



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 PATI TAPIOKA TERHADAP SIFAT MEKANIK PLASTIK CAMPURAN POLYPROPYLENE DAN GULA JANGUNG**

**SKRIPSI**



**LEKSI  
07135055**

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

SKRIPSI

PENGARUH PENAMBAHAN PATI TAPIOKA TERHADAP SIFAT  
MEKANIK PLASTIK CAMPURAN *POLYPROPYLENE* DAN GULA JAGUNG

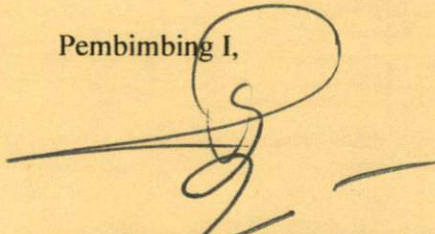
Yang disusun oleh

LEKSI

07 135 055

Telah dipertahankan didepan penguji  
Pada tanggal 5 Juli 2011  
Dan dinyatakan lulus memenuhi syarat

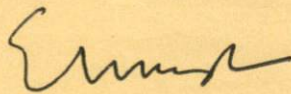
Pembimbing I,



Drs. Sri Mulyadi Dt. Basa, M.Si

NIP. 195208011986101001

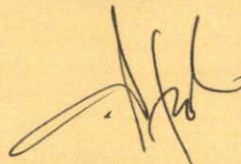
Pembimbing II,



DR. Elvis Adril, ST, MT

NIP. 196403031990031001

Penguji I,



Astuti, M.Si

NIP:198108142005012002

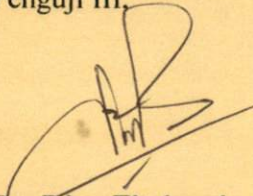
Penguji II,



Ardian Putra, M.Si

NIP:198304222005011002

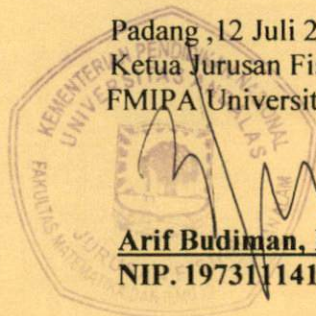
Penguji III,



Dr. Dian Fitriyani

NIP:197012151999032001

Padang, 12 Juli 2011  
Ketua Jurusan Fisika  
FMIPA Universitas Andalas, Padang



Arif Budiman, M.Si

NIP. 197311141999031004

# بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

## Ucapan terima kasih untuk :

- **ALLAH SWT**

Terima kasih ya Allah atas semua karuniaMu,, Kau berikan waktu hambaMu ini untuk menyelesaikan skripsi dan ini merupakan suatu kebanggaan orang tua terhadap hamba..

- **Ayah & Bunda**

Terima kasih atas cinta dan sayang yang tak pernah putus serta doa yang selalu terpanjat untuk anakmu ini ayah & bunda,,semangat, dukungan hingga anakmu dapat menyelesaikan kuliah dengan tepat waktu...semuanya ku berikan untuk kalian & kalian adalah tumpuan hidupku...

- **Keluarga besar\_Q tercinta**

Terima kasih untuk dukungan kalian semua, terima kasih untuk cinta & sayangnya, yuk yen : kerja yang rajin y dan jangan lupa tersenyum, k hengki, k heri, k dadi : kalian adalah kk q yang selalu aq cintai... teruntuk k budi : aq harap kk bisa tersenyum melihatku dari sana, siput : jangan nkal n sekolah yang rajin,,,  
Aq mencintai kalian semua.....

- **Kekasih dan sahabat q (Andris prima Satrio)**

Terima kasih bwt semua cinta & syngmu untukku selama ini, dukungan dan senyummu adalah semangatku,, trmksh quank krn slalu mendengarkan cerita q, yang selalu ada dalam setiap tangisan dan tawa q, yg selalu mengrti aq, yg selalu nlongi aq, n yg selalu menyayngi q... quank adalah yg terbaik...

- **Orang tua keduaku**

Pembimbingku pak mul dan pak elvis, Terima kasih sudah bersedia menjadi orang tua Shipny selama ini, mendengar keluh kesah dalam membuat skripsi. To pak mul : pak terima kasih banyak..banyak.. banyak sekali ya pak telah membimbing leksi selama ini, Insyah Allah akan leksi terapkan untuk perjuangan selanjutnya.

To pak Bun : Bapak terima kasih banyak juga ya pak atas semua bantuan bapak  
Bapak & Ibu adalah pahlawan tanpa tanda jasa,, akan ku ingat selalu kenangan indah  
ini...

- **Kaur Group**

yuk chip, bungsu, ua ncuz, bucik, abank ans, jai, fili, micky... Terlalu banyak kenangan  
bersama kalian hingga tak bias ku sebutkan satu persatu, baik suka maupun duka... terima  
kasih buat persahabatan kita selama ini,, semoga akan terus terjaga ..mari kita bangun  
kaur...cayoooooooo...

- **Temen seperjuangan**

Elvi, feni, anas,,,,,,Trmksh y udh bantuin aq,,,n perjuangan qt bersama selalu yang  
terindah....duka senang qt lwti brng2....

- **All Basic Science '07**

To S.Si : atun, yesi, dhea, jai...akfirmnya kami menyusul kalian ^\_^ fiore fiore..

Curup group: jicHan, santi, dedi, yogi, rodi...thankyu thankyu segalonyo yo,, balik jadi S.Si  
galo kito dak, mudah"an ado yang jadi bupati di masa datang..amin... hehehehe

Dharmasraya, simelu, nias, nias selatan & mentawai group yang tak bias ku sebutkan nama  
kalian satu persatu..indah sekali kenangan bersama BS selama 4 tahun ini...akan terkenang  
selalu selamanya...

- **All Basic Science '06**

Buat bapak & ibu guru BS 06,,terima kasih telah menjadi kakak yang baik buat  
kami... ^\_^ kami segera menyusul jadi guru juga hehehe

- **Kost Cantik Bunda (KCB)**

Special for : Nak nun, Febria miss U, juni, siti, intan, okta (tubin), mbk ul, unge", eca, rere,  
buk dina, buk lisa, tia, buk fit, ceceh & ayu...tak mau meninggalkan kalian semua,  
sungguh indah kekeluargaan di sini (KCB)...pengen masak bareng lagi,,semoga dimasa  
depan menjadi wanita" yang lebih hebat lagi ^\_^

- **Fisika '07**

Hidup relativitas..!!!



## ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian tentang pengaruh penambahan pati tapioka terhadap sifat mekanik pada plastik campuran *polypropylene* dengan gula jagung. Pada penelitian ini dibuat 5 variasi sampel yang berbeda. Hasil menunjukkan bahwa kuat lentur dan kuat tekan plastik mengalami kenaikan setelah diberi gula jagung dan mengalami penurunan setelah diberi pati tapioka. Semakin besar penambahan pati tapioka semakin besar juga penurunan nilai kuat lentur dan kuat tekannya. Setelah penguburan, nilai kuat lentur dan kuat tekan plastik yang diberi campuran mengalami penurunan yang lebih besar dibandingkan dengan tanpa campuran, hal ini menunjukkan plastik yang diberi campuran terbiodegradabilitas lebih cepat.

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

## ABSTRACT

Research about addition influence tapioca starch on mechanical characteristic of plastic of intervention polypropylene and corn sugar has been done. In this study created five different variations of samples. The results showed the flexural strength and compressive strength of plastic has increased after being given sugar corn and declined after being given tapioca starch. The greater addition of tapioca starch are lowering the value of flexural strength and compressive strength. After the burial, the flexural strength and compressive strength have experience greater decline for plastic with intervention in proportion to without intervention, that showed plastic with intervention is biodegradability faster.

Key words : Flexural strength, compressive strength, biodegradability, polypropylene, tapioca starch and corn sugar

## KATA PENGANTAR

Bismillahirrohmanirrohim..

Puji dan syukur kehadiran ALLAH SWT, atas rahmat dan karunia-NYA, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan tugas akhir yang berjudul “Pengaruh Penambahan Pati Tapioka Terhadap Sifat Mekanik Dengan Gula Jagung Sebagai Pemplastis”. 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 untuk 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 Dt,Basa M.Si sebagai pembimbing utama yang telah memberikan waktu, pikiran, petunjuk, saran dan bantuan selama penyelesaian skripsi serta motivasi dan nasihat.
2. Dr. Elvis Adril, ST. MT sebagai pembimbing kedua yang telah memberi petunjuk, saran, arahan dan bantuan pada penelitian ini.
3. 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.

4. Karyawan Barestand terutama Bang Tommy dan Pak didin, terimakasih atas sambutan yang hangat, arahan, bantuan, bimbingan dan saran yang telah diberikan selama melakukan penelitian.
5. Pak win, terima kasih atas bantuannya saat memcetak pastik.
6. Kedua orang tua, terimakasih untuk semua doa yang tak pernah putus, kasih sayang, semangat, bantuan dan dorongan. Paman, Bibi, Kakak, ayuk ku, terimakasih banyak atas motivasi, semangat dan bantuan sehingga skripsi ini dapat selesai dan berjalan lancar.
7. Untuk teman-teman BS Fisika dan Matematika 07 serta teman-teman fisika 07 atas semangat selama perkuliahan.

