

**Pembuatan *Biodegradable Biofilm* dari Ampas
Tebu (*Sugarcane Bagasse*)**

SKRIPSI

**Oleh:
Eileen Maretha Santoso
175090200111032**



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN
ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2021**



Pembuatan *Biodegradable Biofilm* dari Ampas Tebu (*Sugarcane Bagasse*)

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains
dalam bidang Kimia

Oleh:

Eileen Maretha Santoso

175090200111032



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN
ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2021**



Pembuatan *Biodegradable Biofilm* dari Ampas Tebu (*Sugarcane Bagasse*)

Oleh:
Eileen Maretha Santoso
(175090200111032)

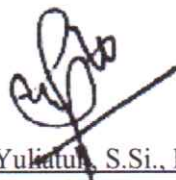
Setelah diseminarkan di depan Majelis Penguji pada tanggal
5 Juli 2021 dan dinyatakan memenuhi syarat untuk memperoleh
gelar Sarjana Sains dalam bidang Kimia

Pembimbing I



Dra. Anna Roosdiana, M.App.Sc.
NIP. 195807111992032002

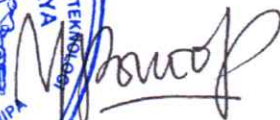
Pembimbing II



Simpung Yuliatul, S.Si., MP.
NIK. 87970620



Mengetahui,
Ketua Jurusan Kimia
Fakultas MIPA, Universitas Brawijaya



Yumar Ponco Prananto, S.Si., M.Sc.Ph.D.
NIP. 198106202005011002

LEMBAR PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Eileen Maretha Santoso

NIM : 175090200111032

Jurusan : Kimia

Penulis skripsi berjudul:

Pembuatan *Biodegradable Biofilm* dari Ampas Tebu (*Sugarcane Bagasse*)

Dengan ini menyatakan bahwa:

1. Isi dari skripsi yang saya buat adalah benar-benar karya sendiri dan tidak menjiplak karya orang lain, selain nama-nama yang termaktub di isi dan tertulis di daftar pustaka dalam skripsi ini.
2. Apabila dikemudian hari ternyata skripsi yang saya tulis terbukti hasil jiplakan, maka saya akan bersedia menanggung segala resiko yang akan saya terima.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan segala kesadaran.

Malang, 9 Juni 2021

Yang menyatakan,



Eileen Maretha Santoso

NIM. 175090200111032



Pembuatan *Biodegradable Biofilm* dari Ampas Tebu (*Sugarcane Bagasse*)

ABSTRAK

Ampas tebu merupakan hasil samping produksi gula, yang tersedia banyak di Indonesia. Selulosa pada ampas tebu dapat dimanfaatkan untuk pembuatan CMC (*carboxymethyl cellulose*). CMC bersifat mengikat air, sehingga sesuai untuk memperbaiki sifat mekanik *biodegradable biofilm*. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan *biofilm* dengan sifat mekanik yang baik, yaitu kadar air rendah, *degree of swelling* tinggi, struktur permukaan yang halus, dan elongasi yang baik. Penelitian bersifat eksperimental menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial. *Biofilm* dibentuk dengan bahan pengisi pati tapioka, CMC dengan variasi 2, 4, dan 6 gram, dan gliserol dengan konsentrasi 30% (v/v) dan 40% (v/v). Pembuatan *biofilm* melalui reaksi gelatinisasi, yaitu penetrasi molekul air pada granula pati. Kondisi gelatinisasi adalah pemanasan pada suhu 40°C dengan pengadukan selama 20 menit. Karakterisasi dari *biofilm* dilakukan dengan analisis gugus fungsi dengan NIR, analisis struktur permukaan dengan mikroskop, viskositas, dan uji elongasi. Data dianalisis dengan analisis ragam ANOVA, dilanjutkan dengan Uji BNJ/Tukey Test. Hasil penelitian menunjukkan 6 gram CMC dan 40% gliserol menghasilkan *biofilm* dengan kadar air 0,81%, *degree of swelling* 55,64%, viskositas 1202,03 cps, struktur permukaan yang halus dan rata, dan terdapat spektra NIR yang menunjukkan reaksi gelatinisasi *biofilm*. Interaksi gliserol dan CMC memengaruhi *degree of swelling* dan viskositas *biofilm*, tetapi tidak berpengaruh pada kadar air *biofilm*.

Kata kunci: *Biofilm*, CMC, Gelatinisasi, Gliserol

Production of Bioderadable Biofilm from Sugarcane Bagasse

ABSTRACT

Sugarcane bagasse is a by-product of sugar production, that is abundantly available in Indonesia. Cellulose contained in sugarcane bagasse can be modified to CMC (carboxymethyl cellulose). CMC have the ability to bind water that useful to improve mechanical properties of a biodegradable biofilm. This research aims to produce a biofilm with favorable mechanical properties, such as low moisture content, can swelling well (high swelling degree), smooth surface, dan high elongation. This research is an experimental study using a Factorial Completely Randomized Design (CRD). Biofilm produce with tapioca starch as a filler, CMC with various mass (2, 4, and 6 gram), and glycerol with 30% (v/v) and 40% (v/v) concentration. Biofilm formed by penetration of water molecules in amyllum, or called gelatinization. Gelatinization carried out at 40°C with continuous stirring for 20 minutes. Biofilm characterized by Near Infrared Spectrofotometry, microscope, viscosity, and elongation. The data were analyzed by ANOVA analysis, followed by the BNJ test/Tukey test. The result showed that 6 grams of CMC and 40% glycerol produced a biofilm with a mositure content of 0,81%, a degree of swelling of 55,64%, a viscosity of 1202,03 cps, a smooch and flat surface, and NIR spectra which indicated a gelatinization reaction of the biofilm. The interaction of glycerol and CMC affects the degree of swelling and viscosity, but has no effect on the moisture content of the biofilm.

Keywords: Biofilm, CMC, Gelatinization, Glycerol



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xix
BAB I (PENDAHULUAN).....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II (TINJAUAN PUSTAKA).....	5
2.1 Ampas Tebu (<i>Sugarcane Bagasse</i>).....	5
2.2 Selulosa dan Pati (Amilum).....	6
2.2.1 Definisi dan Struktur Selulosa.....	6
2.2.2 CMC (<i>Carboxymethyl Cellulose</i>).....	7
2.2.3 Definisi dan Struktur Pati (Amilum).....	9
2.3 Plastik <i>Biodegradable</i>	12
2.4 <i>Biofilm</i>	13
2.4.1 Definisi <i>Biofilm</i>	13
2.4.2 Karakterisasi <i>Biofilm</i>	16
2.4.2.1 Penentuan Kadar Air.....	16
2.4.2.2 Penentuan <i>Degree of Swelling</i>	16
2.4.2.4 Penentuan Viskositas.....	17
BAB III (METODE PENELITIAN).....	19



3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	19
3.2 Bahan dan Alat Penelitian	19
3.3 Cara Kerja	21
3.3.1 Preparasi Sampel Ampas Tebu (<i>Sugarcane Bagasse</i>).....	21
3.3.2 Karakterisasi Ampas Tebu (<i>Sugarcane Bagasse</i>)	22
3.3.2.1 Penentuan Kadar Air	22
3.3.2.2 Penentuan Komponen Ampas Tebu (SCB).....	22
3.3.3 Isolasi Selulosa Dari Ampas Tebu (<i>Sugarcane Bagasse</i>)	23
3.3.4 Sintesis CMC dari Selulosa Hasil Isolasi	23
3.3.5 Pembuatan <i>Biofilm</i> dari CMC Hasil Sintesis.....	23
3.3.6 Karakterisasi <i>Biofilm</i>	24
3.3.6.1 Penentuan Kadar Air	24
3.3.6.2 Penentuan <i>Degree of Swelling</i>	24
3.3.6.3 Penentuan Viskositas.....	24
3.3.6.4 Analisis Struktur Permukaan.....	25
3.3.6.5 Analisis Gugus Fungsi (NIR)	25
3.3.6.6 Elongasi.....	26
3.3.7 Analisa Data	26
BAB IV (HASIL DAN PEMBAHASAN).....	27
4.1 Preparasi CMC	27
4.2 Pengaruh Variasi Konsentrasi <i>Carboxymethyl Cellulose</i> (CMC) dan Konsentrasi Gliserol terhadap <i>Biofilm</i> yang Dihasilkan.....	29
4.2.1 Kadar Air <i>Biofilm</i>	30
4.2.2 <i>Degree of Swelling Biofilm</i>	32
4.2.3 Viskositas <i>Biofilm</i>	33
4.3 Pengaruh Interaksi <i>Carboxymethyl Cellulose</i> (CMC) dengan Gliserol Terhadap <i>Biofilm</i> yang Dihasilkan	35
4.3.1 Kadar Air <i>Biofilm</i>	35
4.3.2 <i>Degree of Swelling Biofilm</i>	36
4.3.3 Viskositas <i>Biofilm</i>	37
4.4 Karakterisasi <i>Biofilm</i> Hasil.....	38
4.4.1 Analisis Struktur Permukaan.....	38
4.4.2 Analisis Gugus Fungsi (NIR).....	40



4.4.3 Elongasi.....	45
BAB V (PENUTUP)	46
5.1 Kesimpulan.....	46
5.2 Saran.....	46
DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN	55
Lampiran A. Dokumentasi Penelitian	55
A.1 Preparasi Sampel Ampas Tebu (<i>Sugarcane Bagasse</i>).....	55
A.2 Karakterisasi Sampel Ampas Tebu (<i>Sugarcane Bagasse</i>).....	56
A.2.1 Penentuan Kadar Air	56
A.2.2 Penentuan Komponen Ampas Tebu	57
A.3 Isolasi Selulosa dari Ampas Tebu (<i>Sugarcane Bagasse</i>)	61
A.4 Sintesis CMC dari Selulosa Hasil Isolasi	64
A.5 Pembuatan <i>Biofilm</i>	66
A.6 Karakterisasi <i>Biofilm</i>	68
A.6.1 Penentuan Kadar Air	68
A.6.2 Penentuan <i>Degree of Swelling</i>	69
A.6.3 Analisis Struktur Permukaan	70
A.6.4 Penentuan Viskositas.....	71
A.6.5 Analisis Gugus Fungsi (NIR)	72
A.6.6 Penentuan Elongasi	72
A.7 <i>Biofilm</i> Hasil.....	73
A.8 Hasil Analisa Struktur Permukaan	74
B.1 Komposisi Komponen <i>Biofilm</i>	76
B.2 Perhitungan untuk Preparasi Larutan.....	76
B.2.1 Perhitungan Molaritas, Normalitas, Persen (%)	76
B.2.1.1 Molaritas H ₂ SO ₄ Pekat (98%) [Isolasi Selulosa]	76
B.2.1.2 Molaritas H ₂ SO ₄ 4% [Isolasi Selulosa].....	76
B.2.1.3 Molaritas NaOH 10% [Isolasi Selulosa].....	77
B.2.1.4 Molaritas NaOH 50% [Sintesis CMC]	77
B.2.1.5 Molaritas NaOH 30% [Sintesis CMC]	77
B.2.1.6 Massa TCA yang Dibutuhkan [Sintesis CMC].....	77
B.2.1.7 Massa <i>Biofilm</i> yang Dibutuhkan [Penentuan Viskositas]....	78
B.2.2 Perhitungan Pengenceran.....	78



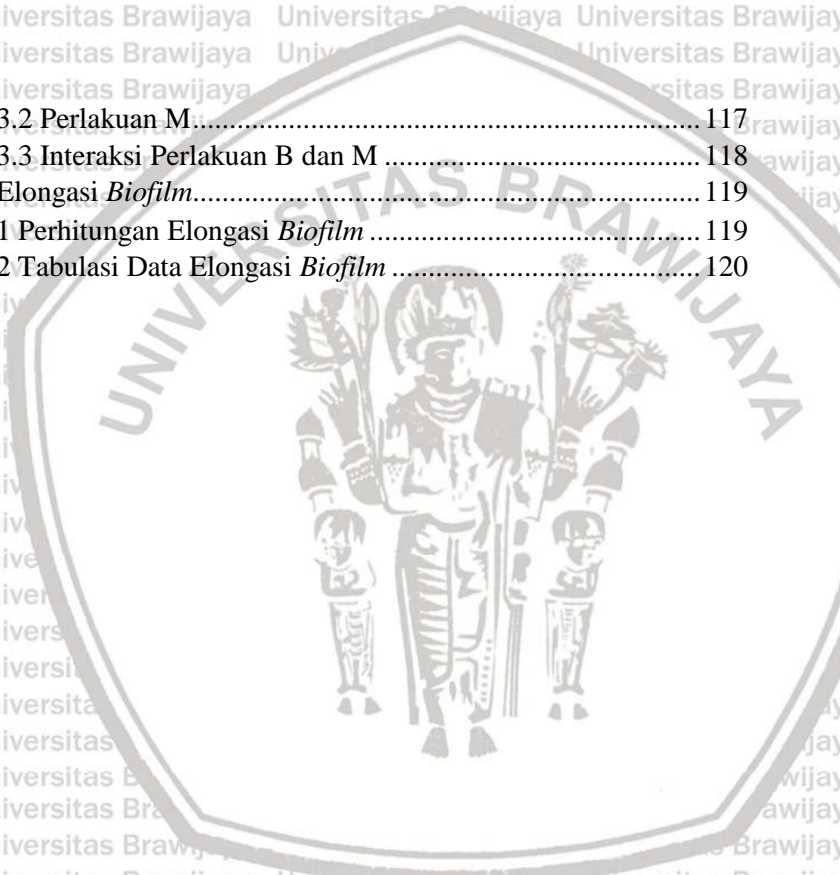
B.2.2.1 Pengenceran H ₂ SO ₄ Peekat menjadi 0,05 M [Penentuan Kadar Selulosa]	78
B.2.2.2 Pengenceran NaOH 50% menjadi NaOH 10% [Isolasi Selulosa]	78
B.2.2.3 Pengenceran H ₂ SO ₄ 98% menjadi H ₂ SO ₄ 4% [Isolasi Selulosa]	78
B.2.2.4 Pengenceran NaOH 50% menjadi NaOH 30% [Sintesis CMC].....	78
B.2.2.5 Pengenceran Gliserol 99% menjadi 30% [Pembuatan <i>Biofilm</i>].....	79
B.2.2.6 Pengenceran Gliserol 99% menjadi 40% [Pembuatan <i>Biofilm</i>].....	79
B.3 Penentuan Kadar Air Ampas Tebu [Karakterisasi Ampas Tebu].....	79
B.3.1 Perhitungan Kadar Air Ampas Tebu	79
B.3.2 Tabulasi Data Kadar Air Ampas Tebu	80
B.4 Perhitungan Penentuan Komposisi Ampas Tebu [Karakterisasi Ampas Tebu]	80
B.4.1 Perhitungan Kadar Bahan Larut Air Panas.....	80
B.4.2 Perhitungan Kadar Hemiselulosa	81
B.4.3 Perhitungan Kadar Selulosa.....	82
B.4.4 Perhitungan Kadar Lignin.....	82
B.4.5 Tabulasi Data Komposisi Ampas Tebu	83
B.5 Perhitungan Rendemen Isolasi Selulosa.....	84
B.6 Perhitungan Rendemen Sintesis CMC.....	84
B.7 Viskositas CMC dan Gliserol (<i>Biofilm</i>).....	84
B.8 Viskositas Pati dan Gliserol (<i>Biofilm</i>)	85
B.9 Perhitungan Kadar Air <i>Biofilm</i>	85
B.9.1 <i>Biofilm</i> B1M1	85
B.9.2 <i>Biofilm</i> B1M2	86
B.9.3 <i>Biofilm</i> B2M1	86
B.9.4 <i>Biofilm</i> B2M2	87
B.9.5 <i>Biofilm</i> B3M1	87
B.9.6 <i>Biofilm</i> B3M2	88



B.9.7 Tabulasi Data Kadar Air <i>Biofilm</i>	89
B.10 Perhitungan Statistik Kadar Air <i>Biofilm</i>	89
B.10.1 Uji Homogenitas	89
B.10.2 Analisa Ragam ANOVA	90
B.10.3 Uji Lanjut (Uji Beda Nyata Jujur/ <i>Tukey Test</i>)	92
B.10.3.1 Perlakuan B	92
B.10.3.2 Perlakuan M	95
B.11 Perhitungan <i>Degree of Swelling Biofilm</i>	96
B.11.1 <i>Biofilm</i> B1M1	96
B.11.2 <i>Biofilm</i> B1M2	97
B.11.3 <i>Biofilm</i> B2M1	97
B.11.4 <i>Biofilm</i> B2M2	98
B.11.5 <i>Biofilm</i> B3M1	99
B.11.6 <i>Biofilm</i> B3M2	99
B.11.7 Tabulasi Data <i>Degree of Swelling Biofilm</i>	101
B.12 Perhitungan Statistik <i>Degree of Swelling Biofilm</i>	101
B.12.1 Uji Homogenitas	101
B.12.1 Analisa Ragam ANOVA	102
B.12.2 Uji Lanjut (Uji Beda Nyata Jujur/ <i>Tukey Test</i>)	104
B.12.2.1 Perlakuan B	104
B.12.2.2 Perlakuan M	107
B.12.2.3 Interaksi Perlakuan B dan M	108
B.13 Perhitungan Viskositas <i>Biofilm</i> [Viskometer]	109
B.14 Perhitungan Viskositas <i>Biofilm</i> [Metode Bola Jatuh]	109
B.14.1 Keterangan Bola	109
B.14.2 Penentuan Waktu (t)	110
B.14.3 Penentuan Kecepatan (v)	110
B.14.4 Penentuan Densitas	111
B.14.5 Penentuan Viskositas (dalam g/cms)	111
B.14.6 Penentuan Viskositas (dalam cps)	112
B.15 Perhitungan Statistik Viskositas <i>Biofilm</i>	112
B.15.1 Uji Homogenitas	112
B.15.2 Analisa Ragam ANOVA	112
B.15.3 Uji Lanjut (Uji Beda Nyata Jujur/ <i>Tukey Test</i>)	114
B.15.3.1 Perlakuan B	114



B.15.3.2 Perlakuan M.....	117
B.15.3.3 Interaksi Perlakuan B dan M	118
B.16 Elongasi <i>Biofilm</i>	119
B.16.1 Perhitungan Elongasi <i>Biofilm</i>	119
B.16.2 Tabulasi Data Elongasi <i>Biofilm</i>	120



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Morfologi Tebu (<i>Saccharum officinarum L.</i>) [15].....	5
Gambar 2.2 Struktur Selulosa [17]	6
Gambar 2.3 Struktur Kristalin dan Semi – Kristalin Selulosa [18] ..	7
Gambar 2.4 Reaksi Alkalisasi Selulosa [21].....	8
Gambar 2.5 Struktur Na – Selulosa [22].....	8
Gambar 2.6 Reaksi Karboksimetilasi Selulosa [21]	9
Gambar 2.7 Deformasi Molekul Air pada Selulosa [18]	9
Gambar 2.8 Struktur Amilosa (A) dan Amilopektin (B) [25].....	10
Gambar 2.9 Struktur Pati (Amilum) [26].....	11
Gambar 2.10 Reaksi Gelatinisasi [28]	12
Gambar 2.11 Komponen <i>Bio-plastic</i> [30].....	13
Gambar 2.12 Interaksi Kitosan, Gliserol, dan Pati [26].....	14
Gambar 2.13 Interaksi Pati, Gliserol, dan Asam Sitrat [31]	15
Gambar 2.14 Struktur Kimia Gliserol [34].....	15
Gambar 2.15 Struktur Kimia Asam Sitrat [35].....	16
Gambar 4.1 Ampas Tebu (A), Selulosa (B), CMC (C)	28
Gambar 4.2 <i>Biofilm</i> Hasil (Komposisi B3M2)	30
Gambar 4.3 Spektra NIR Pati	40
Gambar 4.4 Spektra NIR Gliserol.....	41
Gambar 4.5 Spektra NIR CMC (TCA 35%).....	41
Gambar 4.6 Spektra NIR <i>Biofilm</i> B3M2.....	42



DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Komposisi Ampas Tebu	27
Tabel 4.2 Kadar Air <i>Biofilm</i>	30
Tabel 4.3 <i>Degree of Swelling Biofilm</i>	32
Tabel 4.4 Viskositas <i>Biofilm</i>	34
Tabel 4.5 <i>Degree of Swelling Biofilm</i>	36
Tabel 4.6 Viskositas <i>Biofilm</i>	37
Tabel 4.7 Analisis Struktur Permukaan	39
Tabel 4.8 Analisis Gugus Fungsional Komponen <i>Biofilm</i> dengan Menggunakan <i>Near Infra Red Spectroscopy</i> (NIR) [42]	43
Tabel A.1 Dokumentasi Preparasi Sampel Ampas Tebu.....	55
Tabel A.2 Dokumentasi Penentuan Kadar Air Ampas Tebu.....	56
Tabel A.3 Dokumentasi Penentuan Komponen Ampas Tebu	57
Tabel A.4 Dokumentasi Isolasi Selulosa dari Ampas Tebu	61
Tabel A.5 Dokumentasi Sintesis CMC.....	64
Tabel A.6 Dokumentasi Pembuatan <i>Biofilm</i>	66
Tabel A.7 Dokumentasi Penentuan Kadar Air <i>Biofilm</i>	68
Tabel A.8 Dokumentasi Penentuan <i>Degree of Swelling Biofilm</i>	69
Tabel A.9 Dokumentasi Analisis Struktur Permukaan <i>Biofilm</i>	70
Tabel A.10 Dokumentasi Penentuan Viskositas <i>Biofilm</i>	71
Tabel A.11 Dokumentasi Analisis Gugus Fungsi <i>Biofilm</i>	72
Tabel A.12 <i>Biofilm</i> Hasil	73
Tabel A.13 Analisa Struktur Permukaan <i>Biofilm</i>	74
Tabel B.1 Komposisi Komponen <i>Biofilm</i>	76
Tabel B.2 Kadar Air Ampas Tebu.....	80
Tabel B.3 Komposisi Ampas Tebu.....	83
Tabel B.4 Viskositas CMC dan Gliserol (<i>Biofilm</i>).....	84
Tabel B.5 Viskositas Pati dan Gliserol (<i>Biofilm</i>).....	85
Tabel B.6 Kadar Air <i>Biofilm</i>	89
Tabel B.7 Uji Homogenitas (<i>Levene Test</i>) Kadar Air <i>Biofilm</i>	89
Tabel B.8 ANOVA Kadar Air <i>Biofilm</i> (Signifikansi 5%)	90



