

**KARAKTERISASI MATERIAL BIOPLASTIK BERBASIS
CARBOXYMETHYL CELLULOSE (CMC) JERAMI PADI**

SKRIPSI



TUGAS AKHIR

**Untuk memenuhi sebagai persyaratan mencapai derajat sarjana S1
Pada Jurusan Teknik Mesin Universitas Sultan Ageng Tirtayasa**

Disusun oleh

Fauzan Djilham Aqshal

3331180017

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA**

CILEGON-BANTEN

2023

TUGAS AKHIR

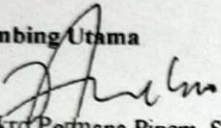
KARAKTERISASI MATERIAL BIOPLASTIK BERBASIS CARBOXYMETHYL CELLULOSE (CMC) JERAMI PADI


Dipersiapkan dan disusun oleh:

Fauzan Djilham Aqshal
3331180017

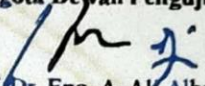
telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal, 25 Juli 2023

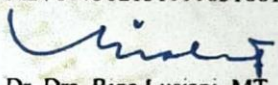
Pembimbing Utama

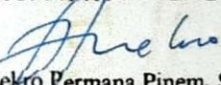

Dr. Mekro Permana Pinem, ST., MT.
NIP. 198902262015041002

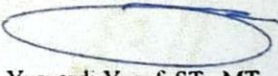

Yusvardi Yusuf, ST., MT.
NIP. 197910302003121001

Anggota Dewan Penguji


Prof. Dr. Eng. A. Ali Alhamidi, MT.
NIP. 197312131999031001



Dr. Dra. Rina Lusiani, MT.
NIP. 195904141986032002


Dr. Mekro Permana Pinem, ST., MT.
NIP. 198902262015041002


Yusvardi Yusuf, ST., MT.
NIP. 197910302003121001

Tugas Akhir ini sudah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

Tanggal, 07 Agustus 2023
Ketua Jurusan Teknik Mesin UNTIRTA


Dhimas Satria, S.T., M.Eng.
NIP. 198305102012121006



LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Dengan ini saya sebagai penulis skripsi berikut:

Judul : KARAKTERISASI MATERIAL BIOPLASTIK
BERBASIS CARBOXYMETHYL CELLULOSE (CMC)
JERAMI PADI
Nama Mahasiswa : Fauzan Djilham Aqshal
NIM : 3331180017
Fakultas : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sungguh-sungguh bahwa Skripsi tersebut diatas adalah benar-benar hasil karya saya dan tidak memuat hasil karya orang lain, kecuali dinyatakan melalui rujukan yang benar dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari ditemukan hal-hal yang menunjukkan bahwa seluruh karya ini bukan karya saya, maka saya bersedia dituntut hukum yang berlaku.

Cilegon, 29 Agustus 2023



Fauzan Djilham Aqshal

NIM.3331180017

ABSTRAK

KARAKTERISASI MATERIAL BIOPLASTIK BERBASIS CARBOXYMETHYL CELLULOSE (CMC) JERAMI PADI

Disusun oleh:

FAUZAN DJILHAM AQHSAL
3331180017

Bioplastik merupakan material terbaru yang dapat terdegradasi secara alami, bioplastik dapat dibuat dengan menggunakan bahan-bahan terbaru seperti selulosa. Selulosa merupakan polikarbonat yang dapat kita temukan pada tanaman pertanian salah satunya yaitu jerami padi. Dalam penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan sebuah bioplastik yang dapat menggantikan plastik sintesis, dapat mengetahui karakteristik sebuah bioplastik serta dapat mengetahui nilai sudut kontak untuk mengetahui sifat bioplastik terhadap air. Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini berupa rancangan acak lengkap dimana terdapat empat kali pengujian yaitu uji tarik, penambahan panjang, ketebalan dan sudut kontak, dengan empat variabel bebas pada larutan 15ml, 20ml, 30ml dan 45ml pada cetakan yang sama. Metode analisis yang digunakan berupa (ANOVA) satu arah dengan analisa lanjutan duncan. Didapatkan hasil penelitian berupa hasil data pengujian dimana pada pengujian ketebalan nilai ketebalan tertinggi terdapat pada larutan 45ml dengan nilai $9,28 \times 10^{-2}$ mm dan terendah pada larutan 15ml dengan nilai $6,88 \times 10^{-2}$ mm. Pengujian uji tarik pada larutan 15ml diperoleh 1,79 MPa, larutan 20ml diperoleh 1,8 Mpa, larutan 30ml diperoleh 1,6 MPa dan larutan 45ml diperoleh 1,4 MPa. Dengan nilai penambahan panjang pada setiap larutan 12,95%; 16,5%; 22,2%; 28,5% dan nilai sudut kontak pada setiap larutan $81,3^{\circ}$; $85,63^{\circ}$; $88,23^{\circ}$; $90,8^{\circ}$.

Kata kunci: Anova, Bioplastik, CMC, Sudut Kontak, Uji Tarik.

ABSTRACT

CHARACTERIZATION OF BIOPLASTIC MATERIAL BASED ON CARBOXYMETHYL CELLULOSE (CMC) RICE STRAW

Compiled by:

FAUZAN DJILHAM AQHSAL

3331180017

Bioplastics are renewable materials that can be degraded naturally, bioplastics can be made using renewable materials such as cellulose. Cellulose is a polycarbonate that we can find in agricultural crops, one example is rice straw. In this research the aim is to obtain a bioplastic that can replace synthetic plastics, to know the characteristics of a bioplastic, and to know the value of the contact angle to determine the properties of bioplastics towards water. The research method used in this study was a completely randomized design with four tests, namely tensile test, length increase, thickness, and contact angle, with four independent variables in 15 ml, 20 ml, 30 ml, and 45 ml solutions in the same mold. The analytical method used is one-way (ANOVA) with continued Duncan analysis. The research results were obtained in the form of test data results where in the thickness test the highest thickness value was found in 45 ml solution with a value of 9.28×10^{-2} mm and the lowest is in 15 ml solution with a value of 6.88×10^{-2} mm. Tensile test on 15 ml solution obtained 1.79 MPa, 20 ml solution obtained 1.8 MPa, 30 ml solution obtained 1.6 MPa, and 45 ml solution brought 1.4 MPa. With an increase in length in each solution of 12.95%, 16.5%, 22.2%, and 28.5% and the contact angle value in each solution is 81.3° , 85.63° , 88.23° , 90.8° .

Keywords: ANOVA, Bioplastics, CMC, Contact Angle, Tensile Test.

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah subhanahu wata'ala yang telah memberikan kami kemudahan sehingga penulis dapat menyusun laporan tugas akhir ini. Tanpa izin dan pertolongan-Nya, tentunya penulis tidak akan sanggup untuk menyelesaikan laporan tugas akhir ini dengan baik. Shalawat serta salam semoga terlimpah curahkan kepada baginda tercinta kita yaitu Nabi Muhammad shallallahu alaihi wasallam, karena berkat kegigihan dan kesabaran beliau penulis dapat menuntut ilmu pengetahuan seperti sekarang ini. Laporan skripsi yang memiliki judul “Karakterisasi Material Bioplastik Carboxymethyl Cellulose (CMC) Jerami Padi”, dibuat untuk memenuhi persyaratan dalam tugas akhir skripsi di Universitas Sultan Ageng Tirtayasa (UNTIRTA).

Keberhasilan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini tidak dapat terselesaikan tanpa bantuan dan bimbingan dari pihak-pihak terkait. Dalam kesempatan ini penulis dengan kerendahan dan setulus hati ingin menyampaikan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Dhimas Satria, ST., M. Eng, selaku ketua jurusan teknik mesin universitas sultan ageng tirtayasa.
2. Ibu Miftahul Jannah, ST.,M.T.selaku kordinator kerja praktik teknik mesin universita sultan ageng tirtayasa.
3. Bapak Dr. Mekro Permana. Pinem, S.T., M.T selaku dosen pembimbing 1 tugas akhir saya.
4. Bapak Yusvardi Yusuf, S.T., M.T selaku dosen pembimbing 2 tugas akhir saya.
5. Bapak Ipick Setiawan, ST., M.Eng selaku dosen pembimbing akademik saya.
6. Bapak dan ibu saya yang selalu mendukung dan mendoakan saya selama proses pembuatan laporan ini.
7. Kawan-kawan sekalian yang telah menemani saya dalam pembuatan laporan skripsi ini.

Penulis sadar akan laporan skripsi ini masih jauh dari kata sempurna, atas dasar tersebut penulis memohon maaf jika ada salah kata yang dapat menyinggung pembaca sekalian.

Cilegon, 20 Mei 2023

Penulis

DAFTAR ISI

Halaman

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Penelitian	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
1.6 Metodologi Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 <i>State of the art</i>	5
2.2 Jerami Padi	6
2.3 Bioplastik.....	7
2.4 Cellulose	10
2.5 CarboxyMethyl Cellulose (<i>CMC</i>)	11
2.6 ASTM D638.....	11
2.7 <i>Contact Angle</i>	12
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Diagram Alir Penelitian	13
3.2 Alat dan Bahan.....	14

3.3	Rancangan Acak Lengkap	19
3.4	Variabel Penelitian.....	19
3.5	Prosedur Pengerjaan dan Analisa Data	20
3.6	Analisa Data.....	22

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Hasil Pembuatan Bioplastik	23
	4.1.1Proses Pembuatan Bioplastik.....	23
	4.1.2Proses Pengujian Bioplastik.....	24
4.2	Data Hasil Pengujian	25
	4.2.1Ketebalan	25
	4.2.2Uji Tarik.....	27
	4.2.3Pertambahan Panjang.....	29
	4.2.4Sudut Kontak	32
4.3	Pembahasan Analisa Data	35

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan.....	38
5.2	Saran.....	39

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Mesin Uji Tarik	8
Gambar 2.2 Stuktur Selulosa	10
Gambar 2.3 Proses Sintesis Selulosa Karbosimetil Selulosa	11
Gambar 2.4 Dimension ASTM D638-14	12
Gambar 2.5 Sudut Kontak Terhadap Sifat	12
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	14
Gambar 3.2 <i>Magnetic Stirrer</i>	14
Gambar 3.3 Spatula	15
Gambar 3.4 Timbangan digital kimia	15
Gambar 3.5 Alat Uji Tarik	16
Gambar 3.6 <i>Elongation Test</i>	16
Gambar 3.7 <i>Contact Angel</i>	17
Gambar 3.8 <i>Petridish</i>	17
Gambar 3.9 <i>Bar Stirrer</i>	17
Gambar 3.10 <i>Micrometer thikness Gauge</i>	18
Gambar 3.11 <i>Aquadest</i>	18
Gambar 3.12 CMC	19
Gambar 4.1 Proses Pembuatan Bioplastik	23
Gambar 4.2 Pengujian Bioplastik	24
Gambar 4.3 Hasil Bioplastik	25
Gambar 4.4 Ketebalan Rata-rata Bioplastik CMC	26
Gambar 4.5 ASTM D-638 <i>type IV</i>	27
Gambar 4.6 Hasil Uji Tarik Bioplastik CMC dan Chitosan	29
Gambar 4.7 Hasil Renggang Bioplastik CMC	31
Gambar 4.8 Pengaruh Uji Tarik Terhadap Renggang Bioplastik CMC	32
Gambar 4.9 Aplikasi <i>image-j</i>	32
Gambar 4.10 Rata-rata Sudut Kontak Bioplastik CMC	34
Gambar 4.11 Perlakuan Terbaik Bioplastik CMC	37

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Standar Edible Film <i>Japanese Industrial Standar 2-1707 1946</i>	22
Tabel 4.1 standar JIS 2-1707	24
Tabel 4.2 Ketebalan Setiap Larutan	26
Tabel 4.3 Larutan 15 ml	27
Tabel 4.4 Larutan 20 ml	28
Tabel 4.5 Larutan 30 ml	28
Tabel 4.6 Larutan 45 ml	28
Tabel 4.7 Pertambahan Panjang	30
Tabel 4.8 Elongation	30
Tabel 4.9 Sudut Kontak	34

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Plastik merupakan polimer rantai panjang yang paling banyak digunakan saat ini baik untuk keperluan industri maupun kebutuhan rumah tangga. Indonesia sendiri merupakan negara yang paling banyak menggunakan plastik khususnya pada produk-produk kemasan dan lain-lain. Berdasarkan data *The National Plastic Action Partnership* (NPAP), Indonesia menghasilkan sampah plastik sebanyak 4,8 juta ton pertahun. Sampah plastik yang dihasilkan pun terbagi menjadi beberapa jenis seperti PET (*PolyethyleneTerephthalate*), PE-HD (*High-Density Polyethylene*), PVC (*Polyvinyl Chloride*), LDPE (*Low-Density Polyethylene*), PP (*Polupropylene*), PS (*Polystyrene*) dan O (*other Pastics*), yang dimana dari beberapa jenis plastik tersebut hanya beberapa saja yang dapat didaur ulang di Pusat Daur Ulang (PDU). Dengan jumlah sampah plastik pertahun yang tinggi dan minimnya fasilitas daur ulang sampah plastik, Indonesia juga dihadapi dengan masalah kurangnya fasilitas tempat pembuangan sampah unit. Kurangnya fasilitas ini menjadikan Indonesia menjadi penghasil pencemaran sampah plastik dilaut terbesar didunia. Sampah-sampah plastik yang terbuang dilaut dapat mengakibatkan rusaknya ekosistem lingkungan laut akibat sifat plastik yang tidak dapat terurai dengan sendirinya.