Dalam penulisan skripsi ini, penulis 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, 08 Juli 2011

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>ABSTRAK</b> .....	i
<b>ABSTRACT</b> .....	ii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	v
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	viii
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	ix
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Manfaat Penelitian.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Tinjauan Pustaka .....	4
2.2 Landasan Teori.....	5
2.2.1 Plastik.....	5
2.2.2. Plastik <i>Polypropilene</i> .....	6
2.2.3. <i>Biodegradabilitas plastic</i> .....	7
2.2.4. Pati Tapioka.....	8
2.2.5 Pemlastis .....	10

2.2.6 Karakteristik Plastik <i>Biodegradabilitas</i> .....	10
--	----

### **BAB III. METODE PENELITIAN**

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian .....	13
3.2. Bahan Penelitian .....	13
3.2.1. Bahan.....	13
3.3. Alat yang Digunakan .....	14
3.4. Teknik Penelitian .....	16
3.5 Teknik Pengujian .....	17
3.6 Skema Penelitian.....	19

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 Hasil Pengujian Kuat Lentur .....	20
4.2 Hasil Pengujian Kuat Tekan.....	22
4.3 Pembahasan .....	24

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan.....	29
5.2 Saran.....	29

<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	30
-----------------------------	----

### **LAMPIRAN**

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Reaksi Polimer <i>Polypropilene</i> .....	6
Gambar 2.2. Contoh plastic Polipropilen.....	7
Gambar 3.1. Plastik kemasan <i>Polypropilene</i> bekas.....	13
Gambar 3.2. Pati tapioka.....	14
Gambar 3.3 Gula jagung .....	14
Gambar 3.4. Mesin Kompresor .....	15
Gambar 3.6. Skema penelitian .....	19
Gambar 4.1 Grafik nilai rata-rata kuat lentur masing-masing konsentrasi sebelum dan sesudah penguburan .....	22
Gambar 4.2 Grafik nilai rata-rata kuat tekan masing-masing konsentrasi sebelum dan sesudah penguburan .....	24
Gambar 4.3 Contoh sampel.....	28

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Produksi hasil pertanian sekunder Di Indonesia.....	9
Tabel 3.1 komposisi polypropylene,gula jagung dan tapioca.....	16
Tabel 4.1 Nilai kuat lentur masing-masing sampel sebelum penguburan .....	21
Tabel 4.2 Nilai kuat lentur masing-masing sampel sesudah penguburan.....	21
Tabel 4.3 Nilai rata-rata kuat lentur masing-masing konsentrasi sebelum dan sesudah penguburan.....	21
Tabel 4.4 Nilai kuat tekan masing-masing sampel sebelum penguburan.....	23
Tabel 4.5 Nilai kuat tekan masing-masing sampel sesudah penguburan .....	23
Tabel 4.6 Nilai rata-rata kuat tekan masing-masing konsentrasi sebelum dan sesudah penguburan.....	23

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Pengukuran Beban Patah Maksimum

Lampiran 2. Data Pengukuran Beban Maksimum

Lampiran 3. Perhitungan Kuat Lentur

Lampiran 4. Perhitungan Kuat Tekan

Lampiran 5. Dokumentasi Penelitian

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

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 dapat dibentuk lembaran sehingga dapat dibentuk sesuai desain dan ukuran yang diinginkan.

Akan tetapi, penggunaan plastik sebagai bahan pengemas menghadapi berbagai persoalan lingkungan, yaitu tidak dapat diuraikan secara alami oleh mikroba di dalam tanah, sehingga terjadi penumpukan sampah plastik yang menyebabkan pencemaran dan kerusakan bagi lingkungan. Dengan adanya persoalan ini, maka penelitian mengenai plastik diarahkan pada pembuatan plastik yang dapat terurai. 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. Karena sifatnya yang dapat kembali ke alam, plastik *biodegradable* merupakan bahan plastik yang ramah terhadap lingkungan (Pranamuda, 1994).

Adapun objek penelitian ini adalah plastik kemasan *Polypropilene* bekas dengan penambahan pati tapioka sebagai material yang dapat terurai (Chairil dan Feris, 2004) dan gula jagung sebagai peningkat sifat mekanik (Ani, 2010).

Pemanfaatan pati dalam pembuatan plastik dikarenakan keunggulan-keunggulan yang dimiliki pati, yakni sifatnya yang dapat diperbarui, ketersediaan yang melimpah, harga murah dan mampu terdegradasi. Produksi ubi kayu lebih tinggi apabila dibandingkan dengan jagung dan ubi jalar (Dayu, 2010). Sehingga ubi kayu merupakan hasil pangan yang dapat dikembangkan sebagai pati dalam pembuatan plastik *biodegradabel*.

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 (Chairil dan Feris, 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 plastik kemasan *polypropilene* bekas dengan penambahan pati tapioka dan gula jagung menghasilkan plastik yang dapat terurai oleh mikroorganisme.

## **1.2 Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh penambahan pati tapioka terhadap kuat tekan, kuat lentur dan degradabilitas pada plastik campuran *polypropylene* bekas dan gula jagung.

2. Membandingkan nilai kuat tekan dan kuat lentur plastik campuran *polypropylene*, gula jagung dan pati tapioka sebelum dan sesudah dilakukan penguburan.

### **1.3 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini agar plastik campuran *polypropylene*, gula jagung dan pati tapioka dapat diuraikan oleh mikroorganisme tanah.

### **1.4 Batasan Masalah**

1. Pada penelitian ini digunakan plastik *Polypropilene* kemasan air minum bekas.
2. Sampel dibuat dengan cara manual.
3. Kecepatan pengadukkan, suhu pemanasan sampel dan waktu pengadukkan diabaikan.
4. Parameter yang diamati adalah kuat tekan dan kuat lentur.
5. Penguraian plastik berdasarkan penurunan nilai kuat lentur dan kuat tekan dan bentuk fisis sampel.
6. Perbandingan komposisi gula jagung/pati tapioka/plastik adalah tanpa campuran, 8gr:0gr:90gr, 8gr:2gr:90gr, 8gr:4gr:90gr, 8gr:8gr:90gr.
7. Waktu penguburan sampel selama 7 hari dalam tanah berlumpur.

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tinjauan Pustaka

Penelitian tentang mengatasi masalah sampah plastik melalui pemanfaatan limbah topioka pernah dilakukan oleh Dayu, dkk pada tahun 2010. Penelitian ini bertujuan menemukan cara untuk meningkatkan *added value* limbah tapioka dan untuk mengatasi masalah akibat tumpukan sampah plastik serta menemukan bahan alternatif dalam pembuatan plastik *biodegradable*. Hasil penelitian yang telah dilakukan adalah pemanfaatan onggok tapioka sebagai bahan campuran pembuatan *biodegradable* plastik merupakan suatu langkah untuk memberi *added value* pada onggok. Penggunaan *biodegradable* plastik merupakan salah satu langkah untuk mengatasi masalah yang timbul akibat tumpukan sampah plastik.

Penelitian tentang pembuatan dan karakterisasi dari Poly-3-Hidroksialkanoat (PHA) yang dihasilkan *Ralstonia Eutropha* pada hidrolisat pati sagu dengan penambahan Dimetil Ftalat (DMF) pernah dilakukan oleh Juari pada tahun 2006 di Bogor. Hasil dari penelitian yang telah dilakukan oleh Juari menunjukkan bahwa Peningkatan konsentrasi DMF menyebabkan kuat tarik bioplastik semakin menurun. Berdasarkan karakteristik mekanik tersebut dinyatakan bahwa bioplastik yang dibuat dengan konsentrasi DMF 25% adalah yang terbaik.

Penelitian dilakukan menggunakan plastik *Polypropilene* bekas sebagai bahan baku dengan penambahan pati tapioka sebagai material yang dapat terurai. Untuk mempertahankan sifat mekaniknya, peneliti menggunakan gula jagung

sebagai bahan pemlastis. Plastik yang sudah jadi, sebagian diuji untuk mengetahui karakteristiknya dan sebagian lagi dikubur terlebih dahulu selama 7 hari sebelum diuji. Uji karakteristik dilakukan adalah uji kuat tekan dan uji kuat lentur. Dengan menganalisis hasil pengujian ini diharapkan adanya informasi bahwa plastik kemasan *Polypropilene* bekas dengan penambahan pati tapioka sebagai material yang dapat terurai dan gula jagung sebagai pemlastis menghasilkan plastik yang dapat terurai oleh mikroorganisme.

## **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.

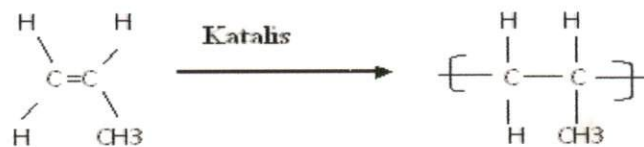
#### **2. Kinerja dan penggunaanya**

- 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) *Other Plastik*.

### 2.2.2 Plastik *Polypropylene* (PP)

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



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

Plastik *Polypropilene* 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 ditunjukkan pada Gambar 2.2.



**Gambar 2.2** Contoh plastik *Polypropylene*  
(Sumber : <http://Whooilaarti-7-daur-ulang.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
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, alginate, lignin dan sebagainya sebagai *plasticizer* (Flieger, 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 Tapioka**

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, ketersediaan yang melimpah, harga murah dan mampu terdegradasi (Dayu, 2010).

Ubi kayu di Indonesia digolongkan sebagai hasil pertanian sekunder, karena sebagai makanan pokok. Walaupun sebagai hasil pertanian sekunder, tetapi produksi ubi kayu lebih tinggi apabila dibandingkan dengan jagung dan ubi jalar yang juga berperan sebagai hasil pertanian sekunder (ubed dan indah, 2010). Perbandingan tersebut ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Produksi beberapa hasil pertanian sekunder di Indonesia

Tahun	Produksi (Ton)		
	Ubi kayu	Jagung	Ubi jalar
2001	17.054.648	9.347.192	1.749.070
2002	16.913.104	9.343.192	1.771.642
2003	18.523.810	10.886.442	1.991.478
2004	19.424.707	11.225.243	1.901.802
2005	19.196.849	11.736.977	1.799.775

(Sumber : [Http://pertanianblogspot/pemanfaatan ubi kayu di Indonesia](http://pertanianblogspot/pemanfaatan%20ubi%20kayu%20di%20Indonesia))

Sejauh ini di Indonesia pemanfaatan ubi kayu hampir 62% digunakan untuk konsumsi sedangkan 35% digunakan untuk bahan baku industri, sedangkan sisanya untuk keperluan lain. Selama ini proses pengolahan ubi kayu menjadi produk turunan belum optimal (Setiawan, 2006). Salah satu pemanfaatan ubi kayu yang belum banyak dilakukan adalah dengan memprosesnya menjadi bahan baku plastik *biodegradable*.