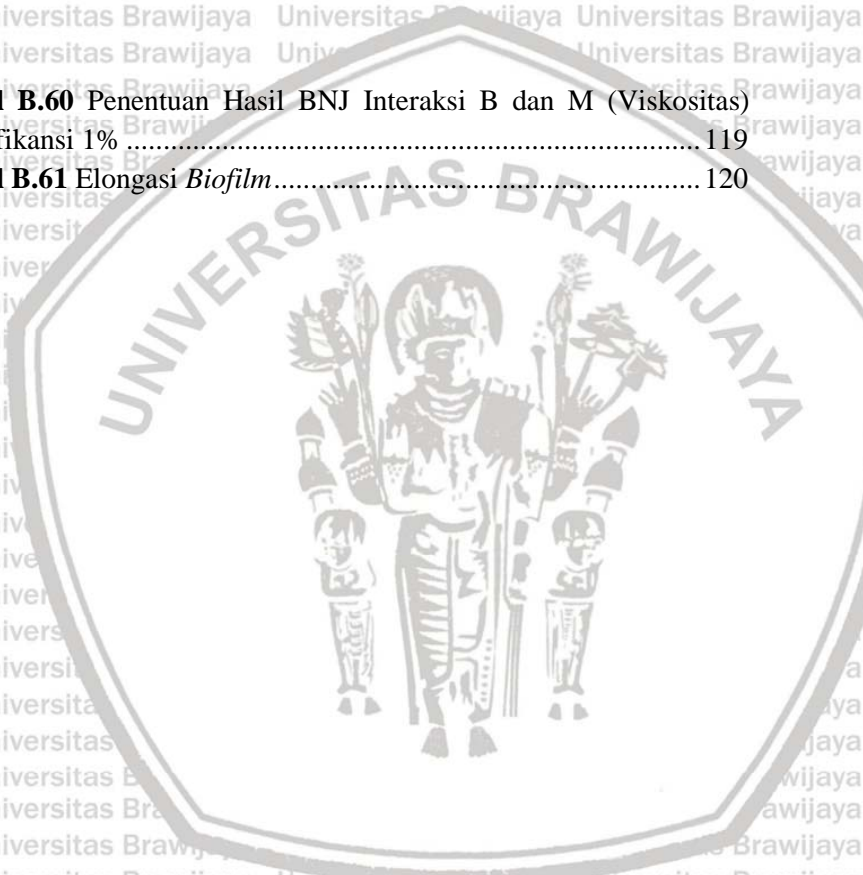
Tabel B.9 ANOVA Kadar Air <i>Biofilm</i> (Signifikansi 1%)	90
Tabel B.10 ANOVA Kadar Air <i>Biofilm</i> (Signifikansi 5% dan 1%)	91
Tabel B.11 Nilai BNJ_{hitung} Perlakuan B (Kadar Air).....	92
Tabel B.12 Penentuan Hasil BNJ Massa CMC (Kadar Air) Signifikansi 5%	92
Tabel B.13 Penentuan Hasil BNJ Massa CMC (Kadar Air) Signifikansi 1%	93
Tabel B.14 <i>Tukey Test HSD (Multiple Comparisons)</i> Kadar Air (Signifikansi 5%).....	93
Tabel B.15 <i>Tukey Test HSD (Subset)</i> Kadar Air (Signifikansi 5%)	94
Tabel B.16 <i>Tukey Test HSD (Multiple Comparisons)</i> Kadar Air (Signifikansi 1%).....	94
Tabel B.17 <i>Tukey Test HSD (Subset)</i> Kadar Air (Signifikansi 1%)	94
Tabel B.18 Nilai BNJ_{hitung} Perlakuan M (Kadar Air).....	95
Tabel B.19 Penentuan Hasil BNJ Konsentrasi CMC	95
Tabel B.20 Penentuan Hasil BNJ Konsentrasi Gliserol	96
Tabel B.21 <i>Degree of Swelling Biofilm</i>	101
Tabel B.22 Uji Homogenitas (<i>Levene Test</i>) <i>Degree of Swelling Biofilm</i>	101
Tabel B.23 ANOVA <i>Degree of Swelling Biofilm</i> (Signifikansi 5%)	102
Tabel B.24 ANOVA <i>Degree of Swelling Biofilm</i> (Signifikansi 1%)	102
Tabel B.25 ANOVA <i>Degree of Swelling Biofilm</i>	103
Tabel B.26 Nilai BNJ_{hitung} Perlakuan B (<i>Degree of Swelling</i>)	104
Tabel B.27 Penentuan Hasil BNJ Konsentrasi CMC	104
Tabel B.28 Penentuan Hasil BNJ Konsentrasi CMC	104
Tabel B.29 <i>Tukey Test HSD (Multiple Comparisons)</i>	105
Tabel B.30 <i>Tukey Test HSD (Subset) Degree of Swelling</i> (Signifikansi 5%)	105
Tabel B.31 <i>Tukey Test HSD (Multiple Comparisons)</i>	106
Tabel B.32 <i>Tukey Test HSD (Subset) Degree of Swelling</i> (Signifikansi 1%).....	106



Tabel B.33 Nilai BNJ_{hitung} Perlakuan M (<i>Degree of Swelling</i>)	107
Tabel B.34 Penentuan Hasil BNJ Konsentrasi CMC	107
Tabel B.35 Penentuan Hasil BNJ Konsentrasi Gliserol	107
Tabel B.36 Nilai BNJ_{hitung} Interaksi B dan M (<i>Degree of Swelling</i>)	108
Tabel B.37 Penentuan Hasil BNJ Interaksi B dan M (<i>Degree of Swelling</i>) Signifikansi 5%	108
Tabel B.38 Penentuan Hasil BNJ Interaksi B dan M (<i>Degree of Swelling</i>) Signifikansi 1%	109
Tabel B.39 Penentuan Waktu (t)	110
Tabel B.40 Penentuan Kecepatan (v)	110
Tabel B.41 Penentuan Densitas	111
Tabel B.42 Penentuan Viskositas <i>Biofilm</i> (dalam g/cms).....	111
Tabel B.43 Penentuan Viskositas <i>Biofilm</i> (dalam cps).....	112
Tabel B.44 Uji Homogenitas Viskositas <i>Biofilm</i>	112
Tabel B.45 ANOVA Viskositas <i>Biofilm</i> (Signifikansi 5%)	112
Tabel B.46 ANOVA Viskositas <i>Biofilm</i> (Signifikansi 1%)	113
Tabel B.47 ANOVA Viskositas <i>Biofilm</i>	114
Tabel B.48 Nilai BNJ_{hitung} Perlakuan B (Viskositas).....	114
Tabel B.49 Penentuan Hasil BNJ Konsentrasi CMC	115
Tabel B.50 Penentuan Hasil BNJ Konsentrasi CMC	115
Tabel B.51 <i>Tukey Test HSD (Multiple Comparisons)</i>	115
Tabel B.52 <i>Tukey Test HSD (Subset)</i> Viskositas <i>Biofilm</i> (Signifikansi 5%).....	116
Tabel B.53 <i>Tukey Test HSD (Multiple Comparisons)</i>	116
Tabel B.54 <i>Tukey Test HSD (Subset)</i> Viskositas <i>Biofilm</i>	117
Tabel B.55 Nilai BNJ_{hitung} Perlakuan M (Viskositas)	117
Tabel B.56 Penentuan Hasil BNJ Konsentrasi CMC	117
Tabel B.57 Penentuan Hasil BNJ Konsentrasi Gliserol	118
Tabel B.58 Nilai BNJ_{hitung} Interaksi B dan M (Viskositas).....	118
Tabel B.59 Penentuan Hasil BNJ Interaksi B dan M (Viskositas) Signifikansi 5%	118



Tabel B.60 Penentuan Hasil BNJ Interaksi B dan M (Viskositas) Signifikansi 1%	119
Tabel B.61 Elongasi <i>Biofilm</i>	120



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A. Dokumentasi Penelitian	55
Lampiran B. Perhitungan.....	76

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Plastik adalah salah satu jenis bahan pengemas yang banyak digunakan di Indonesia. Plastik digunakan sebagai kemasan bahan pangan, alat elektronik, alat rumah tangga, alat kantor, retail, dan banyak lainnya. Plastik murah dan mudah diakses, sehingga banyak digunakan. Tingginya angka kebutuhan akan plastik menyebabkan dampak negatif, yaitu penumpukan sampah plastik [1]. Indonesia menghasilkan 3,2 juta ton/tahun sampah plastik dan dibuang ke lingkungan. Penumpukan sampah plastik di lingkungan menjadi penyebab terganggunya kehidupan manusia, karena plastik sulit didegradasi. Plastik dapat didegradasi setelah puluhan atau ratusan tahun. [2].

Plastik umumnya dimusnahkan dengan cara dibakar. Metode ini menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan, karena emisi dari pembakaran plastik adalah karbon yang bersifat racun [3]. Plastik sulit didegradasi, karena didesain untuk menghambat keluar masuknya O_2 dan CO_2 . Beberapa jenis plastik yang beredar di Indonesia berbahan baku polietilen (PE), polipropilen (PP), dan polivinilklorida (PVC), yang berasal dari minyak bumi. Plastik jenis ini tidak terbakar sempurna di bawah temperatur $800^\circ C$, sehingga menyebabkan terbentuknya senyawa dioksin, yang sangat berbahaya dan beracun [4].

Berdasarkan kemudahan terdegradasi oleh mikroorganisme, plastik diklasifikasikan menjadi plastik mudah terdegradasi (*biodegradable*) dan sulit terdegradasi (*non-biodegradable*) [5]. Plastik konvensional dibuat dari bahan yang tidak dapat diperbarui, sedangkan bioplastik dibuat dari bahan nabati yang dapat diperbarui. Bioplastik memiliki harga jual yang lebih tinggi, karena teknologi yang digunakan dalam tahap pengembangan. Selain itu, bioplastik juga kurang dikenal masyarakat. Meskipun demikian, pemakaian



bioplastik sangat dianjurkan, karena ramah lingkungan (terdegradasi dalam waktu 3 - 6 bulan dan menghasilkan lebih rendah emisi karbon) [1].

Penelitian terdahulu, oleh Gupta dkk. [6] dilakukan pembuatan *biofilm* berbahan baku (CMC) dari ampas tebu. CMC digunakan sebagai bahan pengisi (*filler*), pati sebagai bahan pengisi dasar, gliserol (40%) sebagai *plasticizer*, asam sitrat 10% sebagai penguat (melalui *cross-linking*). Pembuatan *biofilm* dilakukan pada suhu 70°C dan diturunkan pada suhu 40°C. Karakteristik *biofilm* yang dihasilkan adalah elongasi 18,97%, kadar air 12,83%, *solubility* 39,56%, dan melalui analisis gugus fungsi (FTIR), CMC berhasil disintesis secara sempurna. Penelitian lanjutan perlu dilakukan, dengan harapan adanya perbaikan sifat mekanik dan karakteristik *biofilm* dari segi kekuatan dan kelenturan.

Penelitian ini menggunakan pati singkong (tapioka) sebagai matriks dasar. Pati tapioka tersedia melimpah di alam, harganya murah, mudah diakses, dan mudah didegradasi. Tepung tapioka memiliki kadar pati yang tinggi, yaitu 51,36% [7]. Untuk menghasilkan *biofilm*, pati akan mengalami reaksi gelatinisasi. *Biofilm* pati mudah hancur, tidak elastis, dan tidak kuat tarik, sehingga diperlukan komponen untuk memperbaiki sifat mekanik dari gelatin pati [8]. Gliserol meningkatkan fleksibilitas *biofilm* [9], dan CMC meningkatkan struktur dan kekuatan *biofilm* [10]. Kadar air pada gelatin akan dihilangkan, sehingga membentuk *biofilm* yang bersifat stabil. Pengaruh dari penambahan CMC dan gliserol terhadap sifat mekanik dan karakteristik *biofilm* akan diamati, sehingga diperlukan adanya variasi dari komposisi CMC dan gliserol.

Ampas tebu dipilih sebagai bahan baku, karena kelimpahannya yang tinggi, letaknya terkonsentrasi, dan mudah diakses. Selulosa terdapat dalam ampas tebu dalam jumlah yang besar, dan lebih mudah dimodifikasi, sehingga menghasilkan bioplastik dengan biaya yang relatif rendah [11]. Areal perkebunan tebu di

Indonesia diestimasi adalah 450.000 hektar, dengan produktivitas 70 ton/hektar [12]. Jumlah tebu yang tersedia di Indonesia diperkirakan 31.500.000 ton. Pabrik gula (PG) menghasilkan ampas tebu (*bagasse*) sebanyak 35% dari jumlah tebu yang digiling. Estimasi jumlah ampas tebu yang dihasilkan oleh pabrik tebu di Indonesia adalah 11.030.000 ton [13]. Penelitian mengenai *biofilm* berbahan dasar ampas tebu diharapkan terjadi pengurangan penumpukan sampah plastik dan diversifikasi ampas tebu.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, dapat dirumuskan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi *carboxymethyl cellulose* (CMC) dan konsentrasi gliserol terhadap *biofilm* yang dihasilkan?
2. Bagaimana pengaruh interaksi *carboxymethyl cellulose* (CMC) dengan gliserol terhadap *biofilm* yang dihasilkan?
3. Bagaimana karakteristik dari *biofilm* yang dihasilkan?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Ampas serat tebu (*sugarcane bagasse/SCB*) berasal dari P3GI.
2. Varietas tebu : PS 862 dan PSBK 051.
3. Reaksi pada sintesis CMC adalah alkilasi dan karboksimetilasi.
4. NIR digunakan untuk karakterisasi *biofilm* dengan *range* 800 – 2.500 nm.
5. *Biofilm* dibuat dari pati tapioka, CMC (variasi konsentrasi 50% (b/b) (2 gram), 66,67% (b/b) (4 gram), 75% (b/b) (6 gram)) dengan gliserol (variasi 30% dan 40% (b/b)).
6. Parameter penentu variasi CMC dan gliserol adalah kadar air *degree of swelling*, dan viskositas.

7. Karakterisasi *biofilm* dengan instrumen NIR, analisis struktur permukaan, viskositas, dan elongasi.
8. Penentuan elongasi ditentukan dengan instrumen *Necton Tensometer*.
9. Teknik analisa data menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial, dengan signifikansi 1%.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh variasi konsentrasi *carboxymethyl cellulose* (CMC) dan konsentrasi gliserol terhadap *biofilm* yang dihasilkan.
2. Mengetahui pengaruh interaksi *carboxymethyl cellulose* (CMC) dengan gliserol terhadap *biofilm* yang dihasilkan.
3. Mengetahui karakteristik dari *biofilm* yang dihasilkan.

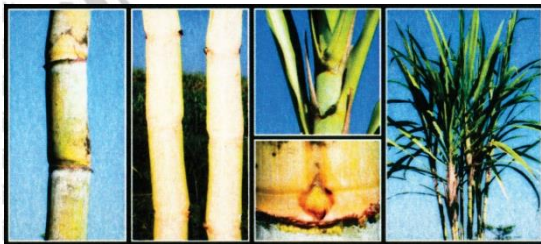
1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah diperolehnya pengaruh variasi konsentrasi *carboxymethyl cellulose* (CMC), variasi konsentrasi gliserol dan interaksi keduanya terhadap *biofilm* yang dihasilkan, serta karakteristik *biofilm* yang dihasilkan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Ampas Tebu (*Sugarcane Bagasse*)

Jenis tebu yang umum dimanfaatkan pada pabrik gula adalah *Saccharum officinarum* L. Tebu jenis ini berasal dari ordo *Poales*, famili *Poaceae*, sub-famili *Panicoideae*, rumpun *Andropogoneae*, dan genus *Saccharum*, dan memiliki akar serabut (*absorption root*). Daun dari tebu bercabang, dan pada tiap *internode* terdapat satu buah daun. Morfologi pucuk tebu beragam, yaitu berurat banyak, berurat sedang, dan halus/tidak berurat. Selulosa adalah bahan penguat tumbuhan tebu, yang berada di bagian batang luar, sedangkan bagian tengah batang tersusun atas hemiselulosa. Hemiselulosa bersifat lebih halus dan menyusun jaringan spons, sedangkan selulosa merupakan jaringan yang lebih kompak dan kaku, yang berfungsi sebagai jaringan pelindung [14]. Morfologi disajikan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Morfologi Tebu (*Saccharum officinarum* L.) [15]

Tebu diproses dengan serangkaian perlakuan, untuk menghasilkan gula yang sesuai dengan standar. Hasil samping dari produksi gula adalah ampas tebu. Senyawa kimia yang terdapat dalam ampas tebu adalah air (9,80%), selulosa (41,43%), hemiselulosa (29,64%), lignin tidak terlarut (16,86%), dan abu (2,28%) [16].

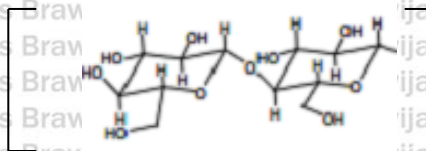


2.2 Selulosa dan Pati (Amilum)

2.2.1 Definisi dan Struktur Selulosa

Dalam Mulyadi [17], selulosa didefinisikan sebagai polimer hidrofilik, yang memiliki tiga gugus hidroksil reaktif tiap unit hidroglikosa, yang tersusun atas ribuan gugus anhidroglikosa, dan disambungkan melalui ikatan 1,4 – β – glukosida. Selulosa berbentuk molekul rantai panjang dan linier yang dapat dimodifikasi. Modifikasi yang dilakukan adalah mengubah gugus hidroksil dengan menyisipkan gugus fungsi tertentu, melalui teknik pencangkakan. Diketahui, bahwa gugus hidroksil C2 dan C3 terikat pada atom karbon sekunder, sedangkan atom C6 terikat pada atom karbon primer, yang menyebabkan adanya perbedaan kereaktifan dan keasaman [17].

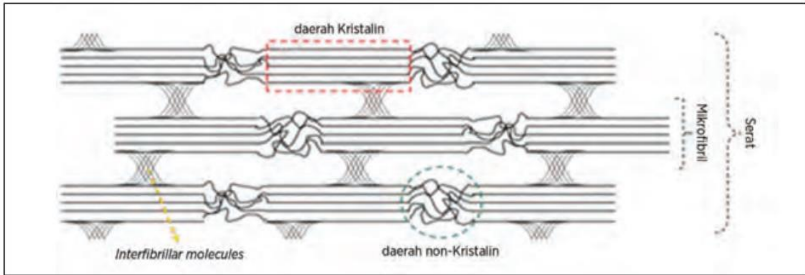
Berdasarkan derajat polimerisasi (DP) dan kelarutannya dalam natrium hidroksida (NaOH) 17,5%, selulosa dikategorikan sebagai α – selulosa (berantai panjang, tidak larut NaOH 17,5% atau asam basa kuat lainnya, nilai DP 600 – 15.000), β – selulosa (berukuran lebih pendek, larut dalam NaOH 17,5% dan asam basa kuat lainnya, nilai DP 15 – 90), γ – selulosa (terutama berupa hemiselulosa, rantai pendek, larut dalam NaOH 17,5% dan asam basa kuat lainnya, nilai DP 15). Ketiga jenis selulosa ini memiliki sifat yang berbeda. α – selulosa adalah indikator tingkat kemurnian selulosa (kadar tinggi, mutu semakin baik). Jika β – selulosa dinetralkan, maka akan terjadi pengendapan. Struktur selulosa disajikan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Struktur Selulosa [17]

Polimer selulosa terdiri dari 2 bagian utama, yaitu bagian kristalin dan semi – kristalin. Struktur kristalin tersusun sangat teratur, kuat, dan rapat. Ikatan pada struktur kristalin sukar untuk dilepaskan, karena adanya ikatan hidrogen antara rantai selulosa dan

gaya van der Waals antara molekul selulosa. Struktur kristalin memiliki jumlah yang besar pada total selulosa, yaitu 2/3 total selulosa. Struktur lainnya adalah struktur semi – kristalin. Struktur ini tersusun dengan tidak teratur (*amorf*) dan kurang kuat, dibandingkan dengan struktur kristalin. Struktur kristalin dan semi – kristalin pada selulosa disajikan pada Gambar 2.3 [18].

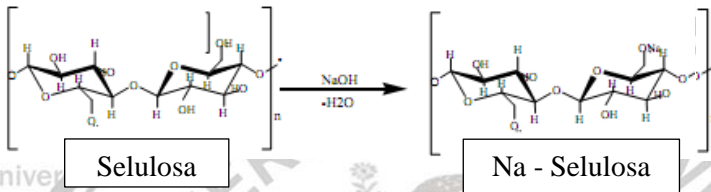


Gambar 2.3 Struktur Kristalin dan Semi – Kristalin Selulosa [18]

2.2.2 CMC (*Carboxymethyl Cellulose*)

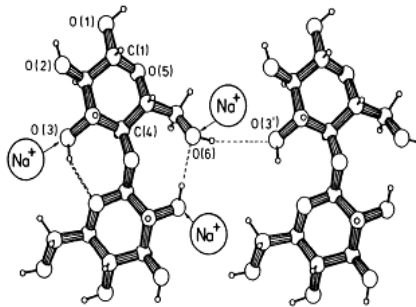
Penyisipan selulosa dengan monomer tertentu akan memodifikasi selulosa, sehingga menghasilkan selulosa dengan sifat baru. Salah satu hasil modifikasi selulosa adalah karboksimetil selulosa, atau sering disebut CMC. CMC digunakan dalam bidang industri, yaitu sebagai pengental, penstabil emulsi atau suspensi, dan sebagai bahan pengikat.

Dalam Wijayani dkk. [19], dikatakan bahwa dalam sintesis CMC, terdapat dua reaksi utama yang menentukan karakteristik CMC, yaitu alkalisasi dan karboksimetilasi. Alkalisasi bertujuan untuk mengaktifkan gugus hidroksil (-OH) pada molekul selulosa, dan menjadi pengembang (untuk memudahkan difusi pada reaksi karboksimetilasi), sehingga dilakukan terlebih dahulu sebelum karboksimetilasi. Selain itu, alkali juga berperan dalam proses penghancuran struktur kristalin dari selulosa dan mengubah menjadi bentuk *amorf* [20]. Alkalisasi dilakukan dengan menggunakan NaOH. Reaksi alkalisasi disajikan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Reaksi Alkalisasi Selulosa [21]

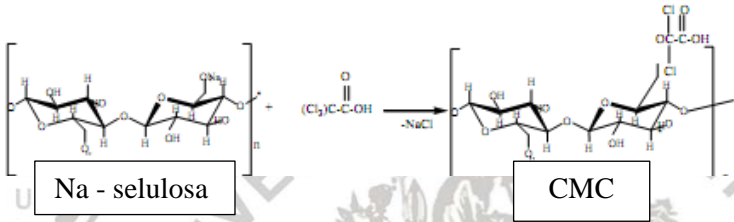
Selulosa yang telah mengalami pengembangan (*swelling*) reaktivitasnya bertambah. Struktur dari selulosa yang telah mengalami *swelling* disajikan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Struktur Na – Selulosa [22]

Asam trikloro asetat (TCA) digunakan untuk reaksi karboksimetilasi. Reaksi yang terjadi pada proses karboksimetilasi adalah reaksi eterifikasi. Gugus karboksilat pada reagen akan melekat pada selulosa. Jumlah reagen pada reaksi karboksimetilasi berperan penting, karena menjadi penentu reaksi substitusi dari unit anhidroglukosa pada selulosa. Dengan demikian, reagen yang digunakan dalam proses pembuatan CMC sangat penting dan menentukan kualitas CMC yang dihasilkan [23]. Reaksi karboksimetilasi disajikan pada Gambar 2.6.

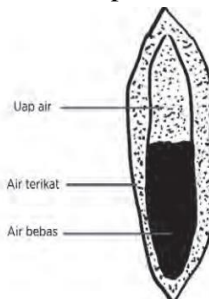




Gambar 2.6 Rekasi Karboksimetilasi Selulosa [21]

Dalam Pitaloka dkk. [20] disebutkan bahwa faktor yang memengaruhi kualitas dari CMC adalah pemilihan jenis media dan konsentrasi alkali. Media yang digunakan untuk membuat CMC adalah alkohol, yaitu campuran pelarut isopropanol – isobutanol, atau air – etanol.

CMC memiliki gugus hidroksil, sehingga mampu menyerap air. Kemampuan CMC untuk menyerap air akan meningkatkan kemampuan terdegradasi. CMC mampu memperbaiki sifat mekanik dari *biofilm*, karena mampu meningkatkan ikatan silang dari komponen pati dan gliserol. CMC tidak dapat ditembus (*barrier*) terhadap oksigen, karbon dioksida, dan lipid, sehingga mampu memperbaiki ketahanan dan stabilitas *biofilm* [10]. Gambar 2.7 menyajikan deformasi molekul air pada selulosa.



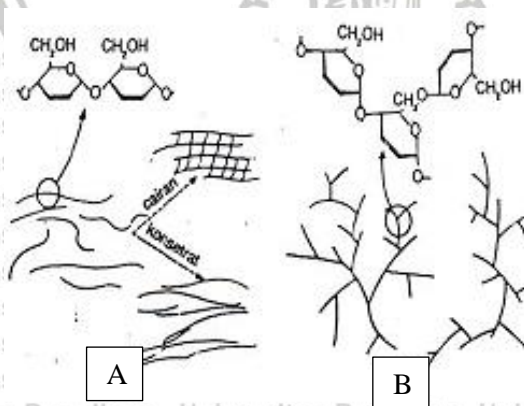
Gambar 2.7 Deformasi Molekul Air pada Selulosa [18]

2.2.3 Definisi dan Struktur Pati (Amilum)

Menurut Jacobs dan Delcour [24], pati didefinisikan sebagai polimer glukosa yang terdiri atas amilosa dan amilopektin. Pati

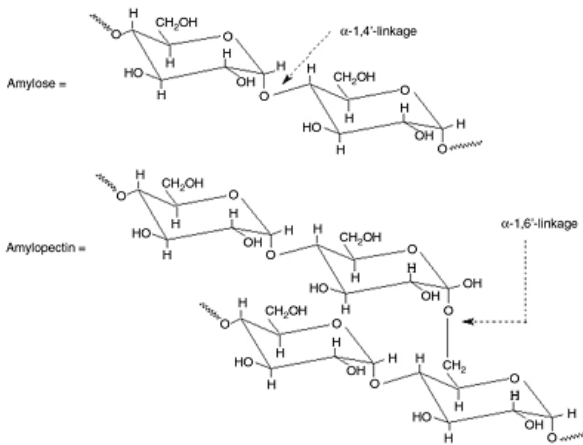


merupakan karbohidrat yang dapat diperoleh dari berbagai macam biji, umbi, sayur, dan buah. Jagung, kentang, gandum, beras, sagu, dan ubi kayu merupakan beberapa bahan makanan yang mengandung amilum/pati. Bagian linier dari polimer amilum adalah amilosa (ikatan $\alpha - 1,4$) yang terdapat dalam jumlah yang kecil, dan bagian bercabangnya adalah amilopektin yang berjumlah sangat banyak. Amilosa dan amilopektin tersusun secara acak dalam cincin – cincin. Pada tiap granula pati terdapat 16 buah cincin. Adanya amilosa memungkinkan adanya ikatan hidrogen antarmolekul glukosa, sehingga terbentuk gel yang memerangkap air. Amilosa (berbentuk kristalin) memengaruhi kelenturan dan kekuatan dari gel, sedangkan amilopektin (berbentuk amorf) berperan dalam menjaga kestabilan gel [25]. Tepung tapioka (berasal dari jagung) memiliki kadar amilosa 17,41% dan amilopektin 82,13% [7]. Struktur dari amilosa, amilopektin, dan pati disajikan pada Gambar 2.8 dan Gambar 2.9.