Dari hal-hal tersebut maka diperlukan sebuah material terbarukan yang mempunyai kemampuan mudah terdegradasi oleh mikro organisme atau secara alami. Salah satu material terbarukan yang bisa digunakan untuk menggantikan material plastik sintetis yaitu bioplastik. Bioplastik merupakan material plastik yang mudah teruraikan oleh mikroorganisme maupun secara alami yang ramah lingkungan. Perbedaan plastik sintetis dengan bioplastik terdapat pada bahan baku utamanya. Pada plastik sintetis bahan utama dalam pembuatannya berbahan baku minyak bumi, sedangkan pada plastik bioplastik terbuat dari material terbarukan yang mudah terdegradasi seperti

pati, selulosa, kolagen, kasein, protein atau lipid dan kitin yang dapat ditemukan pada tumbuhan dan hewan (Ummah, 2013).

Selulosa merupakan material biopolimer yang dapat diperoleh pada tumbuhan hasil pertanian salah satunya jerami padi. Jerami padi adalah batang pada padi yang sudah dipanen butiran padinya. Menurut penelitian (Pratiwi dkk., 2016) jerami padi mempunyai 37,71% selulosa, 21,99% hemiselulosa dan 16,62% lignin. Dengan jumlah selulosa yang cukup tinggi pada jerami padi maka dapat dimanfaatkan untuk berbagai hal salah satunya yaitu sebagai bahan baku bioplastik serta dapat dijadikan sebagai bahan turunan dari selulosa yaitu *Cabrboxymetyhl Cellulose* (CMC). *Cabrboxymetyhl Cellulose* (CMC) adalah polikarbonat tidak beracun, turunan dari selulosa bersifat biokompatibel dan biodegradable (NURLAILA, 2021a). CMC sendiri merupakan derivat selulosa yang bisa dilarutkan dalam air dingin maupun panas.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka penulis membuat sebuah penelitian untuk mengetahui seberapa efektif penggunaan *Cabrboxymetyhl Cellulose* (CMC) jerami padi sebagai bahan baku utama pembuatan bioplastik. Serta dapat mengetahui seberapa layak bioplastik berbasis CMC jerami padi untuk digunakan sebagai plastik kemasan. Adapun variasi penelitian bertujuan untuk mengetahui konsentrasi optimum CMC pada bioplastik. Selanjutnya bioplastik akan diuji kemampuannya mekanikanya dengan acuan ASTM-D638 berupa kekuatan tarik (*tensile strength*), persen pemanjangan materia (*elongation*), ASTM-D1005 uji ketebalan (*thickness*), dan ASTM D5946 *contact angle*. Untuk membantu mengetahui hasil analisa karakteristik bioplastik akan dilakukan proses analisa lanjutan menggunakan menggunakan metode *contact angle analysis* untuk mengetahui tingkat tegangan permukaan material.

1.2 Perumusan Masalah

Dalam penelitian yang dibuat oleh penulis terdapat beberapa rumusan masalah dalam penelitian:

1. Bagaimana proses pembuatan bioplastik CMC jerami padi?
2. Bagaimana karakteristik bioplastik CMC jerami padi?
3. Bagaimana sudut kontak yang dihasilkan dari bioplastik?

1.3 Batasan Penelitian

Dalam melaksanakan penelitian terdapat batasan-batasan penelitian yang bertujuan untuk membatasi hal-hal yang tidak diperlukan untuk diteliti sehingga penelitian tersebut mencapai tujuan yang sudah ada. Berikut merupakan hal-hal yang dibatasi dalam penelitian yang penulis lakukan:

1. Penelitian berbahan *CarboxyMethyl Cellulose*.
2. Variabel pada jumlah penggunaan larutan 15 ml, 20 ml, 30 ml dan 45 ml
3. Pengujian material yang dilakukan berupa kekuatan tarik, *elongation* (pertambahan panjang), *thikness* (ketebalan) dan *contact angel*.

1.4 Tujuan Penelitian

Dalam penelitian yang dibuat oleh penulis terdapat tujuan penelitian yang dimana sebagai berikut:

1. Dapat menggantikan plastik sintesis.
2. Dapat menganalisis karakteristik material bioplastik.
3. Dapat memahami nilai sudut kontak bioplastik.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini memiliki manfaat yaitu sebagai berikut:

1. Membuat material plastik yang memiliki tingkat pencemaran lingkungan yang kecil serta mudah terdegradasi secara mikroorganisme atau secara alami,
2. Dapat menambah wawasan tentang proses pembuatan bioplastik pengujian bioplastik pengukuran sudut kontak.
3. Dapat menggantikan penggunaan sampah plastik sintetis yang sangat sulit terurai.

1.6 Metodologi Penelitian

Dalam penelitian propertis mekanik *carboxymethyl cellulose* (CMC) berasal dari jerami padi pada bahan bioplastik menggunakan rancangan penelitian RAL dengan konsentrasi larutan yang digunakan pada CMC 15 ml, 20 ml, 30 ml dan 45 ml.

Menggunakan ASTM D638 untuk mengetahui konsentrasi optimum pada sifat mekanik bioplastik berupa kekuatan tarik (*tensile strength*), persen pemanjangan material (*elongation*), ASTM-D1005 uji ketebalan (*thickness*) dan *contact angle* dengan ASTM D5946. Metode analisa akan menggunakan metode (ANOVA) satu arah yaitu pengujian statistik yang membandingkan variasi dalam rata-rata grup sampel dengan mempertimbangkan pada satu variabel atau independen.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *State of the art*

Bioplastik merupakan bahan material yang ramah lingkungan dan mudah diuraikan kembali baik secara mikro organisme maupun secara alami. Bioplastik pada umumnya terbuat dari material yang dapat diperbaharui seperti senyawa-senyawa pada tanaman maupun hewan misalnya pati, selulosa, kolagen, kasein, protein atau lipid (Ummah, 2013). Selulosa merupakan material biopolymer yang dapat diperoleh pada tumbuhan hasil pertanian salah satunya jerami padi.

Berdasarkan penelitian (Pratiwi dkk., 2016) pembuatan bioplastik menggunakan metode inversi fasa dengan varian jumlah kitosan dan pulp selulosa jerami padi 3:10, 4:10 dan 5:10. Analisis morfologi menunjukkan bioplastik terbentuk belum homogen dan pada analisa gugus fungsi tidak ditemukan gugus fungsi baru. Pengujian mekanik dilakukan dengan untuk mengetahui nilai kuat tarik secara berturut-turut 4,2 MPa, 13,8 MPa dan 4,1 MPa.

Berdasarkan penelitian (Setiawan dkk., 2021) mensintetis bioplastik dari bahan baku jerami dengan larutan etanol 5% dan 35%. Bioplastik jerami dibuat dengan memadukan 2 massa yaitu pati dan selulosa dengan takaran 1:0,5; 1:1; dan 1:1,5. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa pengguna massa pati dengan selulosa 1:0,5 pada konsentrasi delignifikasi etanol 35% memiliki nilai kuat tarik 8,773MPa.

Berdasarkan penelitian (Maladi irham, 2019) pati kulit singkong dipadukan dengan selulosa jerami padi, PVA dan ZnO, metode yang digunakan berupa *melt-intercalation*. Hasil penelitian ini menunjukkan bioplastik yang terbaik berada pada pengguna selulosa 1,2 g dengan hasil pengujian tarik 37,38 MPa. Sedangkan untuk pertambahan Panjang berada pada PVA 1,2 g yaitu sebesar 73%. Uji ducan dilakukan dengan kepercayaan 95% dan didapatkan campuran optimal bioplastic dengan komposisi pati 5g; selulosa 1,2g; PVA 0,3g dan ZnO 0,3g.

Berdasarkan penelitian (Ishmatu Sholikhah dkk., t.t.) selulosa dari jerami padi ditambahkan dengan pemplastik berupa gliserol dan kitosan. Hasil penelitian menunjukkan penambahan gliserol 3 ml dan kitosan didapatkan karakteristik material yaitu kuat tarik 13,8 MPa, *water up-take* 13,8% dan pengurangan massa 21,31% dalam biodegradasi selama 15 hari.

Berdasarkan penelitian (Lestari, 2022) selulosa jerami padi dicampurkan dengan pati kulit pisang raja dengan komposisi sampel A (0:2), B (0,25:1,75), C (0,5:1,5), D (0,75:1,25) dan sampel E (1:1). Dengan tambahan *plasticizer* sorbitol. Hasil penelitian karakterisasi bioplastik dengan komposisi optimum terdapat pada komposisi (1:1) dimana memiliki nilai serap air sebesar 16,13%, kemampuan degradasi sebesar 67%, nilai kuat tarik sebesar 11,24 MPa, nilai persen pemanjangan sebesar 3,99% dan nilai modulus elastitas sebesar 281,59 MPa.

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut penggunaan jerami padi sebagai bahan baku bioplastik berupa selulosa jerami ditambahkan dengan *plasticizer* berupa kitosan dan sorbitol sebagai pemplastis. Dari penelitian sebelumnya juga membuktikan bahwa jerami padi dapat digunakan untuk bahan baku pembuatan bioplastik. Dengan didasari oleh penelitian-penelitian sebelumnya maka penulis akan membuat sebuah penelitian tentang propertis mekanik pada bioplastik *Carboxymethyl Cellulose* (CMC) yang bisa didapatkan pada jerami padi.

2.2 Jerami Padi

Jerami padi merupakan batang non kayu yang berasal dari tanaman padi yang sudah diambil buah padinya sehingga tinggal batang dan daunnya saja. Penggunaan jerami padi pada umumnya hanya digunakan untuk pakan ternak dan kerajinan. Limbah jerami padi yang tidak terpakai umumnya dibakar akan tetapi hal ini akan menimbulkan pencemaran udara lingkungan akibat pembakar jerami padi yang menghasilkan polutan CO₂, NO dan SO.

Menurut (Pratiwi dkk., 2016) jerami padi mempunyai 37,71% selulosa, 21,99% hemiselulosa dan 16,62% lignin. Dengan jumlah selulosa yang cukup tinggi pada

jerami padi maka dapat dimanfaatkan untuk berbagai hal salah satunya yaitu sebagai bahan bioplastik serta dapat dijadikan *Cabrboxymetyhl Cellulose* (CMC).

2.3 Bioplastik

Plastik merupakan senyawa polimer yang dibentuk melalui serangkaian polimerisasi molekul-molekul kecil hidrokarbon yang membentuk rantai Panjang dengan struktur yang kaku. Plastik sendiri terbuat dari senyawa sintesis dari minyak bumi yang dibuat dengan reaksi polimerisasi molekul-molekul kecil yang sama. Plastik memiliki titik didih dan titik beku yang beragam, monomer yang sering digunakan pada pembuatan plastik seperti etena (C_2H_4), Propena (C_3H_6), styrene (C_8H_8), vinil klorida, nylon dan karbonat (CO_3). Plastik tidak dapat dihancurkan secara alami (*non-biodegradable*) sehingga menyebabkan pencemaran lingkungan karena hal tersebut plastik tidak dapat di pertahankan penggunaannya secara luas karena akan menambah persoalan limbah plastik dan kesehatan yang akan datang (Coniwati dkk,2015)

Untuk mengurangi jumlah limbah dan pencemaran yang di akibatkan oleh plastik. Maka diperlukan sebuah inovasi dan perkembangan dalam pembuatan plastik, saat ini telah dikembangkan suatu material yang ramah lingkungan yaitu bioplastik. Bioplastik merupakan bahan material plastik yang dapat diuraikan kembali oleh mikroorganisme atau secara alami menjadi senyawa yang ramah lingkungan. Perbedaan antara plastik sintetis dan bioplastik terdapat pada bahan yang digunakan. Plastik sintetis menggunakan minyak bumi untuk bahan utamanya, sementara pada bioplastik terbuat dari material yang dapat diperbaharui seperti senyawa-senyawa yang terdapat dalam tanaman dan hewan misalnya pati, selulosa, kolagen, kasein, protein atau lipid yang terdapat dalam hewan dan tumbuhan(Ummah, 2013).

Berdasarkan kualifikasi sumbernya bioplastik terbagi menjadi 3 kategori yaitu lemak (asam lemak, asigliserol), komposit (campuran hidrokolid dan lemak) dan hidrokolidi (protein dan polisakarida). Karakteristik bioplastik sendiri yaitu kuat

tarik (*tensile strength*), persen perpanjangan (*elongation %*), Ketebalan (mm), Ketahanan air (*water uptake%*) dan biodegradasi.

