses yang baik hati. Jangan sering berantem, jangan lupa berdoa dan bantu mama ya... dan untuk kakak ku yang baru menjalani kehidupan baru. Berkat Tuhan atas mu dan keluarga mu. Trimakasih untuk semua doa, cinta, semangat dan bantuan mu. Dulu kita sering berantem, dan sekarang aku malah merindukannya. Jadilah istri dan ibu yang baik.

Untuk temanku, Alex

U're my best friend. Trimakasih untuk doa, semangat dan bantuanmu.

Semoga terus diberkati, hidup mu dan keluargamu. Jangan lupa berdoa dan ke Gereja. Tetaplah begitu apa adanya, seperti yang aku, keluargamu dan teman-temanmu kenal (awas lobang hidungmu).

Untuk teman-teman

Phy BS: Haaaaaa,,, kita udah S.Si teman-teman. Gak nyangka, cepat banget rasanya. Thanx untuk semua rasa yang pernah kita lalui bersama. Ruang seminar tu rasanya milik kita, untung gak dijual. ☺ Feni, Nasta, Leksi... lucu ingat urusan TA bersama. Tq telah mau nyelesaiin TA bareng. Untuk Yeni, Jeni, Margarin, ika, wina, mei, teman-teman yang biasa l kosan. Senang bisa sama-sama dengan kalian. Hahaha, kadang berantem, kayak anak-anak aja. Untuk Desman juga, yang minta namanya dicantumin. :p

Math BS: Empat tahun dah kita jalani bersama, hingga tercipta jembatan 7 kabupaten. Kita akan buatnya lagi di kampus baru. ☺ sukses untuk kita teman-teman.

Phy Reg: Thax juga teman-teman fisika regular. Kita emank jarang bareng, tapi kita dah saling kenal. Trimakasih untuk semuanya.

Teman-teman SMA: trimakasih untuk kenangan yang indah, yang selalu aku rindukan di bangku kuliah. Semoga sukses, kak Ira, Rindi, Tiwi, Ari, Ian, Well and all.

KATA PENGANTAR

Salam Sejahtera...

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, atas kasih dan penyertaan-NYA, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan tugas akhir yang berjudul “Pengaruh Penambahan Gula Jagung Terhadap Sifat Mekanik dan Biodegradabilitas Plastik Campuran *Polypropylene* Bekas dan Pati Sagu”. Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana sains program S1 Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Andalas.

Penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah ikut membimbing, membantu dan mendoakan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini tepat pada waktunya. Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis ucapkan kepada:

1. Bapak Sri Mulyadi M.Si sebagai pembimbing utama dan Bapak Elvis Adris ST, MT sebagai pembimbing pendamping yang telah memberikan waktu, pikiran, petunjuk, saran dan bantuan selama penyelesaian skripsi serta motivasi dan nasihat.
2. Ketua dan Koordinator *Basic Science* jurusan Fisika FMIPA UNAND, seluruh dosen dan karyawan jurusan FMIPA UNAND yang telah memberikan pendidikan dan bantuan selama di jurusan Fisika FMIPA UNAND.

3. Karyawan Baristand terutama Bang Tommy dan Pak Didin, terimakasih atas sambutan yang hangat, arahan, bantuan, bimbingan dan saran yang telah diberikan selama melakukan penelitian.
4. Pak win, terima kasih atas bantuanya saat melebur pastik.
5. Kedua orang tua ku yang tercinta, terimakasih untuk semua doa yang tak pernah putus, kasih sayang, semangat, bantuan dan dorongan. Kakak, adik-adik ku, terimakasih banyak atas doa dan semangat sehingga skripsi ini dapat selesai dan berjalan lancar.
6. Teman ku Alexander Hutagalung, terima kasih atas doa, semangat, nasihat dan semua bantuannya.
7. Untuk teman-teman BS Fisika dan Matematika 07 serta teman-teman fisika 07 atas semangat selama perkuliahan.

Dalam penulisan skripsi ini, penulisan menyadari sepenuhnya bahwa masih banyak terdapat kekurangan, untuk itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan skripsi ini.

Akhir kata penulis berharap, semoga apa yang terdapat dalam skripsi ini dapat bermanfaat untuk semua pihak. Amin.

Padang, 6 Juli 2011

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR LAMPIRAN	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Manfaat Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Tinjauan Pustaka	4
2.2 Landasan Teori	5
2.2.1 Plastik	5
2.2.2 Plastik <i>Polypropylene</i>	6
2.2.3 <i>Biodegradable Plastic</i>	7
2.2.4 Pati Sagu	8
2.2.5 Pemplastis	10

2.2.6 Karakterisasi Plastik <i>Biodegradable</i>	11
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	13
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	13
3.2 Bahan Penelitian	13
3.3 Alat yang Digunakan	14
3.4 Teknik Penelitian	16
3.5 Teknik Pengujian	17
3.6 Tahapan Penelitian	19
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1 Hasil Pengujian Kuat Lentur	21
4.2 Hasil Pengujian Kuat Tekan.....	25
4.3 Hasil Uji Degradabilitas	28
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	31
5.1 Kesimpulan	31
5.2 Saran	31
DAFTAR KEPUSTAKAAN	32
LAMPIRAN	35

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Komposisi plastik <i>polypropylene</i> , pati sagu dan gula jagung	16
Tabel 4.1 Nilai kuat lentur sampel sebelum penguburan	21
Tabel 4.2 Nilai kuat lentur sampel setelah penguburan	22
Tabel 4.3 Perbandingan kuat lentur sampel sebelum dan sesudah penguburan	22
Tabel 4.4 Nilai kuat tekan sampel sebelum penguburan	26
Tabel 4.5 Nilai kuat tekan sampel sesudah penguburan	26
Tabel 4.6 Perbandingan kuat tekan sampel sebelum dan sesudah penguburan	26
Tabel 4.7 Perbandingan permukaan sampel uji kuat lentur	29

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Reaksi Polimer <i>Polypropylene</i>	6
Gambar 2.2 Plastik <i>Polypropylene</i>	7
Gambar 3.1 Plastik Kemasan <i>Polypropylene</i> Bekas	13
Gambar 3.2 Pati Sagu	14
Gambar 3.3 Gula Jagung	14
Gambar 3.4 Mesin Kompresor	15
Gambar 3.6 Tahapan Penelitian Tanpa Perlakuan Penguburan	19
Gambar 3.6 Tahapan Penelitian Dengan Perlakuan Penguburan	20
Gambar 4.1 Grafik perbandingan nilai kuat lentur masing-masing konsentrasi sebelum dan sesudah penguburan	22
Gambar 4.2 Reaksi antara polimer dan pelarut dan Reaksi penambahan pemlastis pada polimer	23
Gambar 4.3 Proses pembentukan ikatan hidrogen antara PHA dan gula jagung	24
Gambar 4.4 Grafik perbandingan nilai kuat tekan masing-masing konsentrasi sebelum dan sesudah penguburan	27

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Data Pengukuran Beban Patah Maksimum	35
Lampiran 2 Data Pengukuran Beban Pecah Maksimum	36
Lampiran 3 Perhitungan Kuat Lentur	37
Lampiran 4 Perhitungan Kuat Tekan	47
Lampiran 5 Gambar Penelitian	58

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk menentukan pengaruh gula jagung terhadap sifat mekanik dan biodegradabilitas plastik campuran *polypropylene* bekas dan pati sagu. Pada penelitian ini dibuat 5 sampel dengan variasi massa gula jagung yang berbeda. Pengukuran dilakukan terhadap kuat tekan dan kuat lentur dari setiap sampel. Untuk mengetahui tingkat degradabilitasnya, dilakukan penguburan selama 7 hari. Hasil menunjukkan bahwa kuat lentur dan kuat tekan plastik mengalami kenaikan dengan penambahan gula jagung. Nilai kuat tekan dan kuat lentur maksimum terdapat pada komposisi 90gr : 10gr : 10gr yaitu $87,04 \text{ kg/cm}^2$ dan $96,9 \text{ kg/cm}^2$. Ditinjau dari segi fisis setelah proses penguburan, plastik campuran dengan komposisi gula jagung terbanyak memiliki permukaan paling kasar dan paling banyak lobang. Hal ini dapat diartikan bahwa plastik dengan komposisi gula jagung terbanyak memiliki tingkat degradabilitas tertinggi.

Kata kunci : Kuat lentur, kuat tekan, biodegradabilitas, *polypropylene*, pati sagu dan gula jagung.

ABSTRACT

The research aims to determine effect of adding corn sugar to the mechanical properties and biodegradability of polypropylene plastic with the sago starch. We use five variations samples with different mass of corn sugar. Strength flexural and compressive strength were used to observe the effects of corn sugar addition as plasticizer. The results showed that the flexural strength and compressive strength of plastics increased with the addition of corn sugar, with maximum value of flexural strength is 87,04 kg/cm² and 96,9 kg/cm² for compressive strength (with compotition 90gr *polypropylene* plastic, 10gr sago starch, 10gr corn sugar). From the physical observation of the buried sample, plastic with the highest mass of corn sugar has the highest biodegradability. That showed by most rough surface.

Key words: Strong flexural, compressive strength, biodegradability, polypropylene, sago starch and corn sugar.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Saat ini ada banyak jenis bahan yang digunakan untuk mengemas makanan dan minuman salah satunya adalah plastik. Intensitas penggunaan plastik sebagai kemasan pangan terus meningkat. Hal ini disebabkan oleh banyaknya keunggulan plastik dibandingkan bahan kemasan yang lain. Plastik jauh lebih ringan dibandingkan gelas atau logam dan tidak mudah pecah. Bahan ini bisa dibentuk lembaran sehingga dapat dibuat kantong atau dibuat kaku sehingga bisa dibentuk sesuai desain dan ukuran yang diinginkan.

Disisi lain, penggunaan plastik sebagai bahan pengemas menghadapi berbagai persoalan lingkungan, yaitu tidak dapat diuraikan secara alami oleh mikroba di dalam tanah. Hal ini menyebabkan terjadinya penumpukan sampah plastik yang menyebabkan pencemaran dan kerusakan bagi lingkungan. Proses daur ulang yang telah dilakukan dapat mengurangi dampak negatif yang ditimbulkan oleh sampah plastik, tetapi langkah ini kurang efisien karena tidak semua sampah dapat dikumpulkan kembali. Seiring dengan persoalan ini, maka penelitian bahan kemasan diarahkan pada bahan-bahan organik, yang dapat dihancurkan secara alami dan mudah diperoleh. Salah satu penelitian terbaru adalah ditemukannya plastik *biodegradable*. Plastik *biodegradable* adalah plastik yang dapat digunakan layaknya plastik konvensional, namun akan hancur terurai oleh aktivitas mikroorganisme menjadi hasil akhir air dan gas karbondioksida.

Karena sifatnya yang dapat kembali ke alam, plastik *biodegradable* merupakan bahan plastik yang ramah terhadap lingkungan (Pranamuda, 2009)

Adapun objek penelitian kali ini adalah plastik kemasan *polypropylene* bekas dengan penambahan pati sagu sebagai material yang dapat terurai. Pati sagu merupakan bahan homopolimer glukosa. Jika dipanaskan di dalam air, ukuran granula pati membesar dan campurannya menjadi kental. Jika didinginkan, campuran tersebut akan berbentuk gel (Gaman and Sherrington, 1992). Semua gel mempunyai konsistensi padat atau hampir padat dengan harga plastisitas yang tinggi (Sulaiman, 1996). Untuk mempertahankan sifat mekaniknya, peneliti menggunakan gula jagung sebagai bahan pemlastis. Gula jagung (sorbitol) merupakan pemlastis yang efektif karena memiliki kemampuan untuk mengurangi ikatan hidrogen internal pada ikatan intermolekul (Harahap, 2009). Plastik yang sudah jadi, sebagian akan diuji untuk mengetahui karakteristiknya dan sebagian lagi dikubur dalam tanah berlumpur selama 7 hari sebelum diuji (Firdaus dan Anwar, 2004). Penguburan dilakukan untuk mengetahui sejauh mana plastik tersebut dapat terurai didalam tanah, dengan memperhatikan sifat fisis dan pengujian mekanik. Pengujian mekanik yang akan dilakukan adalah uji kuat tekan dan uji kuat lentur. Dengan menganalisis hasil pengujian ini diharapkan adanya informasi bahwa pendaurulangan plastik kemasan *polypropylene* bekas dengan penambahan pati sagu dan gula jagung sebagai pemlastis menghasilkan plastik yang dapat terurai oleh mikroorganisme dengan sifat mekanik yang baik.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh penambahan gula jagung terhadap kuat tekan, kuat lentur dan degradabilitas pada plastik campuran *polypropylene* bekas dan pati sagu.
2. Membandingkan nilai kuat tekan dan kuat lentur plastik campuran *polypropylene* dan pati sagu sebelum dan sesudah dilakukan penguburan.