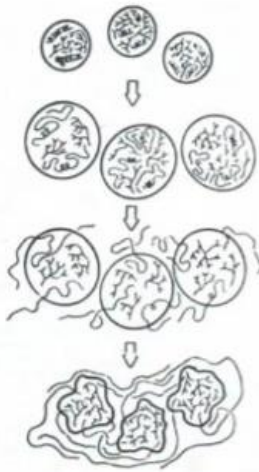
Gambar 2.8 Struktur Amilosa (A) dan Amilopektin (B) [25].





Gambar 2.9 Struktur Pati (Amilum) [26]

Reaksi gelatinisasi pada pati menurut Fenema [27] terdiri dari 3 tahap. Tahap pertama adalah penetrasi air secara terus menerus ke dalam granula. Pada suhu 60°C - 85°C , granula akan mengalami pembengkakan dan polimer yang berukuran pendek akan larut dalam air. Pembengkakan menyebabkan terjadi perubahan viskositas dari pati. Tahap kedua adalah difusi pati keluar dari granula pada suhu yang tinggi. Pada tahap kedua, pati berubah menjadi transparan dan terbentuk larutan dengan pengentalan yang belum sempurna. Pada tahap ketiga, mayoritas molekul pati akan terdispersi keluar granula, sehingga terbentuk gel yang sangat kental. Gel kental merupakan akibat dari ikatan hidrogen antara gugus -OH pada rantai amilosa, dengan molekul amilosa yang lainnya. Reaksi gelatinisasi disajikan pada Gambar 2.10.



Granula pati tersusun dari amilosa (berpilin) dan amilopektin (bercabang)

Masuknya air merusak kristalinitas amilosa dan merusak helix. Granula membengkak

Adanya panas dan air menyebabkan pembengkakan tinggi. Amilosa berdifusi keluar dari granula

Granula mengandung amilopektin, rusak dan terperangkap dalam matriks amilosa membentuk gel

Gambar 2.10 Reaksi Gelatinisasi [28]

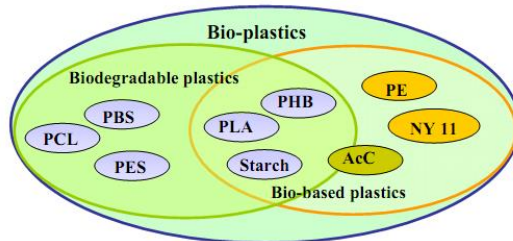
2.3 Plastik *Biodegradable*

Plastik adalah bahan sintetik (atau semi sintetik) yang berbentuk polimer termoplastik atau termoset berupa *film* dan filamen. Polimer ini memiliki berat molekul yang tinggi dan dibentuk dengan reaksi polimerisasi. Monomer yang terdapat pada plastik adalah 500 - 20.000 monomer. Plastik sangat mudah dimodifikasi untuk memenuhi beberapa kebutuhan tertentu, seperti kemampuan menjadi isolator listrik, fleksibilitas, dan kekuatannya. Modifikasi plastik ini dilakukan dengan merubah struktur dan polimernya. Polimer sangat berpengaruh terhadap karakteristik plastik yang dihasilkan. Polimer lurus (*linear polymer*) tunggal dan bercabang (*branched polymer*) bersifat termoplastik, yaitu akan melunak ketika dipanaskan, sedangkan *cross-linked polymer* bersifat termoset, atau akan mengeras ketika dipanaskan [3].

Plastik yang dihasilkan dari makhluk hidup (*bio-plastics*) terdiri dari 2 komponen, yaitu senyawa yang *biodegradable* dan komponen plastik yang berasal dari makhluk hidup. Komponen yang termasuk ke dalam golongan *biodegradable* adalah PBS



(polybutylene succinate), PCL (*polycaprolactone*), PES (*polyester*), PHB (*polyhydroxybutyrate*), PLA (*polylactic acid*), dan pati. Bakteri, fungi, atau mikroorganisme lainnya akan menghancurkan plastik tersebut dengan cara menggunakan polimernya sebagai sumber makanan [29]. Komponen plastik yang berasal dari makhluk hidup adalah PE/*polyethylene*, NY 11, AcC, PHB, PLA, dan pati. PHB, PLA, dan pati merupakan komponen *bio-plastic*, karena bersifat *biodegradable* dan berasal dari makhluk hidup. PE dan NY 11 tidak termasuk *bio-plastic*, karena meskipun berasal dari makhluk hidup, keduanya tidak dapat di degradasi. Diagram yang menggambarkan berbagai macam komponen dari *bio-plastic* disajikan pada Gambar 2.11 [30].



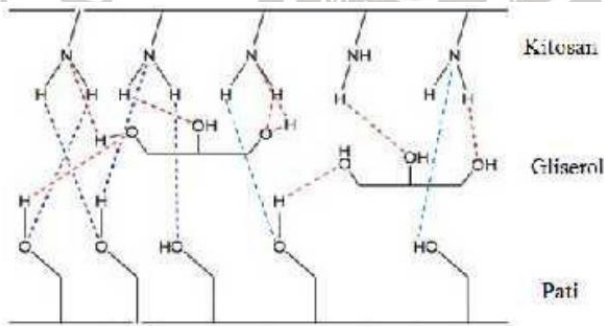
Gambar 2.11 Komponen *Bio-plastic* [30]

2.4 Biofilm

2.4.1 Definisi *Biofilm*

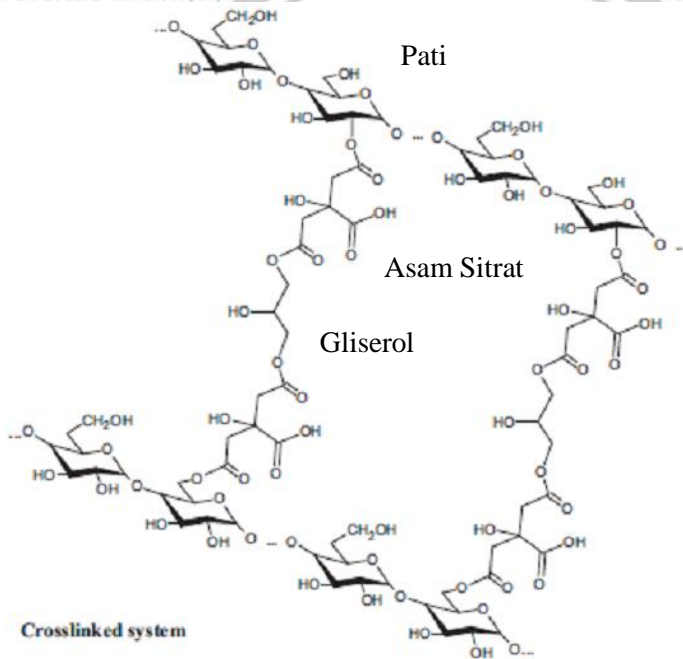
Biofilm adalah sebuah lapisan/layer yang dihasilkan dari bahan – bahan biologis. Umumnya, *biofilm* dibuat dari selulosa yang telah dimodifikasi. Selulosa ini didapatkan dari beberapa bagian tumbuhan, yaitu *pulp* kayu, *hemp*, dan kapas. Selulosa pada *biofilm* berfungsi untuk menambah kekerasan dari *film* tersebut. Contoh selulosa yang dapat digunakan untuk membuat *biofilm* adalah *flax fiber*, *eucalyptus fiber*, *hemp fiber*, *tunicin*, dan *sugarcane bagasse* (ampas tebu). *Biofilm* dapat digunakan sebagai pengemas makanan dan alat makan pengganti plastik [29].

Penyusun *biofilm* memiliki fungsinya masing – masing. CMC merupakan penyusun yang memperbaiki kekuatan dan struktur *biofilm* dengan memperkuat ikatan silang antara pati dan gliserol. CMC memiliki sifat ikatan yang sama dengan kitosan, yaitu mengikat pati dengan interaksi dipol – dipol dan ikatan hidrogen. Terletak perbedaan dengan kitosan, yaitu ikatan dipol – dipol terjadi antara gugus –CH₂ dengan gugus –OH pada pati dan gliserol. Ikatan hidrogen pada komponen *biofilm* ditunjukkan pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Interaksi Kitosan, Gliserol, dan Pati [26]

Selain itu, interaksi lain yang terjadi pada komponen *biofilm* adalah dengan asam sitrat. Pada interaksinya dengan asam sitrat, terjadi kondensasi gugus hidroksil pada polimer pati dengan asam sitrat dan gliserol. Interaksi pati, gliserol, dan asam sitrat ditunjukkan pada Gambar 2.13.



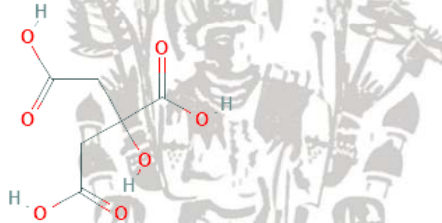
Gambar 2.13 Interaksi Pati, Gliserol, dan Asam Sitrat [31]

Gliserol adalah senyawa hidrofilik yang dapat mengurangi kadar air dan rekristalisasi pada *biofilm* [32]. Gliserol juga bertindak sebagai *plasticizer*, yaitu pemberi sifat plastis pada *biofilm*. *Biofilm* berbahan gliserol akan memiliki elongasi yang baik, sehingga bersifat plastis. Gliserol akan mengurangi gaya antar – molekul rantai polimer, sehingga memperbaiki fleksibilitas dan mobilitas polimer [33]. Struktur kimia gliserol disajikan pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14 Struktur Kimia Gliserol [34]

Asam sitrat adalah bahan tambahan, yang berfungsi sebagai penguat ikatan komponen *biofilm*, melalui *cross – linking*. Hal tersebut dimungkinkan, karena terdapat banyak gugus karboksil. Asam sitrat akan memperbaiki *water barrier* dan sifat mekanis dari *biofilm* [6]. Struktur kimia asam sitrat disajikan pada Gambar 2.15.



Gambar 2.15 Struktur Kimia Asam Sitrat [35]

2.4.2 Karakterisasi *Biofilm*

2.4.2.1 Penentuan Kadar Air

Kadar air pada *biofilm* berpengaruh terhadap ketahanan *biofilm* terhadap mikroba dan kondisi lingkungan. *Biofilm* dengan kadar air yang rendah bersifat lebih stabil dan tahan kerusakan, sehingga sesuai digunakan untuk bahan pengemas pengganti plastik konvensional [6].

2.4.2.2 Penentuan *Degree of Swelling*

Degree of swelling atau derajat pembengkakan adalah kemampuan dari suatu gel untuk mempertahankan ikatan antar komponennya, sehingga tidak terputus. Hal ini menggambarkan daya serap *film* terhadap cairan. Sebuah *biofilm* yang memiliki derajat pembengkakan yang tinggi merupakan *biofilm* dengan karakteristik yang baik, karena tidak mudah hancur saat berada dalam lingkungan terdapat air [36].

2.4.2.3 Analisis Struktur Permukaan *Biofilm*

Struktur permukaan yang halus dari sebuah *biofilm* yang digunakan untuk bahan pengemas sangat disarankan. Untuk

mengamati struktur permukaan *biofilm*, digunakan mikroskop. CMC diketahui akan memperbaiki struktur *biofilm* menjadi lebih halus [8].

2.4.2.4 Penentuan Viskositas

Viskositas, atau kekentalan, menunjukkan besarnya gaya gesekan internal dalam fluida. Viskositas *biofilm* akan bertambah saat berada dalam kondisi pH dibawah 3 (terbentuk gel), sedangkan pada pH diatas 10, viskositas *biofilm* akan berkurang. *Biofilm* dengan viskositas tinggi memiliki ketahanan dan kelenturan yang baik [37].

Viskositas ditentukan dengan metode bola jatuh, yaitu menghitung waktu yang dibutuhkan suatu bola untuk melewati suatu fluida. Dilakukan perhitungan, sehingga didapatkan viskositas fluida [38].

2.4.2.5 Analisis Gugus Fungsi

Analisis gugus fungsi pada *biofilm* bertujuan untuk mengetahui gugus – gugus yang terdapat pada *biofilm*, serta menentukan keberhasilan sintesis dari tiap komponen penyusun *biofilm* [39].

2.4.2.6 Elongasi *Biofilm*

Elongasi atau kekuatan daya tarik *biofilm* yang digunakan sebagai substituen pengemas plastik konvensional sangat penting. *Biofilm* yang bertujuan sebagai bahan pengemas memiliki elongasi/daya tarik/kelenturan yang cukup besar, sehingga fleksibel dan sesuai untuk berbagai kebutuhan pengemasan [4].

2.4.2.7 NIR

Spektroskopi adalah sebuah ilmu yang mempelajari interaksi cahaya dengan zat. Cahaya yang digunakan memiliki panjang gelombang yang beragam. Hal ini menunjukkan adanya perbedaan spektra elektromagnetik. Umumnya, jenis gelombang infra merah yang digunakan pada instrumen berada pada daerah *near* (dekat),



mid (tengah), dan *far* (jauh). Perbedaan ini bergantung kepada sumber energi dan detektor yang digunakan [40].

NIR (*Near Infrared Spectroscopy*) memiliki panjang gelombang 800 nm hingga 2500 nm, dan *range* bilangan gelombang 14.300 – 4000 cm^{-1} . Adanya serapan IR ini akan menyebabkan molekul bervibrasi dan berotasi. Absorpsi, atau serapan dari tiap atom dapat berbeda – beda, sehingga dapat digunakan untuk mengkarakterisasi suatu senyawa [40].

Pada instrumen NIR, sumber cahaya berasal dari tungsten (*inert*) yang akan menghasilkan sinar *infrared* (IR) dengan *range* yang berbeda – beda. Panjang gelombang ini dapat dipilih secara spesifik dengan menggunakan monokromator. Monokromator berfungsi sebagai alat yang memecah radiasi sebelum mengenai sampel, sehingga hanya cahaya dengan panjang gelombang tertentu yang dapat mencapai sampel. Selain itu, terdapat detektor yang berfungsi untuk mencatat sinyal yang diberikan setelah terjadinya pemisahan panjang gelombang. Detektor yang umumnya digunakan pada NIR adalah detektor foton. Bahan yang dapat digunakan untuk detektor foton adalah silikon, timbal sulfida (PbS), dan indium gallium arsenida (InGaAs). Setiap jenis detektor memiliki keunggulan dan kelemahan masing – masing. Detektor silikon memiliki kecepatan tinggi, rendah *noise*, kecil, dan sensitif pada daerah *visible*/tampak sampai ke 1100 nm. Detektor PbS sangat sensitif untuk *range* gelombang 1100 nm – 2500 nm, juga sangat minim *noise*, tetapi bekerja dengan lebih lambat. Detektor InGaAs adalah detektor yang paling mahal, tetapi memiliki sensitivitas dan kecepatan yang tinggi [40].

Analisa kualitatif NIR adalah identifikasi senyawa yang ada atau terkandung dalam suatu sampel, yaitu dengan menganalisa gugus – gugus fungsional. Dengan analisis gugus fungsi, dapat ditentukan keberhasilan proses gelatinisasi [40].



BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Pasca Panen Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI) Pasuruan pada bulan Januari hingga April 2021.

3.2 Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ampas tebu (SCB), metanol (Merck), akuades, NaOH (Merck), asam trikloroasetat/TCA (Merck), etanol 96% (Merck), H₂SO₄ (Merck), Hipoklorit 5% (Bayclin), pati (Cap Tani), gliserol (Netafarm), dan H₂SO₄ (Merck).

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah neraca analitik Boeco, spatula, gelas arloji, pipet ukur, bola hisap D&N, gelas ukur, gelas Beaker, kertas saring Whatmann, oven Memmert, corong gelas, pipet volume, desikator, batang pengaduk magnet, *magnetic stirrer*, botol semprot, labu ukur, aluminium foil, *pH meter* Schott – Gerate CG818, klem, mikropipet Eppendorf, *water bath* Julabo 12F, termometer, viskometer Brookfield PUT 98114, ayakan 30 *mesh*, blender, corong Buchner, cawan petri, mikroskop Leitz Labovert FD *binocular*, tabung reaksi, *shaking water bath*, dan Spektrofotometer UV – Visible, dan *Necton Tensometer*.

3.3 Tahapan Penelitian

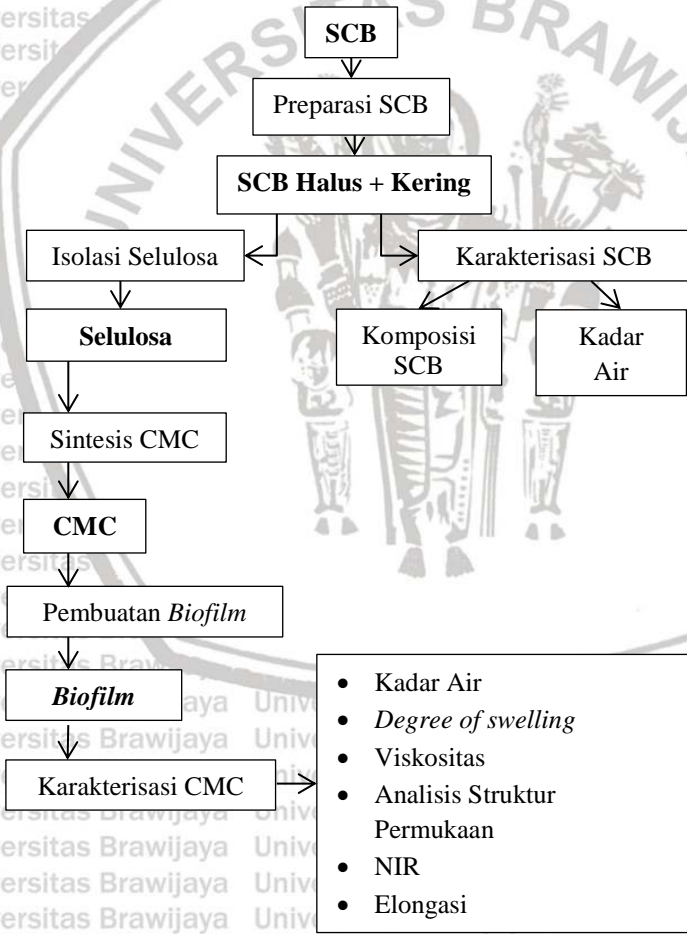
Tahapan dari penelitian ini terdiri dari:

1. Preparasi sampel ampas tebu (*sugarcane bagasse*)
2. Karakterisasi sampel ampas tebu (*sugarcane bagasse*)
 - 2.1 Penentuan kadar air
 - 2.2 Penentuan komposisi ampas tebu
3. Isolasi selulosa dari ampas tebu (*sugarcane bagasse*)
4. Sintesis CMC dari selulosa hasil isolasi

5. Pembuatan *Biofilm* dari CMC hasil sintesis
6. Karakterisasi *Biofilm*
 - 6.1 Penentuan Kadar Air
 - 6.2 Penentuan *Degree of Swelling*
 - 6.3 Penentuan Viskositas
 - 6.4 Analisis Struktur Permukaan
 - 6.5 Analisis Gugus Fungsi (NIR)
 - 6.6 Elongasi
7. Analisa data



Berikut adalah bagan yang menunjukkan tahapan dari penelitian ini.



3.3 Cara Kerja

3.3.1 Preparasi Sampel Ampas Tebu (*Sugarcane Bagasse*)

Preparasi sampel ampas tebu (*sugarcane bagasse*/SCB) dilakukan dengan perendaman ampas tebu dalam air selama 7 jam dan dipanaskan dengan oven pada suhu 100°C. Ampas tebu dihaluskan dan diayak ukuran 30 mesh [6].



3.3.2 Karakterisasi Ampas Tebu (*Sugarcane Bagasse*)

3.3.2.1 Penentuan Kadar Air

Penentuan kadar air dilakukan dengan penimbangan dua gram ampas tebu. Ampas tebu dipanaskan dengan oven selama 3 jam pada suhu 100°C. Kemudian, ampas tebu dimasukkan ke dalam desikator dan ditimbang hingga beratnya konstan. Perhitungan kadar air disajikan pada Persamaan 3.1 [41].

$$\% \text{ Air} = \frac{(\text{berat sampel}) - (\text{berat kering})}{\text{berat sampel}} \times 100\% \quad (3.1)$$

3.3.2.2 Penentuan Komponen Ampas Tebu (SCB)

Penentuan kadar selulosa dilakukan dengan penimbangan lima gram SCB (berat a), direndam dengan akuades, dan dipanaskan pada suhu 100°C dengan *water bath* selama 1 jam. Residu disaring, dicuci dengan 300 mL air panas, dan dikeringkan dengan oven pada suhu 100°C sampai mencapai berat konstan (berat b). Kemudian, 150 mL H₂SO₄ 1 N dan residu dipanaskan pada suhu 100°C dengan menggunakan *water bath* selama 1 jam. Hasil dari pemanasan disaring dan dicuci dengan 300 mL air panas dan dikeringkan dengan oven pada suhu 100°C sampai beratnya konstan (berat c). Residu kering dan 10 mL H₂SO₄ 72% dipanaskan pada suhu ruang selama 4 jam, lalu disaring dan dicuci dengan 300 mL air panas dan dikeringkan dengan oven pada suhu 100°C dengan menggunakan oven (berat d). Residu disaring, kemudian ditambahkan 150 mL H₂SO₄ 1 N (0,5 M) dan dipanaskan pada suhu 150°C selama 1,5 jam. Residu dinetralkan dengan 300 mL air panas, dan dikeringkan dengan oven sampai menjadi abu (berat e). Perhitungan komponen ampas tebu disajikan pada Persamaan 3.2 hingga 3.5 [42].

$$\% \text{ Bahan larut air panas} = \frac{a-b}{a} \times 100\% \quad (3.2)$$

$$\% \text{ Hemiselulosa} = \frac{b-c}{a} \times 100\% \quad (3.3)$$

$$\% \text{ Selulosa} = \frac{c-d}{a} \times 100 \quad (3.4)$$

$$\% \text{ Lignin} = \frac{d-e}{a} \times 100\% \quad (3.5)$$

3.3.3 Isolasi Selulosa Dari Ampas Tebu (*Sugarcane Bagasse*)

Isolasi selulosa dari ampas tebu dilakukan dengan penimbangan 50 gram ampas tebu. Ditambahkan 1.250 mL larutan NaOH 2% dengan disertai pemanasan dan pengadukan pada suhu 80°C selama 2,5 jam. Campuran disaring dan dinetralkan pHnya dengan pencucian akuades. Setelah pH netral, residu dan 500 mL larutan H₂SO₄ 4% dipanaskan dan diaduk pada suhu 85°C selama 2,5 jam. Campuran disaring dan dinetralkan pHnya dengan pencucian akuades. *Bleaching* residu dilakukan dengan larutan hipoklorit 5%, disertai pemanasan dan pengadukan pada suhu 80°C selama 3 jam [6].

3.3.4 Sintesis CMC dari Selulosa Hasil Isolasi

Sintesis CMC dilakukan dengan penimbangan 15 gram selulosa. Dicampurkan 195 mL etanol teknis (96%) dan 24 mL NaOH 35% dan diaduk. Kedalam selulosa ditambahkan campuran etanol – NaOH, disertai pengadukan pada suhu 60°C selama 1 jam. Selanjutnya, ditambahkan 45 mL TCA 35% dan disertai pemanasan dan pengadukan pada suhu 55°C selama 1 jam. Campuran disaring, lalu residunya dicuci dengan asam asetat hingga pH netral. Residu dicuci kembali dengan etanol 96% dan akuades. Setelah pencucian, residu dikeringkan dengan oven pada suhu 55°C ([6] dan [20]).

3.3.5 Pembuatan *Biofilm* dari CMC Hasil Sintesis

Pembuatan *biofilm* dilakukan dengan penimbangan CMC variasi 50%, 66,67%, dan 75% (b/b) (2, 4, dan 6 gram). Kedalam CMC ditambahkan 50 mL gliserol dan 25 mL akuades, disertai dengan pengadukan selama 15 menit dan pemanasan pada suhu 70°C. Secara terpisah, dilakukan penimbangan dua gram pati. Pati ditambahkan dengan 50 mL gliserol (variasi 30% dan 40% (v/v)) dan 1 mL asam asetat 10% (b/v), dan disertai dengan pengadukan selama



20 menit pada suhu 85°C. Larutan CMC dan pati dicampur dan diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 20 menit, pada suhu 40°C untuk menghilangkan gelembung udara. 10 mL larutan campuran dipindahkan ke cawan Petri, dan dikeringkan dalam oven pada suhu 55°C selama 48 jam, untuk menghasilkan *film* [6].