Kuat tarik merupakan gaya maksimum yang dapat diterima oleh material. Parameter ini akan menggambarkan berapa besar kekuatan gaya tarik yang bisa diterima oleh material tersebut. Alat yang akan digunakan untuk proses uji tarik dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2.1 Mesin Uji Tarik
(Sumber: Lab Konversi Energi COE)

Kekuatan tarik didapatkan berdasarkan beban maksimum (F_{maks}) yang dibagi dengan luas penampang awal film (A_0), dengan persamaan rumus sebagai berikut:

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

Keterangan:

σ = Kekuatan tarik (Mpa)

F_{maks} = Beban maksimum (Newton)

A_0 = Luas Penampang (m^2)

Persen perpanjangan (*elongation%*) merupakan ratio pertambahan panjang suatu film sebelum putus (Dermawan dkk., 2020). Pada umumnya adanya penambahan *plasticizer* dalam jumlah lebih besar akan menghasilkan nilai persen

pemanjangan suatu film semakin lebih besar. Tanpa penambahan *plasticizer*, amilosa dan amilopektin akan membentuk suatu film dan struktur dengan satu daerah kaya amilosa dan amilopektin. Interaksiinteraksi antara molekul-molekul amilosa dan amilopektin mendukung formasi film, menjadikan film jadi rapuh dan kaku. Untuk menghitung nilai elastisitas pada suatu material dapat dicari dengan perbandingan antara pertambahan panjang dibagi dengan panjang awal film, untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada persamaan berikut:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \times 100 \% \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

ε = Elastisitas / renggangan (%)

Δl = Pertambahan panjang (cm)

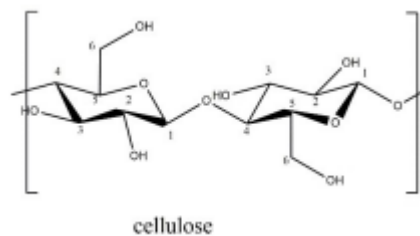
l_0 = Panjang mula-mula material yang sudah terukur (cm)

Ketebalan atau *thickness* (mm) merupakan sifat fisik yang akan menentukan kualitas dan penggunaan kemasan. Dalam kasus film kemasan sendiri ketebalan dapat mempengaruhi beberapa aspek diantaranya ketahanan film terhadap laju perpindahan uap, gas, air, dan senyawa volatin lainnya. Ketebalan kemasan makasan sendiri sudah di atur oleh badan POM RI dimana produksi kemasan fleksibel OPP (*oriented polypropylene*) memiliki tingkat ketebalan 18, 20, 25 dan 30 mikron. Pada bahan kemasan PET memiliki ketebalan kisaran 12 dan 25 mikron. Sedangkan pada bahan kemasan dari Biorenten Polyamide (BOPA) memiliki ketebalan kisaran 15 mikron. Untuk mencari ketebalan rata pada film bioplastik maka dapat menggunakan ASTM D 1005-95 dengan perhitung lima titik, untuk persamaan sebagai berikut:

$$\text{Ketebalan rata-rata} = \frac{(\text{titik 1} + \text{titik 2} + \text{titik 3} + \text{titik 4} + \text{titik 5})}{5} \dots\dots\dots (2.3)$$

2.4 Cellulose

Cellulose atau selulosa merupakan polimer karbohidrat yang tersusun atas β -D Glukopiranososa dan terdiri berdasarkan tiga gugus hidroksi per anhidro glukosa yang menjadikan selulosa mempunyai derajat fungsional tinggi (Aulia & Gea, 2013). Selulosa sendiri dapat diperoleh pada tumbuhan pertanian seperti tanda kelapa sawit, jerami padi dan hasil pertanian yang lianya. Gambar berikut akan menunjukkan struktur pada *cellulose*.

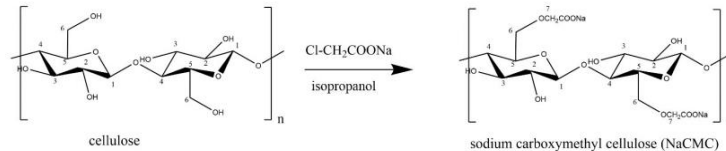


Gambar 2.2 Struktur Selulosa
(Sumber: Ndruru dkk., 2022)

. Untuk mendapatkan selulosa alam dapat dilakukan dengan metode perlakuan fiber. Perlakuan fiber merupakan perlakuan ditujukan untuk menghilangkan kandungan lignin dan hemiselulosa pada tumbuhan. Dengan perlakuan ini maka dapat memperbaiki sifat mekanik pada material dengan memperbaiki dan meningkatkan jumlah serat permukaan selulosa serta indeks kristalinitas serat (Ilyas dkk., 2017). Perlakuan fiber terbagi menjadi 3 metode yaitu perlakuan alkali, perlakuan organik dan perlakuan biologi. Perlakuan alkali merupakan perlakuan kimia yang ditujukan untuk meningkatkan selulosa dengan menghilangkan hemiselulosa dan lignin dengan bantuan zat NaOH (Witono dkk., 2013). Perlakuan biologi merupakan perlakuan menggunakan bahan methanol dan ethanol sebagai zat untuk meningkatkan nilai selulosa serta menghilangkan lignin dan hemiselulosa. (Zhao dkk., 2009). Perlakuan biologi merupakan perlakuan dengan menggunakan enzim yang berasal dari mikroorganisme. Secara umum perlakuan biologi menggunakan jamur bernama *Trichoderma reesei* yang dimana memiliki kandungan enzim selulosa sampai (Devi dkk., 2019).

2.5 CarboxyMethyl Cellulose (CMC)

Carboxymethyl Cellulose (CMC) adalah polikarbonat tidak beracun, turunan dari selulosa bersifat biokompatibel dan biodegradable (Nurlaila, 2021). *Carboxymethyl Cellulose* (CMC) merupakan koloid hidrofilik yang memiliki sifat untuk mengikat air sehingga dapat memberikan tekstur yang seragam meningkatkan kekentalan dan cenderung membatasi pengembangan. Untuk mendapatkan CMC dapat dibuat dengan cara mereaksikan selulosa dengan larutan NaOH, kemudian ditambahkan dengan natrium monokloroasetat. Untuk melihat proses sintesis CMC dapat dilihat pada gambar berikut.

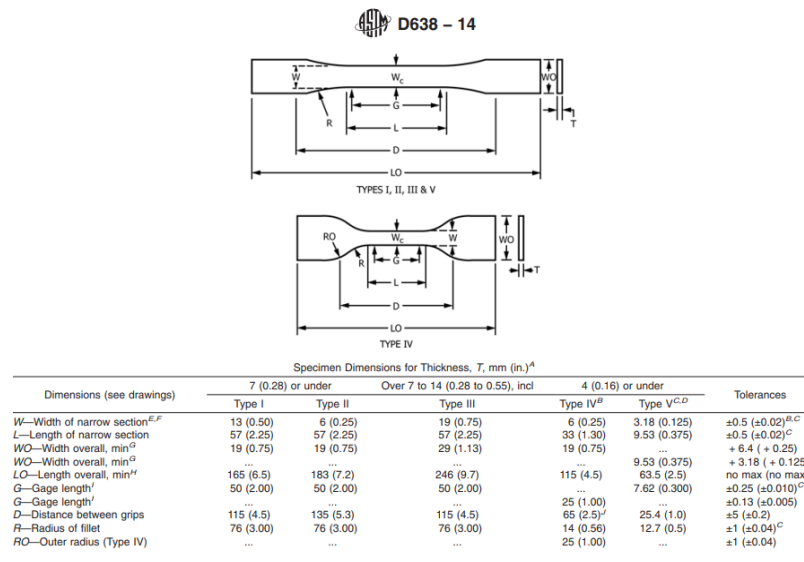


Gambar 2. 3 Proses Sintesis Selulosa Karbosimetil Selulosa
(Sumber: Ndruru dkk., 2022)

CMC sendiri memiliki sifat yang mudah larut pada air panas maupun air dingin, mudah membentuk lapisan dan bersifat stabil terhadap lemak. Sifat hidrofilik pada CMC pada penambahan film bioplastik akan menambahkan sifat mekanik film bioplastik.

2.6 ASTM D638

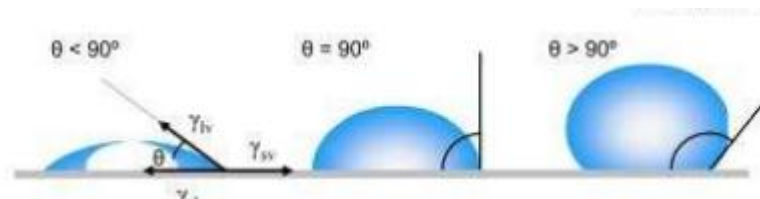
ASTM D638 merupakan standar tes metode untuk properti bahan plastik dimana ASTM D638 mencakup cara pembuatan plastik serta standar bentuk ukuran plastik untuk proses pengujian sifat uji tarik material. Pemilihan ASTM D638 ini sendiri agar dapat menyamakan bentuk ukuran benda atau spesimen film bioplastik sebelum dilakukannya tes. ASTM D638 menghasilkan sifat mekanik yang penting seperti tegangan tarik, regangan, modulus tarik, titik leleh, titik putus dan rasio poisson. Berikut merupakan gambar standar dimension ASTM D638.



Gambar 2.4 Dimension ASTM D638-14
(Sumber: ASTM D638-14)

2.7 Contact Angle

Sudut kontak merupakan metode pengukuran sudut yang terbentuk dari dua garis yang dimana garis pertama menyatakan tentang batas antara udara dan zat cair yang diteteskan dan garis kedua merupakan batas yang terbentuk diantara zat cair dan zat padat. Besarnya nilai sudut kontak dikelompokkan menjadi 3 bagian yaitu bahan bersifat super basah (*super hidrofilik*) apa bila memiliki nilai sudut kontak dibawa 30^0 , bahan bersifat basah *Hidrofilik* apabila memiliki nilai sudut kontak anantara 30^0 - 89^0 dan bahan bersifat menolak air (*hidrofobik*) apabila nilai sudut kontak $>90^0$ (Asjun dkk., 2023).

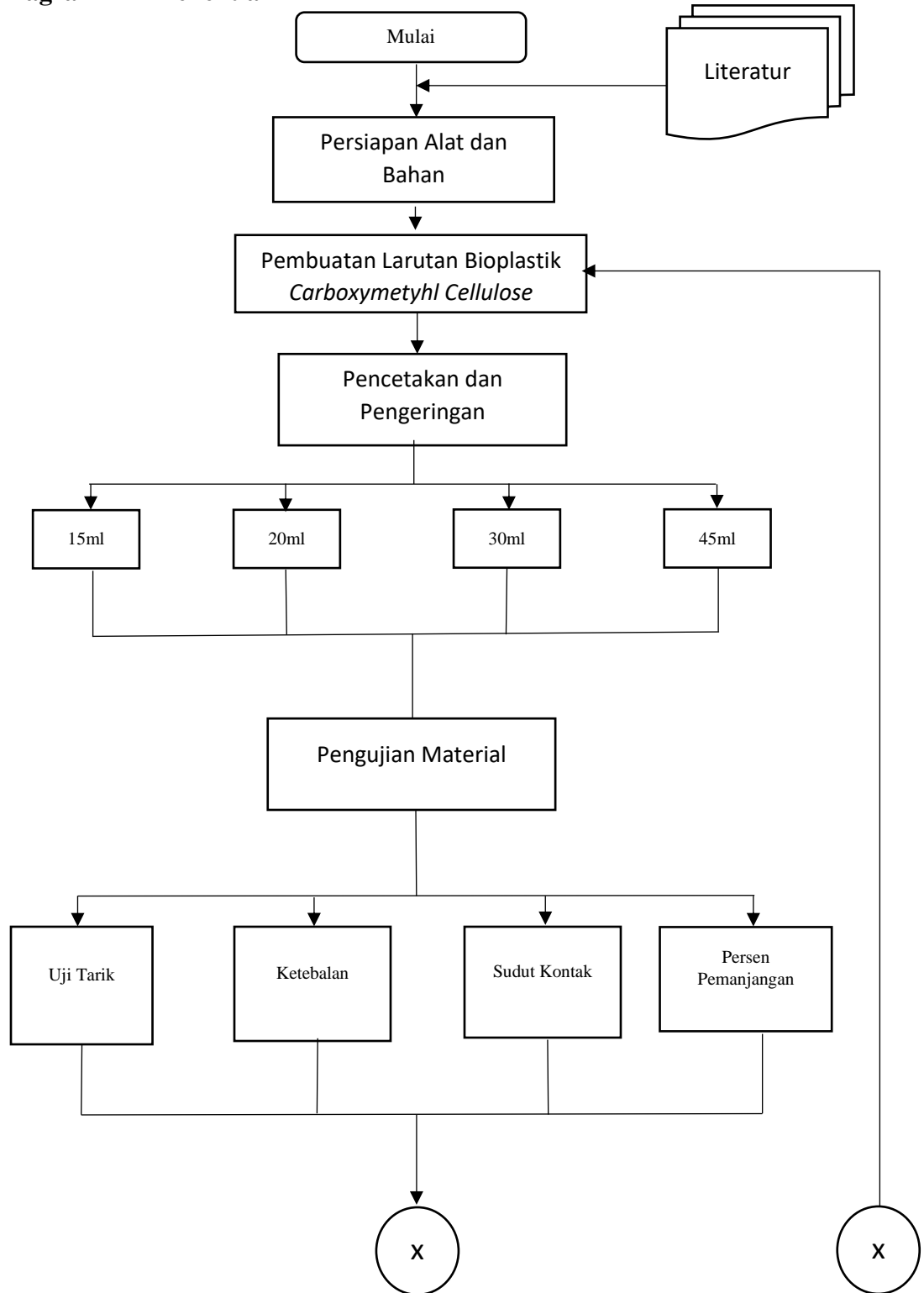


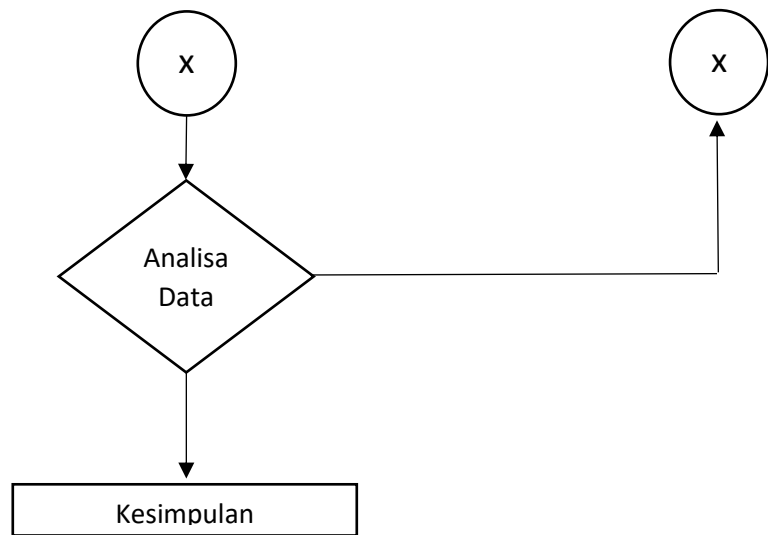
Gambar 2.5 Sudut Kontak Terhadap Sifat
(Sumber: Yuan & Lee, 2013)

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Alat dan Bahan

Dalam pelaksanaan penelitian ini terdapat beberapa alat dan bahan yang akan digunakan.