Pencampuran plastik dengan pati menyebabkan sifat mekanis yang lemah seperti kekuatan tarik, kekuatan mulur, kekakuan, perpanjangan putus, stabilitas kelembaban yang rendah dan melepaskan molekul pemlastis dalam jumlah kecil dari matriks pati (Zhang, 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, 2006). 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, 1958).

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, identifikasi struktur

plastik dengan FTIR (*Fourier Transform Infra-Red*), karakterisasi sifat termal dengan DSC (*Differential Scanning Calorimetry*) (Juari, 2006).

### **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.

#### 1. Kuat Tekan

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

$$\sigma_u = \frac{P_{max} \times 102}{A_0} \quad (2.1)$$

dengan :

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

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

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

#### 2. 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) :

$$\sigma_1 = \frac{3P \times l \times 102}{2B \times H^2} \quad (2.2)$$

dengan:

P = beban patah maksimum (kg)

L = jarak tumpuan (cm)

B = lebar benda uji (cm)

H = tebal benda uji (cm)

$\sigma_1$  = kuat lentur (kg/cm<sup>2</sup>)

sebagai bahan pemlastis. Plastik yang sudah jadi, sebagian diuji untuk mengetahui karakteristiknya dan sebagian lagi dikubur terlebih dahulu selama 7 hari sebelum diuji. Uji karakteristik dilakukan adalah uji kuat tekan dan uji kuat lentur. Dengan menganalisis hasil pengujian ini diharapkan adanya informasi bahwa plastik kemasan *Polypropilene* bekas dengan penambahan pati tapioka sebagai material yang dapat terurai dan gula jagung sebagai pemlastis menghasilkan plastik yang dapat terurai oleh mikroorganisme.

## **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 penggunaanya**

- 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.

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Peleburan dan pencetakan kemasan *Polypropilene* bekas dan pati tapioka dilakukan pada bulan April 2011 – Mei 2011 di Industri Besi Rumahan, Sungai Puar, Agam dan penguburan dilakukan pada bulan Juni 2011 di kecamatan Kapalo Koto. Pengujian kuat tekan dan kuat lentur dilakukan pada bulan Juni 2011 di Balai Riset Standarisasi Industri, Gadut.

#### 3.2. Bahan Penelitian

##### 3.2.1. Bahan

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



**Gambar 3.1** Plastik kemasan *Polypropilene* bekas



**Gambar 3.2** Pati tapioka



**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 *Polypropilen* bekas, pati tapioka dan gula jagung.

2. Kaleng Besi

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

3. Kompor

Kompor digunakan untuk memanaskan plastik.

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 aluminium digunakan sebagai bahan pembuat cetakan yang akan dibentuk berdasarkan ukuran yang telah ditentukan.

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 ditunjukkan pada Gambar 3.4.



**Gambar 3.4** Mesin kompresor

### 3.4. Teknik Penelitian

Proses pencampuran plastik kemasan *Polypropilene* bekas, pati tapioka dan gula jagung dilakukan dengan langkah-langkah berikut :

#### 1. Persiapan bahan

Persiapan bahan dimulai dari pengumpulan dan pembelian plastik *Polypropilene* bekas, pati tapioka dan gula jagung. Plastik yang sudah terkumpul kemudian dicuci dan dikeringkan.

#### 2. Pembuatan cetakan

Pada penelitian ini cetakan yang digunakan terbuat dari aluminium. Ukuran cetakan untuk uji tekan adalah 5 cm x 5 cm x 5cm dan uji lentur adalah 15 cm x 3 cm x 2 cm.

#### 3. Peleburan plastik kemasan *Polypropilene* bekas, pati tapioka dan gula jagung

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

Tabel 3.1 Komposisi perbandingan *polypropylene*, gula jagung dan tapioka

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

Jumlah sampel untuk pengujian kuat tekan dan kuat lentur masing-masing sebanyak 30 buah, 15 sampel tanpa penguburan dan 15 sampel dengan penguburan. Teknik pencampuran yang dilakukan adalah teknik pencampuran secara manual. Wadah yang digunakan untuk memanaskan plastik kemasan

*polypropilene* adalah kaleng besi. Setelah semua plastik kemasan *polypropilene* tersebut mencair, kemudian pati tapioka dan gula jagung dimasukkan dan diaduk menggunakan sendok kayu sampai bahan tercampur rata.

#### 4. Menuang

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

#### 5. Membongkar

Setelah sampel yang dituang kedalam cetakan kering dilakukan pembongkaran atau mengeluarkan campuran dari cetakan dilakukan setelah campuran membeku dalam cetakan.

#### 6. Penguburan

Plastik yang telah selesai dicetak dikubur selama 1 minggu, penguburan dilakukan ditanah berlumpur.

### **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

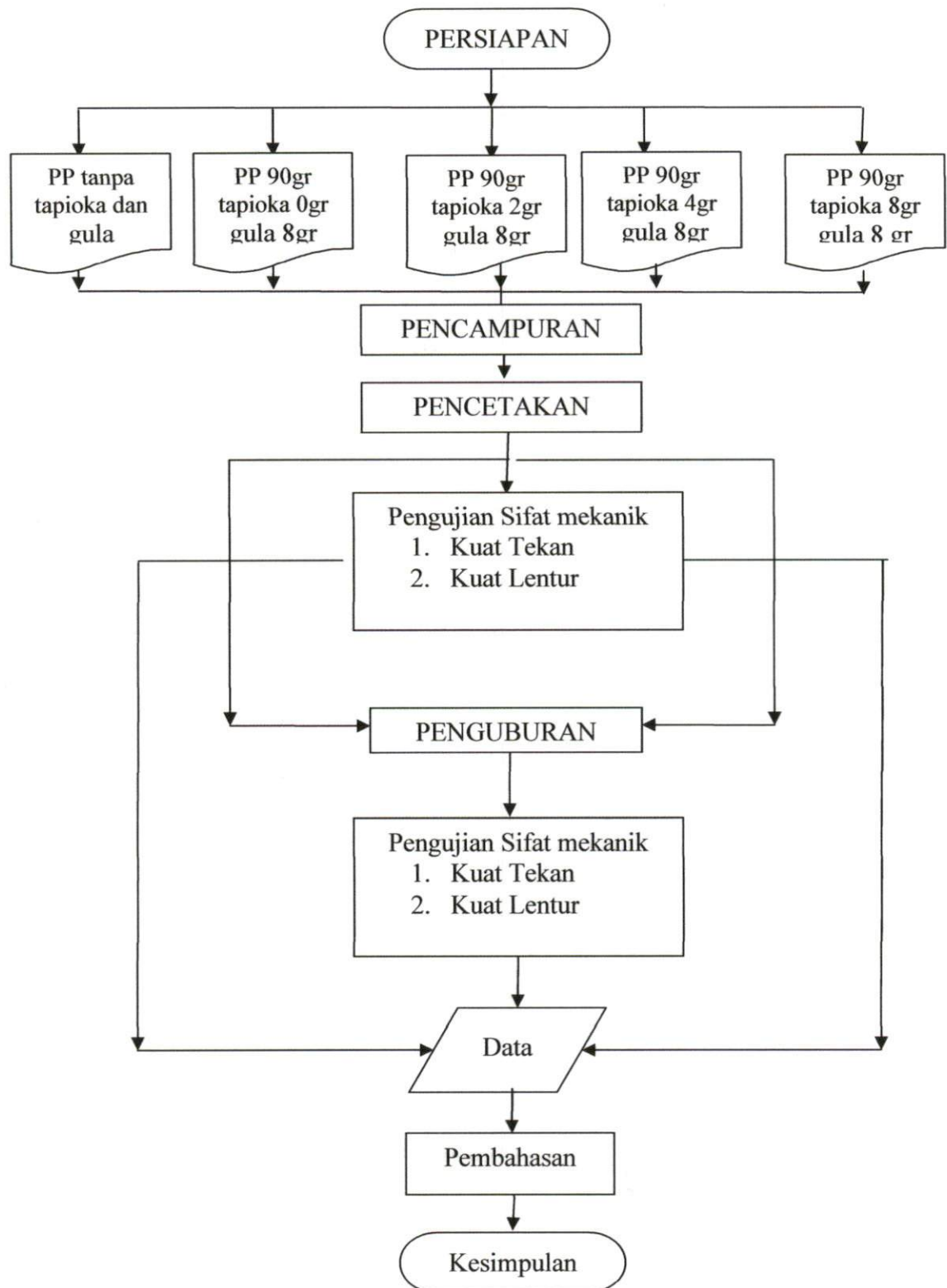
Pada penelitian ini juga dilakukan uji kuat lentur untuk melihat kelenturan maksimum hasil campuran plastik kemasan *Polypropilene* bekas, pati tapioka dan gula jagung. Untuk masing-masing sampel dilakukan satu kali uji lentur. Adapun langkah-langkah pengujian adalah sebagai berikut:

1. Sampel ukuran 15cm x 3cm x 2cm diletakkan dibawah pemberat pada mesin uji kuat lentur.
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.

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  $P_{max}$ .

### 3.6. Skema Penelitian



Gambar 3.6 Skema penelitian

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

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

### 4.1 Hasil Pengujian Kuat Lentur ( $\sigma_l$ )

Kuat lentur masing-masing sampel dihitung menggunakan Persamaan 2.2.