1.3 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah dihasilkannya plastik *biodegradable* dari plastik campuran *polypropylene* bekas dan pati sagu dengan sifat mekanik yang baik.

1.4 Batasan Masalah

1. Pada penelitian ini digunakan plastik *polypropylene* kemasan air minum bekas.
2. Parameter yang diamati adalah kuat tekan dan kuat lentur.
3. Perbandingan komposisi gula jagung/pati sagu/plastik adalah 0gr : 10gr : 90 gr ; 2gr : 10gr : 90gr ; 4gr : 10gr : 90gr ; 8gr : 10gr : 90gr ; 10gr : 10 gr : 90gr.
4. Waktu penguburan sampel selama 7 hari dalam tanah berlumpur.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tinjauan Pustaka

Dari penelitian yang telah dilakukan oleh Dian dkk, ditemukan cara untuk meningkatkan *added value* limbah tapioka untuk mengatasi masalah akibat tumpukan sampah plastik serta menemukan bahan alternatif dalam pembuatan plastik *biodegradable*. Hasil penelitian yang telah dilakukan adalah pemanfaatan limbah tapioka sebagai bahan campuran pembuatan *biodegradable* plastik merupakan suatu langkah untuk memberi *added value* pada limbah. Penggunaan *biodegradable* plastik merupakan salah satu langkah untuk mengatasi masalah yang timbul akibat tumpukan sampah plastik (Dian dkk, 2009).

Penelitian yang dilakukan oleh Harahap menghasilkan film edibel yang baik untuk pelapisan buah. Film ini terbuat dari pati ubi kayu sebagai bahan baku dan sorbitol sebagai pemlastis. Konsentrasi pati ubi kayu 4% dan sorbitol 5% merupakan konsentrasi terbaik dalam pembuatan film edibel tersebut (Harahap, 2008).

Penelitian yang akan dilakukan menggunakan plastik *polypropylene* bekas sebagai bahan baku dengan penambahan pati sagu sebagai material yang dapat terurai. Untuk mempertahankan sifat mekaniknya, peneliti menggunakan gula jagung sebagai bahan pemlastis. Plastik yang sudah jadi, sebagian akan diuji untuk mengetahui karakteristiknya dan sebagian lagi dikubur terlebih dahulu selama 7 hari sebelum diuji. Uji karakteristik yang akan dilakukan adalah uji kuat

tekan dan uji kuat lentur. Dengan menganalisis hasil pengujian ini diharapkan adanya informasi bahwa pendaurulangan plastik kemasan *polypropylene* bekas dengan penambahan pati sagu sebagai material yang dapat terurai dan gula jagung sebagai pemlastis menghasilkan plastik yang dapat terurai oleh mikroorganisme dengan sifat mekanik yang baik.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Plastik

Plastik adalah suatu polimer yang mempunyai sifat elastik yang dapat dicetak atau diekstrusi menjadi bentuk yang diinginkan dan mengeras setelah didinginkan atau diuapkan (Emriadi, 2005). Plastik dapat digolongkan berdasarkan:

1. Sifat fisiknya

- a) Termoplastik merupakan jenis plastik yang bisa didaur ulang atau dicetak kembali. Contoh : polietilen (PE), polistiren (PS), polikarbonat (PC).
- b) Termoset merupakan jenis plastik yang tidak bisa didaur ulang atau dicetak kembali.

2. Kinerja dan penggunaannya

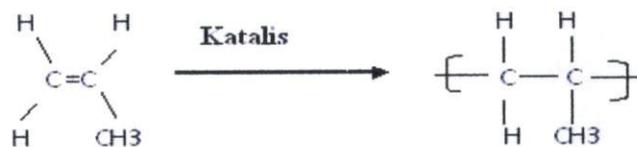
- a) Plastik komoditas merupakan plastik yang mempunyai sifat mekanik tidak terlalu bagus dan tidak tahan panas.
- b) Plastik teknik merupakan plastik yang tahan panas dan sifat mekaniknya bagus.
- c) Plastik teknik khusus merupakan plastik yang mempunyai temperatur operasi di atas 150 °C dan mempunyai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

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

- 1) *Polyethylene Terephthalate* (PET, PETE).
- 2) *High Density Polyethylene* (HDPE).
- 3) *Polyvinyl Chloride* (PVC).
- 4) *Low Density Polyethylene* (LDPE).
- 5) *Polypropylene* (PP).
- 6) *Polystyrene* (PS).
- 7) *Polycarbonate*

2.2.2 Plastik *Polypropylene* (PP)

Plastik *polypropylene* merupakan bagian dari polimer termoplastik dengan rumus kimia C_3H_6 . Struktur monomernya adalah propilen $CH_3CH = CH_2$. Reaksi kimianya dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Reaksi Polimer *Polypropylene*
(Sumber : Emriadi, 2005)

Plastik *polypropylene* bersifat lebih kuat dari jenis plastik lain, ringan dengan daya tembus uap yang rendah, ketahanan yang baik terhadap lemak, stabil terhadap suhu tinggi dan cukup mengkilap. Jenis *polypropylene* ini adalah pilihan

bahan plastik terbaik, terutama untuk tempat makanan dan minuman seperti tempat menyimpan makanan, botol minum dan botol minum untuk bayi. *polypropylene* dapat diolah kembali menjadi garpu, sapu, nampan, dll. Biasanya pada bagian bawah atau belakang bahan tertera logo daur ulang dengan angka 5 di tengahnya, serta tulisan PP. Plastik ini dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Contoh Plastik *Polypropylene*
(<http://Whooilarti-7-simbol-daur-ulangpadaplastik.html>)

2.2.3 *Biodegradable Plastic*

Biodegradable didefinisikan sebagai kemampuan mendekomposisi bahan menjadi karbondioksida, metana, air, komponen anorganik atau biomassa melalui mekanisme enzimatik mikroorganisme, yang bisa diuji dengan pengujian standar dalam periode waktu tertentu (Nolan-ITU, 2002). Pengomposan yang sempurna sampai ke tahap mineralisasi akan menghasilkan karbondioksida dan air (Budiman, 2003).

Biodegradable plastic adalah plastik yang dapat digunakan layaknya plastik konvensional, namun akan hancur terurai oleh aktivitas mikroorganisme

menjadi hasil akhir air dan gas karbondioksida setelah habis terpakai dan dibuang ke lingkungan (Pranamuda, 2001). *Biodegradable plastic* merupakan suatu bahan dalam kondisi dan waktu tertentu mengalami perubahan dalam struktur kimianya oleh pengaruh mikroorganisme seperti bakteri, jamur, dan alga.

Biodegradable plastic dapat dihasilkan melalui beberapa cara, salah satunya adalah biosintesis menggunakan bahan berpati atau berselulosa. Cara pembuatan *biodegradable plastic* yang berbasiskan pati antara lain:

1. Mencampur pati dengan plastik konvensional (PE atau PP) dalam jumlah kecil (10%-20%)
2. Mencampur pati dengan turunan hasil samping minyak bumi, seperti PCL, dalam komposisi yang sama (50%)
3. Menggunakan proses ekstruksi untuk mencampur pati dengan bahan-bahan seperti protein kedelai, gliserol, alginat, lignin dan sebagainya sebagai *plasticizer* (Flieger *et al*, 2003).

Potensi penggunaan pati sebagai *biodegradable plastic* berkisar 80-95% dari pasar *biodegradable plastic* yang ada (Vilpoux dan Averous, 2006). Sumber pati yang banyak digunakan antara lain sagu, jagung, ubi kayu, gandum, beras, dan kentang.

2.2.4 Pati Sagu

Indonesia merupakan pemilik areal sagu terbesar di dunia. Luas areal sagu di Indonesia sekitar 1,128 juta ha atau 51,3% dari 2,201 juta ha areal sagu dunia disusul Papua New Guinea 43,3% (Abner dan Miftahorrahman, 2002).

Produktivitas pati sugu kering mencapai 25 ton/ha/tahun, lebih banyak dibanding ubi kayu yang hanya 1,5 ton/ha/tahun, kentang sebesar 2,5 ton/ha/tahun maupun jagung sebesar 5,5 ton/ha/tahun (Haryadi, 2004). Sentra penanaman sugu di Indonesia adalah Papua, Maluku, Riau, Sulawesi Tengah dan Kalimantan. Papua merupakan daerah yang mempunyai areal sugu paling besar, yaitu 90% dari luas areal sugu di Indonesia. Pemanfaatan sugu di Indonesia hanya 10% dari potensi yang ada (Abner dan Miftahorrahman, 2002).

Bagian terpenting dari sugu adalah batang. Batang sugu merupakan tempat penyimpanan cadangan makanan (karbohidrat) yang dapat menghasilkan pati. Sugu dapat dipanen untuk diambil patinya pada umur 11 tahun. Pati sugu dapat diperoleh dengan cara melakukan ekstraksi terhadap batang sugu (Haryanto dan Pangloli, 2002).

Pati merupakan *biopolymer* alami dengan komponen utama kelompok glukosa yakni amilosa dan amilopektin. Pemanfaatan pati dalam pembuatan plastik dikarenakan keunggulan-keunggulan yang dimiliki pati, yakni sifatnya yang dapat diperbarui, penahan yang baik untuk oksigen, ketersediaan yang melimpah, harga murah dan mampu terdegradasi.

Campuran polimer hidrokarbon dan pati sering digunakan untuk menghasilkan lembaran dan film berkualitas tinggi untuk kemasan. Pembuatan film dari 100% pati sulit untuk diproses (Nolan-ITU, 2002). Komposit atau campuran plastik berbasis pati memiliki sifat mekanis yang lemah seperti kekuatan tarik, kekuatan mulur, kekakuan, perpanjangan putus, stabilitas kelembaban yang rendah (Zhang *et al*, 2007).

2.2.5 Pemlastis

Pemlastis adalah bahan organik dengan berat molekul rendah yang ditambahkan untuk memperlemah kekakuan dari polimer, sekaligus meningkatkan fleksibilitas dan ekstensibilitas polimer (Julianti & Nurminah, 2007). Pemlastis adalah zat aditif dengan titik didih tinggi yang dapat berupa cairan, padatan, gum sintetis atau murni alami.

Penambahan pemlastis baik sintetis maupun alami bertujuan untuk memperbaiki sifat bahan selama pembuatan plastik, memperluas atau memodifikasi sifat dasarnya atau dapat memunculkan sifat baru yang tidak ada dalam bahan dasarnya (Spink dan Waychoff dalam Frados, 1958). Penambahan pemlastis juga dapat menurunkan kekuatan ikatan hidrogen internal pada ikatan intermolekuler, meningkatkan fleksibilitas film dan menurunkan sifat *barrier* (Harahap, 2009).

Pemlastis yang digunakan dapat diambil dari golongan poliol. Gula jagung (sorbitol) merupakan salah satu golongan poliol selain gliserol dan manitol (Tranggono, 1990). Gula jagung merupakan pemlastis yang efektif karena memiliki kelebihan mampu untuk mengurangi ikatan hidrogen internal pada ikatan intermolekuler. Gula jagung dengan rumus kimia $C_6H_{12}O_6$ mampu menghambat penguapan air dari produk, dapat larut dalam tiap-tiap rantai polimer sehingga akan mempermudah gerakan molekul polimer, tersedia dalam jumlah yang banyak, harganya murah dan bersifat non toksik (Sulaiman, 1996).

2.2.6 Karakterisasi Plastik *Biodegradable*

Kualitas plastik *biodegradable* yang dihasilkan dapat ditentukan dengan melakukan karakterisasi. Beberapa karakterisasi yang dapat menentukan kualitas plastik *biodegradable* adalah karakterisasi sifat mekanik, karakterisasi gugus fungsi dengan FTIR, karakterisasi sifat termal meliputi titik leleh dan titik transisi kaca dengan DSC serta karakterisasi derajat kristalinitas (Juari, 2006).