3.2.1 Alat

Dalam penelitian yang akan dilaksanakan terdapat beberapa alat yang akan digunakan untuk menunjang keberhasilan penelitian ini, berikut merupakan alat-alat yang akan digunakan selama penelitian:

1. *Magnetic stirrer*



Gambar 3.2 *Magnetic Stirrer*

Magnetic Stirrer merupakan alat yang diperuntukan untuk mengaduk cairan tidak berat dengan menggunakan sebuah magnet sebagai pemutarnya.

2. Spatula



Gambar 3.3 Spatula

Spatula merupakan suatu alat untuk mengaduk secara manual, bentuk dan rupanya mirip seperti sebuah sendok hanya saja memiliki lengan yang lebih Panjang dan radius pipih yang lebih rendah.

3. Timbangan digital kimia



Gambar 3.4 Timbangan digital kimia

Timbangan digital kimia dipergunakan untuk mengukur berat material secara teliti yaitu 0,0001gram sehingga takaran yang digunakan akan sangat teliti.

4. Alat uji tarik



Gambar 3.5 Alat Uji Tarik

Alat uji tarik merupakan alat untuk mengetahui kemampuan material mencapai batas maksimal saat dia putus. Alat uji tarik yang digunakan dengan merek *ZHIQU ZQ 60 Digital Force Gauge* yang memiliki kemampuan untuk menguji material kecil seperti edibel film plastik.

5. Alat *elongation test strograph*



Gambar 3.6 *Elongation Test*

Alat ukur pertambahan panjang merupakan alat untuk mengukur pertambahan panjang material sebelum mengalami putus.

6. *Contact Angle*



Gambar 3.7 *Contact Angle*

Sudut kontak merupakan alat untuk mengukur derajat permukaan pada material yang diuji.

7. *Petridish*



Gambar 3.8 *Petridish*

Petridish merupakan wadah untuk menyimpan sampel material maupun senyawa, umumnya *petridish* terbuat dari kaca.

8. *Bar stirrer*



Gambar 3.9 *Bar Stirrer*

Bar Stirrer merupakan alat untuk mengaduk senyawa dalam wadah beker kimia. Penggunaan *bar stirrer* harus dengan *magnetic stirrer*.

9. *Micrometer thickness Gauge*



Gambar 3. 10 *Micrometer thickness Gauge*

Micrometer thickness Gauge merupakan alat untuk mengukur tingkat ketebalan material.

3.2.2 Bahan

Dalam penelitian yang akan dilaksanakan terdapat beberapa bahan yang akan digunakan untuk menunjang keberhasilan penelitian ini, berikut merupakan bahan-bahan yang akan digunakan selama penelitian:

1. *Aquadest* (H_2O)



Gambar 3.11 *Aquadest*

Aquadest merupakan air hasil penyulingan atau air bersih, dalam penelitian air murni ini digunakan dengan perbandingan 100ml/ 1 gram

2. *Carboxy Methly Cellulose* (CMC)



Gambar 3.12 CMC

CMC merupakan turunan dari *celullosa* yang mudah larut dalam air dingin maupun air panas.

3.3 Rancangan Acak Lengkap

Untuk mendapatkan hasil dan data yang lengkap maka pada penelitian karakteristik bioplastik jerami padi ini menggunakan metode (RAL) Rancangan Acak lengkap dengan 4 perlakuan sehingga pengujian akan menjadi 12 kali pengujian. 4 Perlakuan diantaranya sebagai berikut :

- Perlakuan 1: Bioplastik CMC Jerami Padi 15 ml
- Perlakuan 2: Bioplastik CMC Jerami Padi 20 ml
- Perlakuan 3: Bioplastik CMC Jerami Padi 30 ml
- Perlakuan 4: Bioplastik CMC Jerami Padi 45 ml

3.4 Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat beberapa variabel penelitian yang akan digunakan pada saat pelaksanaannya:

Variabel Bebas: konsentrasi pada CMC jerami padi dengan larutan yang digunakan berjumlah 15 ml, 20 ml, 30 ml dan 45 ml.

Variabel terikat: Pengujian tarik, penambahan panjang, ketebalan.

Variabel Control: CMC, alat (alat ukur, bentuk cetakan), bahan (konsentrasi pelarutan), suhu (pengerinan dan pembuatan bioplastik), waktu dan volume pembuatan bioplastik serta metode pembuatan bioplastik.

3.5 Prosedur Pengerjaan dan Analisa Data

Dalam pelaksanaan penelitian ini terdapat beberapa prosedur pengerjaan yang akan dilakukan selama proses penelitian. Adapun langkah-langkah yang akan dilakukan sebagai berikut:

3.5.1 Proses Pembuatan Larutan Bioplastik

Dalam proses pembuatannya bioplastik *carboxymethyln cellulosa* terdapat beberapa tahap. Berikut tahapan pembuatan bioplastik CMC:

1. Menyiapkan 100ml cairan aquadest kedalam wadah.
2. Memasukkan 1gram CMC pada 100ml caira aquadest.
3. Mengaduk Campuran Aquadest CMC dengan menggunakan magnetic stirrer sampai menyatu.
4. Menuangkan cairan bioplastik kedalam petridish yang sudah disediakan.
5. Mengeringkan bioplastik selama 2-3 hari.
6. Mencetak bioplastik menjadi bentuk ASTM D-638.

3.5.2 Proses Pengujian Propertis Bioplastik

Proses pengujian karakteristik bioplastik yang dimaksud didalam ini untuk mencari sifat dari bioplastik berdasarkan kekuatan tarik, ketebalan dan penambahan panjang. Terpaku pada ASTM D-638-14 untuk mengukur kekuatan tarik dan *elongation*. Kekuatan tarik sendiri terfokus pada gaya maksimum yang dapat di terima oleh material tersebut. Untuk mendapatkan hasil pengukuran kekuatan tarik maka diperlukan rumus untuk

mendapatkannya berikut merupakan rumus digunakan untuk mencari kekuatan tarik:

$$\sigma = \frac{F_{maks}}{A_0} \dots\dots\dots(3.1)$$

Keterangan:

- σ = Kekuatan tarik (Mpa)
- F_{maks} = Beban maksimum (Newton)
- A_0 = Luas Penampang (m^2)

Persen perpanjangan (*elongation%*) merupakan ratio pertambahan panjang suatu film sebelum putus (Dermawan dkk., 2020). Pertambahan panjang pada bioplastik dapat menunjukkan sifat elastisitas plastik sehingga hal ini diperlukan. Untuk mendapatkan nilai pertambahan panjang maka dapat menggunakan rumus berikut:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \times 100 \% \dots\dots\dots(3.2)$$

Keterangan:

- ε = Elastisitas / renggangan (%)
- Δl = Pertambahan panjang (m)
- l_0 = Panjang mula-mula material yang sudah terukur (m)

Thickness (ketebalan) merupakan salah satu faktor acuan yang akan menunjukkan kemampuan dan kegunaan plastik. Untuk mendapatkan angka ketebalan yang tepat maka pengujian menggunakan micrometer skrup dengan ketelitian 0,0001 mm. Pengujian ketebalan akan mengikuti ASTM D-1005, perumusan dalam menghitung ketebalan berdasarkan ASTM D-1005 dapat dilihat sebagai berikut:

$$\text{Ketebalan rata-rata} = \frac{(\text{titik 1} + \text{titik 2} + \text{titik 3} + \text{titik 4} + \text{titik 5})}{5} \dots(3.3)$$

Contact Angle proses pengukuran sudut untuk mengetahui sifat permukaan bioplastik berupa sifat hidrofilik atau hidrofobik. Sudut kontak

pada pengujian kali ini akan mengikuti standar ASTM D-5946 sebagai acuan termasuk *treatment* apa yang digunakan.

Untuk acuan standar *edible film* yang akan dibuat maka semua hasil tes pengujian akan distandarkan dengan acuan JIS 2-1707 1946. Untuk standar JIS 2-1707 1946 sendiri dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3.1 Standar *Edible Film Japanese Industrial Standar 2-1707 1946*

Karakteristik Edible Film	<i>Japanese industrial Standard</i>
<i>Thickness</i>	Max 0,25 mm
Laju Transmisi Uap	Max 7 g/m ² /24 jam
Kuat Tarik	Min 0,3 Mpa
<i>Elogasion</i>	Min 70%

(Sumber: Widodo dkk., 2019)

Tabel JIS 2-1707 1946 akan digunakan sebagai acuan standar penelitian bioplastik yang akan dbuat dengan parameter karakteristik plastik *film* yaitu *thickness*, laju tansmisi uap, kuat tarik dan *elongasion*.

3.6 Analisa Data

Pengujian dilakukan dengan metode Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan konsentrasi pada larutan CMC 15 ml, 20 ml, 30 ml dan 45 ml. Standar acuan perlakuan terbaik akan mengikuti standar uji plastik film JIS 2-1707 1946. Menggunakan ASTM D638 untuk mengetahui konsentrasi optimum pada sifat mekanik bioplastik berupa kekuatan tarik (*tensile strength*), persen pemanjangan material (*elongation*), ASTM-D1005 uji ketebalan (*thickness*) dan *contact angle* dengan ASTM D5946. Metode analisa akan menggunakan (ANOVA) satu arah dengan analisa lanjut berupa pengujian duncan.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pembuatan Bioplastik

Dalam penelitian yang sudah dilaksanakan ini telah terbuat sebuah bioplastik berbasis CMC dengan langkah pembuatan serta prosedur pengujian sebagai berikut:

4.1.1 Proses Pembuatan Bioplastik

Dalam pembuatan bioplastik *Carboxymethyl Cellulose* bahan yang digunakan berupa *aquadest* 1000ml dengan tambahan CMC dengan takaran 100ml *aquadest* ditambahkan dengan 1gram CMC. Proses selanjutnya yaitu mengaduk 2 komponen tersebut didalam wadah beker 250 ml menggunakan *bar stirrer* serta *magnetic Stirrer* sampai tercampur sempurna. Selanjutnya larutan bioplastik yang sudah jadi di masukan kedalam petridish berukuran 120x20 mm dengan takaran larutan 15 ml, 20 ml, 30 ml dan 45 ml. Setelah dimasukan kedalam petridish langkah selanjutnya yaitu pengeringan selama 2-3 hari secara narutal atau dengan pengeringan paksa dengan bantuan matahari atau oven. Sampel bioplastik yang sudah kering akan dilanjutkan kedalam tahap selanjutnya yaitu tahap pengujian berupa uji tarik, pertambahan Panjang, ketebalan dan sudut kontak.



Gambar 4.1 Proses Pembuatan Bioplastik

4.1.2 Proses Pengujian Bioplastik

Pengujian bioplastik yang akan digunakan dalam penelitian yang dilakukan kali ini berupa pengujian uji tarik, penambahan panjang, ketebalan dan sudut kontak. Pengujian tarik dan *elongation* akan mengacu pada ASTM D-638 dengan tipe spesimen yang digunakan yaitu *type IV*. Pada pengujian ketebalan akan menggunakan ASTM D-1005 dengan menggunakan *micrometer thickness gauge*. Sudut kontak akan mengacu pada ASTM D-5946 sebagai acuan *treatment* apa yang digunakan. Bioplastik akan mengacu pada standar JIS 2-1707 untuk mengetahui edible film bioplastik mencapai nilai yang sudah ditentukan.



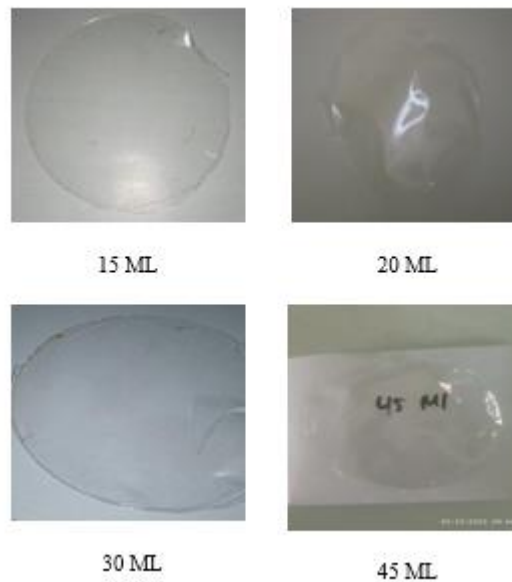
Gambar 4.2 Pengujian Bioplastik

Tabel 4.1 Standar JIS 2-1707

Pengujian standar JIS 2-1707	Standar ukuran max dan minimal JIS 2-1707
Ketebalan	Max 0.25mm
Uji Tarik	Minimum 0,3 MPa
<i>Elongation</i>	Minimum 70%

4.2 Data Hasil Pengujian

Telah dilaksanakan sebuah penelitian proses pembuatan bioplastik berbasis *CarboxyMethyl Cellulose* jerami padi. Bioplastik yang dihasilkan nampak terlihat tidak ada perbedaan dalam segi warna walau pun berbeda tingkat larutan yang diberikan pada setiap sampel. Untuk memperjelas secara langsung dapat dilihat pada Gambar 4.3 berikut.