Berikut contoh perhitungan kuat lentur :

Dik :  $P = 0,65 \text{ kN}$  dan  $l = 0,8 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} = 12 \text{ cm}^2$

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

$$\sigma_l = \frac{3 \times 0,65 \times 12 \times 10^2}{2.3.2^2}$$

$$\sigma_l = 99,45 \text{ kg/cm}^2$$

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

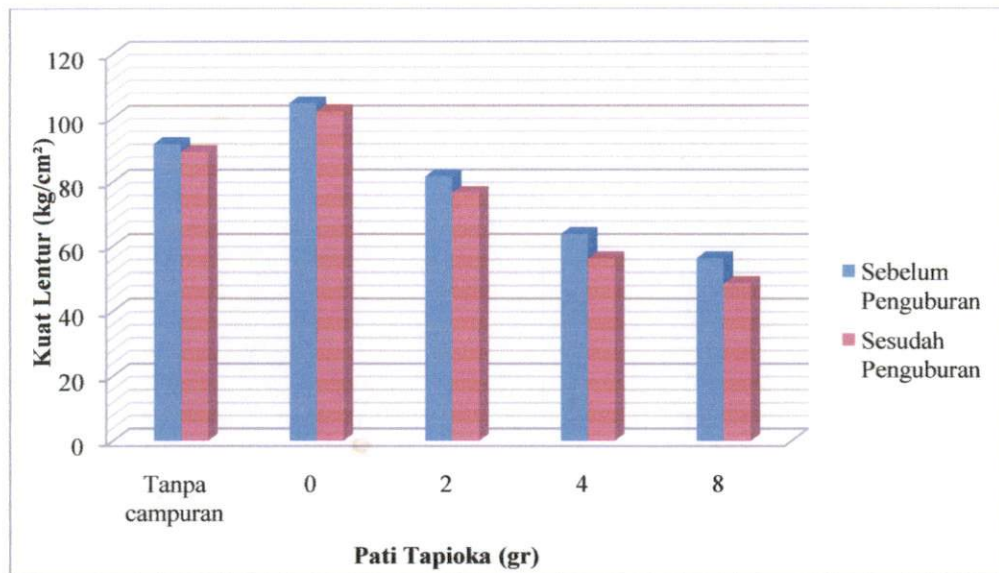
Sampel	Kuat Lentur (kg/cm <sup>2</sup> )				
	Tanpa campuran	Konsentrasi pati tapioca			
		0 gr	2 gr	4 gr	8 gr
1	99,45	107,1	84,5	61,2	61,2
2	91,8	99,45	76,5	68,85	53,55
3	84,15	107,1	84,15	61,2	53,55
Rata-rata	91,8	104,55	81,6	63,75	56,1

Tabel 4.2 Nilai kuat lentur masing-masing sampel sesudah penguburan

Sampel	Kuat Lentur (kg/cm <sup>2</sup> )				
	Tanpa campuran	Konsentrasi pati tapioca			
		0 gr	2 gr	4 gr	8 gr
1	91,8	99,45	68,85	53,55	45,9
2	91,8	107,1	76,5	61,2	53,55
3	84,15	99,45	84,15	53,55	49,5
Rata-rata	89,25	102	76,5	56,1	48,45

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

N0	Konsentrasi <i>polypropylene</i> , pati tapioka dan gula jagung	Kuat lentur	
		Sebelum penguburan (kg/cm <sup>2</sup> )	Sesudah penguburan (kg/cm <sup>2</sup> )
1	Tanpa campuran	91,8	89,25
2	90gr:0gr:8gr	104,55	102
3	90gr:2gr:8gr	81,6	76,5
4	90gr:4gr:8gr	63,75	56,1
5	90gr:8gr:8gr	56,1	48,45



**Gambar 4.1** Grafik nilai rata-rata kuat lentur masing-masing konsentrasi penambahan pati tapioka sebelum dan sesudah penguburan

#### 4.2 Hasil Pengujian Kuat Tekan ( $\sigma_u$ )

Kuat tekan masing-masing sampel dihitung menggunakan Persamaan 2.1.

Berikut contoh perhitungan kuat tekan:

Dik :  $P = 30 \text{ kN}$  dan  $A = 25 \text{ cm}^2$

$$\sigma_u = \frac{P \times 102}{A_2}$$

$$\sigma_u = \frac{30 \times 102}{25}$$

$$\sigma_u = 122,4 \text{ kg/cm}^2$$

Data perhitungan lengkap ditunjukkan pada lampiran 4 dan hasil yang didapatkan ditunjukkan pada Tabel 4.4, Tabel 4.5, Tabel 4.6 dan Gambar 4.2

Tabel 4.4 Nilai kuat tekan masing-masing sampel sebelum penguburan

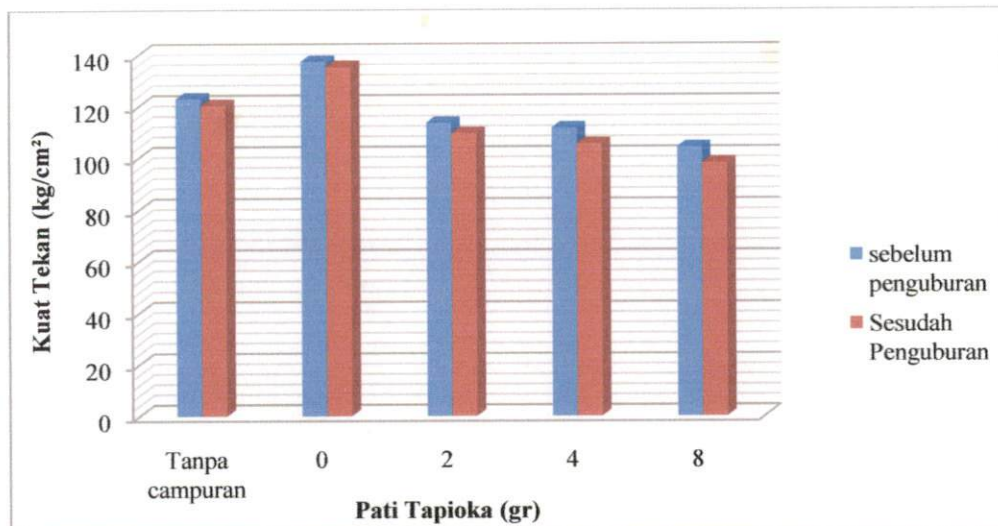
Sampel	Kuat tekan ( $\text{kg/cm}^2$ )				
	Tanpa campuran	Konsentrasi pati tapioka			
		0 gr	2 gr	4 gr	8 gr
1	122,4	138,72	114,24	112,2	102
2	128,52	136,68	114,24	112,2	106,08
3	118,32	136,68	112,2	110,16	108,12
Rata-rata	123,08	137,36	113,36	115,52	105,4

Tabel 4.5 Nilai kuat tekan masing-masing sampel sesudah penguburan

Sampel	Kuat tekan ( $\text{kg/cm}^2$ )				
	Tanpa campuran	Konsentrasi pati tapioka			
		0 gr	2 gr	4 gr	8 gr
1	120,36	134,64	108,12	102	97,92
2	122,4	134,64	112,26	106,08	99,96
3	118,32	136,64	108,12	108,12	95,88
Rata-rata	123,08	135,31	109,48	105,4	97,92

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

N0	Konsentrasi <i>polypropylene</i> , pati tapioka dan gula jagung	Kuat tekan	
		Sebelum penguburan ( $\text{kg/cm}^2$ )	Sesudah penguburan ( $\text{kg/cm}^2$ )
1	Tanpa campuran	123,08	120,36
2	90gr:0gr:8gr	137,36	135,31
3	90gr:2gr:8gr	113,56	109,48
4	90gr:4gr:8gr	111,52	105,4
5	90gr:8gr:8gr	104,04	97,92



**Gambar 4.2** Grafik nilai rata-rata kuat tekan masing-masing konsentrasi penambahan pati tapioka sebelum dan sesudah penguburan

#### 4.3 Pembahasan

Berdasarkan Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 diketahui adanya kenaikan kuat lentur dan kuat tekan setelah diberikan penambahan gula jagung dibandingkan dengan tanpa campuran yaitu dari 91,8 kg/cm<sup>2</sup> menjadi 104,55 kg/cm<sup>2</sup> untuk sebelum penguburan pada kuat lentur dan dari 123,08 kg/cm<sup>2</sup> menjadi 137,36 kg/cm<sup>2</sup> untuk sebelum penguburan pada kuat tekan. Hasil pengujian tersebut menunjukkan bahwa penambahan gula jagung sebagai pemlastis dapat meningkatkan kuat lentur dan kuat tekan. Hal ini diperkirakan dapat terjadi karena gula jagung dapat larut dalam tiap-tiap rantai polimer *polypropylene* (Paramawati, 2001).

Larutnya gula jagung pada rantai polimer *polypropylene* menyebabkan mudahnya gerakan molekul polimer bekerja menurunkan suhu transisi gelas ( $T_g$ ), suhu kristalinitas dan suhu pelelehan ( $T_m$ ) dari polimer. Pada daerah di atas  $T_g$ ,

bahan polimer menunjukkan sifat fisik dalam keadaan lunak (*sofi*) sebaliknya di bawah  $T_g$  polimer dalam keadaan sangat stabil seperti gelas.

Hal ini juga diperkirakan karena molekul gula jagung mengurangi ikatan hidrogen internal pada ikatan intermolekul (Paramawati,2001). Ikatan hidrogen terbentuk antara atom hidrogen dan atom lain. 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). Penambahan gula jagung sebagai pemlastis pada plastik *polypropilene* menyebabkan bertambah jumlah pasangan atom lain pada atom hidrogen sehingga ikatanan polimerya semakin kuat, jika ikatan polimernya semakin kuat maka kuat tekan dan lenturnya juga semakin tinggi.

Berdasarkan Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 juga dapat diketahui adanya penurunan nilai kuat lentur dan kuat tekan setelah diberi penambahan pati tapioka dibandingkan dengan tanpa pati tapioka yaitu dari 104,55 kg/cm<sup>2</sup> menurun menjadi 81,6 kg/cm<sup>2</sup> untuk sebelum penguburan pada kuat lentur dan dari 137,36 kg/cm<sup>2</sup> menurun menjadi 113,56 kg/cm<sup>2</sup> untuk sebelum penguburan pada kuat tekan. Hasil pengujian kuat lentur (Gambar 4.1) dan kuat tekan (Gambar 4.2) menunjukkan bahwa penambahan pati tapioka menurunkan kuat lentur dan kuat tekan.

Dari Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 juga dapat diketahui bahwa semakin besar penambahan pati tapioka menyebabkan penurunan kuat lentur dan kuat tekan juga semakin besar, nilai maksimum terjadi pada campuran pati tapioka 2gr

yaitu  $86,1 \text{ kg/cm}^2$  pada kuat lentur dan  $113,56 \text{ kg/cm}^2$  pada kuat tekan serta nilai minimum terjadi pada campuran pati tapioka 8gr yaitu  $51,6 \text{ kg/cm}^2$  pada kuat lentur dan  $104,04 \text{ kg/cm}^2$  pada kuat tekan.