1. Karakterisasi Sifat Mekanik

Sifat mekanik adalah sifat yang menyatakan kemampuan bahan dalam menerima beban tanpa menimbulkan kerusakan pada bahan tersebut. Untuk mendapatkan sifat mekanik material, biasanya dilakukan pengujian mekanik. Pengujian mekanik pada dasarnya bersifat merusak, dari pengujian tersebut akan dihasilkan data yang mencirikan keadaan dari material tersebut.

a. Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan pada benda uji yang kecil yang berbentuk kubus atau silinder. Kuat tekan dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.1 (Gare&Timoshenka, 1990):

$$\sigma_l = \frac{P_{max} \cdot 102}{A_0} \quad (2.1)$$

dengan :

$$\sigma_l = \text{kekuatan tekan (kg/cm}^2\text{)}$$

$$P_{max} = \text{beban maksimum (kg)}$$

$$A_0 = \text{luas penampang awal (cm}^2\text{)}$$

b. Kuat Lentur

Kelenturan adalah sifat material yang mampu menerima beban impak tinggi tanpa menimbulkan tegangan lebih pada batas elastis. Hal ini menunjukkan bahwa energi yang diserap selama pembebanan disimpan dan dikeluarkan jika material tidak dibebani (Zainuri, 2008). Kuat lentur dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.2:

$$fr = \frac{3P \times l \times 10^2}{2B \times H^2} \quad (2.2)$$

dengan :

P : beban patah maksimum (kg)

l : jarak tumpuan (cm)

B : lebar rata-rata benda uji (cm)

H : tebal rata-rata benda uji (cm)

fr : kuat lentur (kg/cm^2)

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Peleburan plastik kemasan *polypropylene* bekas dilakukan pada bulan April 2011 – Mei 2011 di Industri Besi Rumahan di Sungai Puar, Agam. Sedangkan pencetakan dan penguburan plastik campuran *polypropylene*, pati sagu dan gula jagung dilakukan pada bulan Juni 2011 di kapalo koto, Unand, Limau Manih. Pengujian kuat tekan dan kuat lentur dilakukan pada bulan Juni 2011 di Balai Riset Standarisasi Industri, Gadut, Padang.

3.2. Bahan Penelitian

3.2.1. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah plastik kemasan *polypropylene* bekas, pati sagu dan gula jagung. Plastik kemasan *polypropylene* bekas, pati sagu dan gula jagung masing-masing ditunjukkan pada Gambar 3.1, 3.2 dan Gambar 3.3.



Gambar 3.1 Plastik kemasan *Polypropylene* bekas



Gambar 3.2 Pati sagu



Gambar 3.3 Gula Jagung

3.3. Alat yang Digunakan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Timbangan

Timbangan digunakan untuk mengukur massa plastik *Polypropylen* bekas, pati sagu dan gula jagung.

2. Kaleng Besi

Kaleng besi digunakan sebagai wadah untuk memanaskan plastik, pati sagu dan gula jagung.

3. Kompor

Kompor digunakan untuk memanaskan wadah atau kaleng besi.

4. Sendok kayu

Sendok kayu digunakan untuk mengaduk plastik dan meratakan campuran.

5. Penjepit

Penjepit digunakan untuk menjepit kaleng besi yang panas.

6. Seng Aluminium

Seng ini akan dibentuk berdasarkan ukuran yang telah ada dan digunakan sebagai cetakan

7. Mesin Kompresor

Untuk mengetahui kuat tekan dan kuat lentur benda uji digunakan mesin kompresor. Spesifikasi mesin kompresor adalah Merek Wecob 2153 Neu Wulmstrof. Bahnhofstr, dengan kuat tekan maksimal 300 kN dan kuat lentur maksimal 10 kN. Mesin ini dapat dilihat pada pada Gambar 3.5.



Gambar 3.4 Mesin kompresor

3.4. Teknik Penelitian

Teknik penelitian dimulai dari persiapan bahan, pembuatan cetakan, peleburan plastik, pencampuran plastik dengan pati sagu dan gula jagung, pencetakan dan permbongkaran sampel.

3.4.1. Pencampuran Plastik Kemasan *Polypropylene* Bekas, Pati Sagu dan Gula Jagung

Langkah-langkah untuk proses pencampuran adalah sebagai berikut:

a. Persiapan Bahan

Persiapan bahan dimulai dari pengumpulan dan pembelian plastik *Polypropylene* bekas, pati sagu dan gula jagung. Plastik yang sudah terkumpul kemudian dicuci, dikeringkan dan dipotong-potong menjadi ukuran kecil.

b. Pembuatan Cetakan

Pada penelitian ini cetakan yang digunakan terbuat dari aluminium. Ukuran cetakan untuk uji tekan adalah 5 cm x 5 cm x 5cm, uji lentur 15 cm x 3 cm x 2 cm. Ukuran ini merupakan standar dalam pengujian kuat tekan dan kuat lentur.

c. Peleburan Paduan Plastik Kemasan *Polypropylene* Bekas, Pati Sagu dan Gula Jagung

Pada penelitian ini akan dibuat 5 variasi massa gula jagung, dengan massa plastik *polypropylene* dan pati sagu tetap, yang ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Komposisi plastik *polypropylene*, pati sagu dan gula jagung

Plastik PP (gr)	Pati Sagu (gr)	Gula Jagung (gr)
90	10	0
90	10	2
90	10	4
90	10	8
90	10	10

Jumlah sampel untuk pengujian kuat tekan sebanyak 30 buah, 15 sampel tanpa penguburan dan 15 sampel dengan penguburan. Untuk uji lentur, juga

dibutuhkan sampel sebanyak 30 buah, 15 sampel tanpa penguburan dan 15 sampel dengan penguburan.

Pencampuran dilakukan secara manual, dengan menggunakan wadah dari kaleng besi yang dipanaskan diatas kompor. Setelah semua plastik kemasan *polypropylene* tersebut mencair, kemudian pati sagu dan gula jagung dimasukkan dan diaduk menggunakan sendok kayu sampai bahan tercampur rata.

d. Menuang

Campuran plastik kemasan *polypropylene*, pati sagu dan gula jagung yang telah mencair dalam wadah dituang ke dalam cetakan dengan menggunakan penjepit yang terbuat dari besi.

e. Membongkar

Membongkar atau mengeluarkan campuran dari cetakan dilakukan setelah campuran membeku dalam cetakan selama 30 menit.

3.5. Teknik Pengujian

3.5.1. Uji Kuat Tekan

Pada penelitian ini dilakukan pengujian kuat tekan dengan langkah sebagai berikut:

1. Sampel dibentuk dengan ukuran 5cm x 5cm x 5cm, kemudian diletakkan di bawah pemberat pada mesin kompresor.
2. Permukaan sampel yang diuji dipastikan bersentuhan dengan pemberat.
3. *Switch on-off* diarahkan ke arah *on*, sehingga pembebanan secara otomatis akan bergerak dengan kecepatan konstan.

4. Skala maksimum yang ditunjukkan pada panel layar dibaca sebagai nilai beban maksimum (P) pada saat sampel pecah.
5. Nilai kuat tekan dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.1 dengan beban maksimum (P) sebagai P_{max} .

3.5.2. Uji Kuat Lentur

Pada penelitian ini juga dilakukan uji kuat lentur untuk melihat kelenturan maksimum hasil campuran plastik kemasan *polypropylene* bekas, pati sagu dan gula jagung. Untuk masing-masing sampel dilakukan satu kali uji lentur. Adapun langkah-langkah pengujian adalah sebagai berikut:

1. Sampel dibentuk dengan ukuran 15cm x 3cm x 2cm, kemudian diletakkan di bawah pemberat pada mesin kompresor.
2. Sampel yang diuji diposisikan seimbang antara penahan bagian kiri dan penahan bagian kanan.
3. *Switch on-off* diarahkan ke arah *on*, sehingga pembebanan secara otomatis akan bergerak dengan kecepatan konstan.
4. Skala maksimum yang ditunjukkan pada panel layar dibaca sebagai nilai beban maksimum (P) pada saat sampel patah.
5. Nilai kuat lentur dihitung dengan menggunakan Persamaan 2.2 dengan beban maksimum (P) sebagai P_{max} .