Gambar 4.3 Hasil Bioplastik

Pengujian karakteristik bioplastik akan meliputi pengujian ketebalan, uji tarik, pertambahan panjang dan sudut kontak. Metode pengujian menggunakan *Surface Tension* dengan menggunakan *Contact Angle Analysis*.

Berikut merupakan beberapa hasil pengujian data dan hasil analisa yang akan dijelaskan.

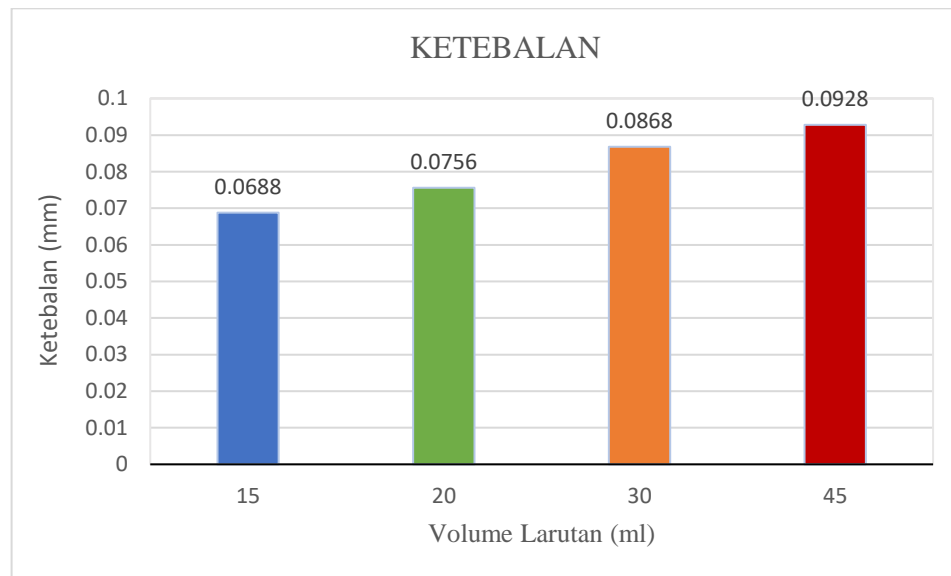
4.2.1 Ketebalan

Ketebalan merupakan acuan untuk menentukan faktor kekuatan dari material yang akan diuji. Pengujian ketebalan akan mengikuti ASTM D-1005. Pengujian ketebalan pada bioplastik dengan pengaturan larutan pada cetakan sebagai berikut:

Tabel 4.2 Ketebalan Setiap Larutan Bioplastik CMC

Larutan	1	2	3	4	5	Rata-rata
15ml	0,068	0,071	0,07	0,065	0,07	0,0688
20ml	0,071	0,074	0,078	0,077	0,078	0,0756
30ml	0,071	0,084	0,089	0,088	0,085	0,0868
45ml	0,097	0,09	0,092	0,089	0,096	0,0928

Dari tabel data 4.2 didapatkan sebuah hasil berupa pengukuran ketebalan bioplastik berbasis CMC, dimana hasil pengujian menyatakan bahwa nilai rata-rata ketebalan setiap larutan yaitu: 15 ml memiliki nilai rata-rata 6.88×10^{-2} mm, 20 ml memiliki nilai rata-rata 7.56×10^{-2} mm, 30 ml memiliki nilai rata-rata 8.68×10^{-2} mm dan 45 ml memiliki nilai rata-rata $9,28 \times 10^{-2}$ mm. Dengan nilai ketebalan tertinggi berada pada larutan 45 ml yaitu sebesar $9,28 \times 10^{-2}$ mm dan nilai ketebalan terendah berada pada larutan 15 ml yaitu sebesar $6,88 \times 10^{-2}$ mm.

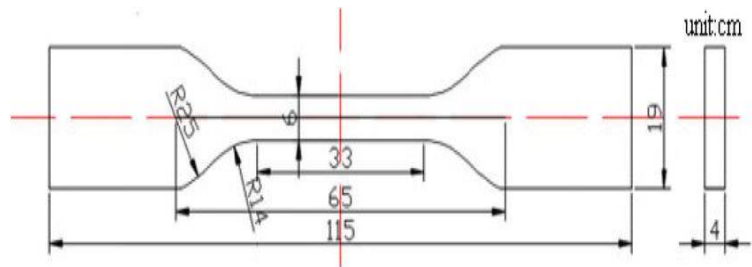
**Gambar 4.4** Ketebalan Rata-rata Bioplastik CMC

Dari hasil grafik pengujian menunjukkan bahwa semakin besar jumlah larutan yang di berikan akan menambah tingkat ketebalan hal ini bias dilihat melalui rata-rata ketebalan dimana yang paling tertinggi berada pada larutan

45 ml dengan rata-rata ketebalan 0,0928 mm dan yang terendah berada di 15 ml dengan rata-rata 0,0688 mm. Berdasarkan analisis sidik ragam anova menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang nyata ($P < 0,05$) antar perlakuan (Lampiran 3.). Hasil uji lanjut duncan menyatakan larutan 45 ml berbeda nyata dengan larutan 15 ml, 20 ml dan 30 ml. Larutan 30 ml tidak berbeda nyata dengan larutan 20 ml dan larutan 15 ml tidak berbeda nyata dengan larutan 20 ml. Berpedoman pada JIS 2-1707 maka ketebalan maksimal bioplastik sebesar 0,25 mm.

4.2.2 Uji Tarik

Uji Tarik merupakan pengujian material untuk mengetahui kemampuan tegangan maksimal material hingga putus. Pengujian uji tarik akan menggunakan ASTM D-638 *Type IV*.



Gambar 4.5 ASTM D-638 *type IV*

Pengujian telah dilaksanakan berikut merupakan tabel data dan grafik hasil yang diperoleh.

1. Pengujian dengan menuangkan 15 ml larutan pada cetakan petridish berukuran 120x20 mm hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.3. Berikut merupakan hasil dari pengujian uji tarik 15 ml.

Tabel 4.3 Larutan 15 ml

No	Ao(m ²)	Beban Max (N)	Rata-rata Beban Max
1	1,32x10 ⁻⁶	2,254	2,36
2	1,32x10 ⁻⁶	2,418	
3	1,32x10 ⁻⁶	2,418	

2. Pengujian dengan menuangkan 20 ml larutan pada cetakan petridish berukuran 120x20 mm hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.4. Berikut merupakan hasil dari pengujian uji tarik 20 ml:

Tabel 4.4 Larutan 20 ml

No	Ao(m ²)	Beban Max (N)	Rata-rata FMax
1	1,41x10 ⁻⁶	2,53	2,54
2	1,41x10 ⁻⁶	2,54	
3	1,41x10 ⁻⁶	2,54	

3. Pengujian dengan menuangkan 30 ml larutan pada cetakan petridish berukuran 120x20 mm hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.5. Berikut merupakan hasil dari pengujian uji tarik 30 ml:

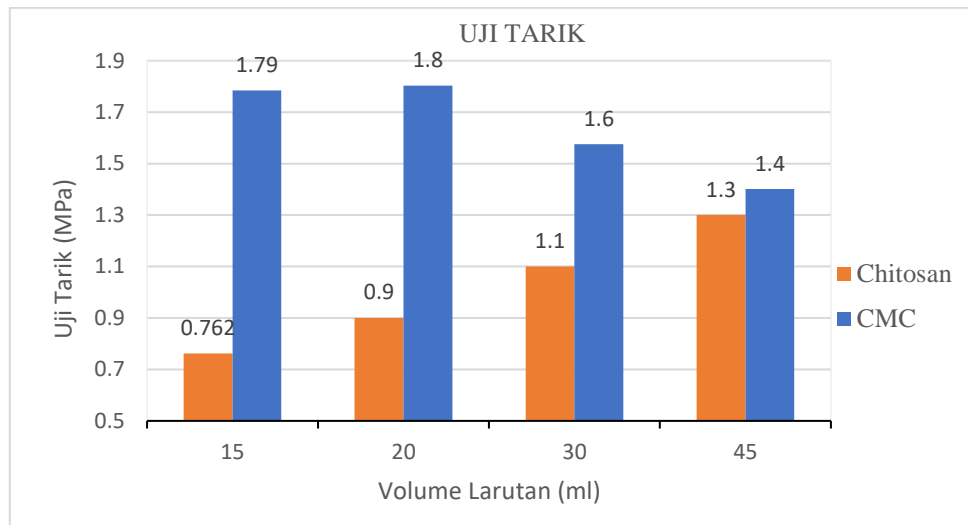
Tabel 4.5 Larutan 30 ml

No	Ao(m ²)	Beban Max (N)	Rata-rata FMax
1	1,65x10 ⁻⁶	2,63	2,603
2	1,65x10 ⁻⁶	2,6	
3	1,65x10 ⁻⁶	2,578	

4. Pengujian dengan menuangkan 45 ml larutan pada cetakan petridish berukuran 120x20 mm hasil pengujian dapat dilihat pada tabel 4.6. Berikut merupakan hasil dari pengujian uji tarik 45 ml

Tabel 4.6 Larutan 45 ml

No	Ao(m ²)	Beban Max (N)	Rata-rata FMax
1	1,77x10 ⁻⁶	2,588	2,475
2	1,77x10 ⁻⁶	2,419	
3	1,77x10 ⁻⁶	2,419	



Gambar 4.6 Hasil Uji Tarik Bioplastik CMC dan Chitosan

Didapatkan sebuah hasil pengujian tarik dengan variable larutan 15 ml, 20 ml, 30 ml dan 45 ml. Hasil menunjukkan bahwa larutan 45 ml merupakan larutan yang paling rendah kekuatan tariknya dengan hasil 1,38 MPa, sedangkan kekuatan tarik tertinggi berada pada larutan 20 ml dengan kekuatan tarik 1,89 MPa. Berdasarkan analisis sidik ragam anova menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang nyata ($P < 0,05$) antar perlakuan (Lampiran 3.). Hasil uji lanjut duncan menyatakan larutan 45 ml berbeda nyata dengan larutan 30 ml, 20 ml dan 15 ml. Larutan 30 ml berbeda nyata dengan larutan 45 ml, 20 ml dan 15 ml. Larutan 15 ml tidak berbeda nyata dengan larutan 20 ml. Berdasarkan pedoman JIS 2-1707 minimal kuat tarik pada bioplastik sebesar 0,3 MPa.

4.2.3 Pertambahan Panjang

Persen pertambahan panjang (*elongation*) merupakan rasio pertambahan panjang suatu material sebelum putus. Pengukuran pada menggunakan alat *elongation test strograph*,

Berikut merupakan data petambahan panjang dengan variasi larutan 15 ml, 20 ml, 30 ml dan 45 ml. Hasil pada pengujian dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.7 Pertambahan Panjang

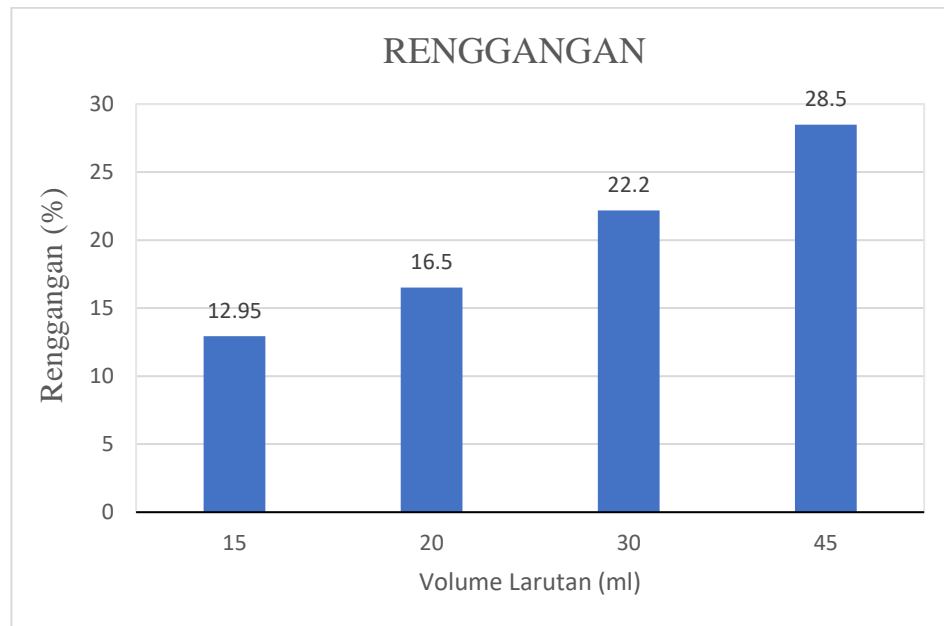
No	Larutan	Δl (mm)	lo1(mm)	lo2(mm)	lo3(mm)	Rata-rata lo (mm)
1	15ml	25	3,16	3,24	3,31	3,24
2	20ml	25	4,05	4,21	4,12	4,1
3	30ml	25	5,63	5,54	5,47	5,5
4	45ml	25	7,35	7,47	8,62	7,1

Dari tabel 4.7 pertambahan panjang didapatkan berupa hasil, dimana pengujian dilakukan dengan variasi larutan 15 ml, 20 ml, 30 ml dan 45 ml memiliki nilai pertambahan panjang sebagai berikut: rata-rata pertambahan panjang pada larutan 15 ml diperoleh 3,24 mm, rata-rata pertambahan panjang larutan 20 ml diperoleh 4,1 mm, rata-rata pertambahan panjang larutan 30 ml diperoleh 5,5 mm dan pertambahan panjang larutan 45 ml diperoleh 7,1 mm.

