

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.



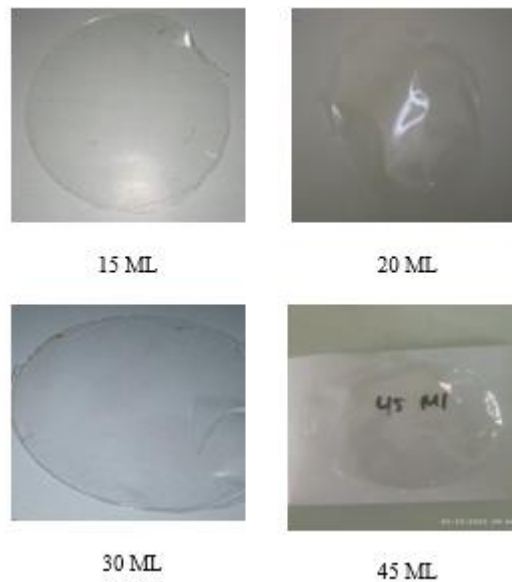
Gambar 4.2 Pengujian Bioplastik

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.

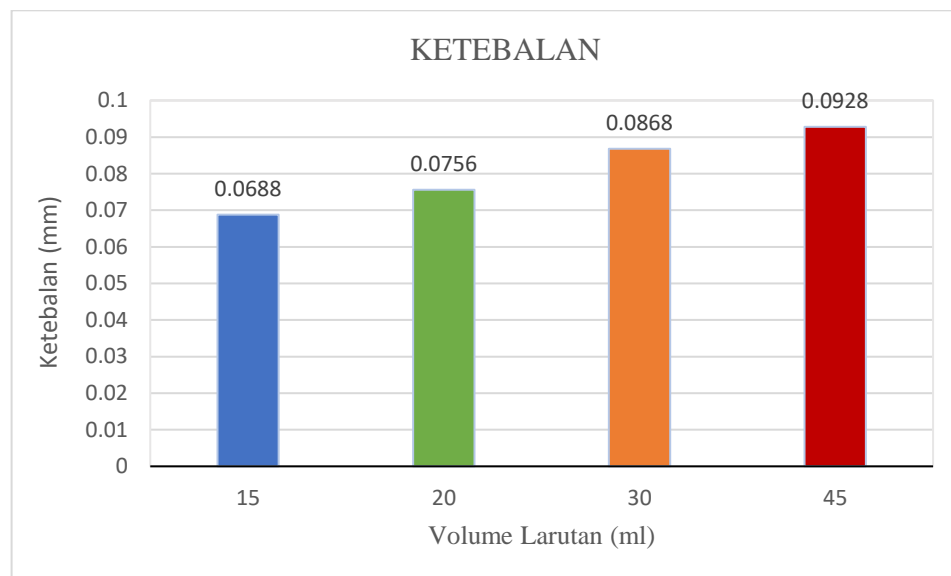
4.2.1 Ketebalan

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 $6,88 \times 10^{-2}$ mm, 20 ml memiliki nilai rata-rata $7,56 \times 10^{-2}$ mm, 30 ml memiliki nilai rata-rata $8,68 \times 10^{-2}$ 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.

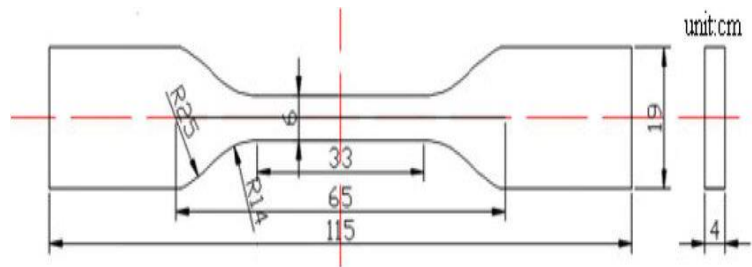
**Gambar 4.4** Ketebalan Rata-rata Bioplastik CMC

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:

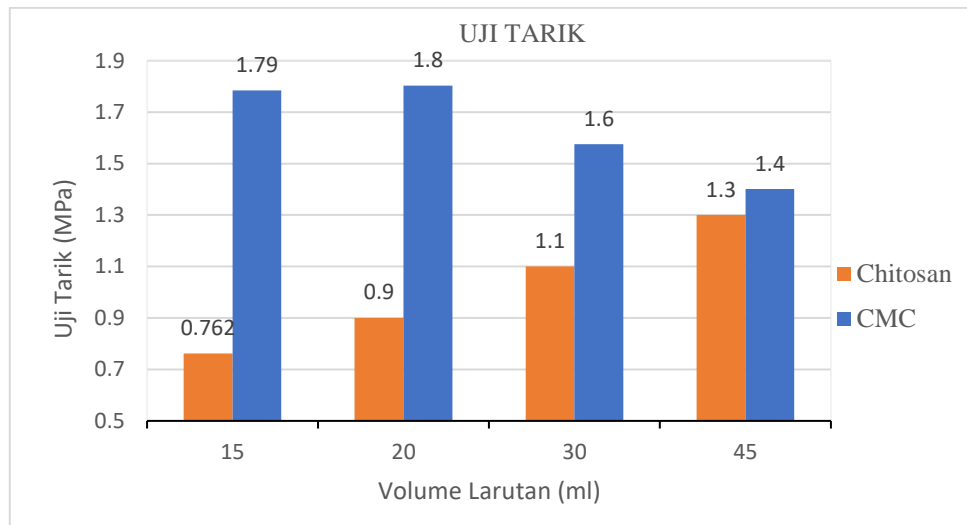
Tabel 4.5 Larutan 30 ml

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

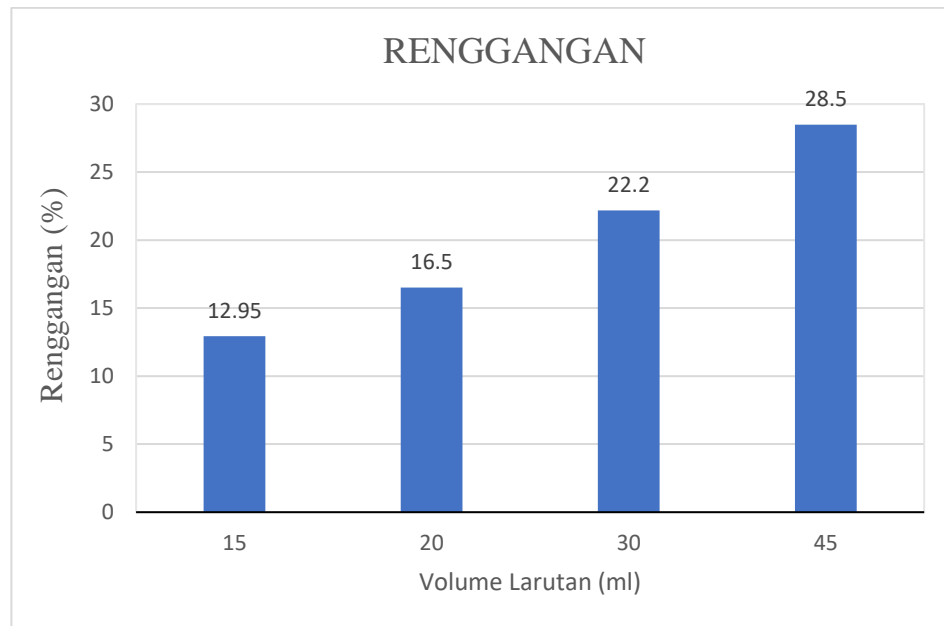
No	Larutan	Δl (mm)	lo1(mm)	lo2(mm)	lo3(mm)	Rata-rata lo (mm)
1	15ml	25	3,16	3,24	3,31	3,24
2	20ml	25	4,05	4,21	4,12	4,1
3	30ml	25	5,63	5,54	5,47	5,5
4	45ml	25	7,35	7,47	8,62	7,1

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:

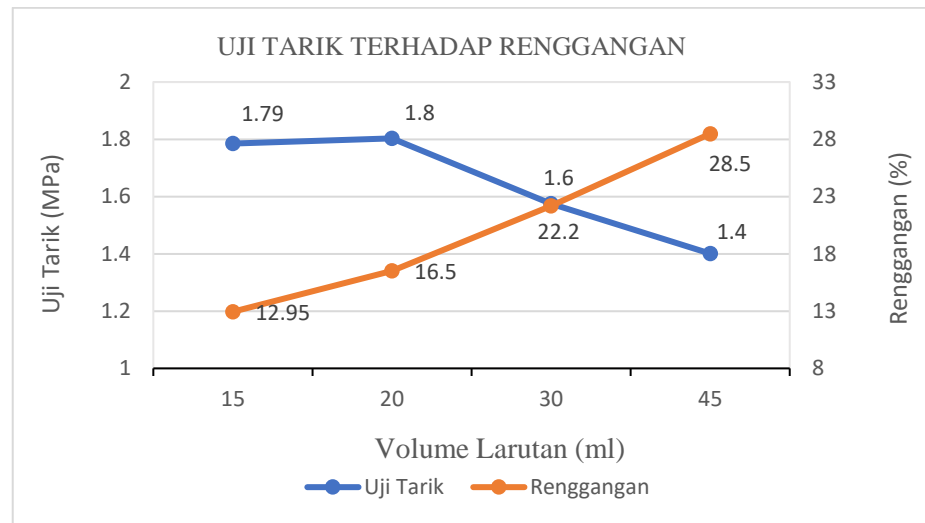
Tabel 4.8 Elongation

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

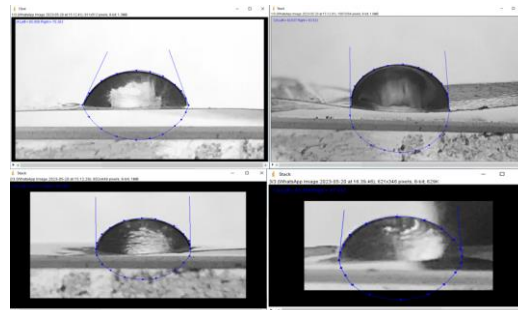
Didapatkan sebuah hasil pengujian pertambahan panjang, hasil pertambahan panjang berupa presen pemanjangan benda dimana didapatkan melalui hasil pengujian pertambahan panjang. Berdasarkan tabel rata-rata hasil pertambahan panjang setiap larutan 15 ml sebesar 3,24 mm, 20 ml sebesar 4,1 mm, 30 ml sebesar 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 cair yang diteteska dan garis kedua merupakan batas yang terbentuk diantara zat cair dan zat pada. Untuk mendapat sudut kontak maka diperlukan sebuah aplikasi bernama *image-j*.



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:

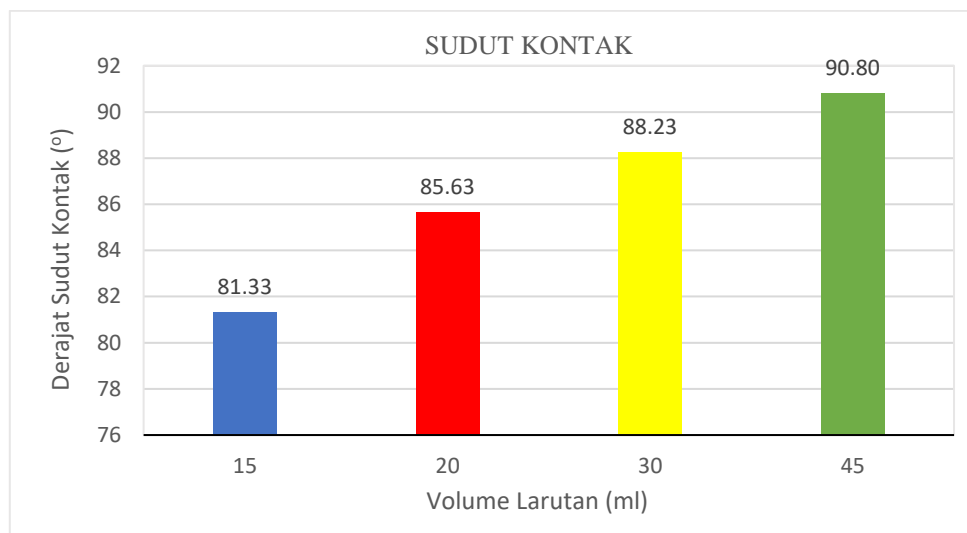
γC = Tegangan permukaan cairan

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

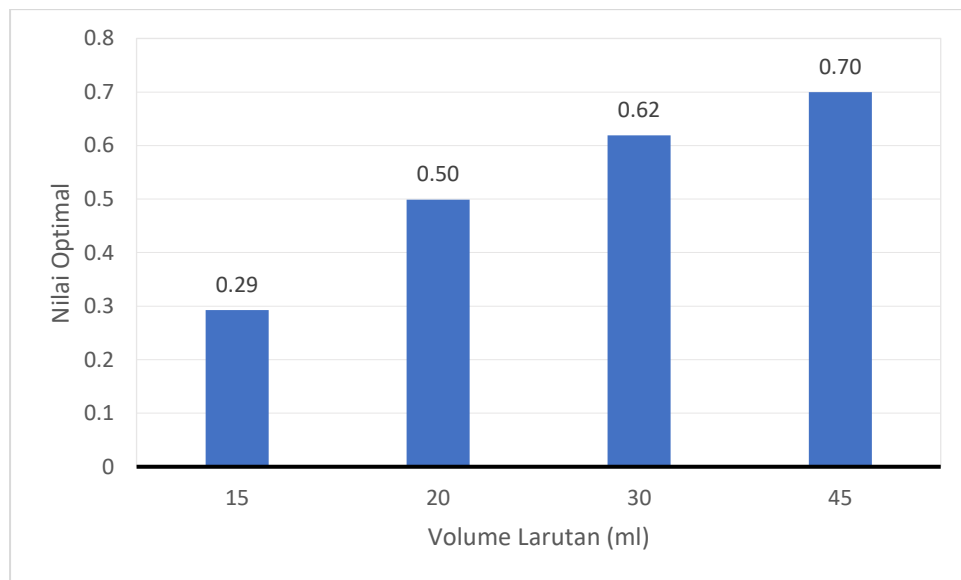
tetapi nilai kekuatan CMC akan menurun seiring bertambahnya nilai perlakuan yang diberikan. Penurunan kekuatan tarik diakibatkan oleh naiknya nilai konsentrasi CMC pada larutan hal ini sesuai dengan pernyataan (Nurindra dkk., 2015) semakin besar nilai konsentrasi CMC semakin rendah nilai kuat tarik *edible 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.