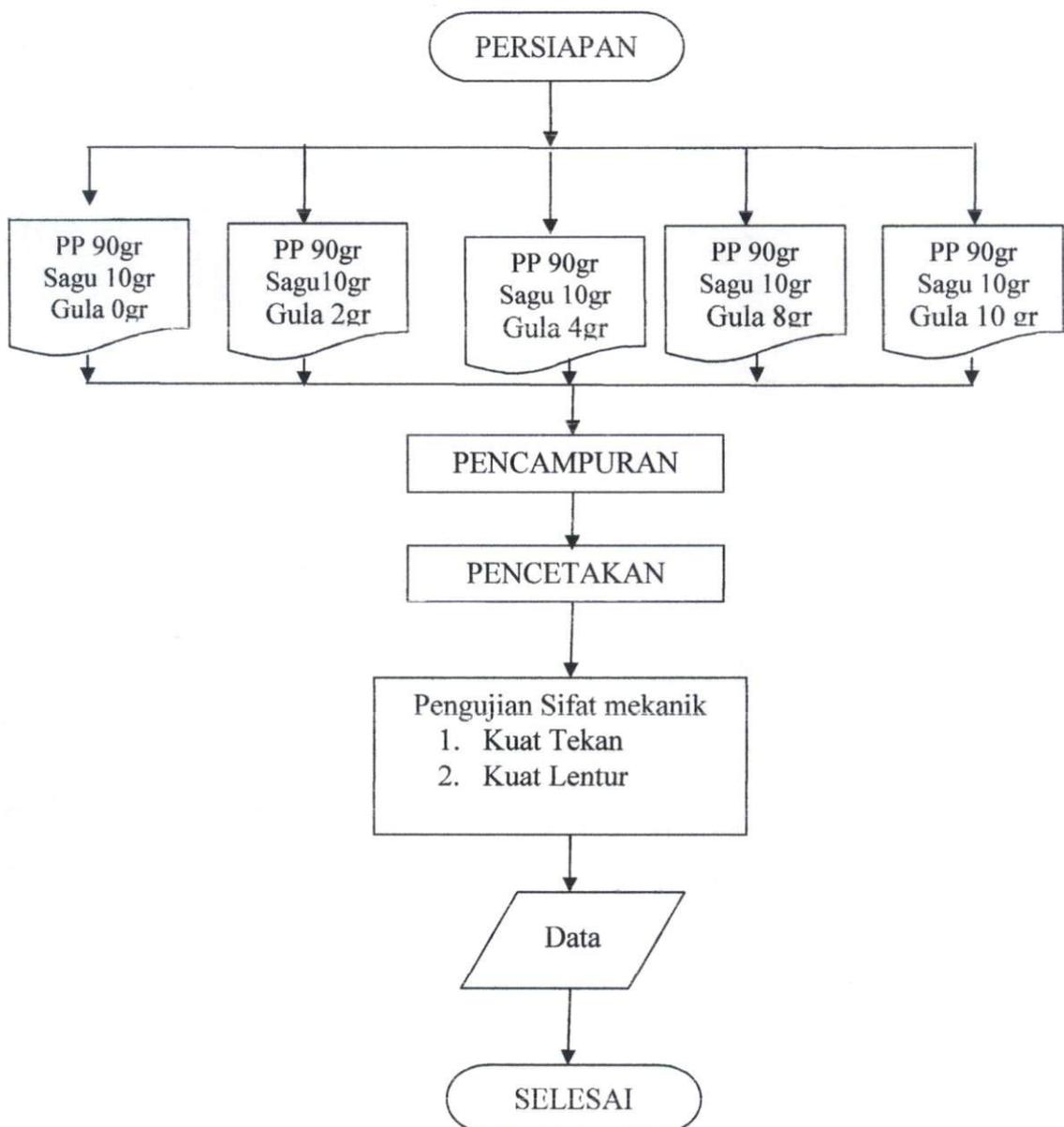
3.5.3. Uji Degradabilitas

Uji degradabilitas dilakukan dengan mengubur sampel di dalam tanah

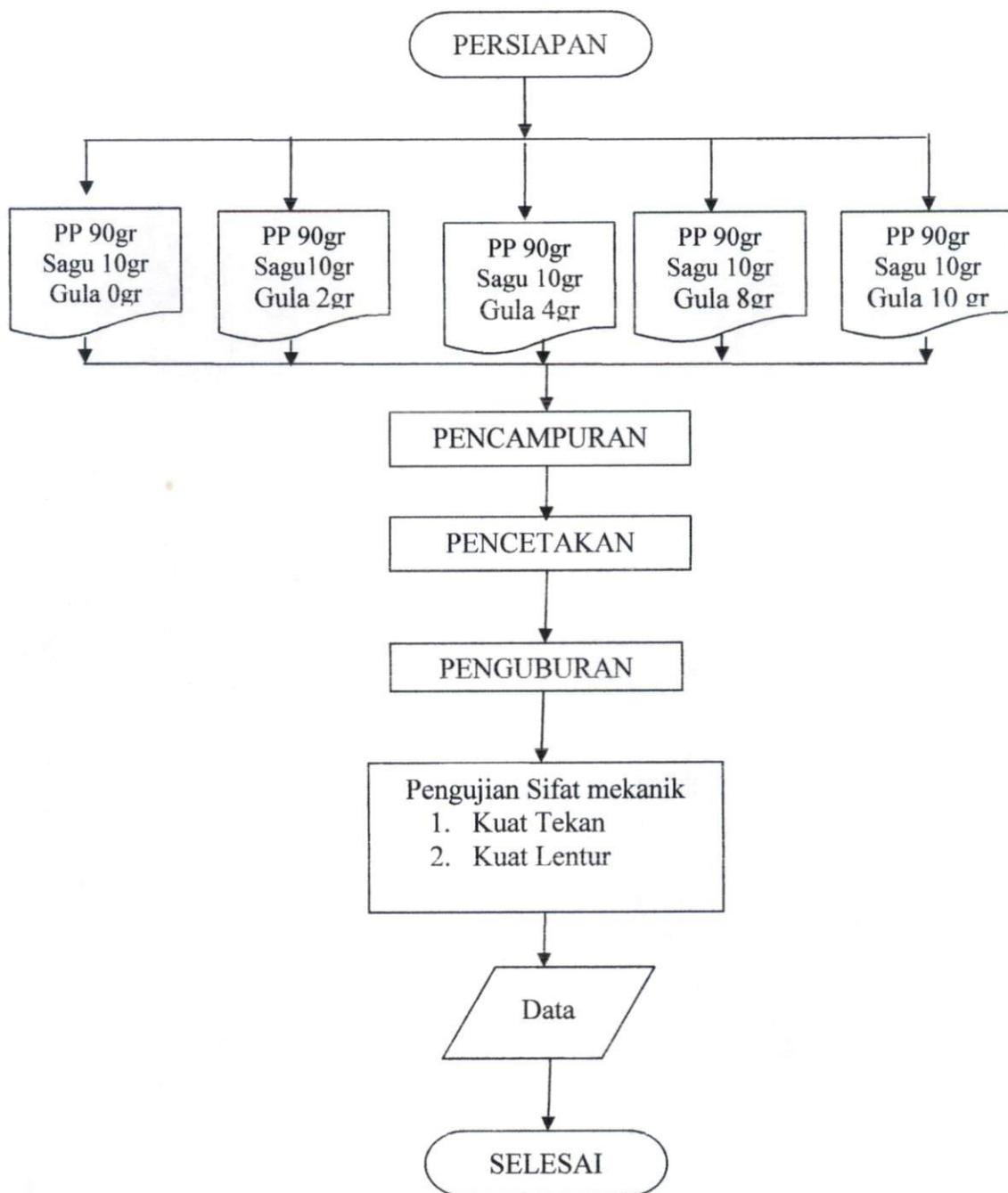
berlumpur selama 7 hari. Selanjutnya dilihat perubahan fisis yang terjadi pada sampel.

3.6. Tahapan Penelitian

Pelaksanaan penelitian secara garis besar ditunjukkan oleh diagram alir pada Gambar 3.6 untuk sampel tanpa perlakuan penguburan, dan pada Gambar 3.7 untuk sampel dengan perlakuan penguburan.



Gambar 3.6 Tahapan Penelitian Tanpa Perlakuan Penguburan



Gambar 3.7 Tahapan Penelitian Dengan Perlakuan Penguburan

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan, diperoleh data beban patah maksimum dan data beban pecah maksimum. Dari data tersebut akan diperoleh nilai kuat lentur dan kuat tekan masing-masing sampel.

4.1 Hasil Pengujian Kuat Lentur (f_r)

Kuat lentur masing-masing sampel dihitung menggunakan Persamaan 2.1.

Berikut contoh perhitungan kuat lentur:

Sampel 1 untuk 90gr:10gr:0gr

Dik : $P = 0,2$ kN dan $l = 0,8 \times 15$ cm = 12 cm

$$f_r = \frac{3P.l \times 10^2}{2B.H^2}$$

$$f_r = \frac{3 \times 0,2 \times 12 \times 10^2}{2.3.2^2}$$

$$f_r = 30,6 \text{ kg/cm}^2$$

Data perhitungan lengkap ditunjukkan pada Lampiran 3 dan hasil perhitungan yang didapatkan ditunjukkan pada Tabel 4.1, Tabel 4.2, Tabel 4.3 dan Gambar 4.1

Tabel 4.1 Nilai kuat lentur masing-masing sampel sebelum penguburan

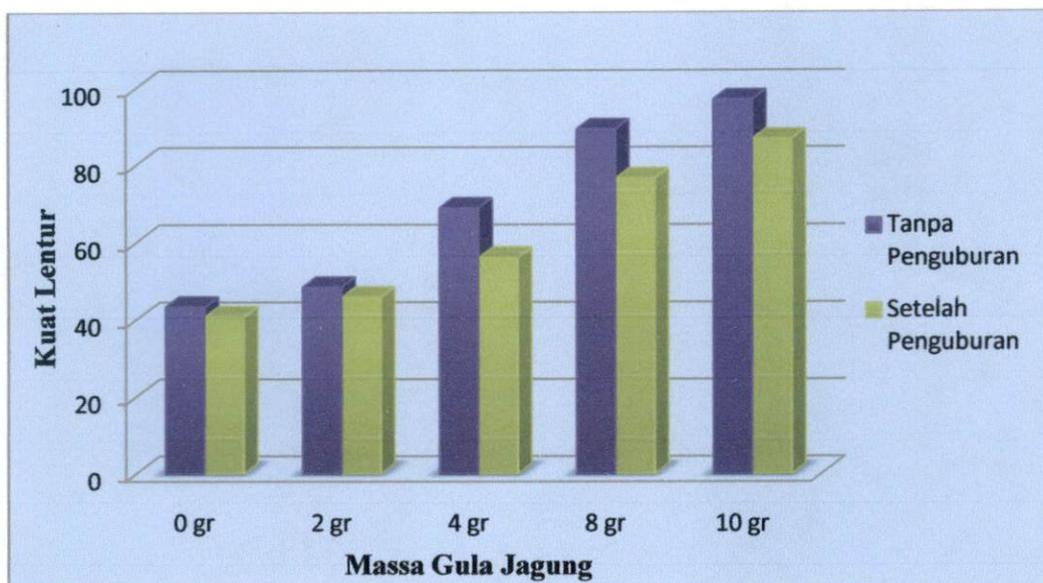
Sampel	Kuat Lentur (kg/cm^2)				
	90gr:10gr:0gr	90gr:10gr:2gr	90gr:10gr:4gr	90gr:10gr:8gr	90gr:10gr:10gr
1	30,6	45,9	61,2	91,8	91,8
2	45,9	53,55	68,85	91,8	107,1
3	53,55	45,9	76,5	84,15	91,8
Rata-rata	43,35	48,45	68,85	89,25	96,9

Tabel 4.2 Nilai kuat lentur masing-masing sampel sesudah penguburan

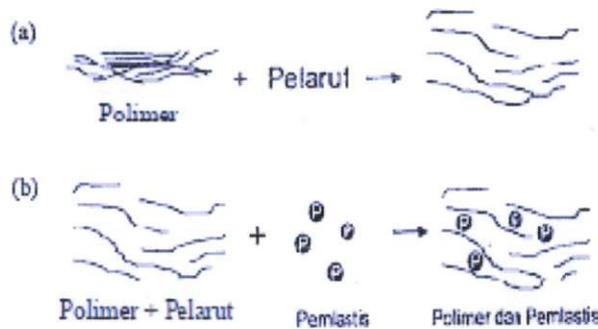
Sampel	Kuat Lentur (kg/cm^2)				
	90gr:10gr:0gr	90gr:10gr:2gr	90gr:10gr:4gr	90gr:10gr:8gr	90gr:10gr:10gr
1	30,6	30,6	61,2	76,5	91,8
2	45,9	45,9	45,9	76,5	84,15
3	45,9	61,2	61,2	76,5	84,15
Rata-rata	40,8	45,9	56,1	76,5	86,7

Tabel 4.3 Perbandingan kuat lentur masing-masing konsentrasi sebelum dan sesudah penguburan.

No	Konsentrasi <i>polypropylene</i> , pati tapioka dan gula jagung	Kuat lentur		Penurunan kuat lentur (%)
		Sebelum penguburan (kg/cm^2)	Sesudah penguburan (kg/cm^2)	
1	90gr:10gr:0gr	43,35	40,8	5,88
2	90gr:10gr:2gr	48,45	45,9	5,26
3	90gr:10gr:4gr	68,85	56,1	18,52
4	90gr:10gr:8gr	89,25	76,5	14,28
5	90gr:10gr:10gr	96,9	86,7	10,52

**Gambar 4.1** Grafik perbandingan nilai kuat lentur masing-masing konsentrasi sebelum dan sesudah penguburan

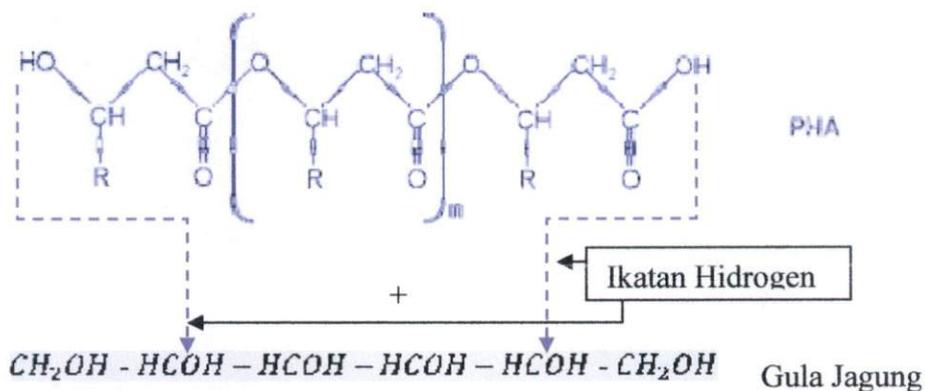
Pada Tabel 4.1 dan Tabel 4.2 dapat dilihat bahwa nilai kuat lentur semakin meningkat dengan bertambahnya jumlah gula jagung. Semakin banyak gula jagung yang ditambahkan, maka semakin besar nilai kuat lenturnya. Hal ini dapat dilihat dengan jelas pada Gambar 4.1, dimana grafik meningkat dengan meningkatnya jumlah gula jagung. Dapat dikatakan bahwa gula jagung merupakan pemlastis yang baik bagi plastik campuran *polypropylene* dan pati sagu. Hal ini dapat terjadi karena gula jagung dapat larut dalam tiap-tiap rantai polimer *polypropylene* dan pati sagu (Paramawati, 2001). Proses ini diilustrasikan seperti pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 (a) Reaksi antara polimer dan pelarut (b) Reaksi penambahan pemlastis pada polimer (Spink dan Waychoff, 1958)

Larutnya gula jagung pada rantai polimer *polypropylene* dan pati sagu menyebabkan mudahnya gerakan molekul polimer bekerja menurunkan suhu transisi gelas (T_g), suhu kristalinitas dan suhu pelelehan (T_m) dari polimer. Pada daerah diatas T_g , bahan polimer menunjukkan sifat fisik dalam keadaan lunak (*soft*) sebaliknya dibawah T_g polimer dalam keadaan sangat stabil seperti gelas. Hal ini dikarenakan mampunya molekul gula jagung mengurangi ikatan hidrogen internal pada ikatan intermolekul (Paramawati,2001). Ikatan hidrogen terbentuk

antara atom hidrogen dan atom lain dengan elektronegatifitas tinggi. Ikatan hidrogen mempengaruhi titik didih suatu senyawa, dimana semakin kuat ikatan hidrogen, semakin tinggi titik didihnya. Kuatnya suatu ikatan hidrogen dipengaruhi oleh jumlah pasangan elektron bebas yang dimiliki oleh atom lain yang berikatan dengan atom hidrogen. Selain itu juga dipengaruhi oleh kemampuan atom tersebut menarik atom hidrogen secara langsung (Sukardjo, 1985).