3.3.6 Karakterisasi *Biofilm*

3.3.6.1 Penentuan Kadar Air

Metode untuk penentuan kadar air pada *biofilm* adalah menggunakan metode AOAC. Dilakukan penimbangan sampel, lalu dikeringkan pada suhu 100°C dengan oven selama 2 jam. Selisih massa awal dan massa akhir adalah kadar air dalam *biofilm*. Perhitungan kadar air *biofilm* disajikan pada Persamaan 3.6 [41].

$$\% \text{ Air} = \frac{((\text{berat sampel}) - (\text{berat kering}))}{\text{berat sampel}} \times 100\% \quad (3.6)$$

3.3.6.2 Penentuan *Degree of Swelling*

Penentuan *degree of swelling* dilakukan dengan perendaman *biofilm* dalam akuades selama 2 jam. Pemukaan film yang telah mengembang (*swollen*) diusap dengan tissue, lalu ditimbang. Persamaan *Degree of Swelling* disajikan pada Persamaan 3.7 [43].

$$\text{Degree of Swelling} = \frac{m_w - m_D}{m_D} \quad (3.7)$$

Dimana:

m_w adalah massa film saat basah/mengembang (*swollen*)

m_D adalah massa film saat kering

3.3.6.3 Penentuan Viskositas

- **Metode Bola Jatuh**

Penentuan viskositas metode bola jatuh dilakukan dengan pengukuran waktu yang dibutuhkan suatu bola untuk melewati fluida pada volume dan panjang tertentu. Selanjutnya, dihitung viskositas larutan. Perhitungan viskositas larutan disajikan pada Persamaan 3.8 hingga 3.10 [38].



$$v \text{ (kecepatan)} = \frac{s}{t} \quad (3.8)$$

$$\rho \text{ (densitas)} = \frac{m}{v} \quad (3.9)$$

$$\eta \text{ (viskositas)} = \frac{2}{9} \frac{r^2 g}{v} (\rho_{bola} - \rho_{fluida}) \quad (3.10)$$

Dimana:

s adalah jarak yang ditempuh oleh bola (cm)

t adalah waktu yang diperlukan bola untuk melewati s (t)

m adalah massa fluida (gram)

v adalah volume fluida (cm³)

r adalah jari – jari bola

g adalah gravitasi bumi (9,8 m/s²)

• **Viskometer**

Penentuan viskositas dilakukan dengan penimbangan 10 gram *Biofilm*. *Biofilm* dicampurkan dengan 500 mL akuades dan diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 30 menit. Kemudian, campuran tersebut dipanaskan dalam *water bath* hingga suhu mencapai 55°C. Jarum spindel yang sesuai dipasang pada viskometer, kemudian diukur viskositas selulosa (dengan keadaan gelas Beaker tetap berada di dalam *water bath*). Perhitungan viskositas sampel menggunakan *viscometer* disajikan pada Persamaan 3.11 [19].

$$\text{Viskositas} = \text{Hasil pembacaan} \times \text{Faktor Findel} \quad (3.11)$$

3.3.6.4 Analisis Struktur Permukaan

Analisis struktur permukaan *biofilm* dilakukan dengan mikroskop. *Biofilm* kering dipotong bentuk persegi dengan ukuran sisi 1 cm, kemudian diamati dengan menggunakan mikroskop dengan perbesaran 40 kali [8].

3.3.6.5 Analisis Gugus Fungsi (NIR)

Analisis gugus fungsi *biofilm* dilakukan dengan menggunakan *instrument* NIR. Software “VISION” untuk NIR dijalankan, lalu dilakukan *performance test* untuk menstabilkan *instrument*. Kemudian, dilakukan pembacaan blanko (untuk sampel padat,



blanko berupa *sample holder* tanpa isi). *Biofilm* diletakkan di tempat sampel (*sample holder*), lalu dilakukan pembacaan sampel. Spektra yang terbaca disimpan sesuai *folder* dan nama yang sesuai [39].

3.3.6.6 Elongasi

Penentuan elongasi/daya tarik/kelenturan *biofilm* dilakukan dengan instrumen NECTON *Tensometer*. Dilakukan 3 kali penarikan *biofilm*. *Biofilm* ditarik hingga putus, sehingga diketahui elongasi dari *biofilm* [4]. Perhitungan elongasi *biofilm* disajikan pada Persamaan 3.12.

$$\% \varepsilon (\text{persen elongasi}) = \frac{(l - l_0)}{l_0} \times 100\% \quad (3.12)$$

Dimana:

l adalah panjang akhir *biofilm* (cm)

l_0 adalah panjang awal *biofilm* (cm)

3.3.7 Analisa Data

Berdasarkan data kadar air, *degree of swelling*, dan viskositas *biofilm* yang dipengaruhi oleh variasi konsentrasi CMC dan gliserol, dianalisis menggunakan *excel*, lalu dibandingkan dengan analisa hasil menggunakan SPSS, yaitu dengan metode uji ANOVA dan dilanjutkan dengan Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) dengan taraf nyata/signifikansi 1%.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Preparasi CMC

CMC (*carboxymethyl cellulose*) adalah hasil modifikasi dari selulosa. Pada penelitian ini, selulosa diisolasi dari ampas tebu (*sugarcane bagasse*). Ampas tebu yang digunakan memiliki komposisi seperti yang disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Komposisi Ampas Tebu

Komposisi	Kadar (%)
Air	8,6 ± 0,02
Hemiselulosa	28,99 ± 0,09
Selulosa	41,03 ± 0,04
Lignin	15,99 ± 0,15

Menurut Kurniawan dan Yuliatun [16], komponen dalam ampas tebu adalah air (9,8%), selulosa (41,43%), hemiselulosa (29,64%), lignin (16,86%) dan abu dalam jumlah yang sangat kecil. Berdasarkan data yang didapatkan, disimpulkan bahwa komponen pada ampas tebu sesuai dengan literatur. Kadar air berpengaruh terhadap ketahanan ampas tebu. Semakin rendah kadar air dalam ampas tebu, maka ampas tebu akan lebih tahan lama, karena tidak mudah diserang mikroba, dan selulosa yang terdapat di ampas tebu tidak mudah rusak. Rendemen selulosa tinggi dicapai ketika kadar air rendah dan kadar selulosa tinggi. Hasil penentuan komponen dalam ampas tebu disajikan pada (Tabel B.2 dan Tabel B.3 pada lampiran).

Isolasi selulosa dari ampas tebu dilakukan dengan reagen NaOH (melarutkan hemiselulosa, karena memiliki ukuran yang lebih pendek dari selulosa, sehingga bersifat pengganggu dan tidak menghasilkan *biofilm* yang maksimal) dan H₂SO₄ (melarutkan lignin, karena ukurannya yang ruah, menyebabkan *biofilm* tidak terbentuk



dengan baik). Terjadi perubahan warna dari larutan bening menjadi berwarna cokelat tua, yang disebabkan adanya produk degradasi heksosa akibat kondisi alkali. Pada degradasi heksosa, terjadi reaksi aldolisasi. Aldolisasi adalah reaksi pembentukan ikatan C – C dan C = C, yang menghasilkan senyawa aldol berwarna cokelat [44]. Perubahan tekstur pada penambahan H₂SO₄ disebabkan adanya hidrolisis asam, yaitu antara selulosa dengan lignin. Warna dari selulosa dihilangkan dengan proses *bleaching* menggunakan larutan hipoklorit (NaClO). NaClO akan mengoksidasi selulosa, sehingga ikatan dengan senyawa kromofor dilepaskan [6]. Selulosa hasil isolasi berwarna putih, berbentuk gumpalan dan ringan (seperti kapas). Dihasilkan selulosa dengan rendemen 50,7% (Lampiran B.5).

CMC disintesis dengan reagen etanol teknis (96%) dan NaOH 30% (reagen alkalisasi) dari selulosa hasil isolasi. Perubahan warna dari larutan bening menjadi berwarna cokelat tua disebabkan adanya reaksi aldolisasi akibat kondisi alkali. [44]. Reagen karboksimetilasi (TCA), menyebabkan perubahan tekstur CMC menjadi lebih lunak dan halus, yang disebabkan karena terjadi reaksi karboksimetilasi, antara gugus karboksil dengan selulosa yang telah diaktifkan pada reaksi alkalisasi. CMC hasil sintesis berwarna putih, berbentuk gumpalan, dan ringan (seperti kapas), sesuai dengan [6]. Dihasilkan CMC hasil sintesis dengan rendemen 34,74% (Lampiran B.6). CMC hasil sintesis ditampilkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Ampas Tebu (A), Selulosa (B), CMC (C)

4.2 Pengaruh Variasi Konsentrasi *Carboxymethyl Cellulose* (CMC) dan Konsentrasi Gliserol terhadap *Biofilm* yang Dihasilkan

Biofilm adalah lapisan/layer yang tersusun atas beberapa komponen, yaitu pati (sebagai pengisi dasar), *carboxymethyl cellulose* (CMC), dan gliserol. CMC merupakan bahan yang dapat meningkatkan ikatan silang pati dan gliserol, sehingga memengaruhi ketahanan dan stabilitas *biofilm*. Gliserol adalah senyawa hidrofilik yang berfungsi untuk meningkatkan fleksibilitas *biofilm*. Dilakukan variasi konsentrasi CMC dan gliserol, untuk menentukan kondisi optimum terhadap *biofilm* yang dihasilkan.

Biofilm yang dihasilkan memiliki karakteristik yang berbeda, seperti yang disajikan pada (Tabel A.12 pada lampiran). *Biofilm* menunjukkan hasil terbaik dengan konsentrasi gliserol 40% (v/v) dan 6 gram CMC (75% (b/b)). *Biofilm* yang dihasilkan transparan dan liat/plastis. Berbeda dengan *biofilm* komposisi tersebut, *biofilm* komposisi lainnya tidak transparan dan rapuh. *Film* transparan dan liat/plastis terbentuk karena gaya antar - molekul pada tiap granula pati diminimalkan oleh gliserol, sehingga ikatan menjadi lebih kuat. CMC dengan konsentrasi tinggi akan memperkuat ikatan antar - molekul pati dan gliserol. Hal tersebut memungkinkan terjadi gelatinisasi dengan baik [33].

Waktu pegeringan *biofilm* berbanding lurus dengan viskositas. Semakin tinggi viskositas *biofilm*, semakin lama waktu pengeringannya. Hal ini disebabkan adanya adhesi pada gel, sehingga waktu pengeringan menjadi lebih lama. *Biofilm* komposisi B3M2 disajikan pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 *Biofilm* Hasil (Komposisi B3M2)

Pengaruh CMC dan gliserol pada *biofilm* ditentukan dengan beberapa parameter, yaitu kadar air, *degree of swelling* (derajat pengembangan), dan viskositas *biofilm*.

4.2.1 Kadar Air *Biofilm*

Kadar air *biofilm* menentukan ketahanan terhadap kerusakan oleh mikroba. Oleh karena itu, diperlukan *biofilm* dengan kadar air yang rendah. Kadar air *biofilm* dengan variasi konsentrasi CMC dan gliserol disajikan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Kadar Air *Biofilm* Perlakuan B dan M

	Perlakuan M1 (30% Gliserol)	Perlakuan M2 (40% Gliserol)	Notasi Perlakuan B ($\alpha = 1\%$)
Perlakuan B1 (2 gram CMC)	15,80 ± 0,26	13,27 ± 0,67	a ₂
Perlakuan B2 (4 gram CMC)	9,88 ± 0,67	8,36 ± 0,52	b ₂
Perlakuan B3 (6 gram CMC)	3,15 ± 0,19	0,81 ± 0,13	c ₂
Notasi Perlakuan M ($\alpha = 1\%$)	a ₁	b ₁	

Keterangan: Perbedaan notasi (a, b, dan c) menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antar perlakuan terhadap kadar air ($p < 0,01$).



Berdasarkan (Tabel B.6 pada lampiran), diketahui bahwa perlakuan B1M1 (2 gram CMC dengan 30% gliserol) memberikan rerata kadar air *biofilm* dengan nilai tertinggi, yaitu 15,80%, dengan nilai standar deviasi 0,26. Nilai rerata kadar air terendah diberikan oleh perlakuan B3M2 (6 gram CMC dan 40% gliserol) dengan nilai kadar air rerata 0,81% dan nilai standar deviasi 0,13. Nilai standar deviasi berfungsi sebagai penentu keragaman data dan presisi sebuah pengukuran. Nilai standar deviasi yang diperoleh bernilai dibawah satu, sehingga dinyatakan data tersebar merata dan presisi.

Kemudian, dilakukan perhitungan homogenitas. Syarat utama untuk melakukan analisa ragam (ANOVA) adalah data yang didapatkan dari hasil penelitian harus bersifat homogen [45]. Hasil dari uji homogenitas disajikan pada (Tabel B.7 pada lampiran). Berdasarkan uji tersebut, diketahui bahwa signifikansi dari data kadar air *biofilm* adalah 0,273, yaitu $> 0,05$. Dapat disimpulkan, bahwa data kadar air *biofilm* bersifat homogen.

Data diuji menggunakan uji analisa ragam (ANOVA). Berdasarkan tabel analisa ragam ANOVA (Tabel B.8 hingga Tabel B.10 pada lampiran), nilai F_{hitung} diketahui lebih besar daripada $F_{tabel(1\%)}$, sehingga H_0 ditolak pada perlakuan B (konsentrasi CMC) dan perlakuan M (konsentrasi gliserol). Hasil olah data menggunakan SPSS menunjukkan hasil yang sesuai, yaitu $p < 0,01$. Hal ini diartikan bahwa terdapat perbedaan sangat nyata pada faktor penambahan konsentrasi CMC dan konsentrasi gliserol terhadap kadar air *biofilm* yang dihasilkan.

Berdasarkan hasil perhitungan lanjut BNJ pada (Tabel B.11 hingga Tabel B.20 pada lampiran), diketahui bahwa tiap perlakuan B dan M menghasilkan simbol yang berbeda. Hal tersebut menyatakan bahwa perlakuan B_3 (6 gram CMC) dan perlakuan M_2 (40% gliserol) memberikan pengaruh yang berbeda sangat nyata terhadap kadar air *biofilm*.

Dengan demikian, disimpulkan bahwa kadar air paling rendah pada *biofilm* akan tercapai (optimum) dengan penambahan 6 gram



CMC dan 40% gliserol. Kondisi tersebut disebabkan oleh sifat CMC dan gliserol yang hidrofilik, sehingga mengikat molekul air bebas dan mengurangi kadar air bebas *biofilm* [26].

4.2.2 Degree of Swelling Biofilm

Degree of swelling biofilm menentukan kemampuan film mengikat air jika berada di lingkungan dengan kadar air tinggi. Karakteristik ini menentukan kualitas *biofilm*, dimana nilai *degree of swelling biofilm* tinggi akan menghasilkan *biofilm* yang baik. *Biofilm* akan lebih sukar untuk putus, ketika memiliki *degree of swelling* yang tinggi. *Degree of swelling biofilm* dengan variasi konsentrasi CMC dan gliserol disajikan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 *Degree of Swelling Biofilm* Perlakuan B dan M

	Perlakuan M1 (30% Gliserol)	Perlakuan M2 (40% Gliserol)	Notasi Perlakuan B ($\alpha = 1\%$)
Perlakuan B1 (2 gram CMC)	27,11 ± 0,59	30,91 ± 0,88	a ₂
Perlakuan B2 (4 gram CMC)	38,09 ± 0,52	43,66 ± 0,23	b ₂
Perlakuan B3 (6 gram CMC)	48,67 ± 0,70	55,64 ± 1,17	c ₂
Notasi Perlakuan M ($\alpha = 1\%$)	a ₁	b ₁	

Keterangan: Perbedaan notasi (a, b, dan c) menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antar perlakuan terhadap *degree of swelling* ($p < 0,01$).

Berdasarkan (Tabel B.21 pada lampiran), diketahui bahwa perlakuan B1M1 (2 gram CMC dengan 30% gliserol) memberikan rerata *degree of swelling biofilm* dengan nilai terendah, yaitu 27,11%, dengan nilai standar deviasi 0,59. Nilai rerata *degree of swelling biofilm* tertinggi diberikan oleh perlakuan B3M2 (6 gram

CMC dan 40% gliserol) dengan nilai *degree of swelling biofilm* 55,64% dan nilai standar deviasi 1,17. Nilai standar deviasi yang diperoleh bernilai dibawah satu, sehingga dinyatakan data tersebar merata dan presisi.

Dilakukan penentuan homogenitas data, dengan hasil seperti yang disajikan pada (Tabel B.22 pada lampiran). Berdasarkan uji tersebut, diketahui bahwa signifikansi dari data *degree of swelling biofilm* adalah 0,110, yaitu $> 0,05$. Dapat disimpulkan, bahwa data *degree of swelling biofilm* bersifat homogen.

Kemudian, data diuji dengan analisa ragam (ANOVA). Berdasarkan tabel analisa ragam ANOVA (Tabel B.23 hingga Tabel B.25 pada lampiran) pada perlakuan B (massa CMC), perlakuan M (konsentrasi gliserol), nilai F_{hitung} diketahui lebih besar daripada F_{tabel} (1%), sehingga H_0 ditolak. Hasil olah data menggunakan SPSS menunjukkan hasil yang sesuai, yaitu $p < 0,01$. Hal ini diartikan bahwa terdapat perbedaan sangat nyata pada faktor konsentrasi CMC, dan gliserol terhadap *degree of swelling biofilm*.

Berdasarkan hasil perhitungan lanjut BNJ pada (Tabel B.26 hingga Tabel B.35 pada lampiran), disimpulkan bahwa tiap perlakuan menghasilkan simbol yang berbeda. Hal tersebut menyatakan bahwa perlakuan B_3 (6 gram CMC) dan M_2 (40% gliserol) memberikan perbedaan sangat nyata terhadap *degree of swelling biofilm* yang dihasilkan.

Kondisi tersebut disebabkan karena sifat hidrofilik keduanya yang mampu memerangkap air dari lingkungan luar, sehingga mengalami pengembangan (*swelling*) [26].

4.2.3 Viskositas *Biofilm*

Penentuan viskositas *biofilm* bertujuan untuk menunjukkan keberhasilan gelatinisasi *biofilm*. Viskositas menunjukkan ketahanan fluida terhadap pergeseran [37]. Dilakukan perhitungan viskositas dengan metode bola jatuh, kemudian hasil yang optimum di

karakterisasi kembali menggunakan viskometer. Viskositas *biofilm* disajikan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Viskositas *Biofilm* Perlakuan B dan M

	Perlakuan M1 (30% Gliserol)	Perlakuan M2 (40% Gliserol)	Notasi Perlakuan B ($\alpha = 1\%$)
Perlakuan B1 (2 gram CMC)	945,03 ± 4.48	968,51 ± 4.28	a ₂
Perlakuan B2 (4 gram CMC)	975,10 ± 1.89	981,91 ± 3.72	b ₂
Perlakuan B3 (6 gram CMC)	1211,57 ± 3.67	1262,03 ± 3.64	c ₂
Notasi Perlakuan M ($\alpha = 1\%$)	a ₁	b ₁	

Keterangan: Perbedaan notasi (a, b, dan c) menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antar perlakuan terhadap viskositas ($p < 0,01$).

Hasil penentuan viskositas *biofilm* dari CMC disajikan pada (Tabel B.43 pada lampiran). diketahui bahwa perlakuan B1M1, yaitu penambahan 2 gram CMC dengan 30% gliserol memberikan rata – rata viskositas *biofilm* dengan nilai terendah, yaitu 945,03 cps, dengan nilai standar deviasi 4,48. Nilai rata – rata viskositas *biofilm* tertinggi diberikan oleh perlakuan B3M2, yaitu dengan penambahan 6 gram CMC dan 40% gliserol, dengan nilai viskositas *biofilm* 1262,03 cps dan nilai standar deviasi 3,64. Nilai standar deviasi yang diperoleh bernilai diatas satu, sehingga dinyatakan data tersebar cukup merata dan presisi.

Data diuji homogenitasnya, dan disajikan pada (Tabel B.44 pada lampiran). Berdasarkan uji tersebut, diketahui bahwa signifikansi dari data *degree of swelling biofilm* adalah 0,815, yaitu $> 0,05$. Dapat disimpulkan, bahwa data viskositas *biofilm* bersifat homogen.



Data kemudian diuji menggunakan analisa ragam (ANOVA). Berdasarkan tabel analisa ragam ANOVA (Tabel B.45 hingga Tabel B.47 pada lampiran) untuk perlakuan B (konsentrasi CMC) dan perlakuan M (konsentrasi gliserol), nilai F_{hitung} diketahui lebih besar daripada $F_{tabel}(1\%)$, sehingga H_0 ditolak. Hasil olah data menggunakan SPSS menunjukkan hasil yang sesuai, yaitu $p < 0,01$. Hal ini diartikan bahwa terdapat perbedaan sangat nyata pada faktor konsentrasi CMC dan gliserol terhadap viskositas *biofilm* yang dihasilkan.

Berdasarkan hasil perhitungan lanjut BNJ pada (Tabel B.48 hingga Tabel B.57 pada lampiran), disimpulkan bahwa tiap perlakuan menghasilkan simbol yang berbeda. Hal tersebut menyatakan bahwa perlakuan B_3 (6 gram CMC) dan M_2 (40% gliserol) memberikan perbedaan sangat nyata pada viskositas *biofilm*. Kondisi tersebut disebabkan oleh sifat hidrofilik keduanya yang memungkinkan memerangkap air bebas, sehingga *biofilm* mengalami *swelling*, dan mengakibatkan peningkatan viskositas [26].

4.3 Pengaruh Interaksi *Carboxymethyl Cellulose* (CMC) dengan Gliserol Terhadap *Biofilm* yang Dihasilkan

Gliserol dan CMC bersinergi untuk menentukan karakteristik *biofilm*. Interaksi gliserol dan CMC ditentukan dengan beberapa parameter, yaitu kadar air, *degree of swelling* (derajat pengembangan), dan viskositas *biofilm*.

4.3.1 Kadar Air *Biofilm*

Kadar air *biofilm* dianalisa ragam (ANOVA) kadar air *biofilm* dengan perlakuan interaksi B (konsentrasi CMC) dengan M (konsentrasi gliserol) pada (Tabel B.8 hingga Tabel B.10 pada lampiran), nilai F_{hitung} diketahui lebih kecil daripada $F_{tabel}(1\%)$, sehingga H_0 diterima. Hasil olah data menggunakan SPSS menunjukkan hasil yang sesuai, yaitu $p > 0,01$. Hal ini diartikan bahwa tidak terdapat perbedaan sangat nyata pada faktor interaksi konsentrasi CMC dan gliserol terhadap kadar air *biofilm* yang



dihasilkan. Karena terdapat hasil yang tidak signifikan, tidak dilakukan uji lanjut BNJ.

4.3.2 Degree of Swelling Biofilm

Interaksi perlakuan B dan M ditentukan dengan parameter *degree of swelling*. *Degree of swelling biofilm* disajikan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 *Degree of Swelling Biofilm* (Interaksi Perlakuan B dan M)

Perlakuan	Notasi ($\alpha = 1\%$)
B1M1 CMC 2 gram dan Gliserol 30%	27,11 ± 0,59 (a)
B1M2 CMC 2 gram dan Gliserol 40%	30,91 ± 0,88 (b)
B2M1 CMC 4 gram dan Gliserol 30%	38,09 ± 0,52 (c)
B2M2 CMC 4 gram dan Gliserol 40%	43,66 ± 0,23 (d)
B3M1 CMC 6 gram dan Gliserol 30%	48,67 ± 0,70 (e)
B3M2 CMC 6 gram dan Gliserol 40%	55,64 ± 1,17 (f)

Keterangan: Perbedaan notasi (a, b, c, d, e, dan f) menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antar perlakuan terhadap *degree of swelling* ($p < 0,01$).

Berdasarkan analisa ragam (ANOVA) *degree of swelling biofilm* dengan perlakuan interaksi B (konsentrasi CMC) dengan M (konsentrasi gliserol) pada (Tabel B.23 hingga Tabel B.25 pada lampiran), nilai F_{hitung} diketahui lebih besar daripada $F_{tabel (1\%)}$, sehingga H_0 ditolak. Hasil olah data menggunakan SPSS menunjukkan hasil yang sesuai, yaitu $p < 0,01$. Hal ini diartikan bahwa terdapat perbedaan sangat nyata pada faktor interaksi



konsentrasi CMC dan gliserol terhadap *degree of swelling biofilm* yang dihasilkan.

Data kemudian diuji menggunakan uji lanjut BNJ dan disajikan pada (Tabel B.36 hingga Tabel B.38 pada lampiran). Berdasarkan perhitungan, disimpulkan bahwa tiap pasangan interaksi perlakuan menghasilkan simbol yang berbeda. Hal tersebut menyatakan bahwa interaksi B3M2 memberikan perbedaan sangat nyata pada *degree of swelling biofilm*.