Setelah mendapatkan nilai rata-rata pertambahan panjang maka selanjutnya melanjutkan dengan menghitung dengan rumus pertambahan panjang, untuk hasilnya dapat dilihat pada tabel dan grafik berikut berikut:

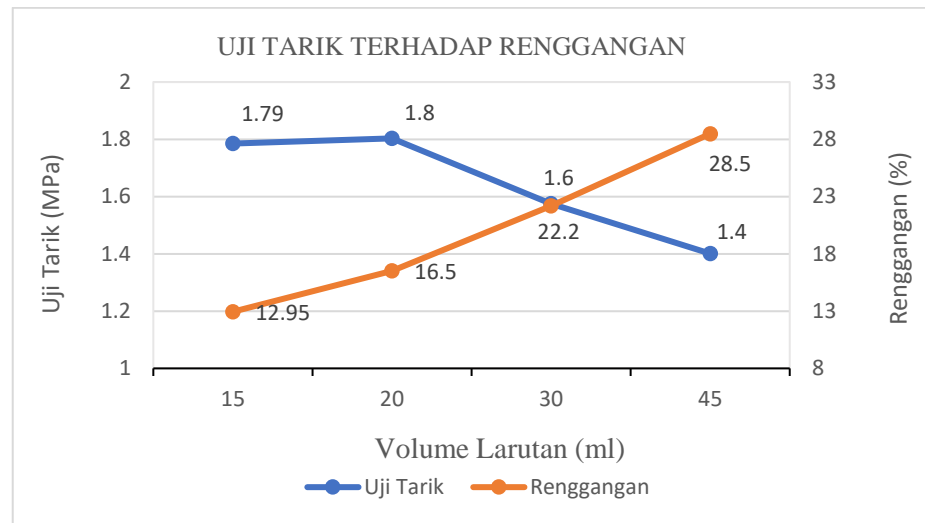
Tabel 4.8 Elongation

No	Larutan	Δl (mm)	Lo(m)	%	ϵ (%)
1	15ml	25	3,24	100	12,95
2	20ml	25	4,1	100	16,5
3	30ml	25	5,5	100	22,2
4	45ml	25	7,1	100	28,5



Gambar 4.7 Hasil Rengangan Bioplastik CMC

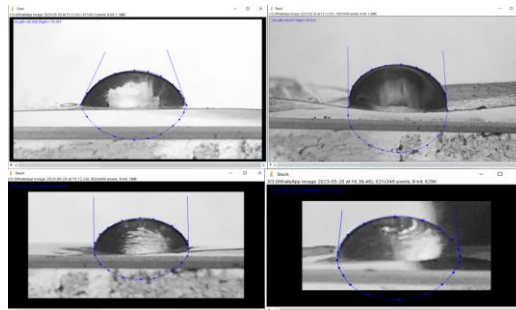
Didapatkan sebuah hasil pengujian pertambahan panjang, hasil pertambahan panjang berupa presen pemanjangan benda dimana didapatkan melalui hasil pengujian pertambahan panjang. Berdasarkan tabel rata-rata hasil pertambahan panjang setiap larutan 15 ml sebesar 3,24 mm, 20 ml sebesar 4,1 mm, 30 ml sebesar 5,5 mm dan 45 ml sebesar 7,1 mm. Setelah dihitung dengan rumus maka didapatkan nilai *elongation* yaitu pada larutan 15 ml sebesar 12,95%, 20 ml sebesar 16,5%, 30 ml sebesar 22,2% dan 45 ml sebesar 28,5%. Berdasarkan analisis sidik ragam anova menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang nyata ($P < 0,05$) antar perlakuan (Lampiran 3.). Hasil uji duncan menyatakan setiap larutan baik 15 ml, 20 ml, 30 ml dan 45 ml saling berbeda nyata. Berpedoman pada JIS 2-1707 bahwa minimal pertambahan panjang sebesar 70%.



Gambar 4.8 Pengaruh Uji Tarik Terhadap Renggangan Bioplastik CMC

4.2.4 Sudut Kontak

Sudut kontak merupakan metode pengukuran sudut yang terbentuk dari dua garis yang dimana garis pertama menyatakan tentan batas antara udara dan zat cari yang diteteskana dan garis kedua merupakan batas yang terbentuk diantara zat cair dan zat pada. Untuk mendapat sudut kontak maka diperlukan sebuah aplikasi bernama *imagej*.



Gambar 4.9 Aplikasi *image-j*

Untuk mendapatkan nilai tegangan pada permukaan dengan menggunakan suduk kontal analisa maka dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

1. Rumus mencari nilai rata-rata

$$x = \frac{\sum xi}{n} \quad (4.3)$$

Dimana:

X = Nilai rata-rata

Xi = Jumlah semua nilai

n = Banyak data

2. Rumus simpangan baku

$$S = \sqrt{\frac{\sum (xi - X)^2}{n}} \quad (4.4)$$

Dimana:

S = Simpangan baku

X = Nilai rata-rata

Xi = Jumlah semua nilai

n = Banyak data

3. Rumus tegangan permukaan *solid*

$$\cos \theta = -1 + \sqrt{\frac{\gamma C}{\gamma L}}$$

$$\sqrt{\frac{\gamma C}{\gamma L}} = 1 + \cos \theta$$

$$\sqrt{\frac{\gamma C}{\gamma L}} = \frac{1 + \cos \theta}{2}$$

$$\sqrt{\frac{\gamma C}{\gamma L}} = \left(\frac{1 + \cos \theta}{2}\right)^2 \cdot \gamma L$$

$$\gamma C = \left(\frac{1 + \cos \theta}{2}\right)^2 \cdot \gamma L \quad (4.5)$$

Dimana:

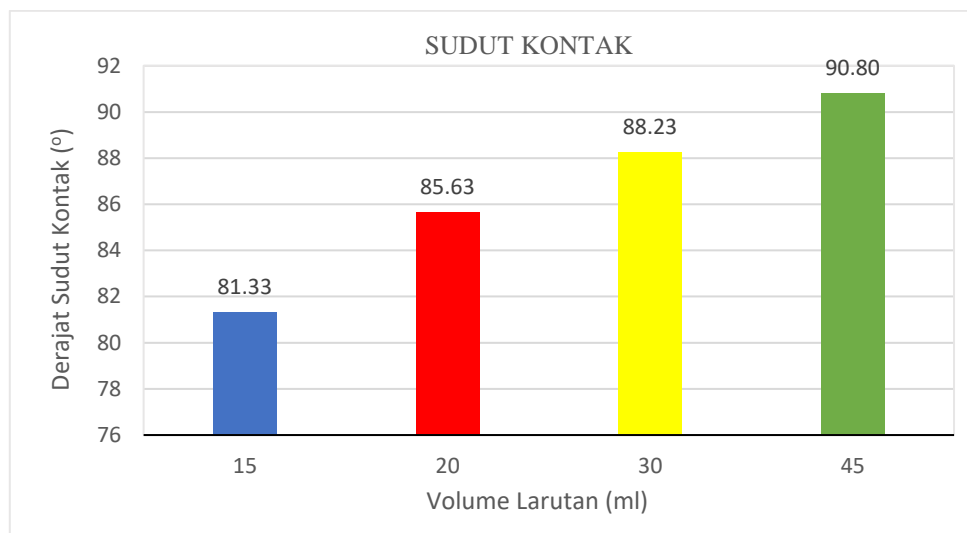
γC = Tegangan permukaan cairan

γL = Tegangan permukaan material

Pengukuran telah dilaksanakan dengan menggunakan alat *contact angle* serta aplikasi *image-j* untuk mengukur sudutnya. Hasil pengukuran dapat dilihat pada tabel 4.9 berikut:

Tabel 4.9 Sudut Kontak

Solid	larutan (ml)	I	II	III	Mean		Stdv
CMC	15	88	86	70	81,33333333	±	9,865765725
	20	92,6	78,6	85,7	85,63333333	±	7,000238091
	30	93	89,7	82	88,23333333	±	5,644761583
	45	104,6	80,4	87,4	90,8	±	12,45311206



Gambar 4.10 Rata-rata Sudut Kontak Bioplastik CMC

Berdasarkan tabel 4.9 sudut kontak didapatkan sebuah derajat sudut rata-rata pada masing-masing larutan sebagai berikut, larutan 15 ml memiliki sudut rata-rata 81,3°, larutan 20 ml memiliki sudut rata-rata 85,6°, larutan 30 ml memiliki sudut rata-rata 88,23° dan larutan 40 ml memiliki sudut rata-rata 90,8°. Berdasarkan analisis sidik ragam anova menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan nyata ($P > 0,05$) antar perlakuan (Lampiran 3.). Hasil uji lanjut duncan menyatakan setiap perlakuan larutan baik 15 ml, 20 ml, 30 ml dan 45 ml tidak ada perbedaan nyata setiap perlakuan.

4.3 Pembahasan Analisa Data

Penelitian telah dilakukan dan telah diuji juga karakteristik material bioplastik berupa uji tarik, *elongation*, ketebalan dan sudut kontak. Berdasarkan tabel data 4.2 didapatkan sebuah hasil berupa pengukuran ketebalan bioplastik berbasis CMC, dimana hasil pengujian menyatakan bahwa nilai rata-rata ketebalan setiap larutan yaitu: pada larutan 15 ml memiliki nilai rata-rata $6,88 \times 10^{-2}$ mm, larutan 20 ml memiliki nilai rata-rata $7,56 \times 10^{-2}$ mm, larutan 30 ml memiliki nilai rata-rata $8,68 \times 10^{-2}$ mm dan larutan 45 ml memiliki nilai rata-rata $9,28 \times 10^{-2}$ mm. Dengan nilai ketebalan tertinggi berada pada larutan 45 ml yaitu sebesar $9,28 \times 10^{-2}$ mm dan nilai ketebalan terendah berada pada larutan 15 ml yaitu sebesar $6,88 \times 10^{-2}$ mm. Ketebalan sendiri dapat dipengaruhi oleh sifat material dan komposisi bahan (Sara, 2015). Jumlah larutan yang digunakan juga mempengaruhi tingkat ketebalan bioplastik hal ini disebabkan volume cairan terhadap ukuran cetakan yang sama (Nurindra dkk., 2015). Berdasarkan standar JIS 2-1707 1946 dimana nilai maksimum untuk ketebalan bioplastik berada di 0.25 mm dengan hasil ketebalan rata-rata pada tabel 4.4 maka nilai pengujian masih memenuhi syarat.

Uji tarik merupakan proses pengujian untuk mengetahui gaya maksimal material saat putus. Berdasarkan hasil yang didapatkan pada setiap spesimen berbeda-beda nilai rata-ratanya. Berdasarkan hasil yang didapatkan hasil pada setiap spesimen berbeda-beda nilai rata-ratanya. Berdasarkan hasil nilai rata F_{max} pada larutan 15 ml diperoleh sebesar 2.36 N, larutan 20 ml diperoleh 2,54 N, larutan 30 ml diperoleh 2,602 N dan pada larutan 45 ml diperoleh 2,47 N. Ketebalan mempengaruhi hasil pengujian hal ini dapat dilihat pada nilai gaya F_{max} semakin tebal nilai spesimen maka akan semakin kuat juga gaya maksimalnya. Berdasarkan gambar 4.6 menunjukkan bahwa larutan 45 ml merupakan larutan yang paling rendah kekuatannya dengan hasil 1,38 MPa, sedangkan kekuatan tarik tertinggi berada pada larutan 20 ml dengan kekuatan tarik 1,89 MPa. Kita juga dapat melihat perbedaan antara hasil uji tarik antar bioplastik pada gambar 4.6 berdasarkan data grafik tersebut kekuatan tarik yang dihasilkan oleh CMC lebih besar dari pada hasil kekuatan tarik Chitosan akan

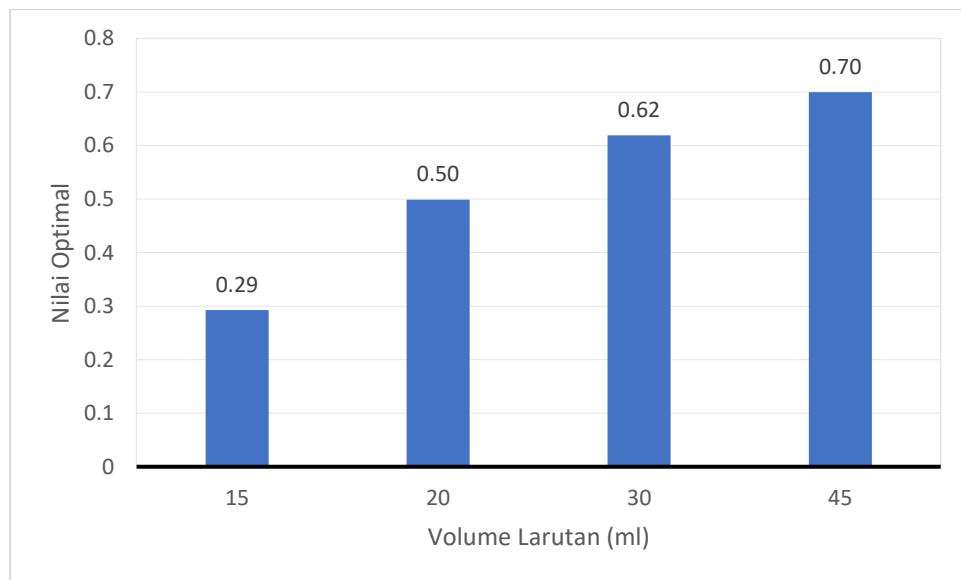
tetapi nilai kekuatan CMC akan menurun seiring bertambahnya nilai perlakuan yang diberikan. Penurunan kekuatan tarik diakibatkan oleh naiknya nilai konsentrasi CMC pada larutan hal ini sesuai dengan pernyataan (Nurindra dkk., 2015) semakin besar nilai konsentrasi CMC semakin rendah nilai kuat tarik *edible film*. Penurunan kuat tarik yang diakibatkan oleh naiknya konsentrasi CMC disebabkan oleh pembentukan ikatan hidrogen intermolekuler (OH) (Hidayati S dkk., 2019). Berdasarkan standar JIS 2-1707 1946 nilai uji tarik minimal 0,3 MPa.