Gambar 4.3 Proses pembentukan ikatan hidrogen antara PHA dan gula jagung (Juari, 2006)

Dari Gambar 4.3 dapat diketahui bahwa gula jagung mengikat gugus OH yang terdapat pada kedua ujung rantai polimer PHA (Poly-3-Hidroksialkanoat). PHA merupakan salah satu bahan baku pembuatan bioplastik yang terbuat dari hidrolisis pati sagu (Juari, 2006). Dalam hal ini, PHA diilustrasikan sebagai plastik campuran *polypropylene* dan pati sagu.

Penambahan konsentrasi gula jagung mengakibatkan banyaknya gugus OH yang terikat. Apabila konsentrasi gula jagung terus dinaikkan maka semakin habis gugus OH bebas pada ujung rantai polimer plastik campuran *polypropylene* dan pati sagu, yang menyebabkan gula jagung tidak bisa membentuk ikatan lagi

dengan plastik campuran tersebut. Pada kondisi yang demikian dapat dikatakan bahwa polimer plastik campuran *polypropylene* dan pati sagu sudah jenuh dengan penambahan gula jagung. Apabila polimer PHA sudah jenuh, maka penambahan gula jagung akan menyebabkan plastik menjadi sangat lunak atau tidak berikatan dengan PHA. Hal ini terjadi pada konsentrasi pemlastis 50% dari massa sampel (Juari, 2006).

4.2 Hasil Pengujian Kuat Tekan (σ_l)

Kuat tekan masing-masing sampel dihitung menggunakan Persamaan 2.2.

Berikut contoh perhitungan kuat tekan:

Sampel 1 untuk 90gr:10gr:0gr

Dik : $P = 12 \text{ kN}$ dan $A_0 = 25 \text{ cm}^2$

$$\sigma_l = \frac{p \times 102}{A_0}$$

$$\sigma_l = \frac{12 \times 102}{25}$$

$$\sigma_l = 48,96 \text{ kg/cm}^2$$

Data perhitungan lengkap ditunjukkan pada lampiran 4 dan hasil perhitungan yang didapatkan ditunjukkan pada Tabel 4.4, Tabel 4.5, Tabel 4.6 dan Gambar 4.4.

Berdasarkan Tabel 4.4 dan Tabel 4.5, nilai kuat tekan meningkat dengan bertambahnya jumlah gula jagung. Semakin banyak gula jagung yang ditambahkan, maka semakin tinggi kuat tekannya. Kuat tekan minimum terjadi pada plastik campuran *polypropylene* pati sagu tanpa gula jagung yaitu 54,4

kg/cm² sedangkan kuat tekan maksimum 87,04 kg/cm² terjadi pada penambahan gula jagung sebanyak 10 gr. Hal ini dapat dilihat jelas pada Gambar 4.4, dimana grafik semakin tinggi dengan bertambahnya jumlah gula jagung.

Tabel 4.4 Nilai kuat tekan masing-masing sampel sebelum penguburan

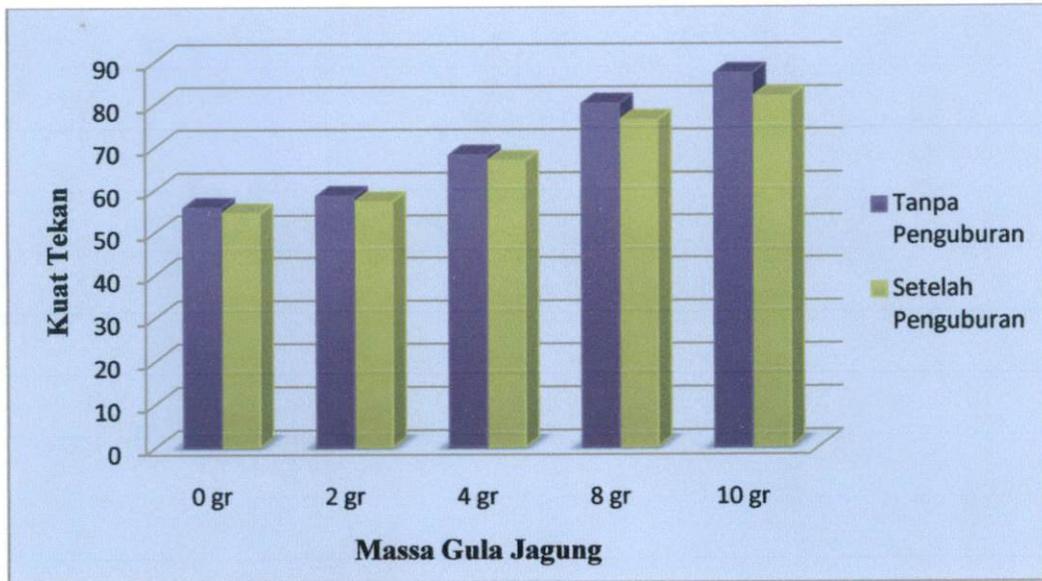
Sampel	Kuat Tekan (kg/cm ²)				
	90gr:10gr:0gr	90gr:10gr:2gr	90gr:10gr:4gr	90gr:10gr:8gr	90gr:10gr:10gr
1	48,96	61,2	69,36	89,76	81,6
2	61,2	61,2	53,04	81,6	77,52
3	57,12	53,04	81,6	69,36	102
Rata-rata	55,76	58,48	68	80,24	87,04

Tabel 4.5 Nilai kuat tekan masing-masing sampel sesudah penguburan

Sampel	Kuat Tekan (kg/cm ²)				
	90gr:10gr:0gr	90gr:10gr:2gr	90gr:10gr:4gr	90gr:10gr:8gr	90gr:10gr:10gr
1	65,28	57,12	81,6	81,6	81,6
2	57,12	57,12	61,2	81,6	73,44
3	40,8	57,12	57,12	65,28	89,76
Rata-rata	54,4	57,12	66,64	76,12	81,6

Tabel 4.6 Perbandingan kuat tekan masing-masing konsentrasi sebelum dan sesudah penguburan.

No	Konsentrasi <i>polypropylene</i> , pati tapioka dan gula jagung	Kuat tekan		Penurunan kuat tekan (%)
		Sebelum penguburan (kg/cm ²)	Sesudah penguburan (kg/cm ²)	
1	90gr:10gr:0gr	55,76	54,4	2,43
2	90gr:10gr:2gr	58,48	57,12	2,32
3	90gr:10gr:4gr	68	66,64	2
4	90gr:10gr:8gr	80,24	76,16	5,08
5	90gr:10gr:10gr	87,04	81,6	6,25



Gambar 4.4 Grafik perbandingan nilai kuat tekan masing-masing konsentrasi sebelum dan sesudah penguburan

Peningkatan kuat tekan dengan penambahan gula jagung disebabkan oleh kemampuan molekul gula jagung dalam mengurangi ikatan hidrogen internal pada ikatan intermolekul, sehingga dapat menurunkan suhu T_g . Hal ini dapat mengurangi kerapuhan dan meningkatkan fleksibilitas (Harahap, 2009).

Hal ini sejalan dengan pengujian kuat lentur, dimana nilai kuat lentur semakin meningkat dengan penambahan gula jagung. Hasil pengujian ini dapat setara karena kedua pengujian mempunyai prinsip kerja yang sama, dimana kedua jenis sampel sama-sama diberikan gaya. Pada pengujian kuat lentur, gaya yang diberikan pada sampel merupakan berat maksimum yang dapat diterima oleh sampel, hingga sampel patah. Pada pengujian kuat tekan, gaya yang diberikan pada sampel merupakan berat maksimum yang dapat diterima oleh sampel, hingga sampel pecah. Kesamaan prinsip kerja ini menyebabkan terjadinya kesamaan hasil. Kesamaan hasil dalam hal ini adalah jika pada pengujian kuat lentur, nilai

kuat lentur meningkat dengan penambahan gula jagung, maka pada pengujian kuat tekan, nilai kuat tekan juga akan meningkat dengan bertambahnya massa gula jagung.

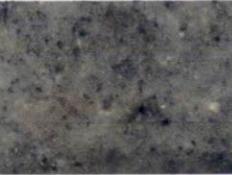
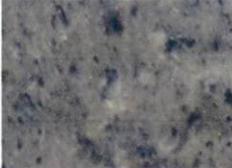
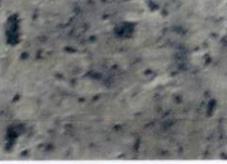
4.3 Hasil Uji Degradabilitas

Untuk mengetahui tingkat degradabilitas masing-masing sampel, dapat dilihat pada Tabel 4.7. Dari Tabel 4.7, dapat dilihat bahwa terdapat perbedaan kekasaran permukaan dari masing-masing sampel. Semakin banyak gula jagung yang ditambahkan, semakin kasar permukaannya. Pada kolom setelah penguburan, dapat dilihat bahwa kekasaran permukaan meningkat dengan penambahan massa gula jagung. Permukaan yang paling kasar dan berlobang terdapat pada kolom dan baris terakhir pada komposisi 90gr:10gr:10gr. Hal ini dapat terjadi karena bertambahnya material organik pada plastik campuran tersebut, sehingga memudahkan mikroorganisme dalam proses penguraian (Firdaus, 2004).

Pernyataan di atas tidak didukung oleh pengurangan sifat mekanik. Pada pengujian kuat lentur, persentase penurunan kuat lentur tertinggi terdapat pada komposisi 90gr:10gr:4gr yaitu 18,52 %. Sedangkan pada penambahan gula jagung terbanyak, penurunan kuat lentur setelah penguburan hanya 10,52 %. Hal yang sama juga terjadi pada pengujian kuat tekan, dimana persentase pengurangan nilai kuat tekan yang didapat adalah acak. Hal ini dapat terjadi karena kecepatan mengaduk yang tidak konstan saat pencampuran pati sagu, gula jagung dan plastik *polypropylene*, yang mengakibatkan terbentuknya gumpalan-gumpalan kecil.

Gumpalan-gumpalan ini menunjukkan bahwa pati sagu dan gula jagung tidak tercampur merata pada plastik *polypropylene*. Hal ini menyebabkan perbedaan kerapatan molekul dari setiap sampel yang dapat mempengaruhi nilai kuat tekan dan kuat lentur.

Tabel 4.7 Perbandingan permukaan sampel uji kuat lentur

No	Komposisi	Tanpa Penguburan	Sesudah Penguburan
1	90gr:10gr:0gr		
2	90gr:10gr:2gr		
3	90gr:10gr:4gr		
4	90gr:10gr:8gr		
5	90gr:10gr:10gr		

Acaknya persentase penurunan sifat mekanik, selain karena tidak meratanya pencampuran pati sagu dan gula jagung pada plastik *polypropylene* juga dikarenakan kurangnya waktu penguburan. Setiap material memiliki batas waktu penguburan tertentu hingga dapat terurai. Hal ini tergantung pada banyak faktor, diantaranya sifat hidrofobik, bahan aditif, proses produksi, struktur polimer, morfologi dan berat molekul bahan, mikroba pengurai, kelembaban tanah dan suhu, sehingga setelah penguburan selama 7 hari, belum diketahui komposisi plastik campuran yang paling cepat terurai. sehingga untuk dapat mengetahui plastik campuran yang dapat terurai dengan cepat, dibutuhkan penambahan waktu penguburan (Firdaus, 2004).

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari data yang diperoleh pada pengujian sifat mekanik (kuat lentur dan kuat tekan), dapat disimpulkan bahwa penambahan gula jagung mengakibatkan peningkatan sifat mekanik. Nilai mekanik terbaik dimiliki oleh sampel yang mengandung 10 gr gula jagung dengan nilai kuat lentur $96,9 \text{ kg/cm}^2$ dan nilai kuat tekan $87,04 \text{ kg/cm}^2$.