Hal ini diperkirakan karena pencampuran plastik dengan pati menyebabkan sifat mekanisnya menjadi lemah seperti kekuatan tarik, kekuatan mulur, perpanjangan putus, stabilitas kelembaban yang rendah dan melepaskan molekul pemlastis dalam jumlah kecil dari matriks pati (Zhang, 2007) dan tapioka bersifat non plastis sehingga membuat sifat pemlastis plastik menjadi berkurang yang dapat menyebabkan rapuh dan mudah patahnya plastik tersebut (Deswita, dkk, 2007).

Jika semakin banyak pati tapioka yang dicampurkan pada plastik campuran *polypropylene* dan gula jagung menyebabkan semakin besar pengurangan jumlah pemlastis yang terdapat pada campuran plastik tersebut sehingga membuat nilai kuat lentur dan kuat tekan semakin menurun karena pencampuran pati tapioka dapat melepaskan molekul pemlastis. Penurunan nilai kuat lentur dan kuat tekan juga diperkirakan karena pati tapioka didominasi oleh amilopektin yang memiliki banyak percabangan. Percabangan ini mengakibatkan ikatan antar molekul dalam amilopektin mudah putus (Yuli, dkk, 2009). Jika rantai polimernya mudah putus, kekuatan plastik cenderung juga semakin rendah.

Berdasarkan Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 diketahui adanya penurunan kuat lentur dan kuat tekan sebelum dan sesudah penguburan yaitu dari  $91,8 \text{ kg/cm}^2$  menjadi  $89,25 \text{ kg/cm}^2$  untuk tanpa campura pada kuat lentur dan  $123,08 \text{ kg/cm}^2$  menurun menjadi  $120,36 \text{ kg/cm}^2$  untuk tanpa campuran pada kuat tekan

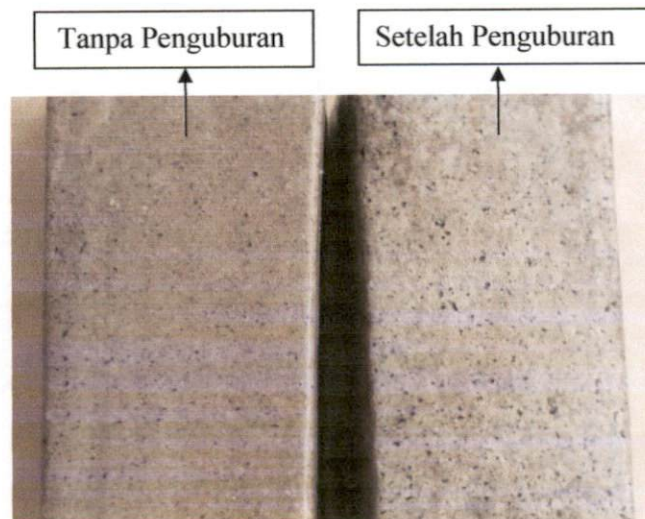
penurunan nilai kuat tekan dan kuat lentur juga terjadi pada 4 sampel lainnya. Hal ini menandakan setelah dilakukan penguburan terjadi penguraian pada sampel yang dapat menurunkan kuat tekan dan kuat lenturnya.

Tapi pada sampel yang diberi campuran penurunan nilai kuat lentur dan kuat tekannya lebih besar dibandingkan dengan tidak diberi campuran, sehingga dapat diketahui bahwa *polypropylene* yang diberi campuran pengurainya lebih cepat terjadi dibandingkan dengan yang tidak diberi campuran. Hal ini diperkirakan karena polimer *biodegradable* mengalami perubahan sifat selama waktu tertentu, plastik dapat mengalami penguraian (penuaan) yang disebabkan karena peristiwa fisis yang terjadi maupun pengaruh lingkungan sehingga dapat menurunkan sifat-sifat plastik (Ani P, 2010).

Jika ditinjau dari segi fisis pada masing-masing variasi sampel yang telah dikubur selama 1 minggu menunjukkan bahwa sampel tersebut telah terdegradasi secara alamiah di dalam tanah ditunjukkan dengan kasarnya permukaan sampel. Semakin banyak jumlah pati yang dicampurkan pada plastik *polypropylene* dan gula jagung membuat permukaan sampel lebih kasar dan berlubang, sedangkan sampel yang tidak dikubur permukaannya halus dan tidak berlubang.

Hal ini diperkirakan karena plastik *biodegradable* adalah suatu bahan dalam kondisi tertentu, waktu tertentu mengalami perubahan dalam struktur fisis dan kimianya, yang mempengaruhi sifat-sifat dimilikinya oleh pengaruh mikroorganisme (Feris dan Chairil, 2004), hal ini juga dapat terjadi karena bertambahnya material organik pada plastik campuran tersebut, sehingga memudahkan mikroorganisme dalam proses penguraian (Firdaus, 2004) dan

plastik *biodegradable* berbahan dasar pati dapat didegradasi bakteri *pseudomonas* dan *bacillus* memutus rantai polimer menjadi monomer-monomernya (Thorikul dan Feris, 2007). Contoh sampel sebelum dan sesudah penguburan ditunjukkan pada Gambar 4.3.



**Gambar 4.3** Contoh sampel

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Penambahan pati tapioka pada plastik menurunkan kuat lentur dan kuat tekan sedangkan penambahan gula jagung meningkatkan kuat tekan dan kuat lentur plastik. Semakin besar penambahan pati tapioka menyebabkan penurunan nilai kuat lentur dan kuat tekan juga semakin besar.

Penurunan kuat lentur dan kuat tekan sampel sesudah penguburan menunjukkan terjadi penguraian pada sampel tersebut. Plastik yang diberi campuran terdegradabilitas lebih cepat dibandingkan tidak diberi campuran.

#### **5.2 Saran**

Saran yang dapat diberikan pada peneliti selanjutnya adalah :

1. Menambah waktu penguburan.
2. Pembuatan sampel diharapkan tidak menggunakan cara manual.
3. Untuk pengujian sifat mekanik jumlah dan variasi sampel sebaiknya ditambah

## DAFTAR KEPUSTAKAAN

- Budiman N, 2003, *Polimer Biodegradable*. Erlangga, Jakarta.
- Emriadi, 2005, *Material Polimer*, Andalas University Press, Padang.
- Gare dan Timoshenka, 1990, *Mekanika Bahan* Jilid 1 Edisi ke 4, Erlangga, Jakarta.
- Sukardjo, 1985, *Ikatan Kimia*, Rineka Cipta, Yogyakarta.
- Sulaiman, A. H., 1996, *Kimia dasar Untuk Pertanian*, USU-Press, Medan.
- Zainuri. M, 2008, *Kekuatan Bahan*, Andi Off Set, Yogyakarta.
- Ani P, 2010, *Analisis Kuat tarik Dan Elongasi Plastik Kitosan Terplastisasi Sorbitol*, Jurnal Teknologi, Vol.2, No.2, Hal 99-106
- Chairil dan Feris, 2004, *Potensi Limbah Padat-cair Industri Tepung Tapioka sebagai Bahan Baku Film Plastik Biodegradabel*, LOGIKA, Vol. 1, No. 2, Juli 2004, Yogyakarta, Hal 38-44.
- Dayu D, dkk, 2010, *Mengatasi Masalah Sampah Plastik Melalui Pemanfaatan Limbah Topioka*, Program Kreativitas Mahasiswa Fakultas teknologi Pertanian Universitas Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Deswita, dkk, 2008, *Modifikasi Polietilene Sebagai Polimer Komposit Biodegradable Untuk Bahan Kemasan*, Jurnal Sains Materi Indonesia, Edisi Khusus, Hal 37-42.
- Flieger M, dkk, 2003, *Biodegradable plastics from renewable sources. J Folia Microbiol* 48910: 22-44. [ 24 Mei 2011]
- Harahap, A.P, 2009, *Pelapisan Melon Menggunakan Film Edibel dari Pati Ubi Kayu dengan Penambahan Sorbitol sebagai Zat Pemlastis*, skripsi Departemen Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Juari, 2006, *Pembuatan Dan Karakterisasi dari Poly-3-Hidroksialkanoat (PHA) yang dihasilkan Ralstonia Eutropha Pada hidrolisat Pati Tapioka dengan penambahan Dimetil Ftalat (DMF)*, Skripsi Jurusan Teknologi Industri Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Institut Pertanian Bogor, Bogor.

- Julianti E dan 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.
- Pranamuda H, 1994, *Pengembangan Plastik Biodegradabel Berbahan Baku Pati Tropis*. [http://www.std.ryu.titech.ac.jp/~Indonesia/zoa/paper/pf/makalah hardaning pdf](http://www.std.ryu.titech.ac.jp/~Indonesia/zoa/paper/pf/makalah%20hardaning.pdf). [23 Maret 2011]
- Setiawan dan Wawan M. 2006. *Produksi Hidrolisat Pati dan Serat Pangan dari Singkong Melalui Hidrolisis dengan  $\alpha$ -Amilase dan Asam Klorida*. Skripsi S1. Fateta IPB. Bogor
- Spink dan Waychoff, 1959. *Plasticizers*. Frados, Joel (ed.). *Modern Plastic Encyclopedia Issue*. Hildrent Press, Inc. New York.
- Thorikul H dan Feris F, 2007, *Karakteristik Fisikokimiawi Film Plastik Biodegradable dari Komposit Pati Singkong-Ubi Jalar*, Logika, Vol. 4, No. 2.
- Tranggono dan Sutardi, 1990, *Biokimia Dan Teknologi Pasca Panen, PA Pangan Dan Gizi UGM*, Yogyakarta.
- Ubed, S dan Nur, I, 2010, *Optimasi Pembuatan Plastik Biodegradabel Berbasais Ubi Kayu Dengan Senyawa Aditif Limonen Dari Kulit Jeruk Untuk Meningkatkan Elastisitas*, Program kreativitas Mahasiswa, Unuversitas Negeri Malang.
- Vilpoux, O dan Averous L, 2006, *Starch-Based Plastic*. Latin American Starchy Tubers.
- Yuli D, dkk, 2010, *Peningkatan Hidrofobisitas Dan Sifat Fisik Plastik Biodegradabel Pati Tapioka Dengan Penambahan Selulosa Residu Rumput Laut *Euchema spinossum**, [http://www.rtdfyy.m.ip//penelitian/pdf/makalah pdf](http://www.rtdfyy.m.ip//penelitian/pdf/makalah%20pdf). [05 Juli 2011]
- Zhang, dkk, 2007, *Preparation and crystalline morphology of biodegradable starch nanocomposites*, *Polymer* 48(24): 7193-7200.
- Whooila, *Simbol Daur Ulang pada Plastik*, (<http://www.whooila.com/2010/10/arti-7-simbol-daur-ulang-pada-plastik.html>, diakses 8 Februari 2011).