Elongation atau pertambahan panjang merupakan pengujian yang mengacu pada pertambahan material sebelum mengalami putus atau patah. Ketebalan sangat mempengaruhi nilai pertambahan panjang. Hal tersebut dapat dilihat pada tabel 4.7 dimana hasil rata-rata pertambahan panjang larutan 15 ml sebesar 3,24 mm, rata-rata pertambahan panjang larutan 20 ml sebesar 4,1 mm, rata-rata pertambahan panjang larutan 30 ml sebesar 5,5 mm dan pertambahan panjang larutan 45 ml sebesar 7,1 mm. Berdasarkan gambar 4.7 didapatkan nilai renggangan tertinggi yaitu pada larutan 45 ml sebesar 28,5% dan terendah yaitu 15 ml sebesar 12,95%,. Jika dilihat pada gambar 4.8 maka didapatkan hasil bahwa nilai renggangan berbanding terbalik dengan nilai uji tarik hal ini disebabkan oleh, bahan CMC sendiri memiliki kandungan *gel strength* yang tinggi sehingga penggunaan dalam jumlah besar menyebabkan kemampuan mengikat air yang lebih baik, hal ini memberikan dampak matriks gel untuk meningkat persen pertambahan panjang (Nurindra dkk., 2015). Tidak hanya itu berdasarkan penuturan (Gozali dkk., 2020) CMC sendiri termasuk dalam golongan polisakarida, polisakarida sendiri berfungsi untuk menjaga kekompakan dan kestabilan film. Semakin banyak polisakarida penyusunnya maka akan meningkatkan kekuatan peregangan sehingga kemampuan kekuatan peregangan dan tahan terhadap patahan. Berdasarkan standar JIS 2-1707 1946 nilai minimum untuk pertambahan panjang sebesar 70%.

Sudut kontak merupakan metode untuk mengetahui sifat permukaan bahan bersifat hidrofilik atau hidrofobik (Ningrum dkk., 2021). Besarnya nilai sudut kontak terbagi menjadi 3 kelompok dimana sudut kontak kurang dari 30° bahan

bersifat basah (hidrofilik), jika nilai sudut kontak 30° - 89° maka material bersifat basah sebagian (*partially wetted*), jika nilai sudut kontak lebih dari 90° maka material bersifat menolak air (hidrofobik) (Asjun dkk., 2023). Berdasarkan tabel 4.9 sudut kontak didapatkan sebuah derajat sudut rata-rata pada masing-masing larutan sebagai berikut, larutan 15 ml memiliki sudut rata-rata $81,3^{\circ}$, larutan 20 ml memiliki sudut rata-rata $85,6^{\circ}$, larutan 30 ml memiliki sudut rata-rata $88,23^{\circ}$ dan larutan 45 ml memiliki sudut rata-rata $90,8^{\circ}$. Berdasarkan data-data tersebut didapatkan sebuah analisa bahwa jumlah larutan dapat mempengaruhi sifat permukaan yang diakibatkan oleh perbedaan ketebalan pada material.

Untuk mendapat nilai perlakuan terbaik maka dapat menggunakan metode De Garmo dengan memberikikan bobot pada setiap pengujian (Lampiran 4). Berikut merupakan grafik hasil perhitungan.



Gambar 4.11 Perlakuan Terbaik Bioplastik CMC

Dari gambar 4.11 maka kita dapat menyimpulkan bahwa perlakuan 45ml merupakan perlakuan terbaik dengan nilai bobot 0,70 yang di teruskan dengan perlakuan terbaik kedua 30ml, perlakuan terbaik ketiga 20ml dan perlakuan terbaik terakhir yaitu 15ml.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Setelah pelaksanaan penelitian dimulai dari proses pembuatan, pengujian dan analisa hasil didapatkan sebuah kesimpulan. Sebagai berikut:

1. Dari tiga pengujian berupa pengujian tarik, pertambahan panjang dan ketebalan hanya ketebalan dan kekuatan tarik saja yang memenuhi syarat berdasarkan standar JIS 2 1707 1946. Dengan tidak memenuhi syarat standar maka bioplastik berbasis CMC tidak dapat menggantikan plastik sintesis.
2. Telah dilakukan tiga pengujian dua pengujian mekanik dan satu pengukuran dimensi ketebalan. Dengan variabel larutan dapat diketahui bahwa larutan 15 ml memiliki nilai ketebalan $6,88 \times 10^{-2}$ mm, pengujian tarik 1,79 MPa dan *elongation* 12,95%. Variabel larutan 20 ml memiliki nilai ketebalan $7,56 \times 10^{-2}$ mm, pengujian tarik 1,8 MPa dan *elongation* 16,5%. Variabel larutan 30 ml memiliki nilai ketebalan $8,68 \times 10^{-2}$ mm, pengujian tarik 1,6 MPa dan *elongation* 22,2%. Variabel larutan 45 ml memiliki nilai ketebalan rata-rata $9,28 \times 10^{-2}$ mm, pengujian tarik 1,4 MPa dan *elongation* 28,5%.
3. Sudut kontak merupakan metode pengukuran untuk mengetahui sifat material tersebut hidrofilik atau hidrofobik. Pengujian sudut kontak telah dilakukan sebanyak tiga kali setiap variabelnya sehingga didapatkan hasil seperti data pada tabel 4.9. Dimana pada variabel larutan 15 ml memiliki sudut kontak rata-rata sudut yaitu $81,3^\circ$, variabel larutan 20 ml memiliki rata-rata sudut yaitu $85,63^\circ$. Variabel larutan 30 ml memiliki rata-rata sudut $88,23^\circ$. Variabel 45 ml memiliki rata-rata sudut $90,8^\circ$. Berdasarkan sudut sifatnya maka variabel larutan 15 ml hingga 30 ml masih termasuk pada hidrofilik sedangkan pada larutan 45 ml sudah termasuk pada sifat hidrofobik.

5.2 Saran

Adapun beberapa saran untuk membantu penelitian yang akan datang. Berikut merupakan beberapa saran yang bisa penulis sarankan:

1. Berdasarkan penelitian yang sudah dilaksanakan sebaiknya menambahkan material tambahan atau komponen tambahan untuk memperkuat ikatan molekul-molekul sehingga dapat menghasilkan nilai kekuatan tarik dan pertambahan panjang yang optimal.
2. Menambahkan pengujian tambahan seperti tranmisi uap air, faktor keamanan terhadap makanan dan pengujian lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Asjun, Asnani, & Faradilla F, R. (2023). *Pengaruh Formulasi Kitosan Udang Windu dan Karagenan Terhadap Sifat Bioplastik dengan Pemplastis Polietilen Glikol Effect of Chitosan Formulation of Windu Shrimp and Carrageenan on Bioplastic Properties with Polyethylene Glycol Plasticizers*.
<https://doi.org/10.33772/jsipi.v7i1.214>
- [ASTM] Annual Standar and Technical Measurement D-638-14. (2014). Standar Test Method For Tensile Properties Of Plastic. *United States*.
- [ASTM] Annual Standar and Technical Measurement D 1005-95. (t.t.). Measurement of Dry-Film Thickness of Organic Coatings Using Micrometers. *United States*.
- Aulia, F., & Gea, S. (2013). STUDI PENYEDIAAN NANOKRISTAL SELULOSA DARI TANDAN KOSONG SAWIT (TKS). Dalam *Jurnal Sainia Kimia* (Vol. 1, Nomor 2).
- Dermawan, K., Ambarwati, R., & Kasmiyatun, M. (2020). PEMBUATAN PLASTIK BIODEGRADABLE DARI PATI BIJI NANGKA DENGAN PENAMBAHAN POLYVINYL ALCOHOL (PVA) DAN SORBITOL. *Journal of Chemical Engineering, 1*(1).
- Devi, D., Astutik, D., Cahyanto, M. N., & Djaafar, T. F. (2019). KANDUNGAN LIGNIN, HEMISELULOSA DAN SELULOSA PELEPAH SALAK PADA PERLAKUAN AWAL SECARA FISIK KIMIA DAN BIOLOGI. *Jurnal Ilmiah Rekayasa Pertanian dan Biosistem, 7*(2), 273–282.
<https://doi.org/10.29303/jrpb.v7i2.148>
- Gozali, T., Wijaya, W. P., & Rengganis, M. I. (2020). PENGARUH KONSENTRASI CMC DAN KONSENTRASI GLISEROL TERHADAP KARAKTERISTIK EDIBLE PACKAGING KOPI INSTAN DARI PATI KACANG HIJAU (*Vigna radiata* L.). Dalam *Pasundan Food Technology Journal (PFTJ)* (Vol. 7, Nomor 1).
- Hidayati S, Zulferiyenni, & Satyajaya W. (2019). *OPTIMASI PEMBUATAN BIODEGRADABLE FILM DARI SELULOSA LIMBAH PADAT RUMPUT LAUT *Eucheuma cottonii* DENGAN PENAMBAHAN GLISEROL, KITOSAN, CMC DAN TAPIOKA*.
- Ilyas, R. A., Sapuan, S. M., Ishak, M. R., & Zainudin, E. S. (2017). Delignification of palm fibre. Dalam *BioResources* (Vol. 12, Nomor 4).

- Ishmatu Sholikhah, H., Naufal Arib, G., & Febriana Rahmawati, A. (t.t.). *Narrative review: Potensi Pemanfaatan Selulosa Limbah Jerami Padi sebagai Bioplastik Ramah Lingkungan*.
- Lestari, S. A. (2022). *Pengaruh Penambahan Selulosa Jerami Padi Pada Pembuatan Bioplastik Berbasis Pati Kulit Pisang Raja Dengan Plasticizer Sorbitol*. Universitas Islam Negeri Sumatera Utara.
- Maladi irham. (2019). *PEMBUATAN BIOPLASTIK BERBAHAN DASAR PATI KULIT SINGKONG (Manihot utilissima)*.
- Ndruru, S. T. C. L., Widiarto, S., Pramono, E., Wahyuningrum, D., Bundjali, B., & Arcana, I. M. (2022). Modification of Nias' Cacao Pod Husk Cellulose through Carboxymethylation Stages by Using MAOS Method and Its Application as Li-ion Batteries' Biopolymer Electrolyte Membrane**. *ChemistrySelect*, 7(44). <https://doi.org/10.1002/slct.202202510>
- Ningrum, R. S., Sondari, D., Purnomo, D., Amanda, P., Burhani, D., & Rodhibilah, F. I. (2021). KARAKTERISASI EDIBLE FILM DARI PATI SAGU ALAMI DAN TERMODIFIKASI. *Jurnal Kimia dan Kemasan*, 43(2), 95. <https://doi.org/10.24817/jkk.v43i2.6963>
- Nurindra, A. P., Alamsjah, M. A., & Sudarno, D. (2015). KARAKTERISASI EDIBLE FILM DARI PATI PROPAGUL MANGROVE LINDUR (*Bruguiera gymnorhiza*) DENGAN PENAMBAHAN CARBOXYMETHYL CELLULOSE (CMC) SEBAGAI PEMLASTIS CHARACTERIZATION OF EDIBLE FILM FROM PROPAGULES MANGROVE LINDUR (*Bruguiera gymnorhiza*) STARCH WITH ADDITION OF CARBOXYMETHYL CELLULOSE (CMC) AS PLASTICIZER. Dalam *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan* (Vol. 7, Nomor 2).
- Nurlaila, R. (2021). Pemanfaatan Jerami Padi (*Oryza Sativa* L.) Sebagai Bahan Baku Dalam Pembuatan CMC (Carboximetil Cellulose). *Jurnal Rekayasa Proses*, 15(2), 194. <https://doi.org/10.22146/jrekpros.69569>
- Pratiwi, R., Rahayu, D., & Barliana, M. I. (2016). *Pemanfaatan Selulosa dari Limbah Jerami Padi (Oryza sativa) sebagai Bahan Bioplastik* (Vol. 3, Nomor 3).
- Sara, N. E. M. (2015). *Karakteristik Edible Film Berbahan Dasar Whey Dangke Agar dengan Penambahan Konsentrasi Sorbitol*.
- Setiawan, A., Anggraini, F. D. M., Ramadani, T. A., Cahyono, L., & Rizal, M. C. (2021). Pemanfaatan Jerami Padi Sebagai Bioplastik Dengan Menggunakan Metode Perlakuan Pelarut Organik. *METANA*, 17(2), 69–80. <https://doi.org/10.14710/metana.v17i2.42254>