4.3.3 Viskositas *Biofilm*

Interaksi perlakuan B dan M ditentukan dengan parameter viskositas. Viskositas *biofilm* disajikan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Viskositas *Biofilm*

Perlakuan	Notasi ($\alpha = 1\%$)
B1M1 CMC 2 gram dan Gliserol 30%	945.03 ± 4.48 (a)
B1M2 CMC 2 gram dan Gliserol 40%	968.51 ± 4.28 (b)
B2M1 CMC 4 gram dan Gliserol 30%	975.10 ± 1.89b (c)
B2M2 CMC 4 gram dan Gliserol 40%	981.91 ± 3.72 (cd)
B3M1 CMC 6 gram dan Gliserol 30%	1211.57 ± 3.67 (e)
B3M2 CMC 6 gram dan Gliserol 40%	1262.03 ± 3.64 (f)

Keterangan: Perbedaan notasi (a, b, c, d, e, dan f) menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antar perlakuan terhadap viskositas ($p < 0,01$).

Berdasarkan analisa ragam (ANOVA) *degree of swelling biofilm* dengan perlakuan interaksi B (konsentrasi CMC) dengan M (konsentrasi gliserol) pada (Tabel B.45 hingga Tabel B.47 pada



lampiran), nilai F_{hitung} diketahui lebih besar daripada F_{tabel} (1%), sehingga H_0 ditolak. Hasil olah data menggunakan SPSS menunjukkan hasil yang sesuai, yaitu $p < 0,01$. Hal ini diartikan bahwa terdapat perbedaan sangat nyata pada faktor interaksi konsentrasi CMC dan gliserol terhadap viskositas *biofilm* yang dihasilkan.

Data kemudian diuji menggunakan uji lanjut BNJ dan disajikan pada (Tabel B.58 hingga Tabel B.60 pada lampiran). Berdasarkan perhitungan, disimpulkan bahwa tiap pasangan interaksi perlakuan menghasilkan simbol yang berbeda. Hal tersebut menyatakan bahwa interaksi B3M2 memberikan perbedaan sangat nyata pada viskositas *biofilm*.

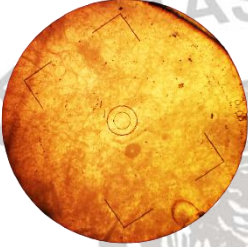

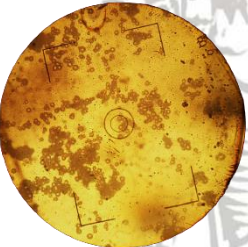
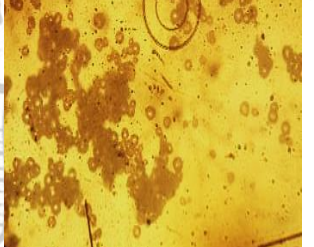


4.4 Karakterisasi *Biofilm* Hasil

4.4.1 Analisis Struktur Permukaan

Analisis struktur permukaan *biofilm* dilakukan dengan menggunakan mikroskop, dengan lensa perbesaran 40 kali. Hal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan CMC terhadap permukaan *biofilm*. Sebagai acuan/pembanding, dilakukan analisis struktur permukaan bahan pengisi *biofilm*, yaitu CMC dan pati. Struktur permukaan disajikan pada Tabel 4.7.



Tabel 4.7 Analisis Struktur Permukaan

Sampel	Hasil	
<i>Biofilm</i> B3M2		
Pati		
CMC		

Berdasarkan foto permukaan menggunakan mikroskop, diketahui bahwa *biofilm* komposisi B3M2 memiliki struktur permukaan paling halus, terdapat sangat sedikit gelembung pati dan gumpalan CMC. Hal ini disebabkan karena konsentrasi CMC pada *biofilm* paling tinggi. *Biofilm* dengan komposisi lainnya disajikan pada (Tabel A.13 pada lampiran), dan memiliki permukaan yang tidak rata, banyak terdapat gelembung pati yang tidak tergelatinisasi dengan baik, dan gumpalan CMC yang tidak membentuk *film* yang homogen.

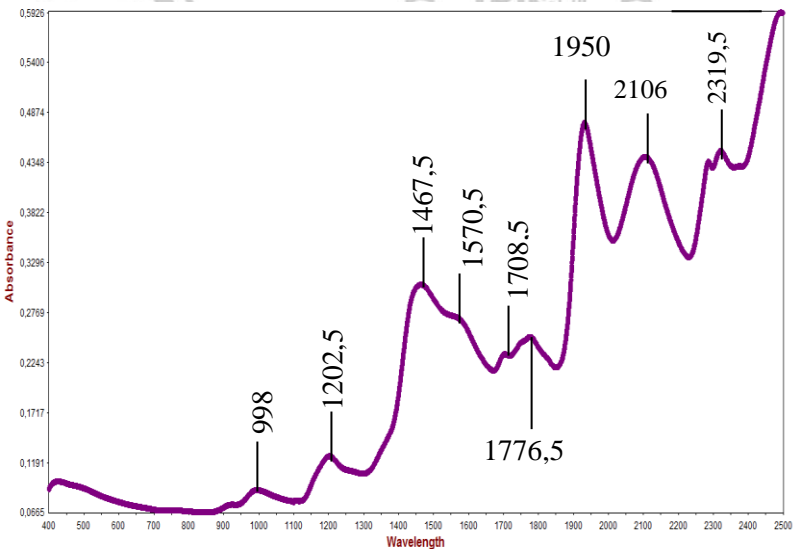
Berdasarkan hasil pengamatan struktur permukaan *biofilm*, nampak bahwa semakin tinggi komposisi CMC akan menunjukkan

permukaan *biofilm* yang lebih rata dan homogen. Sumarni [26] menyatakan bahwa CMC akan meningkatkan ikatan silang antara pati dan air, sehingga struktur permukaan *biofilm* menjadi halus [46]. Gliserol akan mengikat gugus -OH pada pati, sehingga ikatannya menjadi semakin kuat dan terbentuk *biofilm* yang homogen [33].

4.4.2 Analisis Gugus Fungsi (NIR)

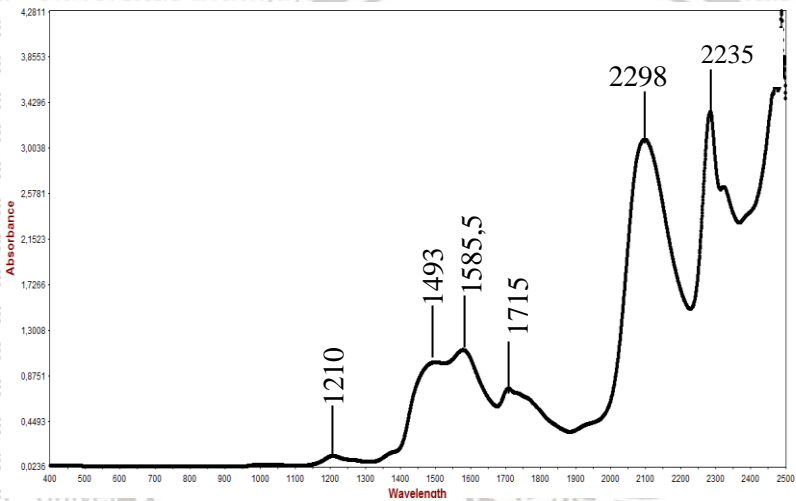
Analisis gugus fungsi dilakukan dengan instrumen Spektrofotometer NIR (*Near Infra Red*) secara kualitatif. Gugus fungsi yang berbeda di dalam sampel yang dianalisis akan melakukan absorpsi cahaya pada panjang gelombang tertentu, yang spesifik tiap gugusnya. Hal ini akan memudahkan analisis gugus fungsi pada *biofilm*. Panjang gelombang yang diamati pada range NIR adalah 800 hingga 2500 nm.

Spektra NIR disajikan pada Gambar 4.3 hingga Gambar 4.6.

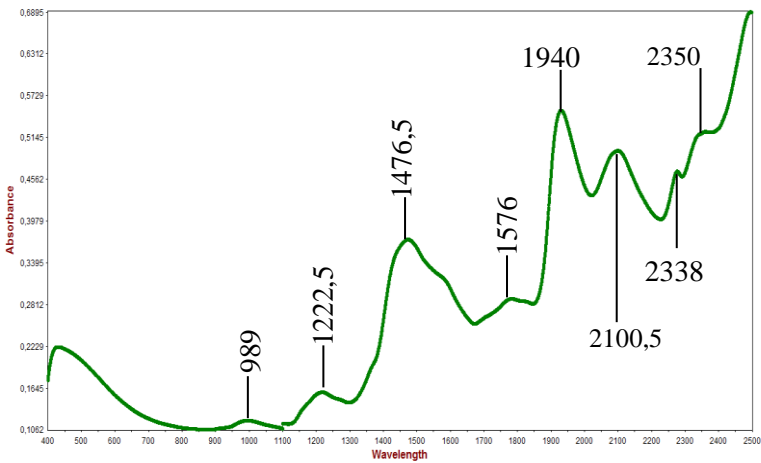


Gambar 4.3 Spektra NIR Pati

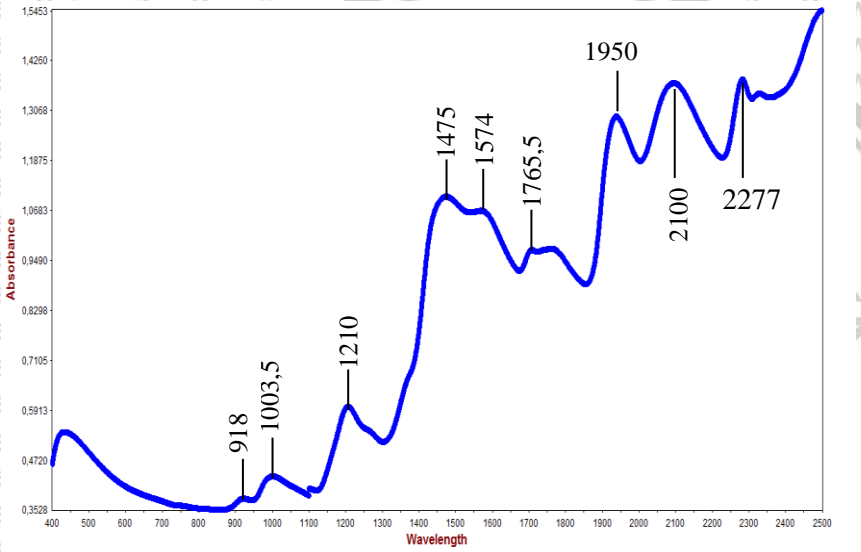




Gambar 4.4 Spektra NIR Gliserol



Gambar 4.5 Spektra NIR CMC (TCA 35%)



Gambar 4.6 Spektra NIR *Biofilm B3M2*

Tabel 4.8 Analisis Gugus Fungsional Komponen *Biofilm* dengan Menggunakan *Near Infra Red Spectroscopy* (NIR) [47]

No.	Ikatan	Jenis Vibrasi	Bilangan Gelombang (nm)			
			Pati	Gliserol	CMC	<i>Biofilm</i>
1.	C – H	(<i>Second overtone</i>) Aldehid pada selulosa	998 1202,5 1776,5	1210 1715 2298 2335	989 1222,5 1778,5	1003,5 1210 1765,5
2.	C – H	(<i>First overtone</i>) Hidroksil pada daerah semi - kristalin	1476,5	-	1476,5	1475
3.	O – H	(<i>First overtone</i>) Ikatan inter - molekuler	1570,5 2106	1493 1585,5	1576	1574 2097
4.	O – H	(<i>Second overtone</i>) Deformasi molekul air	-	-	1940	1950
5.	C – H	(<i>First overtone</i>) Aldehid pada furanosa/ piranosa	1708,5	-	-	-
6.	-CO-	(<i>Second overtone</i>) Keton	1945	-	-	-
7.	C – C dan C - H	(<i>Stretching</i>) Pati	2319,5	-	-	-
8.	- COOH	(<i>Stretching</i>) Karboksil	-	-	2100,5	2100
9.	C – H, C – H ₂	(<i>Stretching</i>) Daerah semi - kristalin selulosa	-	-	2338 2350	-
10.	C – C, O – H	(<i>Stretching</i>) Selulosa	-	-	-	2277,5



Berdasarkan spektra NIR dari pati, gliserol, CMC, dan *biofilm* didapatkan serapan dari gugus aldehid (*second overtone*) pada semua sampel, gugus hidroksil pada daerah semi – kristalin (*first overtone*) pada pati, CMC, dan *biofilm*, gugus hidroksil (ikatan antar - molekul, *first overtone*) pada semua sampel, gugus hidroksil yang menunjukkan deformasi molekul air (*second overtone*) pada CMC dan *biofilm*, gugus aldehid (*first overtone*) pada furanosa dan piranosa, gugus keton (*second overtone*) pada pati, ikatan C – C dan C – H (*stretching*) pada pati, gugus karboksil (*stretching*) pada CMC dan *biofilm*, ikatan C – H dan C – H₂ pada daerah semi – kristalin selulosa pada CMC, dan ikatan C – C dan O – H (*stretching*) pada *biofilm* [48].

Tabel 4.8 menyajikan gugus fungsional, jenis vibrasi, serta serapan pada panjang gelombang tertentu. *Biofilm* menunjukkan serapan untuk gugus aldehid, sesuai dengan struktur utama bahan pengisi *biofilm* yang tersusun dari gugus aldehid. Serapan pada bagian semi – kristalin merupakan serapan dari CMC dan pati yang memiliki struktur semi – kristalin pada strukturnya [47].

Deformasi molekul air menunjukkan adanya perubahan bentuk molekul air bebas menjadi molekul air yang berikatan dengan 2 ikatan –OH. Molekul air terikat pada *biofilm* lebih banyak daripada CMC. Hal ini disebabkan karena setiap kenaikan panjang gelombang sebanyak 0,4 nm, molekul air mengalami deformasi. Panjang gelombang untuk serapan molekul air pada CMC lebih rendah dibandingkan dengan serapan pada *biofilm*, yang menunjukkan peningkatan jumlah molekul air yang mengalami deformasi [47].

Berdasarkan spektra NIR, dapat disimpulkan bahwa *biofilm* mengalami karboksimetilasi, karena terjadi pelekatan gugus karboksil pada *biofilm*. Selain itu, terdapat serapan yang menunjukkan deformasi air, yaitu dari molekul air bebas menjadi air terikat [47].



4.4.3 Elongasi

Elongasi adalah kemampuan suatu polimer melakukan pemanjangan ukuran saat diberi gaya tarik tertentu [33]. Elongasi menjadi salah satu karakteristik yang menentukan kualitas dari *biofilm*. *Biofilm* yang baik akan memiliki nilai elongasi yang tinggi [4]. Nilai elongasi tinggi menunjukkan kekuatan *biofilm* yang tinggi, sehingga kualitas *biofilm* meningkat. Data pengukuran elongasi disajikan pada Tabel B.61. Dilakukan 3 kali pengulangan, dengan hasil rerata elongasi 19% dengan standar deviasi 0,82. Nilai standar deviasi yang diperoleh bernilai dibawah satu, sehingga dinyatakan data tersebar merata. Berdasarkan hasil pengamatan, diketahui bahwa *biofilm* komposisi B3M2 (optimum) memiliki elongasi yang sesuai dengan literatur acuan, yaitu dalam (Gupta, 2019) dengan elongasi 18,9% [6].

Biofilm dengan penambahan pati saja bersifat rapuh, kaku, dan tidak elastis [8]. Oleh karena itu, ditambahkan komponen lainnya, seperti CMC, gliserol, dan asam sitrat. Gliserol menyusun ruang kosong pada matriks *biofilm*, sehingga ikatan hidrogen antar molekul pati digantikan dengan ikatan hidrogen gliserol, sehingga menjadi lebih fleksibel [26]. CMC melakukan ikatan silang, yaitu ikatan hidrogen dan interaksi dipol – dipol dengan komponen lainnya melalui *cross - linking*, sehingga memperkuat ikatan komponen [8]. Asam sitrat berperan sebagai komponen tambahan, yaitu melakukan *cross – linking* dan reaksi kondensasi antar gugus hidroksil (-OH) dengan pati dan gliserol, sehingga memperbaiki kekuatan *biofilm* [6].

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Kondisi optimum pembuatan *biofilm* dengan variasi 2, 4, dan 6 gram (50%, 66,67%, dan 75% (b/b)) CMC ampas tebu dan variasi 30% dan 40% gliserol adalah dengan penambahan 6 gram CMC (75% (b/b)) dan 40% gliserol, dan berpengaruh nyata terhadap kadar air, *degree of swelling*, dan viskositas *biofilm*.
2. Interaksi CMC dan gliserol pada kadar air *biofilm* bersifat tidak berpengaruh, pada *degree of swelling* dan viskositas *biofilm* bersifat sinergis (saling mendukung).
3. Karakteristik *biofilm* yang dihasilkan antara lain: kadar air rerata 0,81%, *degree of swelling* rerata 55,64%, viskositas rerata 1202,03 cps, struktur permukaan yang halus dan rata, *biofilm* yang liat dan plastis, dan elongasi rerata sebesar 19%. Analisa NIR menunjukkan adanya reaksi gelatinisasi, dengan ditunjukkannya deformasi molekul air, dan terdapat gugus karboksilat yang menunjukkan terjadinya reaksi karboksimetilasi.

5.2 Saran

Untuk penelitian lanjutan, dapat dilakukan penelitian untuk menghasilkan *biofilm* yang bersifat *edible*, sehingga dapat digunakan untuk berbagai kemasan bahan pangan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Kamsiati, E., Herawati, H., dan Purwani, E.Y. (2017). **Potensi Pengembangan Plastik Biodegradable Berbasis Pati Sagu dan Ubi Kayu di Indonesia**/*The Development Potential Of Sago And Cassava Starch-Based Biodegradable Plastic In Indonesia*. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 36:(2), Halaman 67. doi: 10.21082/jp3.v36n2.2017.p67-76.
2. Priliantini, A., Krisyanti, K., dan Situmeang, I. V. (2020). **Pengaruh Kampanye #PantangPlastik Terhadap Sikap Ramah Lingkungan (Survei pada Pengikut Instagram @GreenpeaceID)**. *Jurnal Komunikasi, Media, dan Informatika* 9:(1), Halaman 40. doi: 10.31504/komunika.v9i1.2387.
3. Nkwachukwu, O., Chima, C., Ikenna, A., dan Albert, L. (2013). **Focus On Potential Environmental Issues On Plastic World Towards A Sustainable Plastic Recycling In Developing Countries**. *International Journal of Industrial Chemistry* 4:(1), Halaman 34. doi: 10.1186/2228-5547-4-34.
4. Astuti, A. W., Kusuma, H. H., dan Kumila, B. N. (2019). **Pembuatan dan Karakterisasi Plastik Biodegradable Berbahan Dasar Ampas Ubi Kayu dan Kulit Udang**. *Al-Fiziya: Journal of Materials Science, Geophysics, Instrumentation Theoretical Physics* 2:(2), Halaman 119–128. doi: 10.15408/fiziya.v2i2.12407.
5. Aripin, Samsul., Saing, B., Kustiyah, E. (2017). **Studi Pembuatan Bahan Alternatif Plastik Biodegradable dari Pati Ubi Jalar dengan Plasticizer Gliserol dengan Metode Melt Intercalation**. *Jurnal Teknik Mesin (JTM)*, Volume 6. Universitas Bhayangkara, Jakarta.



6. Gupta, H., dkk. (2019). *Synthesis of Biodegradable Films Obtained from Rice Husk and Sugarcane Bagasse to be Used As Food Packaging Material*. *Environmental English Research* 25:(4), Halaman 506–514. doi: 10.4491/eer.2019.191.
7. Rahim, A., Musta, R. (2019). **Pengaruh Penambahan Tepung Tapioka pada Pati Ubi Kayu (*Manihot esculenta*) terhadap Pembuatan Plastik Biodegradable dan Karakterisasinya**. *International Journal of Chemistry Analytical (IJCA)* 2:(2), Halaman 66–73. doi: 10.20885/ijca.vol2.iss2.art4.
8. Hasanah, Y. R., Khasanah, U. U., Wibiana, E., Haryanto. (2016). **Pengaruh Penambahan CMC Terhadap Tingkat Degradabilitas dan Struktur Permukaan Plastik Ramah Lingkungan**. *Simposium Nasional Teknologi Terapan (SNTT) 4*. Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah, Purwokerto. ISSN: 2339-028X.
9. 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.*)**, *Pasundan Food Technology Journal (PFTJ)* 7:(1).
10. Hidayati, S., Zulferiyenni, Z., Satyajaya, W. (2019). **Optimization of Biodegradable Film from Cellulosa of Seaweed Solid Waste *Euclima cottonii* with Addition of Glycerol, Chitosan, CMC and Tapioca**. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia* 22:(2), Halaman 340–354. doi: 10.17844/jphpi.v22i2.27782.
11. Pereira, L., Mafalda, R., Marconcini, J.M., Mantovani, G.L. (2015). **The Use of Sugarcane Bagasse-Based Green Materials for Sustainable Packaging Design**. *International ICoRD'15 – Research*



into *Design Across Boundaries* 2:(35), Halaman 113 - 123. A. Chakrabarti, Education, New Delhi: Springer India.

12. Tando, E. (2017). **Review: Peningkatan Produktivitas Tebu (*Saccharum officinarum* L.) pada Lahan Kering Melalui Pemanfaatan Bahan Organik dan Bahan Pelembab Tanah Sintesis.** *Biotropika - Journal of Tropical Biology* 5:(3), Halaman 90–96. doi: 10.21776/ub.biotropika.2017.005.03.6.

13. Misran, Erni. (2005). **Industri Tebu Menuju Zero Waste Industry.** *Jurnal Teknologi Proses.* Halaman 6. Fakultas Teknik Universitas Sumatra Utara, Medan. ISSN 1412-7814.

14. Gianotto, A. Cheavegatti, dkk. (2011). ***Sugarcane (Saccharum X officinarum): A Reference Study for the Regulation of Genetically Modified Cultivars in Brazil.*** *Tropical Plant Biology* 4:(1), Halaman 62–89. doi: 10.1007/s12042-011-9068-3.

15. Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI). (1986). **Tebu Varietas PS 862.** *Jurnal Artikel Tebu.*

16. Kurniawan, Y., Yuliatun, S. (2008). **Hidrolisis Ampas Tebu dan Daduk Menggunakan Asam Konsentrasi Rendah.** Pusat Penelitian Perkebunan Gula (P3GI), Pasuruan. MPG 44.

17. Mulyadi, Irwan. (2019) **Isolasi dan Karakterisasi Selulosa : Review.** *Jurnal Saintika Unpam: Jurnal Sains Dan Matematika Unpam* 1:(2), Halaman 177. doi: 10.32493/jsmu.v1i2.2381.

18. Fatriasari, Widya., Masruchin, N., Hermiati, E. (2019). **Selulosa: Karakteristik dan Pemanfaatannya.** LIPI Press. ISBN 978-602-496-046-9.



19. Wijayani, A., Ummah, K., dan Tjahjani, S. (2010). **Characterization of Carboxy Cethyl Cellulose (CMC) from *Eichornia crassipes (mart) solms.* Indonesian Journal of Chemistry** 5:(3), Halaman 228–231, doi: 10.22146/ijc.21795.
20. Pitaloka, A. B., Hidayah, N. A., dan Saputra, A. H. (2015) **Pembuatan CMC dari Selulosa Eceng Gondok dengan Media Reaksi Campuran Larutan Isopropanol-Isobutanol untuk Mendapatkan Viskositas dan Kemurnian Tinggi.** *Jurnal Sainika Unpam* 5:(2), Halaman 7. Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik Unpam.
21. Arnelli, M.S.H., Yoga, S., Yayuk. (2006). **Pengaktifan Kapas sebagai Resin Penukar Ion.** *Jurnal Sains dan Matematika (JSM)*, 14:(4). Yogyakarta.
22. Kennedy, J. K., Phillips, G. O., Williams, P. A., dan Piculell, L. (1995). **Cellulosa and Cellulose Derivatives: Physico - Chemical Aspects and Industrial Applications.** Cambridge.
23. Bisht, S. S., Pandey, K. K., Joshi, G., and Naithani, S. (2017). **New Route for Carboxymethylation of Cellulose: Synthesis, Structural Analysis and Properties.** *Journal of Chemistry and Technology*, 51:(7-8), 609 - 619, Halaman 11. India.
24. Jacobs, H., Delcour., J. A. (1998). **Hydrothermal Modifications of Granular Starch with Retention of The Granular Structure: Review.** *Journal of Agricultural Food Chemistry* 46(8) : 2895-2905.
25. Nisah, K. (2018). **Study Pengaruh Kandungan Amilosa dan Amilopektin Umbi-Umbian terhadap Karakteristik Fisik Plastik Biodegradable dengan Plastizicer Gliserol.** *Biotechnology Journal: Ilmu Biologi, Teknologi, dan Kependidikan* 5:(2), Halaman 106. doi: 10.22373/biotik.v5i2.3018.