## Lampiran 1

### Data Pengukuran Beban Patah Maksimum

#### 1. Sebelum Penguburan

Sampel	P (kN)				
	Tanpa campuran	90gr:0gr:8gr	90gr:2gr:8gr	90gr:4gr:8gr	90gr:8gr:8gr
1	0,65	0,7	0,55	0,4	0,4
2	0,6	0,65	0,5	0,45	0,35
3	0,55	0,7	0,55	0,4	0,3

#### 2. Sesudah Penguburan

Sampel	P (kN)				
	Tanpa campuran	90gr:0gr:8gr	90gr:2gr:8gr	90gr:4gr:8gr	90gr:8gr:8gr
1	0,6	0,65	0,45	0,35	0,3
2	0,6	0,65	0,5	0,4	0,35
3	0,55	0,7	0,55	0,35	0,3

## Lampiran 2

### Data Pengukuran Beban Maksimum

#### 1. Sebelum Penguburan

Sampel	P (kN)				
	Tanpa campuran	90gr:0gr:8gr	90gr:2gr:8gr	90gr:4gr:8gr	90gr:8gr:8gr
1	34	30	28	27,5	26
2	33,5	31,5	28	27,5	25,5
3	33,5	29	27,5	27	25

#### 2. Sesudah Penguburan

Sampel	P (kN)				
	Tanpa campuran	90gr:0gr:8gr	90gr:2gr:8gr	90gr:4gr:8gr	90gr:8gr:8gr
1	33	29,5	26,5	25	24
2	33	30	27,5	26	24,5
3	33,5	29	26,5	26,5	23,5

### Lampiran 3

#### Perhitungan Kuat Lentur ( $\sigma_1$ )

Kuat lentur dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\sigma_1 = \frac{3P.l \times 102}{2B.H^2} \text{ (kg/cm}^2\text{)}$$

dengan:

P = beban patah maksimum (kg)

L = jarak tumpuan (cm)

B = lebar rata-rata benda uji (cm)

H = tebal rata-rata benda uji (cm)

$\sigma_1$  = kuat lentur (kg/cm<sup>2</sup>)

#### 1. Perhitungan Kuat lentur Sebelum Penguburan

##### 1) Sampel 1 tanpa campuran

Dik : P = 0,65 kN dan l = 0,8 cm x 15 cm = 12 cm<sup>2</sup>

$$\sigma_1 = \frac{3P.l \times 102}{2B.H^2}$$

$$\sigma_1 = \frac{3 \times 0,65 \times 12 \times 102}{2 \cdot 3 \cdot 2^2}$$

$$\sigma_1 = 99,45 \text{ kg/cm}^2$$

##### 2) Sampel 2 tanpa campuran

Dik : P = 0,6 kN dan l = 0,8 cm x 15 cm = 12 cm<sup>2</sup>

$$\sigma_1 = \frac{3P.l \times 102}{2B.H^2}$$

$$\sigma_1 = \frac{3 \times 0,6 \times 12 \times 102}{2.3.2^2}$$

$$\sigma_1 = 91,8 \text{ kg/cm}^2$$

### 3) Sampel 3 tanpa campuran

Dik :  $P = 0,55 \text{ kN}$  dan  $l = 0,8 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} = 12 \text{ cm}^2$

$$\sigma_1 = \frac{3 P.l \times 102}{2.B.H^2}$$

$$\sigma_1 = \frac{3 \times 0,55 \times 12 \times 102}{2.3.2^2}$$

$$\sigma_1 = 84,15 \text{ kg/cm}^2$$

### Nilai rata-rata untuk sampel tanpa campuran

$$\sigma_1 = \frac{99,45 + 91,8 + 84,15}{3}$$

$$\sigma_1 = 91,8 \text{ kg/cm}^2$$

### 4) Sampel 1 untuk 90gr:0gr:8gr

Dik :  $P = 0,7 \text{ kN}$  dan  $l = 0,8 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} = 12 \text{ cm}^2$

$$\sigma_1 = \frac{3 P.l \times 102}{2.B.H^2}$$

$$\sigma_1 = \frac{3 \times 0,7 \times 12 \times 102}{2.3.2^2}$$

$$\sigma_1 = 107,1 \text{ kg/cm}^2$$

### 5) Sampel 2 untuk 90gr:0gr:8gr

Dik :  $P = 0,65 \text{ kN}$  dan  $l = 0,8 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} = 12 \text{ cm}^2$

$$\sigma_1 = \frac{3 P.l \times 102}{2.B.H^2}$$

$$\sigma_1 = \frac{3 \times 0,65 \times 12 \times 102}{2.3.2^2}$$

$$\sigma_1 = 99,45 \text{ kg/cm}^2$$

**6) Sampel 3 untuk 90gr:0gr:8gr**

Dik :  $P = 0,7 \text{ kN}$  dan  $l = 0,8 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} = 12 \text{ cm}^2$

$$\sigma_1 = \frac{3 P.l \times 102}{2.B.H^2}$$

$$\sigma_1 = \frac{3 \times 0,7 \times 12 \times 102}{2.3.2^2}$$

$$\sigma_1 = 107,1 \text{ kg/cm}^2$$

**Nilai rata-rata untuk 90gr:0gr:8gr**

$$\sigma_1 = \frac{107,1 + 99,45 + 107,1}{3}$$

$$\sigma_1 = 104,55 \text{ kg/cm}^2$$

**7) Sampel 1 untuk 90gr:2gr:8gr**

Dik :  $P = 0,55 \text{ kN}$  dan  $l = 0,8 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} = 12 \text{ cm}^2$

$$\sigma_1 = \frac{3 P.l \times 102}{2.B.H^2}$$

$$\sigma_1 = \frac{3 \times 0,55 \times 12 \times 102}{2.3.2^2}$$

$$\sigma_1 = 84,15 \text{ kg/cm}^2$$

**8) Sampel 2 untuk 90gr:2gr:8gr**

Dik :  $P = 0,5 \text{ kN}$  dan  $l = 0,8 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} = 12 \text{ cm}^2$

$$\sigma_1 = \frac{3 P.l \times 102}{2.B.H^2}$$

$$\sigma_1 = \frac{3 \times 0,5 \times 12 \times 102}{2.3.2^2}$$

$$\sigma_1 = 76,5 \text{ kg/cm}^2$$

**9) Sampel 3 untuk 90gr:2gr:8gr**

Dik :  $P = 0,55 \text{ kN}$  dan  $l = 0,8 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} = 12 \text{ cm}^2$

$$\sigma_1 = \frac{3 P.l \times 10^2}{2.B.H^2}$$

$$\sigma_1 = \frac{3 \times 0,55 \times 12 \times 10^2}{2.3.2^2}$$

$$\sigma_1 = 84,15 \text{ kg/cm}^2$$

**Nilai rata-rata untuk 90gr:2gr:8gr**

$$\sigma_1 = \frac{84,15 + 76,5 + 84,15}{3}$$

$$\sigma_1 = 81,6 \text{ kg/cm}^2$$

**10) Sampel 1 untuk 90gr:4gr:8gr**

Dik :  $P = 0,4 \text{ kN}$  dan  $l = 0,8 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} = 12 \text{ cm}^2$

$$\sigma_1 = \frac{3 P.l \times 10^2}{2.B.H^2}$$

$$\sigma_1 = \frac{3 \times 0,4 \times 12 \times 10^2}{2.3.2^2}$$

$$\sigma_1 = 61,2 \text{ kg/cm}^2$$

**11) Sampel 2 untuk 90gr:4gr:8gr**

Dik :  $P = 0,45 \text{ kN}$  dan  $l = 0,8 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} = 12 \text{ cm}^2$

$$\sigma_1 = \frac{3 P.l \times 10^2}{2.B.H^2}$$

$$\sigma_1 = \frac{3 \times 0,45 \times 12 \times 10^2}{2.3.2^2}$$

$$\sigma_1 = 68,85 \text{ kg/cm}^2$$

**12) Sampel 3 untuk 90gr:4gr:8gr**

Dik :  $P = 0,4 \text{ kN}$  dan  $l = 0,8 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} = 12 \text{ cm}^2$

$$\sigma_1 = \frac{3 P.l \times 10^2}{2.B.H^2}$$

$$\sigma_1 = \frac{3 \times 0,4 \times 12 \times 10^2}{2.3.2^2}$$

$$\sigma_1 = 61,2 \text{ kg/cm}^2$$

**Nilai rata-rata untuk 90gr:4gr:8gr**

$$\sigma_1 = \frac{61,2 + 68,85 + 61,2}{3}$$

$$\sigma_1 = 63,75 \text{ kg/cm}^2$$

**13) Sampel 1 untuk 90gr:8gr:8gr**

Dik :  $P = 0,4 \text{ kN}$  dan  $l = 0,8 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} = 12 \text{ cm}^2$

$$\sigma_1 = \frac{3 P.l \times 10^2}{2.B.H^2}$$

$$\sigma_1 = \frac{3 \times 0,4 \times 12 \times 10^2}{2.3.2^2}$$

$$\sigma_1 = 61,2 \text{ kg/cm}^2$$

**14) Sampel 2 untuk 90gr:8gr:8gr**

Dik :  $P = 0,35 \text{ kN}$  dan  $l = 0,8 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} = 12 \text{ cm}^2$