Jika ditinjau dari segi fisis, plastik campuran *polypropylene* pati sagu dan gula jagung merupakan plastik *biodegradable* karena permukaan plastik dapat terurai oleh mikroorganisme tanah dalam waktu 7 hari. Campuran plastik *polypropylene* pati sagu dengan kandungan 10 gr gula jagung merupakan plastik yang dapat terurai dengan cepat dengan sifat mekanik yang baik.

5.2 Saran

Disarankan kepada peneliti selanjutnya untuk lebih teliti saat pencampuran pati sagu dan gula jagung. Akan lebih baik jika menggunakan *blending* dalam proses peleburan dan pencampuran, yaitu proses pencampuran dengan menggunakan mesin pencampur. Agar persentase penurunan data kuat tekan dan kuat lentur dapat mendukung data fisis, disarankan untuk menambah variasi waktu penguburan.

Daftar Kepustakaan

- Abner, L. dan Miftahorrahman, 2002, *Keragaman Industri Sagu di Indonesia*, Warta Penelitian dan Pengembangan Tanaman Industri 8(1), <http://perkebunan.litbang.deptan.go.id.warta%20vol%208%20n%201%20juni%202002.htm>.
- Billmeyer, F.W. Jr, 1971, *Text Book of Polymer Science*, John Wiley and Sons, New York.
- Budiman N., 2003, *Polimer Biodegradable*, <http://www.kompas.com/0302/28/llpeng/151875.htm-35k>.
- Dian dkk, *Mengatasi Masalah Sampah Plastik Melalui Pemanfaatan Limbah Topioka*, Program Kreativitas Mahasiswa Fakultas teknologi Pertanian Universitas Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Emriadi, 2005, *Material Polimer*, Andalas University Press, Padang.
- Fahrudin, Sonai dan Indah, 2010, *Pembuatan Plastik Biodegradable Berbasis Ubi Kayu Dengan Aditif Senyawa Limonen Dari Kulit Jeruk Untuk Meningkatkan Elastisitas*, Program Kreativitas Mahasiswa Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Malang, Malang.
- Firdaus, F. dan Anwar, C., Juli 2004, *Potensi Limbah Padat-cair Industri Tepung Tapioka sebagai Bahan Baku Film Plastik Biodegradabel*, LOGIKA, Vol. 1, No. 2, Hal 38-44, Yogyakarta.
- Flieger MM, Kantorova A, Prell T, 2003, *Biodegradable Plastic From Renewable Sources*, J Folia Microbiol 48910:22-44.
- Gaman, P. M., dan K. B. Sherrington, 1992, *Ilmu Pangan; Pengantar Ilmu Pangan, Nutrisi dan Mikrobiologi*. Terjemahan M. Gardjito, S. Naruki, A Murdianti dan sardjono. UGM-Press, Yogyakarta.
- Gare&Timoshenka, 1990, *Mekanika Bahan* Jilid 1 Edisi ke 4, Erlangga, Jakarta.
- Haryadi, 2004. *2010 Masih Defisit Beras: Kembangkan Sagu untuk Tekan Impor Beras dalam Jangka Panjang*. <http://www.pikiran-rakyat.com> [10 Juni 2004].
- Haryanto, B. Dan P. Pangloli, 2002, *Potensi dan Pemanfaatan Sagu*, Kanisius, Yogyakarta.
- Harahap, A.P, 2009, *Pelapisan Melon Menggunakan Film Edibel dari Pati Ubi Kayu dengan Penambahan Sorbitol sebagai Zat Pemplastis*, skripsi

Departemen Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara, Medan.

Jensen, Alfred, dkk, 1984, *Kekuatan Bahan Terapan Edisi Ke-Empat*, Erlangga, Jakarta.

Juari, 2006, *Pembuatan Dan Karakterisasi dari Poly-3-Hidroksialkanoat (PHA) yang dihasilkan Ralstonia Eutropha Pada hidrolisat Pati Sagu dengan penambahan Dimetil Ftalat (DMF)*, Skripsi Jurusan Teknologi Industri Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Julianti, E., dan M. Nurminah, 2007, *Buku Ajar Teknologi Pengemasan*. <http://www.e-learning.com>.

Nolan-ITU, 2002, *Environment Australia: Biodegradable Plastics-Development and Environment Impact*. Melbourne: Nolan-ITU Pty Ltd.

Nogroho, KS, 2010, *Analisa Pengujian kekerasan Material Baja karbon Rendah, Besi, Tembaga, Serta Zn (seng) dengan menggunakan metode Uji kekerasan Brinell*. Tugas Akhir Program S1 Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pamulang, Tangerang Selatan.

Pranamuda, H, 2009, *Pengembangan Bahan Plastik Biodegradabel Berbahan Baku Pati Tropis*, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi Jakarta. Weblog Biology Resources on Shantybio.

Stevens, M.P, 2001, *Kimia Polimer*, PT Pradya Paramita, Jakarta.

Spink, W. P dan W.F. Waychoff 1958/1959 *Plasticizers*, Frados, Joel (ed.), *Modern Plastic Encyclopedia Issue*. Hildrent Press, Inc. New York.

Sulaiman, A. H., 1996, *Kimia dasar Untuk Pertanian*, USU-Press, Medan.

Sukardjo, 1985, *Ikatan Kimia*, Rineka Cipta, Yogyakarta.

Tranggono dan Sutardi, 1990, *Biokimia Dan Teknologi Pasca Panen*, PAU Pangan Dan Gizi UGM, Yogyakarta.

Teknopangan & Agroindustri, 2008, *Edibel film*, <http://www.teknopangan&agroindustri.com>, 6 Juni 2011.

Vilpoux O, Averous L. 2006. *Starch-Based Plastic*. Latin American Starchy Tubers.

- Whooila, *Simbol Daur Ulang pada Plastik*,
<http://www.whooila.com/2010/10/arti-7-simbol-daur-ulang-pada-plastik.html>,
8 Februari 2011.
- Zainuri. M, 2008, *Kekuatan Bahan*, Andi Off Set, Yogyakarta.
- Zhang QX, Yu ZZ, Xie XL, Naito K, Kagawa Y, 2007, *Preparation and crystalline morphology of biodegradable starch nanocomposites*, *Polymer* 48(24): 7193-7200.

Lampiran 1

Data Pengukuran Beban Patah Maksimum

1. Sebelum Penguburan

Sampel	P (kN)				
	90gr:10gr:0 gr	90gr:10gr:2gr	90gr:10gr:4gr	90gr:10gr:8 gr	90gr:10gr: 10 gr
1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,6
2	0,3	0,35	0,45	0,6	0,7
3	0,35	0,3	0,5	0,55	0,6

2. Sesudah Penguburan

Sampel	P (kN)				
	90gr:10gr:0 gr	90gr:10gr:2gr	90gr:10gr:4gr	90gr:10gr:8 gr	90gr:10gr:1 0gr
1	0,2	0,2	0,4	0,5	0,6
2	0,3	0,3	0,3	0,5	0,55
3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,55

Lampiran 2

Data Pengukuran Beban Pecah Maksimum

1. Sebelum Penguburan

Sampel	P (kN)				
	90gr:10gr:0 gr	90gr:10gr:2gr	90gr:10gr:4gr	90gr:10gr:8 gr	90gr:10gr:1 0gr
1	12	15	17	22	20
2	15	15	13	20	19
3	14	13	20	17	25

2. Sesudah Penguburan

Sampel	P (kN)				
	90gr:10gr:0 gr	90gr:10gr:2gr	90gr:10gr:4gr	90gr:10gr:8 gr	90gr:10gr:1 0gr
1	16	14	20	20	20
2	14	14	15	20	18
3	10	14	14	16	22

Lampiran 3

Perhitungan Kuat Lntur (f_r)

Kuat lentur dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$f_r = \frac{3P.l \times 102}{2B.H^2} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

Keterangan:

- P : beban patah maksimum (kg)
- l : jarak tumpuan (cm)
- B : lebar rata-rata benda uji (cm)
- H : tebal rata-rata benda uji (cm)
- f_r : kuat lentur (kg/cm²)