26. Sumarni, W., Prasetya, A., Rahaya, E. (2017). *Effect og Glycerol on Physical Properties of Biofilms Gambili Starch (Dioscorea Esculenta)-Chitosan*. *Proceeding Chemistry Conference*, 2:(10).
27. Damodaran, S., Parkin, K.L., Fennema, O.R. (2007). *Fennema's Food Chemistry*, 4th edition. CRC Press.
28. Harper, J.M. (1981). *Extrusion of Food*. Volume 1, CRC Press, Inc Boca Raton, Florida.
29. Faris, N. A., Noriman, N. Z., Sam, S. T., Ruzaidi, C. M., Omar, M. F., Kahar, A. W. M. (2014). *Current Research in Biodegradable Plastics*. *Applied Mechanical Material* 679, Halaman 273–280. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.679.273.
30. Tokiwa, Y., Calabia, B., Ugwu, C., Aiba, S. (2009). *Biodegradability of Plastics*. *International Journal Molecular Sciences* 10:(9), Halaman 3722–3742. doi: 10.3390/ijms10093722.
31. Ahmed, J., Tiwari, B. K., Imam, S. H., Rao, M. H. (2012). *Starch-Based Polymeric Materials and Nanocomposites*. CRC Press. doi:10.1201/b11848.
32. Garcia, N.L., Ribba, L., Dufresne, A., Aranguren, M., Goyanes, S. (2011). *Effect of Glycerol on The Morphology of Nanocomposites Made from Thermoplastic Starch and Starch Nanocrystals*. *Carbohydrate Polymer*, 84:(1). doi: 10.1016/j.carbpol.2010.11.024.
33. Vieira, M. G. A., da Silva, M.A., dos Santos, L. O. (2010). *Natural – based Plasticizers and Biopolymer Films: A Review*. *European Polymer Journal* 47. Univeristy Camp. Brazil.



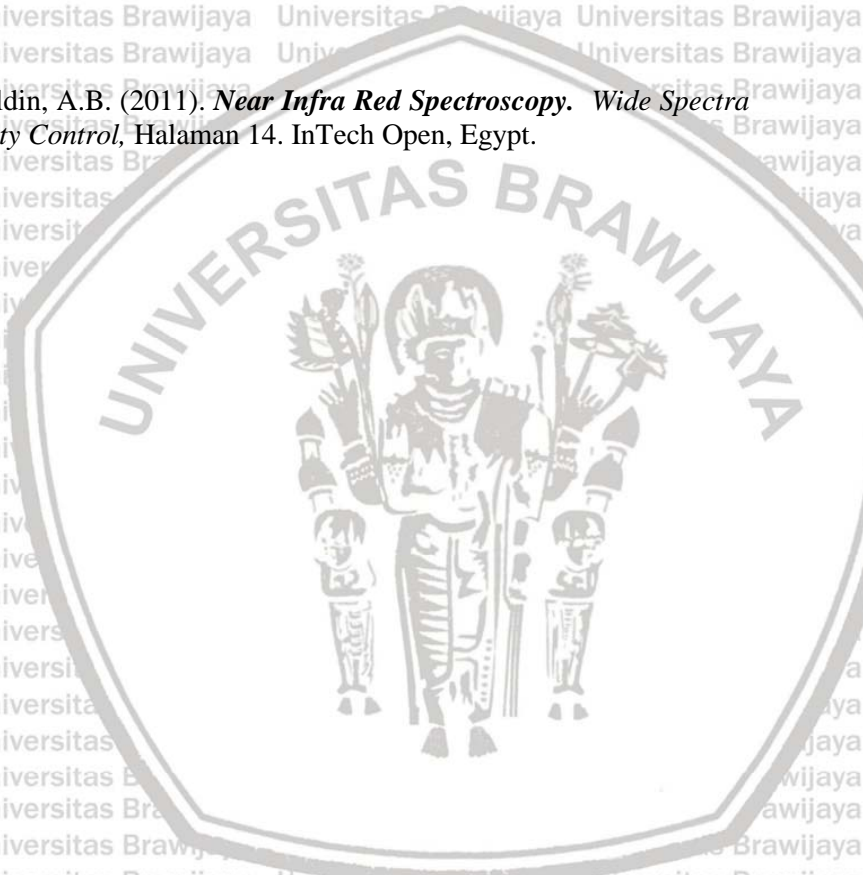
34. National Center for Biotechnology Information. (2021). *PubChem Compound Summary for Compound Summary for CID 753, Glycerol*. Diakses tanggal 26 Juni 2021.
35. National Center for Biotechnology Information. (2021). *PubChem Compound Summary for Compound Summary for CID 311, Citric Acid*. Diakses tanggal 26 Juni 2021.
36. Ganji, F., Farahani, S.V., Farahani, E.V. (2010). *Theoretical Description of Hydrogel Swelling: A Review*. Halaman 25.
37. Nur, R., Muzakkar, M.Z. (2016). *Sintesis dan Karakterisasi CMC (Carboxymethyl Cellulose) yang Dihasilkan dari Selulosa Jerami Padi*. *Jurnal Sains dan Teknologi Pangan (JSTP)* 1:(3), Halaman 222-231.
38. Warsito., Suciyati, S. W., Isworo, D. 2011. **Desain dan Analisis Pengukuran Viskositas dengan Metode Bola Jatuh Berbasis Sensor Optocoupler dan Sistem Akuisisinya pada Komputer**. *Jurnal Natur Indonesia* 14(3). ISBN 1410-9379. Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.
39. Ambjornsson, H. A., Schenzel, K., Germgard, U. (2013). *Carboxymethyl Cellulose Produced at Different Mercerization Conditions and Characterized by NIR FT Raman Spectroscopy in Combination with Multivariate Analytical Methods*. *bioresources.com* 8:(2), Halaman 1918–1932, 2013.
40. Patel, H.J. (2006). *Near Infrared Spectroscopy: Basic Principles and Use In Tablet Evaluation*. *Interantional Journal of Chemistry Life Science* 6:(2). doi: 10.21746/ijcls.2017.2.1.



41. AOAC. (2007). *Official Method of Analysis*. Association of Official Analytical Chemistry International, Gaithersburg.
42. Devi, D. Astutik, Cahyanto, M. N., Djaafar, T. F. (2019). **Kandungan Lignin, Hemiselulosa Dan Selulosa Pelepah Salak Pada Perlakuan Awal Secara Fisik Kimia Dan Biologi.** *Jurnal Ilmu Rekayasa Pertanian Dan Biosistem*, 7:(2). doi: 10.29303/jrpb.v7i2.148.
43. Rokhati, N., Pramudono, B., Widiyasa, N., Susanto, H. (2012). **Karakterisasi Film Komposit Alginat dan Kitosan.** *Jurnal Reaktor* 14:(2), Halaman 158. doi: 10.14710/reaktor.14.2.158-164.
44. Luo, W., Lu, H., Lei, F., da Silva, F. M., dos Santos, L. O. (2020). **Structural Elucidation of High-Molecular-Wight Alkaline Degradation Products of Hexoses.** *Food Science Nutrition*, 8:(6). doi: 10.1002/fsn3.1584.
45. Kim, J., R. A. Cribbie. (2017). **ANOVA and the Variance Homogeneity Assumption.** *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*. York University.
46. Hidayati, S., Zulferiyenni, Z., Satyajaya, W. (2019). **Optimization of Biodegradable Film from Cellulosa of Seaweed Solid Waste *Euचेuma cottonii* with Addition of Glycerol, Chitosan, CMC and Tapioca.** *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia* 22:(2), Halaman 340–354. doi: 10.17844/jphpi.v22i2.27782.
47. Schwanninger, M., J. C. Rodrigues, and K. Fackler. (2011). **A Review of Band Assignments in near Infrared Spectra of Wood and Wood Components.** *Journal Infrared Spectroscopy* 19:(5), Halaman 287–308. doi: 10.1255/jnirs.955.



48. Eldin, A.B. (2011). *Near Infra Red Spectroscopy. Wide Spectra Quality Control*, Halaman 14. InTech Open, Egypt.



LAMPIRAN

Lampiran A. Dokumentasi Penelitian

A.1 Preparasi Sampel Ampas Tebu (*Sugarcane Bagasse*)







Tabel A.1 Dokumentasi Preparasi Sampel Ampas Tebu

No.	Perlakuan	Gambar
1.	Sampel ampas tebu sebelum preparasi	
2.	Perendaman dengan akuades	
3.	Pengayakan (30 mesh)	
4.	Ampas Tebu Halus	

A.2 Karakterisasi Sampel Ampas Tebu (*Sugarcane Bagasse*)





A.2.1 Penentuan Kadar Air






Tabel A.2 Dokumentasi Penentuan Kadar Air Ampas Tebu





No.	Perlakuan	Gambar
1.	Penimbangan awal ampas tebu	 
2.	Dipanaskan dalam oven suhu 100°C	
3.	Diletakkan dalam desikator	
4.	Penimbangan akhir ampas tebu	 




A.2.2 Penentuan Komponen Ampas Tebu

Tabel A.3 Dokumentasi Penentuan Komponen Ampas Tebu

No.	Perlakuan	Gambar
1.	Penimbangan awal ampas tebu Massa A	
2.	Penambahan ampas tebu dengan akuades	
3.	Penyaringan (1)	
4.	Dipanaskan dalam oven (1)	

5.	Diletakkan dalam desikator (1)	
6.	Penimbangan (1) Massa B	
7.	Penambahan ampas tebu dengan H_2SO_4 (1)	
8.	Penyaringan (2)	
9.	Dipanaskan dalam oven (2)	




10.	Diletakkan dalam desikator (2)	
11.	Penimbangan (2) Massa C	
12.	Penambahan ampas tebu dengan H_2SO_4 (2)	
13.	Penyaringan (3)	

14.	Dipanaskan dalam oven (3)	
15.	Diletakkan dalam desikator (3)	
16.	Penimbangan (3) Massa D	

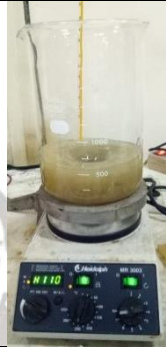


A.3 Isolasi Selulosa dari Ampas Tebu (*Sugarcane Bagasse*)

Tabel A.4 Dokumentasi Isolasi Selulosa dari Ampas Tebu

No.	Perlakuan	Gambar
1.	Penimbangan awal ampas tebu	
2.	Penambahan ampas tebu dengan 1.250 mL NaOH 2%	
3.	Penyaringan dengan corong Buchner (1)	

4. Penambahan ampas tebu dengan 500 mL H_2SO_4 4% (v/v)






5. Penyaringan dengan corong Buchner (2)






6. Penambahan ampas tebu dengan 500 mL hipoklorit 5%







7.	Penyaringan dengan corong Buchner (3)	
8.	Dikeringkan dalam oven	
9.	Selulosa hasil isolasi	

A.4 Sintesis CMC dari Selulosa Hasil Isolasi





Tabel A.5 Dokumentasi Sintesis CMC






No.	Perlakuan	Gambar
1.	Penimbangan selulosa awal	 <p>Sebelum pemanasan</p>
2.	Penambahan ampas tebu dengan 24 mL NaOH 30% dan 195 mL etanol 96%	 <p>Setelah pemanasan</p> 

<p>3.</p>	<p>Penambahan 45 mL TCA 35%</p>	
<p>4.</p>	<p>Penyaringan</p>	
<p>5.</p>	<p>Dikeringkan dalam oven</p>	
<p>6.</p>	<p>CMC hasil sintesis</p>	

A.5 Pembuatan *Biofilm*

Tabel A.6 Dokumentasi Pembuatan *Biofilm*




No.	Perlakuan	Gambar
1.	Penimbangan pati	
2.	Penimbangan asam sitrat	
3.	Penambahan pati dengan 75 mL gliserol dan 1 mL CA 10%	
4.	Penimbangan CMC	

5.	CMC Dihaluskan	
6.	Penambahan CMC dengan 50 mL gliserol dan 25 mL akuades	
7.	Larutan CMC dan Pati dicampurkan dengan pengadukan dan pemanasan pada suhu 40°C selama 20 menit	
8.	Dikeringkan dalam oven $T = 55^{\circ}\text{C}$ $t = 15 \text{ jam}$	
9.	<i>Biofilm</i> hasil	

A.6 Karakterisasi *Biofilm*




A.6.1 Penentuan Kadar Air

Tabel A.7 Dokumentasi Penentuan Kadar Air *Biofilm*

No.	Perlakuan	Gambar
1.	Ditimbang massa awal <i>biofilm</i>	
2.	Dipanaskan dalam oven $T = 100^{\circ}\text{C}$ $t = 1 \text{ jam}$	
3.	Ditimbang massa akhir <i>biofilm</i>	




A.6.2 Penentuan Degree of Swelling

Tabel A.8 Dokumentasi Penentuan Degree of Swelling Biofilm

No.	Perlakuan	Gambar
1.	Ditimbang massa awal <i>biofilm</i>	
2.	Direndam dalam akuades $t = 2$ jam	
3.	Ditimbang massa akhir <i>biofilm</i>	



A.6.3 Analisis Struktur Permukaan

Tabel A.9 Dokumentasi Analisis Struktur Permukaan *Biofilm*

No.	Perlakuan	Gambar
1.	Diletakkan sampel di kaca preparat, ditutup <i>cover glass</i>	
2.	Dilakukan preparasi instrumen	
3.	Hasil pengamatan	


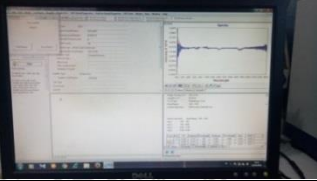

A.6.4 Penentuan Viskositas

Tabel A.10 Dokumentasi Penentuan Viskositas *Biofilm*

No.	Perlakuan	Gambar
1.	Dipanaskan <i>biofilm</i> dengan pengadukan $T = 55^{\circ}\text{C}$ $t = 30$ menit	
2.	Diletakkan pada <i>waterbath</i> , dilakukan pembacaan viskositas	

A.6.5 Analisis Gugus Fungsi (NIR)

Tabel A.11 Dokumentasi Analisis Gugus Fungsi *Biofilm*

No.	Perlakuan	Gambar
1.	Dinyalakan <i>power</i> pada instrumen NIR	
2.	Dilakukan <i>performance test</i> pada instrumen NIR	
3.	Diletakkan sampel pada <i>sample holder</i>	


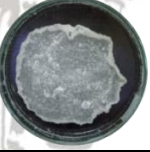




A.6.6 Penentuan Elongasi



Gambar A.1 *Necton Tensometer*

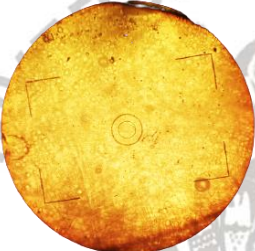

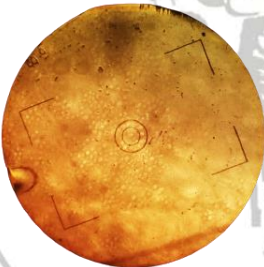


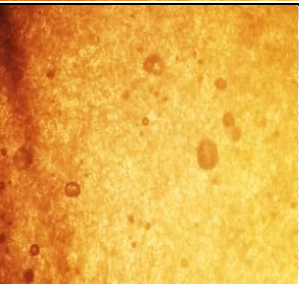
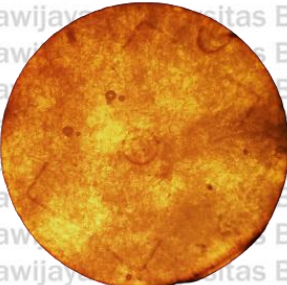
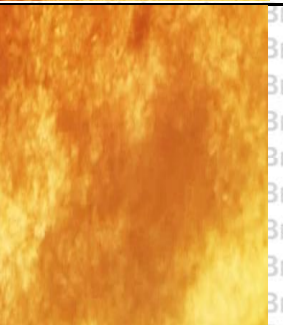
A.7 Biofilm Hasil

Tabel A.12 Biofilm Hasil

Komposisi Biofilm	Warna	Gambar
B1M1 CMC: 2 gram Pati: 2 gram Gliserol: 30%	Tidak transparan	
B1M2 CMC: 2 gram Pati: 2 gram Gliserol: 40%		
B2M1 CMC: 4 gram Pati: 2 gram Gliserol: 30%		
B2M2 CMC: 4 gram Pati: 2 gram Gliserol: 40%	Cukup transparan	
B3M1 CMC: 6 gram Pati: 2 gram Gliserol: 30%	Transparan	
B3M2 CMC: 6 gram Pati: 2 gram Gliserol: 30%		

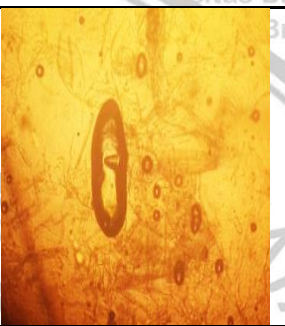
A.8 Hasil Analisa Struktur Permukaan

Tabel A.13 Analisa Struktur Permukaan *Biofilm*

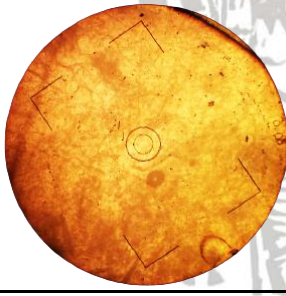
Komposisi	Hasil	
B1M1		
B1M2		
B2M1		
B2M2		



B3M1



B3M2



LAMPIRAN B. Perhitungan

B.1 Komposisi Komponen *Biofilm*

Tabel B.1 Komposisi Komponen *Biofilm*

<i>Biofilm</i>	Pati	Asam Sitrat (CA)	CMC (b/b)	Gliserol (v/v)
B1M1	2 gram	0,1 gram	2 gram	30%
B1M2			2 gram	40%
B2M1			4 gram	30%
B2M2			4 gram	40%
B3M1			6 gram	30%
B3M2			6 gram	40%

B.2 Perhitungan untuk Preparasi Larutan

B.2.1 Perhitungan Molaritas, Normalitas, Persen (%)

B.2.1.1 Molaritas H₂SO₄ Peekat (98%) [Isolasi Selulosa]

$$M = \frac{(10 \times \% \times \rho)}{Mr}$$

$$M = \frac{(10 \times 98 \times 1,83 \text{ g/cm}^3)}{98}$$

$$M = 18,3 \text{ M}$$

B.2.1.2 Molaritas H₂SO₄ 4% [Isolasi Selulosa]

$$M = \frac{(10 \times \% \times \rho)}{Mr}$$

$$M = \frac{(10 \times 4 \times 1,83 \text{ g/cm}^3)}{98}$$

$$M = 0,75 \text{ M}$$



B.2.1.3 Molaritas NaOH 10% [Isolasi Selulosa]

$$M = \frac{(10 \times \% \times \rho)}{Mr}$$
$$M = \frac{(10 \times 10 \times 2,31 \text{ g/cm}^3)}{40}$$
$$M = 5,325 \text{ M}$$

B.2.1.4 Molaritas NaOH 50% [Sintesis CMC]

$$M = \frac{10 \times \% \times \rho}{Mr}$$
$$M = \frac{10 \times 50 \times 2,13}{40}$$
$$M = 26,625 \text{ M}$$

B.2.1.5 Molaritas NaOH 30% [Sintesis CMC]

$$M = \frac{10 \times \% \times \rho}{Mr}$$
$$M = \frac{10 \times 30 \times 2,13}{40}$$
$$M = 15,975 \text{ M}$$

B.2.1.6 Massa TCA yang Dibutuhkan [Sintesis CMC]

Larutan target = Larutan TCA 35% b/v

Artinya, dalam 100 mL akuades terdapat 35 gram CMC

Larutan yang dibutuhkan untuk uji = 45 mL

Massa CMC atau Selulosa yang Dibutuhkan

$$= 35 \text{ gram} \times \frac{45 \text{ mL}}{100 \text{ mL}} = 15,75 \text{ gram}$$

B.2.1.7 Massa *Biofilm* yang Dibutuhkan [Penentuan Viskositas]

Larutan target = Larutan CMC - Pati 2% (b/v)

Artinya, dalam 100 mL akuades terdapat 2 gram CMC - Pati

Larutan yang dibutuhkan untuk uji = 500 mL

$$\begin{aligned} \text{Massa CMC atau Selulosa yang Dibutuhkan} &= 2 \times \frac{500 \text{ mL}}{100 \text{ mL}} \\ &= 10 \text{ gram} \end{aligned}$$

B.2.2 Perhitungan Pengenceran

B.2.2.1 Pengenceran H₂SO₄ Peekat menjadi 0,05 M [Penentuan Kadar Selulosa]

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$18,3 \text{ M} \times V_1 = 0,05 \text{ M} \times 250 \text{ mL}$$

$$V_1 = 0,27 \text{ mL}$$

B.2.2.2 Pengenceran NaOH 50% menjadi NaOH 10% [Isolasi Selulosa]

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$26,625 \text{ M} \times V_1 = 5,325 \text{ M} \times 250 \text{ mL}$$

$$V_1 = 50 \text{ mL}$$

B.2.2.3 Pengenceran H₂SO₄ 98% menjadi H₂SO₄ 4% [Isolasi Selulosa]

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$18,3 \text{ M} \times V_1 = 0,75 \text{ M} \times 500 \text{ mL}$$

$$V_1 = 20,49 \text{ mL}$$

B.2.2.4 Pengenceran NaOH 50% menjadi NaOH 30% [Sintesis CMC]

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$26,625 \text{ M} \times V_1 = 15,975 \times 10 \text{ mL}$$

$$V_1 = 6 \text{ mL}$$



B.2.2.5 Pengenceran Gliserol 99% menjadi 30% [Pembuatan Biofilm]

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$99\% \times V_1 = 30\% \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 30,3 \text{ mL}$$

B.2.2.6 Pengenceran Gliserol 99% menjadi 40% [Pembuatan Biofilm]

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$99\% \times V_1 = 40\% \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 40,4 \text{ mL}$$

B.3 Penentuan Kadar Air Ampas Tebu [Karakterisasi Ampas Tebu]

B.3.1 Perhitungan Kadar Air Ampas Tebu

• Data 1

$$\% \text{ Air} = \frac{m_{SCB \text{ awal}} - m_{SCB \text{ akhir}}}{m_{SCB \text{ awal}}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Air} = \frac{2 \text{ gram} - 1,92 \text{ gram}}{2 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Air} = 6,3415\%$$

• Data 2

$$\% \text{ Air} = \frac{m_{SCB \text{ awal}} - m_{SCB \text{ akhir}}}{m_{SCB \text{ awal}}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Air} = \frac{2 \text{ gram} - 1,79 \text{ gram}}{2 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Air} = 10,5\%$$

• Data 3

$$\% \text{ Air} = \frac{m_{SCB \text{ awal}} - m_{SCB \text{ akhir}}}{m_{SCB \text{ awal}}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Air} = \frac{2 \text{ gram} - 1,82 \text{ gram}}{2 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Air} = 9\%$$

B.3.2 Tabulasi Data Kadar Air Ampas Tebu

Tabel B.2 Kadar Air Ampas Tebu

No. Sampel	Massa Awal Ampas Tebu	Massa Akhir Ampas Tebu	Kadar Air (%)
1	2,05 gram	1,92 gram	6,34%
2	2,00 gram	1,79 gram	10,5%
3	2,00 gram	1,82 gram	9%
Rerata kadar air		8,61 ± 0,02	

B.4 Perhitungan Penentuan Komposisi Ampas Tebu [Karakterisasi Ampas Tebu]

B.4.1 Perhitungan Kadar Bahan Larut Air Panas

• Data 1

$$\% \text{ Bahan Larut Air Panas} = \frac{a - b}{a} \times 100\%$$

$$\% \text{ Bahan Larut Air Panas} = \frac{5,02 \text{ gram} - 4,88 \text{ gram}}{5,02 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Bahan Larut Air Panas} = 2,79\%$$

• Data 2

$$\% \text{ Bahan Larut Air Panas} = \frac{a - b}{a} \times 100\%$$

$$\% \text{ Bahan Larut Air Panas} = \frac{5,05 \text{ gram} - 4,93 \text{ gram}}{5,05 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Bahan Larut Air Panas} = 2,38\%$$

• Data 3

$$\% \text{ Bahan Larut Air Panas} = \frac{a - b}{a} \times 100\%$$

$$\% \text{ Bahan Larut Air Panas} = \frac{5,04 \text{ gram} - 4,91 \text{ gram}}{2 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Bahan Larut Air Panas} = 2,58\%$$



- **Rata - Rata**

$$\% \text{ Bahan Larut Air Panas} = \frac{\text{data 1} + \text{data 2} + \text{data 3}}{3}$$

$$\% \text{ Bahan Larut Air Panas} = \frac{2,79\% + 2,38\% + 2,58\%}{3}$$

$$\% \text{ Bahan Larut Air Panas} = 2,58\%$$

B.4.2 Perhitungan Kadar Hemiselulosa

- **Data 1**

$$\% \text{ Hemiselulosa} = \frac{b - c}{a} \times 100\%$$

$$\% \text{ Hemiselulosa} = \frac{4,88 \text{ gram} - 3,42 \text{ gram}}{5 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Hemiselulosa} = 29,08\%$$