$$\sigma_1 = \frac{3 P.l \times 10^2}{2.B.H^2}$$

$$\sigma_1 = \frac{3 \times 0,35 \times 12 \times 10^2}{2.3.2^2}$$

$$\sigma_1 = 53,55 \text{ kg/cm}^2$$

**15) Sampel 3 untuk 90gr:8gr:8gr**

Dik :  $P = 0,35 \text{ kN}$  dan  $l = 0,8 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} = 12 \text{ cm}^2$

$$\sigma_1 = \frac{3 P.l \times 10^2}{2.B.H^2}$$

$$\sigma_1 = \frac{3 \times 0,35 \times 12 \times 10^2}{2.3.2^2}$$

$$\sigma_1 = 53,55 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$\sigma_1 = \frac{61,2 + 53,55 + 53,55}{3}$$

$$\sigma_1 = 56,1 \text{ kg/cm}^2$$

## 2. Perhitungan Kuat lentur Sesudah Penguburan

### 1) Sampel 1 tanpa campuran

Dik :  $P = 0,6 \text{ kN}$  dan  $l = 0,8 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} = 12 \text{ cm}^2$

$$\sigma_1 = \frac{3P.l \times 10^2}{2B.H^2}$$

$$\sigma_1 = \frac{3 \times 0,6 \times 12 \times 10^2}{2.3.2^2}$$

$$\sigma_1 = 91,8 \text{ kg/cm}^2$$

### 2) Sampel 2 tanpa campuran

Dik :  $P = 0,55 \text{ kN}$  dan  $l = 0,8 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} = 12 \text{ cm}^2$

$$\sigma_1 = \frac{3P.l \times 10^2}{2.B.H^2}$$

$$\sigma_1 = \frac{3 \times 0,6 \times 12 \times 10^2}{2.3.2^2}$$

$$\sigma_1 = 91,8 \text{ kg/cm}^2$$

### 3) Sampel 3 tanpa campuran

Dik :  $P = 0,55 \text{ kN}$  dan  $l = 0,8 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} = 12 \text{ cm}^2$

$$\sigma_1 = \frac{3 P.l \times 10^2}{2.B.H^2}$$

$$\sigma_1 = \frac{3 \times 0,55 \times 12 \times 10^2}{2.3.2^2}$$

$$\sigma_1 = 84,15 \text{ kg/cm}^2$$

**Nilai rata-rata untuk tanpa campuran**

$$\sigma_1 = \frac{91,8 + 91,8 + 84,15}{3}$$

$$\sigma_1 = 89,25 \text{ kg/cm}^2$$

**4) Sampel 1 untuk 90gr:0gr:8gr**

Dik : P = 0,65 kN dan l = 0,8 cm x 15 cm = 12 cm<sup>2</sup>

$$\sigma_1 = \frac{3 P.l \times 102}{2.B.H^2}$$

$$\sigma_1 = \frac{3 \times 0,65 \times 12 \times 102}{2.3.2^2}$$

$$\sigma_1 = 99,45 \text{ kg/cm}^2$$

**5) Sampel 2 untuk 90gr:0gr:8gr**

Dik : P = 0,65 kN dan l = 0,8 cm x 15 cm = 12 cm<sup>2</sup>

$$\sigma_1 = \frac{3 P.l \times 102}{2.B.H^2}$$

$$\sigma_1 = \frac{3 \times 0,65 \times 12 \times 102}{2.3.2^2}$$

$$\sigma_1 = 99,45 \text{ kg/cm}^2$$

**6) Sampel 3 untuk 90gr:0gr:8gr**

Dik : P = 0,7 kN dan l = 0,8 cm x 15 cm = 12 cm<sup>2</sup>

$$\sigma_1 = \frac{3 P.l \times 102}{2.B.H^2}$$

$$\sigma_1 = \frac{3 \times 0,7 \times 12 \times 102}{2.3.2^2}$$

$$\sigma_1 = 107,1 \text{ kg/cm}^2$$

**Nilai rata-rata untuk 90gr:0gr:8gr**

$$\sigma_1 = \frac{99,45 + 99,45 + 107,1}{3}$$

$$\sigma_1 = 102 \text{ kg/cm}^2$$

**7) Sampel 1 untuk 90gr:2gr:8gr**

Dik :  $P = 0,45 \text{ kN}$  dan  $l = 0,8 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} = 12 \text{ cm}^2$

$$\sigma_1 = \frac{3 P.l \times 102}{2.B.H^2}$$

$$\sigma_1 = \frac{3 \times 0,45 \times 12 \times 102}{2.3.2^2}$$

$$\sigma_1 = 68,85 \text{ kg/cm}^2$$

**8) Sampel 2 untuk 90gr:2gr:8gr**

Dik :  $P = 0,5 \text{ kN}$  dan  $l = 0,8 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} = 12 \text{ cm}^2$

$$\sigma_1 = \frac{3 P.l \times 102}{2.B.H^2}$$

$$\sigma_1 = \frac{3 \times 0,5 \times 12 \times 102}{2.3.2^2}$$

$$\sigma_1 = 76,5 \text{ kg/cm}^2$$

**9) Sampel 3 untuk 90gr:2gr:8gr**

Dik :  $P = 0,55 \text{ kN}$  dan  $l = 0,8 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} = 12 \text{ cm}^2$

$$\sigma_1 = \frac{3 P.l \times 102}{2.B.H^2}$$

$$\sigma_1 = \frac{3 \times 0,55 \times 12 \times 102}{2.3.2^2}$$

$$\sigma_1 = 84,15 \text{ kg/cm}^2$$

**Nilai rata-rata untuk 90gr:2gr:8gr**

$$\sigma_1 = \frac{68,85 + 76,5 + 84,15}{3}$$

$$\sigma_1 = 76,5 \text{ kg/cm}^2$$

**10) Sampel 1 untuk 90gr:4gr:8gr**

Dik :  $P = 0,35 \text{ kN}$  dan  $l = 0,8 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} = 12 \text{ cm}^2$

$$\sigma_1 = \frac{3 P.l \times 102}{2.B.H^2}$$

$$\sigma_1 = \frac{3 \times 0,35 \times 12 \times 102}{2.3.2^2}$$

$$\sigma_1 = 53,55 \text{ kg/cm}^2$$

### 11) Sampel 2 untuk 90gr:4gr:8gr

Dik : P = 0,4 kN dan l = 0,8 cm x 15 cm = 12 cm<sup>2</sup>

$$\sigma_1 = \frac{3 P.l \times 102}{2.B.H^2}$$

$$\sigma_1 = \frac{3 \times 0,4 \times 12 \times 102}{2.3.2^2}$$

$$\sigma_1 = 61,2 \text{ kg/cm}^2$$

### 12) Sampel 3 untuk 90gr:4gr:8gr

Dik : P = 0,35 kN dan l = 0,8 cm x 15 cm = 12 cm<sup>2</sup>

$$\sigma_1 = \frac{3 P.l \times 102}{2.B.H^2}$$

$$\sigma_1 = \frac{3 \times 0,35 \times 12 \times 102}{2.3.2^2}$$

$$\sigma_1 = 53,55 \text{ kg/cm}^2$$

### Nilai rata-rata untuk 90gr:4gr:8gr

$$\sigma_1 = \frac{53,55 + 61,8 + 53,55}{3}$$

$$\sigma_1 = 56,1 \text{ kg/cm}^2$$

### 13) Sampel 1 untuk 90gr:8gr:8gr

Dik : P = 0,3 kN dan l = 0,8 cm x 15 cm = 12 cm<sup>2</sup>

$$\sigma_1 = \frac{3 P.l \times 102}{2.B.H^2}$$

$$\sigma_1 = \frac{3 \times 0,3 \times 12 \times 102}{2.3.2^2}$$

$$\sigma_1 = 45,9 \text{ kg/cm}^2$$

**14) Sampel 2 untuk 90gr:8gr:8gr**

Dik :  $P = 0,35 \text{ kN}$  dan  $l = 0,8 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} = 12 \text{ cm}^2$

$$\sigma_1 = \frac{3 P.l \times 102}{2.B.H^2}$$

$$\sigma_1 = \frac{3 \times 0,35 \times 12 \times 102}{2.3.2^2}$$

$$\sigma_1 = 53,55 \text{ kg/cm}^2$$

**15) Sampel 3 untuk 90gr:8gr:8gr**

Dik :  $P = 0,3 \text{ kN}$  dan  $l = 0,8 \text{ cm} \times 15 \text{ cm} = 12 \text{ cm}^2$

$$\sigma_1 = \frac{3 P.l \times 102}{2.B.H^2}$$

$$\sigma_1 = \frac{3 \times 0,3 \times 12 \times 102}{2.3.2^2}$$

$$\sigma_1 = 45,9 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$\sigma_1 = \frac{45,9 + 53,55 + 45,9}{3}$$

$$\sigma_1 = 48,45 \text{ kg/cm}^2$$

## Lampiran 4

### Perhitungan Kuat Tekan ( $\sigma_u$ )

Kuat tekan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

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

dengan :