1. Perhitungan Kuat lentur Sebelum Penguburan

a. Sampel 1 untuk 90gr:10gr:0gr

Dik : $P = 0,2$ kN dan $l = 0,8 \times 15$ cm = 12 cm

$$f_r = \frac{3P.l \times 102}{2B.H^2}$$

$$f_r = \frac{3 \times 0,2 \times 12 \times 102}{2 \cdot 3 \cdot 2^2}$$

$$f_r = 30,6 \text{ kg/cm}^2$$

b. Sampel 2 untuk 90gr:10gr:0gr

Dik : $P = 0,3$ kN dan $l = 0,8 \times 15$ cm = 12 cm

$$f_r = \frac{3P.l \times 102}{2B.H^2}$$

$$fr = \frac{3 \times 0,3 \times 12 \times 102}{2.3.2^2}$$

$$fr = 45,9 \text{ kg/cm}^2$$

c. Sampel 3 untuk 90gr:10gr:0gr

Dik : $P = 0,35 \text{ kN}$ dan $l = 0,8 \times 15 \text{ cm} = 12 \text{ cm}$

$$fr = \frac{3 P.l \times 102}{2.B.H^2}$$

$$fr = \frac{3 \times 0,35 \times 12 \times 102}{2.3.2^2}$$

$$fr = 53,55 \text{ kg/cm}^2$$

• **Nilai rata-rata untuk sampel 90gr:10gr:0gr**

$$fr = \frac{30,6 + 45,9 + 53,55}{3}$$

$$fr = 43,35 \text{ kg/cm}^2$$

d. Sampel 1 untuk 90gr:10gr:2gr

Dik : $P = 0,3 \text{ kN}$ dan $l = 0,8 \times 15 \text{ cm} = 12 \text{ cm}$

$$fr = \frac{3 P.l \times 102}{2.B.H^2}$$

$$fr = \frac{3 \times 0,3 \times 12 \times 102}{2.3.2^2}$$

$$fr = 45,9 \text{ kg/cm}^2$$

e. Sampel 2 untuk 90gr:10gr:2gr

Dik : $P = 0,35 \text{ kN}$ dan $l = 0,8 \times 15 \text{ cm} = 12 \text{ cm}$

$$fr = \frac{3 P.l \times 102}{2.B.H^2}$$

$$fr = \frac{3 \times 0,35 \times 12 \times 102}{2.3.2^2}$$

$$fr = 53,55 \text{ kg/cm}^2$$

f. Sampel 3 untuk 90gr:10gr:2gr

Dik : $P = 0,3$ kN dan $l = 0,8 \times 15$ cm = 12 cm

$$fr = \frac{3 P.l \times 102}{2.B.H^2}$$

$$fr = \frac{3 \times 0,3 \times 12 \times 102}{2.3.2^2}$$

$$fr = 45,9 \text{ kg/cm}^2$$

- **Nilai rata-rata untuk 90gr:10gr:2gr**

$$fr = \frac{45,9 + 53,55 + 45,9}{3}$$

$$fr = 48,45 \text{ kg/cm}^2$$

g. Sampel 1 untuk 90gr:10gr:4gr

Dik : $P = 0,4$ kN dan $l = 0,8 \times 15$ cm = 12 cm

$$fr = \frac{3 P.l \times 102}{2.B.H^2}$$

$$fr = \frac{3 \times 0,4 \times 12 \times 102}{2.3.2^2}$$

$$fr = 61,2 \text{ kg/cm}^2$$

h. Sampel 2 untuk 90gr:10gr:4gr

Dik : $P = 0,45$ kN dan $l = 0,8 \times 15$ cm = 12 cm

$$fr = \frac{3 P.l \times 102}{2.B.H^2}$$

$$fr = \frac{3 \times 0,45 \times 12 \times 102}{2.3.2^2}$$

$$fr = 68,85 \text{ kg/cm}^2$$

i. Sampel 3 untuk 90gr:10gr:4gr

Dik : $P = 0,5$ kN dan $l = 0,8 \times 15$ cm = 12 cm

$$fr = \frac{3 P.l x 102}{2.B.H^2}$$

$$fr = \frac{3 x 0,5 x 12 x 102}{2.3.2^2}$$

$$fr = 76,5 \text{ kg/cm}^2$$

- Nilai rata-rata untuk 90gr:10gr:4gr

$$fr = \frac{61,2 + 68,85 + 76,5}{3}$$

$$fr = 68,85 \text{ kg/cm}^2$$

- j. Sampel 1 untuk 90gr:10gr:8gr

Dik : $P = 0,6 \text{ kN}$ dan $l = 0,8 x 15 \text{ cm} = 12 \text{ cm}$

$$fr = \frac{3 P.l x 102}{2.B.H^2}$$

$$fr = \frac{3 x 0,6 x 12 x 102}{2.3.2^2}$$

$$fr = 91,8 \text{ kg/cm}^2$$

- k. Sampel 2 untuk 90gr:10gr:8gr

Dik : $P = 0,6 \text{ kN}$ dan $l = 0,8 x 15 \text{ cm} = 12 \text{ cm}$

$$fr = \frac{3 P.l x 102}{2.B.H^2}$$

$$fr = \frac{3 x 0,6 x 12 x 102}{2.3.2^2}$$

$$fr = 91,8 \text{ kg/cm}^2$$

- l. Sampel 3 untuk 90gr:10gr:8gr

Dik : $P = 0,55 \text{ kN}$ dan $l = 0,8 x 15 \text{ cm} = 12 \text{ cm}$

$$fr = \frac{3 P.l x 102}{2.B.H^2}$$

$$fr = \frac{3 x 0,55 x 12 x 102}{2.3.2^2}$$

$$fr = 84,15 \text{ kg/cm}^2$$

- **Nilai rata-rata untuk 90gr:10gr:8gr**

$$fr = \frac{91,8 + 91,8 + 84,15}{3}$$

$$fr = 89,25 \text{ kg/cm}^2$$

- m. Sampel 1 untuk 90gr:10gr:10gr**

Dik : $P = 0,6 \text{ kN}$ dan $l = 0,8 \times 15 \text{ cm} = 12 \text{ cm}$

$$fr = \frac{3 P.l \times 102}{2.B.H^2}$$

$$fr = \frac{3 \times 0,6 \times 12 \times 102}{2.3.2^2}$$

$$fr = 91,8 \text{ kg/cm}^2$$

- n. Sampel 2 untuk 90gr:10gr:10gr**

Dik : $P = 0,7 \text{ kN}$ dan $l = 0,8 \times 15 \text{ cm} = 12 \text{ cm}$

$$fr = \frac{3 P.l \times 102}{2.B.H^2}$$

$$fr = \frac{3 \times 0,7 \times 12 \times 102}{2.3.2^2}$$

$$fr = 107,1 \text{ kg/cm}^2$$

- o. Sampel 3 untuk 90gr:10gr:10gr**

Dik : $P = 0,6 \text{ kN}$ dan $l = 0,8 \times 15 \text{ cm} = 12 \text{ cm}$

$$fr = \frac{3 P.l \times 102}{2.B.H^2}$$

$$fr = \frac{3 \times 0,6 \times 12 \times 102}{2.3.2^2}$$

$$fr = 91,8 \text{ kg/cm}^2$$

- Nilai rata-rata untuk 90gr:10gr:10gr

$$fr = \frac{91,8 + 107,1 + 91,8}{3}$$

$$fr = 96,9 \text{ kg/cm}^2$$

2. Perhitungan Kuat lentur Sesudah Penguburan

a. Sampel 1 untuk 90gr:10gr:0gr

Dik : $P = 0,2 \text{ kN}$ dan $l = 0,8 \times 15 \text{ cm} = 12 \text{ cm}$

$$fr = \frac{3P.l \times 10^2}{2B.H^2}$$

$$fr = \frac{3 \times 0,2 \times 12 \times 10^2}{2.3.2^2}$$

$$fr = 30,6 \text{ kg/cm}^2$$

b. Sampel 2 untuk 90gr:10gr:0gr

Dik : $P = 0,3 \text{ kN}$ dan $l = 0,8 \times 15 \text{ cm} = 12 \text{ cm}$

$$fr = \frac{3P.l \times 10^2}{2.B.H^2}$$

$$fr = \frac{3 \times 0,3 \times 12 \times 10^2}{2.3.2^2}$$

$$fr = 45,9 \text{ kg/cm}^2$$

c. Sampel 3 untuk 90gr:10gr:0gr

Dik : $P = 0,3 \text{ kN}$ dan $l = 0,8 \times 15 \text{ cm} = 12 \text{ cm}$

$$fr = \frac{3P.l \times 10^2}{2.B.H^2}$$

$$fr = \frac{3 \times 0,3 \times 12 \times 10^2}{2.3.2^2}$$

$$fr = 45,9 \text{ kg/cm}^2$$

• Nilai rata-rata untuk 90gr:10gr:0gr

$$fr = \frac{30,6 + 45,9 + 45,9}{3}$$

$$fr = 40,8 \text{ kg/cm}^2$$

d. Sampel 1 untuk 90gr:10gr:2gr

Dik : $P = 0,2 \text{ kN}$ dan $l = 0,8 \times 15 \text{ cm} = 12 \text{ cm}$

$$fr = \frac{3 P.l \times 102}{2.B.H^2}$$

$$fr = \frac{3 \times 0,2 \times 12 \times 102}{2.3.2^2}$$

$$fr = 30,6 \text{ kg/cm}^2$$

e. Sampel 2 untuk 90gr:10gr:2gr

Dik : $P = 0,3 \text{ kN}$ dan $l = 0,8 \times 15 \text{ cm} = 12 \text{ cm}$

$$fr = \frac{3 P.l \times 102}{2.B.H^2}$$

$$fr = \frac{3 \times 0,3 \times 12 \times 102}{2.3.2^2}$$

$$fr = 45,9 \text{ kg/cm}^2$$

f. Sampel 3 untuk 90gr:10gr:2gr

Dik : $P = 0,4 \text{ kN}$ dan $l = 0,8 \times 15 \text{ cm} = 12 \text{ cm}$

$$fr = \frac{3 P.l \times 102}{2.B.H^2}$$

$$fr = \frac{3 \times 0,4 \times 12 \times 102}{2.3.2^2}$$

$$fr = 61,2 \text{ kg/cm}^2$$

• Nilai rata-rata untuk 90gr:10gr:2gr

$$fr = \frac{30,6 + 45,9 + 61,2}{3}$$

$$fr = 45,9 \text{ kg/cm}^2$$

g. Sampel 1 untuk 90gr:10gr:4gr

Dik : $P = 0,4 \text{ kN}$ dan $l = 0,8 \times 15 \text{ cm} = 12 \text{ cm}$

$$fr = \frac{3 P.l \times 102}{2.B.H^2}$$

$$fr = \frac{3 \times 0,4 \times 12 \times 102}{2.3.2^2}$$

$$fr = 61,2 \text{ kg/cm}^2$$

h. Sampel 2 untuk 90gr:10gr:4gr

Dik : $P = 0,3 \text{ kN}$ dan $l = 0,8 \times 15 \text{ cm} = 12 \text{ cm}$

$$fr = \frac{3 P.l \times 102}{2.B.H^2}$$

$$fr = \frac{3 \times 0,3 \times 12 \times 102}{2.3.2^2}$$

$$fr = 45,9 \text{ kg/cm}^2$$

i. Sampel 3 untuk 90gr:10gr:4gr

Dik : $P = 0,4 \text{ kN}$ dan $l = 0,8 \times 15 \text{ cm} = 12 \text{ cm}$

$$fr = \frac{3 P.l \times 102}{2.B.H^2}$$

$$fr = \frac{3 \times 0,4 \times 12 \times 102}{2.3.2^2}$$

$$fr = 61,2 \text{ kg/cm}^2$$

• Nilai rata-rata untuk 90gr:10gr:4gr

$$fr = \frac{61,2 + 45,9 + 61,2}{3}$$

$$fr = 56,1 \text{ kg/cm}^2$$

j. Sampel 1 untuk 90gr:10gr:8gr

Dik : $P = 0,5 \text{ kN}$ dan $l = 0,8 \times 15 \text{ cm} = 12 \text{ cm}$

$$f_r = \frac{3 P.l \times 102}{2.B.H^2}$$

$$f_r = \frac{3 \times 0,5 \times 12 \times 102}{2.3.2^2}$$

$$f_r = 76,5 \text{ kg/cm}^2$$

k. Sampel 2 untuk 90gr:10gr:8gr

Dik : $P = 0,5 \text{ kN}$ dan $l = 0,8 \times 15 \text{ cm} = 12 \text{ cm}$

$$f_r = \frac{3 P.l \times 102}{2.B.H^2}$$

$$f_r = \frac{3 \times 0,5 \times 12 \times 102}{2.3.2^2}$$

$$f_r = 76,5 \text{ kg/cm}^2$$

l. Sampel 3 untuk 90gr:10gr:8gr

Dik : $P = 0,5 \text{ kN}$ dan $l = 0,8 \times 15 \text{ cm} = 12 \text{ cm}$

$$f_r = \frac{3 P.l \times 102}{2.B.H^2}$$

$$f_r = \frac{3 \times 0,5 \times 12 \times 102}{2.3.2^2}$$

$$f_r = 76,5 \text{ kg/cm}^2$$

- **Nilai rata-rata untuk 90gr:10gr:8gr**

$$f_r = \frac{76,5 + 76,5 + 76,5}{3}$$

$$f_r = 76,5 \text{ kg/cm}^2$$

m. Sampel 1 untuk 90gr:10gr:10gr

Dik : $P = 0,6 \text{ kN}$ dan $l = 0,8 \times 15 \text{ cm} = 12 \text{ cm}$

$$f_r = \frac{3 P.l \times 102}{2.B.H^2}$$

$$f_r = \frac{3 \times 0,6 \times 12 \times 102}{2.3.2^2}$$

$$f_r = 91,8 \text{ kg/cm}^2$$

n. Sampel 2 untuk 90gr:10gr:10gr

Dik : $P = 0,55 \text{ kN}$ dan $l = 0,8 \times 15 \text{ cm} = 12 \text{ cm}$

$$f_r = \frac{3 P.l \times 102}{2.B.H^2}$$

$$f_r = \frac{3 \times 0,55 \times 12 \times 102}{2.3.2^2}$$

$$f_r = 84,15 \text{ kg/cm}^2$$

o. Sampel 3 untuk 90gr:10gr:10gr

Dik : $P = 0,55 \text{ kN}$ dan $l = 0,8 \times 15 \text{ cm} = 12 \text{ cm}$

$$f_r = \frac{3 P.l \times 102}{2.B.H^2}$$

$$f_r = \frac{3 \times 0,55 \times 12 \times 102}{2.3.2^2}$$

$$f_r = 84,15 \text{ kg/cm}^2$$

• Nilai rata-rata untuk 90gr:10gr:10gr

$$f_r = \frac{91,8 + 84,15 + 84,15}{3}$$

$$f_r = 86,7 \text{ kg/cm}^2$$

Lampiran 4

Perhitungan Kuat Tekan (σ_l)

Kuat tekan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\sigma_l = \frac{p \times 102}{A_0} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

Keterangan :

σ_l = kekuatan tekan (kg/cm²)

P = beban maksimum yang diberikan (kg)

A_0 = luas penampang benda uji (cm²)