- **Data 2**

$$\% \text{ Hemiselulosa} = \frac{b - c}{a} \times 100\%$$

$$\% \text{ Hemiselulosa} = \frac{4,93 \text{ gram} - 3,47 \text{ gram}}{5 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Hemiselulosa} = 28,91\%$$

- **Data 3**

$$\% \text{ Hemiselulosa} = \frac{b - c}{a} \times 100\%$$

$$\% \text{ Hemiselulosa} = \frac{4,91 \text{ gram} - 3,45 \text{ gram}}{5 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Hemiselulosa} = 28,97\%$$

- **Rata - Rata**

$$\% \text{ Hemiselulosa} = \frac{\text{data 1} + \text{data 2} + \text{data 3}}{3}$$

$$\% \text{ Hemiselulosa} = \frac{29,08\% + 28,91\% + 28,97\%}{3}$$

$$\% \text{ Hemiselulosa} = 28,99\%$$



B.4.3 Perhitungan Kadar Selulosa

- **Data 1**

$$\% \text{ Selulosa} = \frac{c - d}{a} \times 100\%$$

$$\% \text{ Selulosa} = \frac{3,42 \text{ gram} - 1,36 \text{ gram}}{5 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Selulosa} = 41,04\%$$

- **Data 2**

$$\% \text{ Selulosa} = \frac{c - d}{a} \times 100\%$$

$$\% \text{ Selulosa} = \frac{3,47 \text{ gram} - 1,40 \text{ gram}}{5 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Selulosa} = 40,99\%$$

- **Data 3**

$$\% \text{ Selulosa} = \frac{c - d}{a} \times 100\%$$

$$\% \text{ Selulosa} = \frac{3,45 \text{ gram} - 1,38 \text{ gram}}{5 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Selulosa} = 41,07\%$$

- **Rata - Rata**

$$\% \text{ Selulosa} = \frac{\text{data 1} + \text{data 2} + \text{data 3}}{3}$$

$$\% \text{ Selulosa} = \frac{41,04\% + 40,99\% + 41,07\%}{3}$$

$$\% \text{ Selulosa} = 41,03\%$$

B.4.4 Perhitungan Kadar Lignin

- **Data 1**

$$\% \text{ Lignin} = \frac{d - e}{a} \times 100\%$$

$$\% \text{ Lignin} = \frac{1,36 \text{ gram} - 0,55 \text{ gram}}{5 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Lignin} = 16,14\%$$



• **Data 2**

$$\% \text{ Lignin} = \frac{d - e}{a} \times 100\%$$

$$\% \text{ Lignin} = \frac{1,4 \text{ gram} - 0,6 \text{ gram}}{5 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Lignin} = 15,84\%$$

• **Data 3**

$$\% \text{ Lignin} = \frac{d - e}{a} \times 100\%$$

$$\% \text{ Lignin} = \frac{1,38 \text{ gram} - 0,57 \text{ gram}}{5 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Lignin} = 16,07\%$$

• **Rata - Rata**

$$\% \text{ Lignin} = \frac{\text{data 1} + \text{data 2} + \text{data 3}}{3}$$

$$\% \text{ Lignin} = \frac{16,14\% + 15,84\% + 16,07\%}{3}$$

$$\% \text{ Lignin} = 15,99\%$$

B.4.5 Tabulasi Data Komposisi Ampas Tebu

Tabel B.3 Komposisi Ampas Tebu

No. Sampel	Bahan Larut Air	Hemiselulosa	Selulosa	Lignin
1	2,79%	29,08%	41,04%	16,14%
2	2,38%	28,91%	40,99%	15,84%
3	2,58%	28,97%	41,07%	16,07%
Rata - Rata	2,58% ± 0,21	28,99% ± 0,09	41,03% ± 0,04	15,99% ± 0,15



B.5 Perhitungan Rendemen Isolasi Selulosa

$$\% \text{ Rendemen} = \frac{m_{\text{selulosa hasil isolasi}}}{m_{\text{SCB}}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Rendemen} = \frac{202,8 \text{ gram}}{400 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Rendemen} = 50,7\%$$

B.6 Perhitungan Rendemen Sintesis CMC

$$\% \text{ Rendemen} = \frac{m_{\text{CMC hasil sintesis}}}{m_{\text{CMC}}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Rendemen} = \frac{58,13 \text{ gram}}{167,33 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Rendemen} = 34,74\%$$

B.7 Viskositas CMC dan Gliserol (*Biofilm*)

Tabel B.4 Viskositas CMC dan Gliserol (*Biofilm*)

Komposisi	Viskositas (cps)
B1M1 CMC: 2 gram Gliserol: 30%	327,71 ± 0,09
B1M2 CMC: 2 gram Gliserol: 40%	339,24 ± 0,28
B2M1 CMC: 4 gram Gliserol: 30%	553,25 ± 0,06
B2M2 CMC: 4 gram Gliserol: 40%	810,32 ± 0,31
B3M1 CMC: 6 gram Gliserol: 30%	1088,61 ± 0,83
B3M2 CMC: 6 gram Gliserol: 40%	1181,56 ± 0,80

B.8 Viskositas Pati dan Gliserol (*Biofilm*)

Tabel B.5 Viskositas Pati dan Gliserol (*Biofilm*)

Komposisi	Viskositas (cps)
A Pati: 2 gram Gliserol: 30%	708,76 ± 0,10
B Pati: 2 gram Gliserol: 40%	886,89 ± 0,01

B.9 Perhitungan Kadar Air *Biofilm*

B.9.1 *Biofilm* B1M1

- **Data 1**

$$\% \text{ Air} = \frac{((\text{berat sampel}) - (\text{berat kering}))}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Air} = \frac{(2,04 \text{ gram} - 1,72 \text{ gram})}{2,04 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Air} = 15,6863\%$$

- **Data 2**

$$\% \text{ Air} = \frac{((\text{berat sampel}) - (\text{berat kering}))}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Air} = \frac{(2,05 \text{ gram} - 1,73 \text{ gram})}{2,05 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Air} = 15,6098\%$$

- **Data 3**

$$\% \text{ Air} = \frac{((\text{berat sampel}) - (\text{berat kering}))}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Air} = \frac{(1,74 \text{ gram} - 1,46 \text{ gram})}{1,74 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Air} = 16,0920\%$$

B.9.2 Biofilm B1M2

• Data 1

$$\% \text{ Air} = \frac{((\text{berat sampel}) - (\text{berat kering}))}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Air} = \frac{(1,89 \text{ gram} - 1,62 \text{ gram})}{1,89 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Air} = 13,9365\%$$

• Data 2

$$\% \text{ Air} = \frac{((\text{berat sampel}) - (\text{berat kering}))}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Air} = \frac{(1,51 \text{ gram} - 1,32 \text{ gram})}{1,51 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Air} = 12,5828\%$$

• Data 3

$$\% \text{ Air} = \frac{((\text{berat sampel}) - (\text{berat kering}))}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Air} = \frac{(1,12 \text{ gram} - 0,9712 \text{ gram})}{1,12 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Air} = 13,2858\%$$

B.9.3 Biofilm B2M1

• Data 1

$$\% \text{ Air} = \frac{((\text{berat sampel}) - (\text{berat kering}))}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Air} = \frac{(1,56 \text{ gram} - 1,39 \text{ gram})}{1,56 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Air} = 10,5385\%$$

• Data 2

$$\% \text{ Air} = \frac{((\text{berat sampel}) - (\text{berat kering}))}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Air} = \frac{(1,29 \text{ gram} - 1,1 \text{ gram})}{1,29 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Air} = 9,2016\%$$



• **Data 3**

$$\% \text{ Air} = \frac{((\text{berat sampel}) - (\text{berat kering}))}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Air} = \frac{(1,11 \text{ gram} - 1,00 \text{ gram})}{1,11 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Air} = 9,9099\%$$

B.9.4 Biofilm B2M2

• **Data 1**

$$\% \text{ Air} = \frac{((\text{berat sampel}) - (\text{berat kering}))}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Air} = \frac{(1,33 \text{ gram} - 1,22 \text{ gram})}{1,33 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Air} = 8,0226\%$$

• **Data 2**

$$\% \text{ Air} = \frac{((\text{berat sampel}) - (\text{berat kering}))}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Air} = \frac{(1,34 \text{ gram} - 1,22 \text{ gram})}{1,34 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Air} = 8,9552\%$$

• **Data 3**

$$\% \text{ Air} = \frac{((\text{berat sampel}) - (\text{berat kering}))}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Air} = \frac{(1,36 \text{ gram} - 1,25 \text{ gram})}{1,36 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Air} = 8,0882\%$$

B.9.5 Biofilm B3M1

• **Data 1**

$$\% \text{ Air} = \frac{((\text{berat sampel}) - (\text{berat kering}))}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Air} = \frac{(1,02 \text{ gram} - 0,99 \text{ gram})}{1,02 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Air} = 2,9412\%$$



- **Data 2**

$$\% \text{ Air} = \frac{((\text{berat sampel}) - (\text{berat kering}))}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Air} = \frac{(1,25 \text{ gram} - 1,21 \text{ gram})}{1,25 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Air} = 3,2\%$$

- **Data 3**

$$\% \text{ Air} = \frac{((\text{berat sampel}) - (\text{berat kering}))}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Air} = \frac{(1,21 \text{ gram} - 1,1 \text{ gram})}{1,21 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Air} = 3,3058\%$$

B.9.6 Biofilm B3M2

- **Data 1**

$$\% \text{ Air} = \frac{((\text{berat sampel}) - (\text{berat kering}))}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Air} = \frac{(1,31 \text{ gram} - 1,30 \text{ gram})}{1,31 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Air} = 0,7353\%$$

- **Data 2**

$$\% \text{ Air} = \frac{((\text{berat sampel}) - (\text{berat kering}))}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Air} = \frac{(1,35 \text{ gram} - 1,33 \text{ gram})}{1,35 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Air} = 0,9630\%$$

- **Data 3**

$$\% \text{ Air} = \frac{((\text{berat sampel}) - (\text{berat kering}))}{\text{berat sampel}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Air} = \frac{(1,36 \text{ gram} - 1,35 \text{ gram})}{1,36 \text{ gram}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Air} = 0,7353\%$$



B.9.7 Tabulasi Data Kadar Air *Biofilm*

Tabel B.6 Kadar Air *Biofilm*

Perlakuan	Ulangan (%)			Rata - Rata
	1	2	3	
B1M1 - CMC 2 gram - Gliserol 30%	15,68	15,60	16,09	15,80 ± 0,26
B1M2 - CMC 2 gram - Gliserol 40%	13,93	12,58	13,28	13,27 ± 0,67
B2M1 - CMC 4 gram - Gliserol 30%	10,53	9,20	9,90	9,88 ± 0,67
B2M2 - CMC 4 gram - Gliserol 40%	8,02	8,95	8,08	8,36 ± 0,52
B3M1 - CMC 6 gram - Gliserol 30%	2,94	3,20	3,30	3,15 ± 0,19
B3M2 - CMC 6 gram - Gliserol 40%	0,73	0,96	0,73	0,81 ± 0,13

B.10 Perhitungan Statistik Kadar Air *Biofilm*

B.10.1 Uji Homogenitas

Tabel B.7 Uji Homogenitas (*Levene Test*) Kadar Air *Biofilm*

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
1.461	5	12	.273

B.10.2 Analisa Ragam ANOVA

- Signifikansi 5%

Tabel B.8 ANOVA Kadar Air *Biofilm* (Signifikansi 5%)

SK	DB	JK	KT	F Hitung	F Tabel (5%)	Simbol
B	2	475,6459	237,8229	1100,785	3,89	**
M	1	20,4382	20,4382	94,60008	4,75	**
BM	2	0,8455	0,4227	1,95692	3,89	*
Galat	12	2,5925	0,2160			
Total	17	514,45288				

Keterangan:

SK adalah sumber keragaman

DB adalah derajat bebas

JK adalah Jumlah Kuadrat

KT adalah Kuadrat Tengah

B adalah massa CMC yang ditambahkan

M adalah konsentrasi gliserol yang ditambahkan

** adalah simbol dari beda nyata

* adalah simbol dari tidak beda nyata

- Signifikansi 1%

Tabel B.9 ANOVA Kadar Air *Biofilm* (Signifikansi 1%)

SK	DB	JK	KT	F Hitung	F Tabel (1%)	Simbol
B	2	475,6459	237,8229	1100,785	6,93	**
M	1	20,4382	20,4382	94,60008	9,33	**
BM	2	0,8455	0,4227	1,95692	6,93	*
Galat	12	2,5925	0,2160			
Total	17	514,45288				

Keterangan:

SK adalah sumber keragaman

DB adalah derajat bebas

JK adalah Jumlah Kuadrat

KT adalah Kuadrat Tengah

B adalah massa CMC yang ditambahkan

M adalah konsentrasi gliserol yang ditambahkan

** adalah simbol dari beda nyata

* adalah simbol dari tidak beda nyata

- SPSS

Tabel B.10 ANOVA Kadar Air *Biofilm* (Signifikansi 5% dan 1%)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	496.930 ^a	5	99.386	460.017	.000
Intercept	1313.961	1	1313.961	6081.787	.000
B	475.646	2	237.823	1100.785	.000
M	20.438	1	20.438	94.600	.000
B * M	.846	2	.423	1.957	.184
Error	2.593	12	.216		
Total	1813.484	18			
Corrected Total	499.522	17			

a. R Squared = .995 (Adjusted R Squared = .993)



B.10.3 Uji Lanjut (Uji Beda Nyata Jujur/*Tukey Test*)

B.10.3.1 Perlakuan B

- Nilai BNJ_{hitung}

Tabel B.11 Nilai BNJ_{hitung} Perlakuan B (Kadar Air)

sd	$sd = \sqrt{\frac{KTG}{r}} = 0,1898$
Tabel BNJ 5%	3,89
BNJ_{hitung} (5%)	$BNJ_{hitung} = sd \times \text{nilai tabel BNJ}$ $= 0,7373$
Tabel BNJ 1%	6,93
BNJ_{hitung} (1%)	$BNJ_{hitung} = sd \times \text{nilai tabel BNJ}$ $= 1,3153$

- Penentuan Hasil BNJ (Signifikansi 5%)

Tabel B.12 Penentuan Hasil BNJ Perlakuan B (Kadar Air)
Signifikansi 5%

Perlakuan	Rata - Rata	BNJ + Rata - Rata	Simbol
B_3 (6 gram)	1,9801	2,1699	a
B_2 (4 gram)	9,1193	9,5866	b
B_1 (2 gram)	14,5322	15,2695	c



- **Penentuan Hasil BNJ (Signifikansi 1%)**

Tabel B.13 Penentuan Hasil BNJ Perlakuan B (Kadar Air)
Signifikansi 1%

Perlakuan	Rata - Rata	BNJ + Rata - Rata	Simbol
B ₃ (6 gram)	1,9801	3,2954	a
B ₂ (4 gram)	9,1193	10,4346	b
B ₁ (2 gram)	14,5322	15,8475	c

- **SPSS (Signifikansi 5%)**

Tabel B.14 Tukey Test HSD (Multiple Comparisons) Kadar Air
(Signifikansi 5%)

Multiple Comparisons						
Dependent Variable: Kadar Air						
Tukey HSD						
(I) Perlakuan B	(J) Perlakuan B	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
B1	B2	5.412867*	.2683583	.000	4.696923	6.128810
	B3	12.552100*	.2683583	.000	11.836157	13.268043
B2	B1	-5.412867*	.2683583	.000	-6.128810	-4.696923
	B3	7.139233*	.2683583	.000	6.423290	7.855177
B3	B1	-12.552100*	.2683583	.000	-13.268043	-11.836157
	B2	-7.139233*	.2683583	.000	-7.855177	-6.423290

Based on observed means.
The error term is Mean Square(Error) = .216.
*. The mean difference is significant at the 0.05 level.



Tabel B.15 Tukey Test HSD (Subset) Kadar Air (Signifikansi 5%)

Perlakuan B	N	Subset		
		1	2	3
B3	6	1.980100		
B2	6		9.119333	
B1	6			14.532200
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .216.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.

b. Alpha = 0.05.

• **SPSS (Signifikansi 1%)**

Tabel B.16 Tukey Test HSD (Multiple Comparisons) Kadar Air (Signifikansi 1%)

(I) Perlakuan B	(J) Perlakuan B	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	99% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
B1	B2	5.412867*	.2683583	.000	4.455360	6.370373
	B3	12.552100*	.2683583	.000	11.594594	13.509606
B2	B1	-5.412867*	.2683583	.000	-6.370373	-4.455360
	B3	7.139233*	.2683583	.000	6.181727	8.096740
B3	B1	-12.552100*	.2683583	.000	-13.509606	-11.594594
	B2	-7.139233*	.2683583	.000	-8.096740	-6.181727

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .216.

*. The mean difference is significant at the .01 level.

Tabel B.17 Tukey Test HSD (Subset) Kadar Air (Signifikansi 1%)

Perlakuan B	N	Subset		
		1	2	3
B3	6	1.980100		
B2	6		9.119333	
B1	6			14.532200
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .216.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.

b. Alpha = .01.



B.10.3.2 Perlakuan M

- Nilai BNJ_{hitung}

Tabel B.18 Nilai BNJ_{hitung} Perlakuan M (Kadar Air)

sd	$sd = \sqrt{\frac{KTG}{r}} = 0,1549$
Tabel BNJ 5%	4,75
BNJ_{hitung} (5%)	$BNJ_{hitung} = sd \times \text{nilai tabel BNJ}$ $= 0,7355$
Tabel BNJ 1%	9,33
BNJ_{hitung} (1%)	$BNJ_{hitung} = sd \times \text{nilai tabel BNJ}$ $= 1,4452$

- Penentuan Hasil BNJ (Signifikansi 5%)

Tabel B.19 Penentuan Hasil BNJ Konsentrasi Gliserol (Kadar Air) Signifikansi 5%

Perlakuan	Rata - Rata	BNJ + Rata - Rata	Simbol
M_2 (40%)	7,4783	8,2318	a
M_1 (30%)	9,6094	10,3450	b

- **Penentuan Hasil BNJ (Signifikansi 1%)**

Tabel B.20 Penentuan Hasil BNJ Konsentrasi Gliserol
(Kadar Air) Signifikansi 1%

Perlakuan	Rata - Rata	BNJ + Rata - Rata	Simbol
M ₂ (40%)	7,4783	8,9235	a
M ₁ (30%)	9,6094	11,0547	b

B.11 Perhitungan *Degree of Swelling Biofilm*

B.11.1 *Biofilm B1M1*

- **Data 1**

$$\text{Degree of Swelling} = \frac{m_w - m_D}{m_D}$$

$$\text{Degree of Swelling} = \frac{1,61 \text{ gram} - 1,27 \text{ gram}}{1,27 \text{ gram}} = 26,8456\%$$

Dimana:

m_w adalah massa *film* saat mengembang (*swollen*)

m_D adalah massa *film* saat kering

- **Data 2**

$$\text{Degree of Swelling} = \frac{m_w - m_D}{m_D}$$

$$\text{Degree of Swelling} = \frac{1,82 \text{ gram} - 1,43 \text{ gram}}{1,43 \text{ gram}} = 27,7826\%$$

Dimana:

m_w adalah massa *film* saat mengembang (*swollen*)

m_D adalah massa *film* saat kering

- **Data 3**

$$\text{Degree of Swelling} = \frac{m_w - m_D}{m_D}$$

$$\text{Degree of Swelling} = \frac{1,59 \text{ gram} - 1,26 \text{ gram}}{1,26 \text{ gram}} = 26,6875\%$$

Dimana:

m_w adalah massa *film* saat mengembang (*swollen*)

m_D adalah massa *film* saat kering



B.11.2 Biofilm B1M2

- **Data 1**

$$\text{Degree of Swelling} = \frac{m_w - m_D}{m_D}$$

$$\text{Degree of Swelling} = \frac{1,94 \text{ gram} - 1,49 \text{ gram}}{1,49 \text{ gram}} = 30,7078\%$$

Dimana:

m_w adalah massa *film* saat mengembang (*swollen*)

m_D adalah massa *film* saat kering

- **Data 2**

$$\text{Degree of Swelling} = \frac{m_w - m_D}{m_D}$$

$$\text{Degree of Swelling} = \frac{2,12 \text{ gram} - 1,61 \text{ gram}}{1,61 \text{ gram}} = 31,8741\%$$

Dimana:

m_w adalah massa *film* saat mengembang (*swollen*)

m_D adalah massa *film* saat kering

- **Data 3**

$$\text{Degree of Swelling} = \frac{m_w - m_D}{m_D}$$

$$\text{Degree of Swelling} = \frac{2,49 \text{ gram} - 1,92 \text{ gram}}{1,92 \text{ gram}} = 30,1563\%$$

Dimana:

m_w adalah massa *film* saat mengembang (*swollen*)

m_D adalah massa *film* saat kering

B.11.3 Biofilm B2M1

- **Data 1**

$$\text{Degree of Swelling} = \frac{m_w - m_D}{m_D}$$

$$\text{Degree of Swelling} = \frac{1,77 \text{ gram} - 1,28 \text{ gram}}{1,28 \text{ gram}} = 38,5070\%$$

Dimana:

m_w adalah massa *film* saat mengembang (*swollen*)

m_D adalah massa *film* saat kering

- **Data 2**

$$\text{Degree of Swelling} = \frac{m_w - m_D}{m_D}$$

$$\text{Degree of Swelling} = \frac{1,95 \text{ gram} - 1,42 \text{ gram}}{1,42 \text{ gram}} = 37,5070\%$$

Dimana:

m_w adalah massa *film* saat mengembang (*swollen*)

m_D adalah massa *film* saat kering

- **Data 3**

$$\text{Degree of Swelling} = \frac{m_w - m_D}{m_D}$$

$$\text{Degree of Swelling} = \frac{1,97 \text{ gram} - 1,43 \text{ gram}}{1,43 \text{ gram}} = 38,2657\%$$

Dimana:

m_w adalah massa *film* saat mengembang (*swollen*)

m_D adalah massa *film* saat kering

B.11.4 Biofilm B2M2

- **Data 1**

$$\text{Degree of Swelling} = \frac{m_w - m_D}{m_D}$$

$$\text{Degree of Swelling} = \frac{2,45 \text{ gram} - 1,71 \text{ gram}}{1,71 \text{ gram}} = 43,2749\%$$

Dimana:

m_w adalah massa *film* saat mengembang (*swollen*)

m_D adalah massa *film* saat kering

- **Data 2**

$$\text{Degree of Swelling} = \frac{m_w - m_D}{m_D}$$

$$\text{Degree of Swelling} = \frac{2,1 \text{ gram} - 1,46 \text{ gram}}{1,46 \text{ gram}} = 43,8356\%$$

Dimana:

m_w adalah massa *film* saat mengembang (*swollen*)

m_D adalah massa *film* saat kering

- **Data 3**

$$\text{Degree of Swelling} = \frac{m_w - m_D}{m_D}$$

$$\text{Degree of Swelling} = \frac{2,03 \text{ gram} - 1,42 \text{ gram}}{1,42 \text{ gram}} = 43,1408\%$$



Dimana:

m_w adalah massa *film* saat mengembang (*swollen*)

m_D adalah massa *film* saat kering

B.11.5 Biofilm B3M1

- **Data 1**

$$\text{Degree of Swelling} = \frac{m_w - m_D}{m_D}$$

$$\text{Degree of Swelling} = \frac{2,13 \text{ gram} - 1,43 \text{ gram}}{1,43 \text{ gram}} = 49,4545\%$$

Dimana:

m_w adalah massa *film* saat mengembang (*swollen*)

m_D adalah massa *film* saat kering

- **Data 2**

$$\text{Degree of Swelling} = \frac{m_w - m_D}{m_D}$$

$$\text{Degree of Swelling} = \frac{2,17 \text{ gram} - 1,47 \text{ gram}}{1,47 \text{ gram}} = 48,1361\%$$

Dimana:

m_w adalah massa *film* saat mengembang (*swollen*)

m_D adalah massa *film* saat kering

- **Data 3**

$$\text{Degree of Swelling} = \frac{m_w - m_D}{m_D}$$

$$\text{Degree of Swelling} = \frac{2,41 \text{ gram} - 1,63 \text{ gram}}{1,63 \text{ gram}} = 48,3988\%$$

Dimana:

m_w adalah massa *film* saat mengembang (*swollen*)

m_D adalah massa *film* saat kering

B.11.6 Biofilm B3M2

- **Data 1**

$$\text{Degree of Swelling} = \frac{m_w - m_D}{m_D}$$

$$\text{Degree of Swelling} = \frac{2,07 \text{ gram} - 1,33 \text{ gram}}{1,33 \text{ gram}} = 55,8797\%$$