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

$$P = \text{beban maksimum yang diberikan (kg)}$$

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

#### 1. Perhitungan Kuat Tekan Sebelum Penguburan

##### 1) Sampel 1 tanpa campuran

Dik :  $P = 30 \text{ kN}$  dan  $A = 25 \text{ cm}^2$

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

$$\sigma_u = \frac{30 \times 102}{25}$$

$$\sigma_u = 122,4 \text{ kg/cm}^2$$

##### 2) Sampel 2 tanpa campuran

Dik :  $P = 31,5 \text{ kN}$  dan  $A = 25 \text{ cm}^2$

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

$$\sigma_u = \frac{31,5 \times 102}{25}$$

$$\sigma_u = 128,52 \text{ kg/cm}^2$$

**3) Sampel 3 tanpa campuran**

Dik :  $P = 29 \text{ kN}$  dan  $A = 25 \text{ cm}^2$

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

$$\sigma_u = \frac{29 \times 102}{25}$$

$$\sigma_u = 118,32 \text{ kg/cm}^2$$

**Nilai rata-rata untuk tanpa campuran**

$$\sigma_u = \frac{122,4 + 128,52 + 118,32}{3}$$

$$\sigma_u = 123,08 \text{ kg/cm}^2$$

**4) Sampel 1 untuk 90gr:0gr:8gr**

Dik :  $P = 34 \text{ kN}$  dan  $A = 25 \text{ cm}^2$

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

$$\sigma_u = \frac{34 \times 102}{25}$$

$$\sigma_u = 138,72 \text{ kg/cm}^2$$

**5) Sampel 2 untuk 90gr:0gr:8gr**

Dik :  $P = 33,5 \text{ kN}$  dan  $A = 25 \text{ cm}^2$

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

$$\sigma_u = \frac{33,5 \times 102}{25}$$

$$\sigma_u = 136,68 \text{ kg/cm}^2$$

**6) Sampel 3 untuk 90gr:0gr:8gr**

Dik :  $P = 33,5 \text{ kN}$  dan  $A = 25 \text{ cm}^2$

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

$$\sigma_u = \frac{33,5 \times 102}{25}$$

$$\sigma_u = 136,68 \text{ kg/cm}^2$$

**Nilai rata-rata untuk 90gr:0gr:8gr**

$$\sigma_u = \frac{138,72 + 136,68 + 136,68}{3}$$

$$\sigma_u = 137,36 \text{ kg/cm}^2$$

**7) Sampel 1 untuk 90gr:2gr:8gr**

Dik : P = 28 kN dan A = 25 cm<sup>2</sup>

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

$$\sigma_u = \frac{28 \times 102}{25}$$

$$\sigma_u = 114,24 \text{ kg/cm}^2$$

**8) Sampel 2 untuk 90gr:2gr:8gr**

Dik : P = 28 kN dan A = 25 cm<sup>2</sup>

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

$$\sigma_u = \frac{28 \times 102}{25}$$

$$\sigma_u = 114,24 \text{ kg/cm}^2$$

**9) Sampel 3 untuk 90gr:2gr:8gr**

Dik : P = 27,5 kN dan A = 25 cm<sup>2</sup>

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

$$\sigma_u = \frac{27,5 \times 102}{25}$$

$$\sigma_u = 112,2 \text{ kg/cm}^2$$

**Nilai rata-rata untuk 90gr:2gr:8gr**

$$\sigma_u = \frac{114,24 + 114,24 + 112,2}{3}$$

$$\sigma_u = 113,56 \text{ kg/cm}^2$$

**10) Sampel 1 untuk 90gr:4gr:8gr**

Dik : P = 27,5 kN dan A = 25 cm<sup>2</sup>

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

$$\sigma_u = \frac{27,5 \times 102}{25}$$

$$\sigma_u = 112,2 \text{ kg/cm}^2$$

**11) Sampel 2 untuk 90gr:4gr:8gr**

Dik : P = 27,5 kN dan A = 25 cm<sup>2</sup>

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

$$\sigma_u = \frac{27,5 \times 102}{25}$$

$$\sigma_u = 112,2 \text{ kg/cm}^2$$

**12) Sampel 3 untuk 90gr:4gr:8gr**

Dik : P = 27 kN dan A = 25 cm<sup>2</sup>

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

$$\sigma_u = \frac{27 \times 102}{25}$$

$$\sigma_u = 110,16 \text{ kg/cm}^2$$

**Nilai rata-rata untuk 90gr:4gr:8gr**

$$\sigma_u = \frac{112,2 + 1142,2 + 110,16}{3}$$

$$\sigma_u = 111,52 \text{ kg/cm}^2$$

**13) Sampel 1 untuk 90gr:8gr:8gr**

Dik : P = 26 kN dan A = 25 cm<sup>2</sup>

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

$$\sigma_u = \frac{26 \times 102}{25}$$

$$\sigma_u = 106,08 \text{ kg/cm}^2$$

**14) Sampel 2 untuk 90gr:8gr:8gr**

Dik : P = 25,5 kN dan A = 25 cm<sup>2</sup>

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

$$\sigma_u = \frac{25,5 \times 102}{25}$$

$$\sigma_u = 104,04 \text{ kg/cm}^2$$

**15) Sampel 3 untuk 90gr:8gr:8gr**

Dik : P = 26,5 kN dan A = 25 cm<sup>2</sup>

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

$$\sigma_u = \frac{26,5 \times 102}{25}$$

$$\sigma_u = 108,14 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$\sigma_u = \frac{106,08 + 104,04 + 102}{3}$$

$$\sigma_u = 104,04 \text{ kg/cm}^2$$

## **2. Perhitungan Kuat Tekan Sesudah Penguburan**

### **1) Sampel 1 tanpa campuran**

Dik : P = 29,5 kN dan A = 25 cm<sup>2</sup>

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

$$\sigma_u = \frac{29,5 \times 102}{25}$$

$$\sigma_u = 120,36 \text{ kg/cm}^2$$

### **2) Sampel 2 tanpa campuran**

Dik : P = 30 kN dan A = 25 cm<sup>2</sup>

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

$$\sigma_u = \frac{30 \times 102}{25}$$

$$\sigma_u = 122,4 \text{ kg/cm}^2$$

### **3) Sampel 3 tanpa campuran**

Dik : P = 29 kN dan A = 25 cm<sup>2</sup>

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

$$\sigma_u = \frac{29 \times 102}{25}$$

$$\sigma_u = 118,32 \text{ kg/cm}^2$$

**Nilai rata-rata untuk tanpa campuran**

$$\sigma_u = \frac{120,36 + 122,4 + 118,32}{3}$$

$$\sigma_u = 120,36 \text{ kg/cm}^2$$

**4) Sampel 1 untuk 90gr:0gr:8gr**

Dik :  $P = 33 \text{ kN}$  dan  $A = 25 \text{ cm}^2$

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

$$\sigma_u = \frac{33 \times 102}{25}$$

$$\sigma_u = 134,64 \text{ kg/cm}^2$$

**5) Sampel 2 untuk 90gr:8gr:8gr**

Dik :  $P = 33 \text{ kN}$  dan  $A = 25 \text{ cm}^2$

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

$$\sigma_u = \frac{34 \times 102}{25}$$

$$\sigma_u = 134,64 \text{ kg/cm}^2$$

**6) Sampel 3 untuk 90gr:0gr:8gr**

Dik :  $P = 33,5 \text{ kN}$  dan  $A = 25 \text{ cm}^2$

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

$$\sigma_u = \frac{33,5 \times 102}{25}$$

$$\sigma_u = 136,64 \text{ kg/cm}^2$$

**Nilai rata-rata untuk 90gr:0gr:8gr**

$$\sigma_u = \frac{134,64 + 134,64 + 164,64}{3}$$

$$\sigma_u = 135,31 \text{ kg/cm}^2$$

**7) Sampel 1 untuk 90gr:2gr:8gr**

Dik : P = 26,5 kN dan A = 25 cm<sup>2</sup>

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

$$\sigma_u = \frac{26,5 \times 102}{25}$$

$$\sigma_u = 108,12 \text{ kg/cm}^2$$

**8) Sampel 2 untuk 90gr:2gr:8gr**

Dik : P = 27,5 kN dan A = 25 cm<sup>2</sup>

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

$$\sigma_u = \frac{27,5 \times 102}{25}$$

$$\sigma_u = 112,26 \text{ kg/cm}^2$$

**9) Sampel 3 untuk 90gr:2gr:8gr**

Dik : P = 26,5 kN dan A = 25 cm<sup>2</sup>

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

$$\sigma_u = \frac{26,5 \times 102}{25}$$

$$\sigma_u = 108,12 \text{ kg/cm}^2$$

**Nilai rata-rata untuk untuk 90gr:2gr:8gr**

$$\sigma_u = \frac{108,12 + 112,2 + 108,12}{3}$$

$$\sigma_u = 109,48 \text{ kg/cm}^2$$

**10) Sampel 1 untuk 90gr:4gr:8gr**

Dik : P = 25 kN dan A = 25 cm<sup>2</sup>

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

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

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

**11) Sampel 2 untuk 90gr:4gr:8gr**

Dik : P = 26 kN dan A = 25 cm<sup>2</sup>

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

$$\sigma_u = \frac{26 \times 102}{25}$$

$$\sigma_u = 106,08 \text{ kg/cm}^2$$

**12) Sampel 3 untuk 90gr:4gr:8gr**

Dik : P = 26,5 kN dan A = 25 cm<sup>2</sup>

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

$$\sigma_u = \frac{26,5 \times 102}{25}$$

$$\sigma_u = 108,12 \text{ kg/cm}^2$$

**Nilai rata-rata untuk 90gr:4gr:8gr**

$$\sigma_u = \frac{102 + 106,08 + 108,12}{3}$$

$$\sigma_u = 105,4 \text{ kg/cm}^2$$

**13) Sampel 1 untuk 90gr:8gr:8gr**

Dik :  $P = 24 \text{ kN}$  dan  $A = 25 \text{ cm}^2$

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

$$\sigma_u = \frac{24 \times 102}{25}$$

$$\sigma_u = 97,92 \text{ kg/cm}^2$$

**14) Sampel 2 untuk 90gr:8gr:8gr**

Dik :  $P = 24,5 \text{ kN}$  dan  $A = 25 \text{ cm}^2$

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

$$\sigma_u = \frac{24,5 \times 102}{25}$$

$$\sigma_u = 99,96 \text{ kg/cm}^2$$

**15) Sampel 3 untuk 90gr:8gr:8gr**

Dik :  $P = 23,5 \text{ kN}$  dan  $A = 25 \text{ cm}^2$

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

$$\sigma_u = \frac{23,5 \times 102}{25}$$

$$\sigma_u = 95,88 \text{ kg/cm}^2$$

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

$$\sigma_u = \frac{97,92 + 99,96 + 95,88}{3}$$

$$\sigma_u = 97,92 \text{ kg/cm}^2$$

## Lampiran 5

### Dokumentasi Penelitian



**Gambar 1.** Pelelehan plastik



**Gambar 2.** Cetakan kuat tekan dan kuat tarik



**Gambar 3.** Sampel kuat tekan