1. Perhitungan Kuat tekan Sebelum Penguburan

a. Sampel 1 untuk 90gr:10gr:0gr

Dik : $P = 12 \text{ kN}$ dan $A_0 = 25 \text{ cm}^2$

$$\sigma_l = \frac{p \times 102}{A_0}$$

$$\sigma_l = \frac{12 \times 102}{25}$$

$$\sigma_l = 48,96 \text{ kg/cm}^2$$

b. Sampel 2 untuk 90gr:10gr:0gr

Dik : $P = 15 \text{ kN}$ dan $A_0 = 25 \text{ cm}^2$

$$\sigma_l = \frac{p \times 102}{A_0}$$

$$\sigma_l = \frac{15 \times 102}{25}$$

$$\sigma_l = 61,2 \text{ kg/cm}^2$$

c. Sampel 3 untuk 90gr:10gr:0gr

Dik : $P = 14 \text{ kN}$ dan $A_0 = 25 \text{ cm}^2$

$$\sigma_l = \frac{p \times 102}{A_0}$$

$$\sigma_l = \frac{14 \times 102}{25}$$

$$\sigma_l = 57,12 \text{ kg/cm}^2$$

• **Nilai rata-rata untuk 90gr:10gr:0gr**

$$\sigma_l = \frac{48,96 + 61,2 + 57,12}{3}$$

$$\sigma_l = 55,76 \text{ kg/cm}^2$$

d. Sampel 1 untuk 90gr:10gr:2gr

Dik : $P = 15 \text{ kN}$ dan $A_0 = 25 \text{ cm}^2$

$$\sigma_l = \frac{p \times 102}{A_0}$$

$$\sigma_l = \frac{15 \times 102}{25}$$

$$\sigma_l = 61,2 \text{ kg/cm}^2$$

e. Sampel 2 untuk 90gr:10gr:2gr

Dik : $P = 15 \text{ kN}$ dan $A_0 = 25 \text{ cm}^2$

$$\sigma_l = \frac{p \times 102}{A_0}$$

$$\sigma_l = \frac{15 \times 102}{25}$$

$$\sigma_l = 61,2 \text{ kg/cm}^2$$

f. Sampel 3 untuk 90gr:10gr:2gr

Dik : $P = 13 \text{ kN}$ dan $A_0 = 25 \text{ cm}^2$

$$\sigma_l = \frac{p \times 102}{A_0}$$

$$\sigma_l = \frac{13 \times 102}{25}$$

$$\sigma_l = 53,04 \text{ kg/cm}^2$$

• **Nilai rata-rata untuk 90gr:10gr:2gr**

$$\sigma_l = \frac{61,2 + 61,2 + 53,04}{3}$$

$$\sigma_l = 58,48 \text{ kg/cm}^2$$

g. Sampel 1 untuk 90gr:10gr:4gr

Dik : $P = 17 \text{ kN}$ dan $A_0 = 25 \text{ cm}^2$

$$\sigma_l = \frac{p \times 102}{A_0}$$

$$\sigma_l = \frac{17 \times 102}{25}$$

$$\sigma_l = 69,36 \text{ kg/cm}^2$$

h. Sampel 2 untuk 90gr:10gr:4gr

Dik : $P = 13 \text{ kN}$ dan $A_0 = 25 \text{ cm}^2$

$$\sigma_l = \frac{p \times 102}{A_0}$$

$$\sigma_l = \frac{13 \times 102}{25}$$

$$\sigma_l = 53,04 \text{ kg/cm}^2$$

i. Sampel 3 untuk 90gr:10gr:4gr

Dik : $P = 20 \text{ kN}$ dan $A_0 = 25 \text{ cm}^2$

$$\sigma_l = \frac{p \times 102}{A_0}$$

$$\sigma_l = \frac{20 \times 102}{25}$$

$$\sigma_l = 81,6 \text{ kg/cm}^2$$

• Nilai rata-rata untuk 90gr:10gr:4gr

$$\sigma_l = \frac{69,36 + 53,04 + 81,6}{3}$$

$$\sigma_l = 68 \text{ kg/cm}^2$$

j. Sampel 1 untuk 90gr:10gr:8gr

Dik : $P = 22 \text{ kN}$ dan $A_0 = 25 \text{ cm}^2$

$$\sigma_l = \frac{p \times 102}{A_0}$$

$$\sigma_l = \frac{22 \times 102}{25}$$

$$\sigma_l = 89,76 \text{ kg/cm}^2$$

k. Sampel 2 untuk 90gr:10gr:8gr

Dik : $P = 20 \text{ kN}$ dan $A_0 = 25 \text{ cm}^2$

$$\sigma_l = \frac{p \times 102}{A_0}$$

$$\sigma_l = \frac{20 \times 102}{25}$$

$$\sigma_l = 81,6 \text{ kg/cm}^2$$

l. Sampel 3 untuk 90gr:10gr:8gr

Dik : $P = 17 \text{ kN}$ dan $A_0 = 25 \text{ cm}^2$

$$\sigma_l = \frac{p \times 102}{A_0}$$

$$\sigma_l = \frac{17 \times 102}{25}$$

$$\sigma_l = 69,36 \text{ kg/cm}^2$$

• Nilai rata-rata untuk 90gr:10gr:8gr

$$\sigma_l = \frac{89,76 + 81,6 + 69,36}{3}$$

$$\sigma_l = 80,24 \text{ kg/cm}^2$$

m. Sampel 1 untuk 90gr:10gr:10gr

Dik : $P = 20 \text{ kN}$ dan $A_0 = 25 \text{ cm}^2$

$$\sigma_l = \frac{p \times 102}{A_0}$$

$$\sigma_l = \frac{20 \times 102}{25}$$

$$\sigma_l = 81,6 \text{ kg/cm}^2$$

n. Sampel 2 untuk 90gr:10gr:10gr

Dik : $P = 19 \text{ kN}$ dan $A_0 = 25 \text{ cm}^2$

$$\sigma_l = \frac{p \times 102}{A_0}$$

$$\sigma_l = \frac{19 \times 102}{25}$$

$$\sigma_l = 77,52 \text{ kg/cm}^2$$

o. Sampel 3 untuk 90gr:10gr:10gr

Dik : $P = 25 \text{ kN}$ dan $A_0 = 25 \text{ cm}^2$

$$\sigma_l = \frac{p \times 102}{A_0}$$

$$\sigma_l = \frac{25 \times 102}{25}$$

$$\sigma_l = 102 \text{ kg/cm}^2$$

• Nilai rata-rata untuk 90gr:10gr:10gr

$$\sigma_l = \frac{81,6 + 77,52 + 102}{3}$$

$$\sigma_l = 87,04 \text{ kg/cm}^2$$

2. Perhitungan Kuat lentur Sesudah Penguburan

a. Sampel 1 untuk 90gr:10gr:0gr

Dik : $P = 16 \text{ kN}$ dan $A_0 = 25 \text{ cm}^2$

$$\sigma_l = \frac{p \times 102}{A_0}$$

$$\sigma_l = \frac{16 \times 102}{25}$$

$$\sigma_l = 65,28 \text{ kg/cm}^2$$

b. Sampel 2 untuk 90gr:10gr:0gr

Dik : $P = 14 \text{ kN}$ dan $A_0 = 25 \text{ cm}^2$

$$\sigma_l = \frac{p \times 102}{A_0}$$

$$\sigma_l = \frac{14 \times 102}{25}$$

$$\sigma_l = 57,12 \text{ kg/cm}^2$$

c. Sampel 3 untuk 90gr:10gr:0gr

Dik : $P = 10 \text{ kN}$ dan $A_0 = 25 \text{ cm}^2$

$$\sigma_l = \frac{p \times 102}{A_0}$$

$$\sigma_l = \frac{10 \times 102}{25}$$

$$\sigma_l = 40,8 \text{ kg/cm}^2$$

• Nilai rata-rata untuk 90gr:10gr:0gr

$$\sigma_l = \frac{65,28 + 57,12 + 40,8}{3}$$

$$\sigma_l = 54,4 \text{ kg/cm}^2$$

d. Sampel 1 untuk 90gr:10gr:2gr

Dik : $P = 14 \text{ kN}$ dan $A_0 = 25 \text{ cm}^2$

$$\sigma_l = \frac{p \times 102}{A_0}$$

$$\sigma_l = \frac{14 \times 102}{25}$$

$$\sigma_l = 57,12 \text{ kg/cm}^2$$

e. Sampel 2 untuk 90gr:10gr:2gr

Dik : $P = 14 \text{ kN}$ dan $A_0 = 25 \text{ cm}^2$

$$\sigma_l = \frac{p \times 102}{A_0}$$

$$\sigma_l = \frac{14 \times 102}{25}$$

$$\sigma_l = 57,12 \text{ kg/cm}^2$$

f. Sampel 3 untuk 90gr:10gr:2gr

Dik : $P = 14 \text{ kN}$ dan $A_0 = 25 \text{ cm}^2$

$$\sigma_l = \frac{p \times 102}{A_0}$$

$$\sigma_l = \frac{14 \times 102}{25}$$

$$\sigma_l = 57,12 \text{ kg/cm}^2$$

- **Nilai rata-rata untuk 90gr:10gr:2gr**

$$\sigma_l = \frac{57,12 + 57,12 + 57,12}{3}$$

$$\sigma_l = 57,12 \text{ kg/cm}^2$$

g. Sampel 1 untuk 90gr:10gr:4gr

Dik : $P = 20 \text{ kN}$ dan $A_0 = 25 \text{ cm}^2$

$$\sigma_l = \frac{p \times 102}{A_0}$$

$$\sigma_l = \frac{20 \times 102}{25}$$

$$\sigma_l = 81,6 \text{ kg/cm}^2$$

h. Sampel 2 untuk 90gr:10gr:4gr

Dik : $P = 15 \text{ kN}$ dan $A_0 = 25 \text{ cm}^2$

$$\sigma_l = \frac{p \times 102}{A_0}$$

$$\sigma_l = \frac{15 \times 102}{25}$$

$$\sigma_l = 61,2 \text{ kg/cm}^2$$

i. Sampel 3 untuk 90gr:10gr:4gr

Dik : $P = 14 \text{ kN}$ dan $A_0 = 25 \text{ cm}^2$

$$\sigma_l = \frac{p \times 102}{A_0}$$

$$\sigma_l = \frac{14 \times 102}{25}$$

$$\sigma_l = 57,12 \text{ kg/cm}^2$$

• **Nilai rata-rata untuk untuk 90gr:10gr:4gr**

$$\sigma_l = \frac{81,6 + 61,2 + 57,12}{3}$$

$$\sigma_l = 66,64 \text{ kg/cm}^2$$

j. Sampel 1 untuk 90gr:10gr:8gr

Dik : $P = 20 \text{ kN}$ dan $A_0 = 25 \text{ cm}^2$

$$\sigma_l = \frac{p \times 102}{A_0}$$

$$\sigma_l = \frac{20 \times 102}{25}$$

$$\sigma_l = 81,6 \text{ kg/cm}^2$$

k. Sampel 2 untuk 90gr:10gr:8gr

Dik : $P = 20 \text{ kN}$ dan $A_0 = 25 \text{ cm}^2$

$$\sigma_l = \frac{p \times 102}{A_0}$$

$$\sigma_l = \frac{20 \times 102}{25}$$

$$\sigma_l = 81,6 \text{ kg/cm}^2$$

l. Sampel 3 untuk 90gr:10gr:8gr

Dik : $P = 16 \text{ kN}$ dan $A_0 = 25 \text{ cm}^2$

$$\sigma_l = \frac{p \times 102}{A_0}$$

$$\sigma_l = \frac{16 \times 102}{25}$$

$$\sigma_l = 65,28 \text{ kg/cm}^2$$

• **Nilai rata-rata untuk 90gr:10gr:8gr**

$$\sigma_l = \frac{81,6 + 81,6 + 65,28}{3}$$

$$\sigma_l = 76,16 \text{ kg/cm}^2$$

m. Sampel 1 untuk 90gr:10gr:10gr

Dik : $P = 20 \text{ kN}$ dan $A_0 = 25 \text{ cm}^2$

$$\sigma_l = \frac{p \times 102}{A_0}$$

$$\sigma_l = \frac{20 \times 102}{25}$$

$$\sigma_l = 81,6 \text{ kg/cm}^2$$

n. Sampel 2 untuk 90gr:10gr:10gr

Dik : $P = 18 \text{ kN}$ dan $A_0 = 25 \text{ cm}^2$

$$\sigma_l = \frac{p \times 102}{A_0}$$

$$\sigma_l = \frac{18 \times 102}{25}$$

$$\sigma_l = 73,44 \text{ kg/cm}^2$$

o. Sampel 3 untuk 90gr:10gr:10gr

Dik : $P = 22 \text{ kN}$ dan $A_0 = 25 \text{ cm}^2$

$$\sigma_l = \frac{p \times 102}{A_0}$$

$$\sigma_l = \frac{22 \times 102}{25}$$

$$\sigma_l = 89,76 \text{ kg/cm}^2$$

- **Nilai rata-rata untuk 90gr:10gr:10gr**

$$\sigma_l = \frac{81,6 + 73,44 + 89,76}{3}$$

$$\sigma_l = 81,6 \text{ kg/cm}^2$$

Lampiran 5
Dokumentasi Penelitian



Gambar 1. Pengukuran kuat tekan



Gambar 2. Pengukuran kuat tarik



Gambar 3. Sampel Kuat Tekan



Gambar 4. Cetakan kuat tekan dan kuat tarik



Gambar 5. Pelelehan plastik