- Ummah, N. Al. (2013). *UJI KETAHANAN BIODEGRADABLE PLASTIC BERBASIS TEPUNG BIJI DURIAN (Durio Zibethinus Murr) TERHADAP AIR DAN PENGUKURAN DENSITASNYA*. Universitas Negeri Semarang.
- Widodo, Lu., Neza Wati, S., Made Vivi, N. A., Studi Teknik Kimia, P., Teknik, F., Veteran Jawa Timur Jl Raya Rungkut Madya, U., Anyar, G., & Surabaya, K. (2019). PEMBUATAN EDIBLE FILM DARI LABU KUNING DAN KITOSAN DENGAN GLISEROL SEBAGAI PLASTICIZER Making Edible Film From Yellow Pumpkin and Chitosan With Glycerol as Plasticizer. *Juni*, 13(1), 59.
- Witono, K., Surya Irawan, Y., Soenoko, R., & Suryanto, H. (2013). Pengaruh Perlakuan Alkali (NaOH) Terhadap Morfologi dan Kekuatan Tarik Serat Mendong. Dalam *Jurnal Rekayasa Mesin* (Vol. 4, Nomor 3).
- Yuan, Y., & Lee, T. R. (2013). Contact angle and wetting properties. *Springer Series in Surface Sciences*, 51(1), 3–34. https://doi.org/10.1007/978-3-642-34243-1_1
- Zhao, X., Cheng, K., & Liu, D. (2009). Organosolv pretreatment of lignocellulosic biomass for enzymatic hydrolysis. Dalam *Applied Microbiology and Biotechnology* (Vol. 82, Nomor 5, hlm. 815–827). <https://doi.org/10.1007/s00253-009-1883-1>

LAMPIRAN

Lampiran 1 Contoh perhitungan

Perhitungan uji tarik

$$\sigma = \frac{F_{maks}}{A_0}$$

- **Larutan 15ml**

$$L = 19\text{mm} * t = 0,068\text{mm} = 1,292\text{mm}$$

$$\sigma = \frac{2,254}{1,292 \times 10^{-6}} = 1,74 \text{ Mpa}$$

- **Larutan 20ml**

$$L = 19\text{mm} * t = 0,071\text{mm} = 1,349\text{mm}$$

$$\sigma = \frac{2,543}{1,349 \times 10^{-6}} = 1,89 \text{ Mpa}$$

- **Larutan 30ml**

$$L = 19\text{mm} * t = 0,88\text{mm} = 1,672\text{mm}$$

$$\sigma = \frac{2,629}{1,672 \times 10^{-6}} = 1,57 \text{ Mpa}$$

- **Larutan 45ml**

$$L = 19\text{mm} * t = 0,097\text{mm} = 1,843\text{mm}$$

$$\sigma = \frac{2,588}{1,843 \times 10^{-6}} = 1,4 \text{ Mpa}$$

Perhitungan elongation

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \times 100 \%$$

- **Larutan 15ml**

$$\varepsilon = \frac{3,16}{25} \times 100 \% = 12,64\%$$

- **Larutan 20ml**

$$\varepsilon = \frac{4,05}{25} \times 100 \% = 16,2\%$$

- **Larutan 30ml**

$$\varepsilon = \frac{5,63}{25} \times 100 \% = 22,52\%$$

- **Larutan 45ml**

$$\varepsilon = \frac{7,35}{25} \times 100 \% = 29,4\%$$

Pehitungan ketebalan rata-rata

$$\text{Ketebalan rata-rata} = \frac{(\text{titik 1} + \text{titik 2} + \text{titik 3} + \text{titik 4} + \text{titik 5})}{5}$$

- **Larutan 15ml**

$$\text{Ketebalan rata-rata} = \frac{(0,068 + 0,071 + 0,07 + 0,065 + 0,07)}{5} = 0,0688\text{mm}$$

- **Larutan 20ml**

$$\text{Ketebalan rata-rata} = \frac{(0,071 + 0,074 + 0,078 + 0,077 + 0,078)}{5} = 0,0756\text{mm}$$

- **Larutan 30ml**

$$\text{Ketebalan rata-rata} = \frac{(0,088 + 0,084 + 0,089 + 0,088 + 0,085)}{5} = 0,0868\text{mm}$$

- **Larutan 45ml**

$$\text{Ketebalan rata-rata} = \frac{(0,097 + 0,09 + 0,092 + 0,089 + 0,096)}{5} = 0,0928\text{mm}$$

Pehituangn Tegangan permukaan

1. Rumus mencari nilai rata-rata

$$x = \frac{\sum xi}{n}$$

Dimana:

X = Nilai rata-rata

Xi = Jumlah semua nilai

n = Banyak data

- **Larutan 15ml**

$$x = \frac{\sum 88 + 86 + 70}{3} = 81,3$$

- **Larutan 20ml**

$$x = \frac{\Sigma 92.6+78.6+85.7}{3} = 85.63$$

- **Larutan 30ml**

$$x = \frac{\Sigma 93+89.7+82}{3} = 88.23$$

- **Larutan 45ml**

$$x = \frac{\Sigma 104.6+80.4+87.4}{3} = 90.8$$

2. Rumus simpangan baku

$$S = \sqrt{\frac{\Sigma(Xi-X)^2}{n}}$$

Dimana:

S = Simpangan baku

X = Nilai rata-rata

Xi = Jumlah semua nilai

n = Banyak data

- **Larutan 15ml**

$$S = \sqrt{\frac{\Sigma(88-81.3)^2+(86-81.3)^2+(70-81.3)^2}{3}} = 9.86$$

- **Larutan 20ml**

$$S = \sqrt{\frac{\Sigma(92.6-85.6)^2+(78.6-85.6)^2+(85.7-85.6)^2}{3}} = 7$$

- **Larutan 30ml**

$$S = \sqrt{\frac{\Sigma(93-88.2)^2+(89.7-88.2)^2+(82-88.2)^2}{3}} = 5.64$$

- **Larutan 45ml**

$$S = \sqrt{\frac{\Sigma(104.6-90.8)^2+(80.4-90.8)^2+(87.4-90.8)^2}{3}} = 12.45$$

3. Rumus tegangan permukaan *solid*

$$\cos \theta = -1 + \sqrt{\frac{\gamma C}{\gamma L}}$$

$$\sqrt{\frac{\gamma C}{\gamma L}} = 1 + \cos \theta$$

$$\sqrt{\frac{\gamma C}{\gamma L}} = \frac{1 + \cos \theta}{2}$$

$$\sqrt{\frac{\gamma C}{\gamma L}} = \left(\frac{1 + \cos \theta}{2}\right)^2 \cdot \gamma L$$

$$\gamma C = \left(\frac{1 + \cos \theta}{2}\right)^2 \cdot \gamma L$$

Dimana:

γC = Tegangan permukaan cairan

γL = Tegangan permukaan material = Larutan pada *liquid aquadest* sehingga nilainya yaitu 72.8

- **Larutan 15ml**

$$\gamma C = \left(\frac{1 + \cos(0.33)}{2}\right)^2 \cdot 72.8 = 24.10 \text{ N/m}^2$$

- **Larutan 20ml**

$$\gamma C = \left(\frac{1 + \cos(0.29)}{2}\right)^2 \cdot 72.8 = 21.08 \text{ N/m}^2$$

- **Larutan 30ml**

$$\gamma C = \left(\frac{1 + \cos(0.27)}{2}\right)^2 \cdot 72.8 = 19.34 \text{ N/m}^2$$

- **Larutan 45ml**

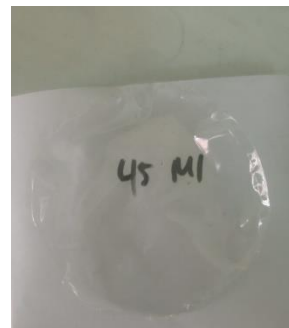
$$\gamma C = \left(\frac{1 + \cos(0.24)}{2}\right)^2 \cdot 72.8 = 17.70 \text{ N/m}^2$$

Lampiran 2 Foto-foto

➤ Proses Pembuatan



➤ Hasil Spesimen

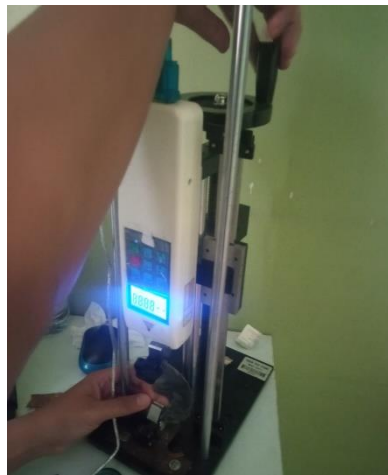


➤ **Proses Pengujian**

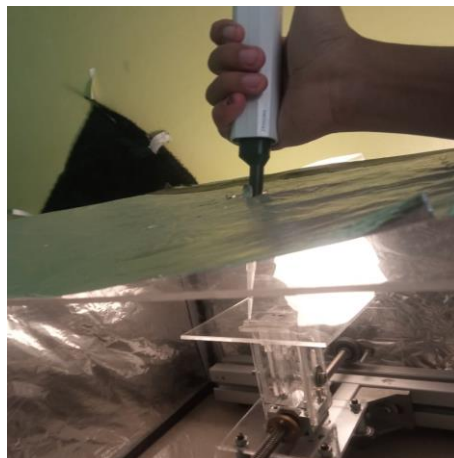
1. Pengujian Ketebalan



2. Pengujian Tarik



3. Sudut Kontak



Chitosan Properties

Melting point	102.5 °C
Density	1 g/cm ³
storage temp.	2-8°C
solubility	dilute aqueous acid (pH <6.5): soluble
form	(Coarse ground flakes and powder)
color	White to Off-white
Odor	Odorless
Stability	Stable. Incompatible with strong oxidizing agents.
InChI	
SMILES	
LogP	-11.706 (est)
CAS DataBase Reference	9012-76-4
EWG's Food Scores	1

https://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty_EN_CB5209844.htm

Sodium carboxymethyl cellulose Properties

Melting point	274 °C (dec.)
Density	1,6 g/cm ³
FEMA	2239 CARBOXYMETHYLCELLULOSE
storage temp.	room temp
solubility	H ₂ O: 20 mg/mL, soluble
form	low viscosity
pka	4.30(at 25°C)
color	White to light yellow
Odor	Odorless
PH Range	6.5 - 8.5
PH	pH (10g/l, 25°C) 6.0 ~ 8.0
Viscosity	900 to 1400 mPa-s(1 %, H ₂ O, 25 °C)
Water Solubility	soluble
Merck	14,1829

https://www.chemicalbook.com/ChemicalProductProperty_EN_CB1479274.htm

Lampiran 3. Hasil analisis anova *one way*

Ketebalan

15 ml	20ml	30ml	45ml
0,068	0,071	0,071	0,097
0,071	0,074	0,084	0,09
0,07	0,078	0,089	0,092
0,065	0,077	0,088	0,089
0,07	0,078	0,085	0,096

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	0,001601	3	0,000534	26,67583	1,83E-06	3,238872
Within Groups	0,00032	16	0,00002			
Total	0,001921	19				

Ketebalan

Duncan

Larutan	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
15ml	5	,069		
20ml	5	,076	,076	
30ml	5		,083	
45ml	5			,093
Sig.		,116	,061	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 5,000.

Ujitarik

15ml	20ml	30ml	45ml
1,74	1,89	1,57	1,4
1,79	1,81	1,63	1,41
1,82	1,72	1,52	1,38

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	0,335933	3	0,111978	36,91575	4,93E-05	4,066181
Within Groups	0,024267	8	0,003033			
Total	0,3602	11				

UjiTarik

Duncan

Larutan	N	Subset for alpha = 0.05		
		1	2	3
45ml	3	1,397		
30ml	3		1,573	
15ml	3			1,783
20ml	3			1,807
Sig.		1,000	1,000	,952

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Elongation

15ml	20ml	30ml	45ml
3,16	4,05	5,63	7,35
3,24	4,21	5,54	7,47
3,31	4,12	5,47	8,62

ANOVA

<i>Source of Variation</i>	<i>SS</i>	<i>df</i>	<i>MS</i>	<i>F</i>	<i>P-value</i>	<i>F crit</i>
Between Groups	35,86483	3	11,95494	93,73974	1,42E-06	4,066181
Within Groups	1,020267	8	0,127533			
Total	36,88509	11				

elongation

Duncan^a

larutan	N	Subset for alpha = 0.05			
		1	2	3	4
15ml	3	3,237			
20ml	3		4,127		
30ml	3			5,547	
45ml	3				7,120
Sig.		1,000	1,000	1,000	1,000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Sudut Kotak

15ml	20ml	30ml	45ml
88	92,6	93	104,6
86	78,6	89,7	80,4
70	85,7	82	87,4

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	146,82	3	48,94	0,587374	0,640147	4,066181
Within Groups	666,56	8	83,32			
Total	813,38	11				

Sudutkonta

Duncan^a

Larutan	N	Subset for alpha = 0.05
		1
15ml	3	81,333
20ml	3	85,633
30ml	3	88,233
45ml	3	90,800
Sig.		,266

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 3,000.

Lampiran 4. Perlakuan Terbaik Der Garmo

Bobot	Pengujian	15ml	20ml	30ml	45ml	Tertinggi	Terendah	selisih
0,3	Uji tarik	1,79	1,8	1,59	1,4	1,8	1,4	0,4
0,3	Renggangan	12,95	16,5	22,2	28,5	28,5	12,95	15,55
0,3	Ketebalan	0,0688	0,0756	0,0868	0,0928	0,0928	0,0688	0,024
0,1	Sudut Kontak	81,3	85,63	88,23	90,8	90,8	81,3	9,5

Parameter	Bobot	15ml		20ml		30ml		45ml	
		NE	NP	NE	NP	NE	NP	NE	NP
Uji tarik	0,3	0,975	0,2925	1	0,3	0,475	0,1425	0	0
Renggangan	0,3	0	0	0,22829582	0,06848875	0,59485531	0,17845659	1	0,3
Ketebalan	0,3	0	0	0,28333333	0,085	0,75	0,225	1	0,3
Sudut Kontak	0,1	0	0	0,45578947	0,04557895	0,72947368	0,07294737	1	0,1
			0,2925		0,49906769		0,61890396		0,7