Dimana:

m_w adalah massa *film* saat mengembang (*swollen*)

m_D adalah massa *film* saat kering

• **Data 2**

$$\text{Degree of Swelling} = \frac{m_w - m_D}{m_D}$$

$$\text{Degree of Swelling} = \frac{2,05 \text{ gram} - 1,33 \text{ gram}}{1,33 \text{ gram}} = 54,3684\%$$

Dimana:

m_w adalah massa *film* saat mengembang (*swollen*)

m_D adalah massa *film* saat kering

• **Data 3**

$$\text{Degree of Swelling} = \frac{m_w - m_D}{m_D}$$

$$\text{Degree of Swelling} = \frac{2,19 \text{ gram} - 1,40 \text{ gram}}{1,40 \text{ gram}} = 56,6800\%$$

Dimana:

m_w adalah massa *film* saat mengembang (*swollen*)

m_D adalah massa *film* saat kering



B.11.7 Tabulasi Data Degree of Swelling Biofilm

Tabel B.21 Degree of Swelling Biofilm

Perlakuan	Ulangan (%)			Rata - Rata
	1	2	3	
B1M1 - CMC 2 gram - Gliserol 30%	26,85	27,78	26,69	27,11 ± 0,59
B1M2 - CMC 2 gram - Gliserol 40%	30,71	31,87	30,16	30,91 ± 0,88
B2M1 - CMC 4 gram - Gliserol 30%	38,51	37,51	38,27	38,09 ± 0,52
B2M2 - CMC 4 gram - Gliserol 40%	43,28	42,84	43,14	43,66 ± 0,23
B3M1 - CMC 6 gram - Gliserol 30%	49,46	48,14	48,40	48,67 ± 0,70
B3M2 - CMC 6 gram - Gliserol 40%	55,88	54,37	56,68	55,64 ± 1,17

B.12 Perhitungan Statistik Degree of Swelling Biofilm

B.12.1 Uji Homogenitas

Tabel B.22 Uji Homogenitas (Levene Test) Degree of Swelling Biofilm

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
2.297	5	12	.110

B.12.1 Analisa Ragam ANOVA

- Signifikansi 5%

Tabel B.23 ANOVA *Degree of Swelling Biofilm* (Signifikansi 5%)

SK	DB	JK	KT	F Hitung	F Tabel (5%)	Simbol
B	2	1606,9043	803,4521	1457,582	3,89	**
M	1	124,4710	124,4710	225,8091	4,75	**
BM	2	7,7076	3,8538	6,9913	3,89	**
Galat	12	6,6146	0,5512			
Total	17	1745,6976				

Keterangan:

SK adalah sumber keragaman

DB adalah derajat bebas

JK adalah Jumlah Kuadrat

KT adalah Kuadrat Tengah

B adalah massa CMC yang ditambahkan

M adalah konsentrasi gliserol yang ditambahkan

** adalah simbol dari beda nyata

* adalah simbol dari tidak beda nyata

- Signifikansi 1%

Tabel B.24 ANOVA *Degree of Swelling Biofilm* (Signifikansi 1%)

SK	DB	JK	KT	F Hitung	F Tabel (1%)	Simbol
B	2	1606,9043	803,4521	1457,582	6,93	**
M	1	124,4710	124,4710	225,8091	9,33	**
BM	2	7,7076	3,8538	6,9913	6,93	**
Galat	12	6,6146	0,5512			
Total	17	1745,6976				

Keterangan:

SK adalah sumber keragaman

DB adalah derajat bebas

JK adalah Jumlah Kuadrat

KT adalah Kuadrat Tengah

B adalah massa CMC yang ditambahkan

M adalah konsentrasi gliserol yang ditambahkan

** adalah simbol dari beda nyata

* adalah simbol dari tidak beda nyata

- SPSS

Tabel B.25 ANOVA *Degree of Swelling Biofilm*
(Signifikansi 5% dan 1%)

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	1739.083 ^a	5	347.817	630.991	.000
Intercept	29646.393	1	29646.393	53782.991	.000
B	1606.904	2	803.452	1457.582	.000
M	124.471	1	124.471	225.809	.000
B * M	7.708	2	3.854	6.991	.010
Error	6.615	12	.551		
Total	31392.091	18			
Corrected Total	1745.698	17			

a. R Squared = .996 (Adjusted R Squared = .995)



B.12.2 Uji Lanjut (Uji Beda Nyata Jujur/*Tukey Test*)

B.12.2.1 Perlakuan B

- Nilai BNJ_{hitung}

Tabel B.26 Nilai BNJ_{hitung} Perlakuan B (*Degree of Swelling*)

sd	$sd = \sqrt{\frac{KTG}{r}} = 0,3031$
Tabel BNJ 5%	3,89
BNJ_{hitung} (5%)	$BNJ_{hitung} = sd \times \text{nilai tabel BNJ}$ $= 1,1776$
Tabel BNJ 1%	6,93
BNJ_{hitung} (1%)	$BNJ_{hitung} = sd \times \text{nilai tabel BNJ}$ $= 2,1005$

- Penentuan Hasil BNJ (Signifikansi 5%)

Tabel B.27 Penentuan Hasil BNJ Konsentrasi CMC
(*Degree of Swelling*) Signifikansi 5%

Perlakuan	Rata - Rata	BNJ + Rata - Rata	Simbol
B ₁	29,0091	30,1868	a
B ₂	40,5885	41,7661	b
B ₃	52,1529	53,3306	c

- Penentuan Hasil BNJ (Signifikansi 1%)

Tabel B.28 Penentuan Hasil BNJ Konsentrasi CMC
(*Degree of Swelling*) Signifikansi 1%

Perlakuan	Rata - Rata	BNJ + Rata - Rata	Simbol
B ₁	29,0091	31,1096	a
B ₂	40,5885	42,6980	b
B ₃	52,1529	54,2534	c

• **SPSS (Signifikansi 5%)**

Tabel B.29 Tukey Test HSD (Multiple Comparisons)

Degree of Swelling Signifikansi 5%

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Degree of Swelling

Tukey HSD

(I) Perlakuan B	(J) Perlakuan B	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
B1	B2	-11.579367*	.4286500	.000	-12.722946	-10.435787
	B3	-23.143783*	.4286500	.000	-24.287363	-22.000204
B2	B1	11.579367*	.4286500	.000	10.435787	12.722946
	B3	-11.564417*	.4286500	.000	-12.707996	-10.420837
B3	B1	23.143783*	.4286500	.000	22.000204	24.287363
	B2	11.564417*	.4286500	.000	10.420837	12.707996

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .551.

*. The mean difference is significant at the 0.05 level.

Tabel B.30 Tukey Test HSD (Subset) Degree of Swelling

(Signifikansi 5%)

Perlakuan B	N	Subset		
		1	2	3
B1	6	29.009133		
B2	6		40.588500	
B3	6			52.152917
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .551.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.

b. Alpha = 0.05.



- **SPSS (Signifikansi 1%)**

**Tabel B.31 Tukey Test HSD (Multiple Comparisons)
Degree of Swelling Signifikansi 1%**

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Degree of Swelling
Tukey HSD

(I) Perlakuan B	(J) Perlakuan B	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	99% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
B1	B2	-11.579367*	.4286500	.000	-13.108796	-10.049937
	B3	-23.143783*	.4286500	.000	-24.673213	-21.614354
B2	B1	11.579367*	.4286500	.000	10.049937	13.108796
	B3	-11.564417*	.4286500	.000	-13.093846	-10.034987
B3	B1	23.143783*	.4286500	.000	21.614354	24.673213
	B2	11.564417*	.4286500	.000	10.034987	13.093846

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .551.

*. The mean difference is significant at the .01 level.

**Tabel B.32 Tukey Test HSD (Subset) Degree of Swelling
(Signifikansi 1%)**

Perlakuan B	N	Subset		
		1	2	3
B1	6	29.009133		
B2	6		40.588500	
B3	6			52.152917
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = .551.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.

b. Alpha = .01.



B.12.2.2 Perlakuan M

- Nilai BNJ_{hitung}

Tabel B.33 Nilai BNJ_{hitung} Perlakuan M (*Degree of Swelling*)

sd	$sd = \sqrt{\frac{KTG}{r}} = 0,2475$
Tabel BNJ 5%	4,75
$BNJ_{hitung} (5\%)$	$BNJ_{hitung} = sd \times \text{nilai tabel BNJ}$ $= 1,1748$
Tabel BNJ 1%	9,33
$BNJ_{hitung} (1\%)$	$BNJ_{hitung} = sd \times \text{nilai tabel BNJ}$ $= 2,3090$

- **Penentuan Hasil BNJ (Signifikansi 5%)**

Tabel B.34 Penentuan Hasil BNJ Konsentrasi Gliserol
(Signifikansi 5%)

Perlakuan	Rata - Rata	BNJ + Rata - Rata	Simbol
M ₁	37,9538	39,1287	a
M ₂	43,2131	44,3880	b

- **Penentuan Hasil BNJ (Signifikansi 1%)**

Tabel B.35 Penentuan Hasil BNJ Konsentrasi Gliserol
(Signifikansi 1%)

Perlakuan	Rata - Rata	BNJ + Rata - Rata	Simbol
M ₁	37,9538	40,2629	a
M ₂	43,2131	45,5222	b



B.12.2.3 Interaksi Perlakuan B dan M

- Nilai BNJ_{hitung}

Tabel B.36 Nilai BNJ_{hitung} Interaksi B dan M (*Degree of Swelling*)

sd	$sd = \sqrt{\frac{KTG}{r}} = 0,4286$
Tabel BNJ 5%	3,89
BNJ_{hitung} (5%)	$BNJ_{hitung} = sd \times \text{nilai tabel BNJ}$ $= 1,6654$
Tabel BNJ 1%	6,93
BNJ_{hitung} (1%)	$BNJ_{hitung} = sd \times \text{nilai tabel BNJ}$ $= 2,9706$

- **Penentuan Hasil BNJ (Signifikansi 5%)**

Tabel B.37 Penentuan Hasil BNJ Interaksi B dan M (*Degree of Swelling*) Signifikansi 5%

Perlakuan	Rata - Rata	BNJ + Rata - Rata	Simbol
B1M1	27,1052	28,7706	a
B1M2	30,9130	32,5784	b
B2M1	38,0932	39,7586	c
B2M2	43,0837	44,7492	d
B3M1	48,6631	50,3285	e
B3M2	55,6427	57,3081	f



• **Penentuan Hasil BNJ (Signifikansi 1%)**

Tabel B.38 Penentuan Hasil BNJ Interaksi B dan M (*Degree of Swelling*) Signifikansi 1%

Perlakuan	Rata - Rata	BNJ + Rata - Rata	Simbol
B1M1	27,1052	30,0758	a
B1M2	30,9130	33,8836	b
B2M1	38,0932	41,0638	c
B2M2	43,0837	46,0543	d
B3M1	48,6631	51,6337	e
B3M2	55,6427	58,6132	f

B.13 Perhitungan Viskositas Biofilm [Viskometer]

$Viskositas = Hasil\ pembacaan\ skala \times Faktor\ Findel$

$Viskositas = 37 \times 40 = 1480\ cps$

B.14 Perhitungan Viskositas Biofilm [Metode Bola Jatuh]

B.14.1 Keterangan Bola

1. Jenis bola: bola karet
2. Massa bola: 50 gram
3. Jari – jari bola: 1,5 cm
4. Volume bola: $14,13\ cm^3$
5. Densitas bola: $3,54\ g/cm^3$



B.14.2 Penentuan Waktu (t)

Tabel B.39 Penentuan Waktu (t)

Komponen	s (cm)	t (detik)		
		I	II	III
B1M1	12	12,1	12,2	12,2
B1M2	12	13,1	13	13,1
B2M1	12	14,9	14,85	14,85
B2M2	12	15,2	15,2	15,3
B3M1	12	19	19,1	19,1
B3M2	12	20	20	20,1

B.14.3 Penentuan Kecepatan (v)

$$v = \frac{s}{t}$$

Tabel B.40 Penentuan Kecepatan (v)

Komponen	s (cm)	v (cm/s)		
		I	II	III
B1M1	12	0,99	0,98	0,98
B1M2	12	0,92	0,92	0,92
B2M1	12	0,81	0,81	0,81
B2M2	12	0,79	0,79	0,78
B3M1	12	0,63	0,63	0,63
B3M2	12	0,60	0,60	0,60



B.14.4 Penentuan Densitas

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Tabel B.41 Penentuan Densitas

Komponen	Massa (gram)	Volume (mL)	ρ (g/mL)
B1M1	180	110	1,64
B1M2	189,57	110	1,72
B2M1	193,23	100	1,93
B2M2	196	100	1,96
B3M1	198,24	100	1,98
B3M2	199,58	100	2,00

B.14.5 Penentuan Viskositas (dalam g/cms)

$$\eta = \frac{2}{9} \frac{r^2 g}{v} (\rho_{bola} - \rho_{fluida})$$

Tabel B.42 Penentuan Viskositas *Biofilm* (dalam g/cms)

Komponen	v (cm/s)			Rata - Rata	Standar Deviasi (SD)
	I	II	III		
B1M1	9,40	9,48	9,48	9,45	0,04
B1M2	9,71	9,64	9,71	9,69	0,04
B2M1	9,77	9,74	9,74	9,75	0,02
B2M2	9,80	9,80	9,86	9,82	0,04
B3M1	12,07	12,14	12,14	12,12	0,04
B3M2	12,60	12,60	12,66	12,62	0,04



B.14.6 Penentuan Viskositas (dalam cps)

1 cps = 0,01 g/cms

Tabel B.43 Penentuan Viskositas *Biofilm* (dalam cps)

Komponen	v (cm/s)			Rata - Rata	Standar Deviasi (SD)
	I	II	III		
B1M1	939,85	947,62	947,62	945,03	4,48
B1M2	970,98	963,57	970,98	968,51	4,28
B2M1	977,28	974,00	974,00	975,10	1,89
B2M2	979,77	979,77	986,21	981,91	3,72
B3M1	1207,33	1213,68	1213,68	1211,57	3,67
B3M2	1259,93	1259,93	1266,23	1262,03	3,64

B.15 Perhitungan Statistik Viskositas *Biofilm*

B.15.1 Uji Homogenitas

Tabel B.44 Uji Homogenitas Viskositas *Biofilm*

Levene Statistic	df1	df2	Sig.
.436	5	12	.815

B.15.2 Analisa Ragam ANOVA

- Signifikansi 5%

Tabel B.45 ANOVA Viskositas *Biofilm* (Signifikansi 5%)

SK	DB	JK	KT	F Hitung	F Tabel (5%)	Simbol
B	2	291204,42	145602,21	10583,4	3,89	**
M	1	3261,90	3261,89	237,097	4,75	**
BM	2	1455,21	727,61	52,89	3,89	**
Galat	12	165,09	13,76			
Total	17	1745,70				



Keterangan:

SK adalah sumber keragaman

DB adalah derajat bebas

JK adalah Jumlah Kuadrat

KT adalah Kuadrat Tengah

B adalah massa CMC yang ditambahkan

M adalah konsentrasi gliserol yang ditambahkan

** adalah simbol dari beda nyata

* adalah simbol dari tidak beda nyata

- **Signifikansi 1%**

Tabel B.46 ANOVA Viskositas *Biofilm* (Signifikansi 1%)

SK	DB	JK	KT	F Hitung	F Tabel (1%)	Simbol
B	2	1606,9043	803,4521	1457,582	6,93	**
M	1	124,4710	124,4710	225,8091	9,33	**
BM	2	7,7076	3,8538	6,9913	6,93	**
Galat	12	6,6146	0,5512			
Total	17	1745,6976				

Keterangan:

SK adalah sumber keragaman

DB adalah derajat bebas

JK adalah Jumlah Kuadrat

KT adalah Kuadrat Tengah

B adalah massa CMC yang ditambahkan

M adalah konsentrasi gliserol yang ditambahkan

** adalah simbol dari beda nyata

* adalah simbol dari tidak beda nyata



- **SPSS**

Tabel B.47 ANOVA Viskositas *Biofilm*

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Corrected Model	296412.128 ^a	5	59282.426	2193.927	.000
Intercept	20112744.04	1	20112744.04	744333.385	.000
B	291748.957	2	145874.478	5398.530	.000
M	3407.802	1	3407.802	126.116	.000
B * M	1255.370	2	627.685	23.229	.000
Error	324.254	12	27.021		
Total	20409480.43	18			
Corrected Total	296736.382	17			

a. R Squared = .999 (Adjusted R Squared = .998)

B.15.3 Uji Lanjut (Uji Beda Nyata Jujur/*Tukey Test*)

B.15.3.1 Perlakuan B

- **Nilai BNJ_{hitung}**

Tabel B.48 Nilai BNJ_{hitung} Perlakuan B (Viskositas)

sd	$sd = \sqrt{\frac{KTG}{r}} = 1,5142$
Tabel BNJ 5%	3,89
BNJ_{hitung} (5%)	$BNJ_{hitung} = sd \times \text{nilai tabel } BNJ$ = 5,8833
Tabel BNJ 1%	6,93
BNJ_{hitung} (1%)	$BNJ_{hitung} = sd \times \text{nilai tabel } BNJ$ = 10,4937



- **Penentuan Hasil BNJ (Signifikansi 5%)**

Tabel B.49 Penentuan Hasil BNJ Konsentrasi CMC (Viskositas) Signifikansi 5%

Perlakuan	Rata - Rata	BNJ + Rata - Rata	Simbol
B ₁	956,77	962,65	a
B ₂	978,51	984,39	b
B ₃	1236,80	1242,68	c

- **Penentuan Hasil BNJ (Signifikansi 1%)**

Tabel B.50 Penentuan Hasil BNJ Konsentrasi CMC (Viskositas) Signifikansi 1%

Perlakuan	Rata - Rata	BNJ + Rata - Rata	Simbol
B ₁	956,77	967,26	a
B ₂	978,51	989,00	b
B ₃	1236,80	1247,29	c

- **SPSS (Signifikansi 5%)**

Tabel B.51 Tukey Test HSD (Multiple Comparisons) Viskositas Biofilm Signifikansi 5%

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Viskositas

Tukey HSD

(I) Perlakuan B	(J) Perlakuan B	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	95% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
B1	B2	-18.255000*	3.0011748	.000	-26.261725	-10.248275
	B3	-278.733333*	3.0011748	.000	-286.740058	-270.726608
B2	B1	18.255000*	3.0011748	.000	10.248275	26.261725
	B3	-260.478333*	3.0011748	.000	-268.485058	-252.471608
B3	B1	278.733333*	3.0011748	.000	270.726608	286.740058
	B2	260.478333*	3.0011748	.000	252.471608	268.485058

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 27.021.

*. The mean difference is significant at the .05 level.



Tabel B.52 Tukey Test HSD (Subset) Viskositas Biofilm (Signifikansi 5%)

Perlakuan B	N	Subset		
		1	2	3
B1	6	958.063333		
B2	6		976.318333	
B3	6			1236.796667
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 27.021.

- a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.
- b. Alpha = .05.

• **SPSS (Signifikansi 1%)**

Tabel B.53 Tukey Test HSD (Multiple Comparisons) Viskositas Biofilm Signifikansi 1%

Multiple Comparisons

Dependent Variable: Viskositas
Tukey HSD

(I) Perlakuan B	(J) Perlakuan B	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Sig.	99% Confidence Interval	
					Lower Bound	Upper Bound
B1	B2	-18.255000*	3.0011748	.000	-28.963236	-7.546764
	B3	-278.733333*	3.0011748	.000	-289.441569	-268.025098
B2	B1	18.255000*	3.0011748	.000	7.546764	28.963236
	B3	-260.478333*	3.0011748	.000	-271.186569	-249.770098
B3	B1	278.733333*	3.0011748	.000	268.025098	289.441569
	B2	260.478333*	3.0011748	.000	249.770098	271.186569

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 27.021.

*. The mean difference is significant at the .01 level.



Tabel B.54 Tukey Test HSD (Subset) Viskositas Biofilm (Signifikansi 1%)

Perlakuan B	N	Subset		
		1	2	3
B1	6	958.063333		
B2	6		976.318333	
B3	6			1236.796667
Sig.		1.000	1.000	1.000

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on observed means.

The error term is Mean Square(Error) = 27.021.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 6.000.

b. Alpha = .01.

B.15.3.2 Perlakuan M

- Nilai BNJ_{hitung}

Tabel B.55 Nilai BNJ_{hitung} Perlakuan M (Viskositas)

sd	$sd = \sqrt{\frac{KTG}{r}} = 1,2364$
Tabel BNJ 5%	4,75
BNJ_{hitung} (5%)	$BNJ_{hitung} = sd \times \text{nilai tabel BNJ}$ $= 5,8693$
Tabel BNJ 1%	9,33
BNJ_{hitung} (1%)	$BNJ_{hitung} = sd \times \text{nilai tabel BNJ}$ $= 11,5354$

- Penentuan Hasil BNJ (Signifikansi 5%)

Tabel B.56 Penentuan Hasil BNJ Konsentrasi Gliserol (Signifikansi 5%)

Perlakuan	Rata - Rata	BNJ + Rata - Rata	Simbol
M ₁	1043,90	1049,77	a
M ₂	1070,8191	1076,69	b

- **Penentuan Hasil BNJ (Signifikansi 1%)**

Tabel B.57 Penentuan Hasil BNJ Konsentrasi Gliserol
(Signifikansi 1%)

Perlakuan	Rata - Rata	BNJ + Rata - Rata	Simbol
M ₁	1043,90	1055,43	a
M ₂	1070,8191	1082,35	b

B.15.3.3 Interaksi Perlakuan B dan M

- **Nilai BNJ_{hitung}**

Tabel B.58 Nilai BNJ_{hitung} Interaksi B dan M (Viskositas)

sd	$sd = \sqrt{\frac{KTG}{r}} = 2,1415$
Tabel BNJ 5%	3,89
BNJ _{hitung} (5%)	$BNJ_{hitung} = sd \times \text{nilai tabel BNJ}$ = 8,3202
Tabel BNJ 1%	6,93
BNJ _{hitung} (1%)	$BNJ_{hitung} = sd \times \text{nilai tabel BNJ}$ = 14,8404

- **Penentuan Hasil BNJ (Signifikansi 5%)**

Tabel B.59 Penentuan Hasil BNJ Interaksi B dan M (Viskositas)
Signifikansi 5%

Perlakuan	Rata - Rata	BNJ + Rata - Rata	Simbol
B1M1	945,0269	953,3471	a
B1M2	968,5137	976,8339	b
B2M1	975,0954	983,4156	bc
B2M2	981,9147	990,2349	cd
B3M1	1211,5651	1219,8854	e
B3M2	1262,0291	1270,3493	f

- **Penentuan Hasil BNJ (Signifikansi 1%)**

Tabel B.60 Penentuan Hasil BNJ Interaksi B dan M (Viskositas) Signifikansi 1%

Perlakuan	Rata - Rata	BNJ + Rata - Rata	Simbol
B1M1	945,0269	959,8673	a
B1M2	968,5137	983,3540	b
B2M1	975,0954	989,9356	bc
B2M2	981,9147	996,7550	cd
B3M1	1211,5651	1226,4055	e
B3M2	1262,0291	1276,8694	f

B.16 Elongasi Biofilm

B.16.1 Perhitungan Elongasi Biofilm

- **Data 1**

$$\% \varepsilon (\text{persen elongasi}) = \frac{(l - l_0)}{l_0} \times 100\%$$

$$\% \varepsilon (\text{persen elongasi}) = \frac{(2,9 - 2,5)}{2,5} \times 100\%$$

$$\% \varepsilon (\text{persen elongasi}) = 18\%$$

Dimana:

l adalah panjang akhir biofilm (cm)

l_0 adalah panjang awal biofilm (cm)

- **Data 2**

$$\% \varepsilon (\text{persen elongasi}) = \frac{(l - l_0)}{l_0} \times 100\%$$

$$\% \varepsilon (\text{persen elongasi}) = \frac{(1,8 - 1,5)}{1,5} \times 100\%$$

$$\% \varepsilon (\text{persen elongasi}) = 20\%$$

Dimana:

l adalah panjang akhir biofilm (cm)

l_0 adalah panjang awal biofilm (cm)

- **Data 3**

$$\% \varepsilon \text{ (persen elongasi)} = \frac{(l - l_0)}{l_0} \times 100\%$$

$$\% \varepsilon \text{ (persen elongasi)} = \frac{(2,38 - 2)}{2} \times 100\%$$

$$\% \varepsilon \text{ (persen elongasi)} = 19\%$$

Dimana:

l adalah panjang akhir *biofilm* (cm)

l_0 adalah panjang awal *biofilm* (cm)

B.16.2 Tabulasi Data Elongasi *Biofilm*

Tabel B.61 Elongasi *Biofilm*

<i>Biofilm</i> B3M2	Elongasi
Ulangan 1	18%
Ulangan 2	20%
Ulangan 3	19%
Rata – rata Elongasi	19% ± 0,82