



**BIONANOKOMPOSIT PATI/BCNC SEBAGAI MATERIAL
PEMBUATAN FILM INDIKATOR**

SKRIPSI

Oleh:

Mariyatul Kiftiyah

1518103010055

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER**

2020



**BIONANOKOMPOSIT PATI/BCNC SEBAGAI MATERIAL
PEMBUATAN FILM INDIKATOR**

SKRIPSI

**diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Kimia (S1)
Dan mencapai gelar Sarjana Sains**

Oleh:

Mariyatul Kiftiyah

1518103010055

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS JEMBER**

2020

PERSEMBAHAN

Skripsi yang berjudul “*Bionanokomposit Pati/BCNC sebagai Material Pembuatan Film Indikator*” ini saya persembahkan kepada:

1. Ayahanda Sriadi dan Ibunda Susiani, saudara dan orang tersayang Ike Novita Istikasari dan M. Fadlulloh Arrozaq serta seluruh keluarga besar dari ayah ibu yang senantiasa memberikan doa dan semangat, menjadi teladan terbaik untuk anaknya. Selalu memberikan nasehat agar lebih bersyukur, sabar dan tidak mudah menyerah;
2. Bapak-ibu guru di TK Muslimat NU 64, SDN Lojejer 1, SMPN 1 Wuluhan, SMA Muhammadiyah 2 Wuluhan serta dosen-dosen di Jurusan Kimia FMIPA Universitas Jember yang mendidik dengan penuh kesabaran, memberikan ilmunya dengan ikhlas, dan memberikan arahan serta nasihat yang baik;

Almamater Tercinta, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

MOTTO

“ Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagimu. Dan boleh jadi kamu mencintai sesuatu, padahal ia amat buruk bagimu. Allah maha Mengetahui sedangkan kamu tidak Mengetahui”.

(Al-Baqarah: 216)*)



*) Departemen Agama dan Proyek Pengadaan Al-Quran dan Terjemahannya.
Jakarta : PT. Bumi Restu.

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Mariyatul Kiftiyah

NIM : 151810301055

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa karya ilmiah yang berjudul "*Bionanokomposit Pati/BCNC sebagai Material Pembuatan Film Indikator*" adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini Saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 28 Januari 2020

Yang menyatakan,

Mariyatul Kiftiyah
NIM 151810301055

SKRIPSI

**BIONANOKOMPOSIT PATI/BCNC SEBAGAI MATERIAL
PEMBUATAN FILM INDIKATOR**

Oleh:

Mariyatul Kiftiyah

NIM 1518103010055

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Dr. Bambang Piluharto, S.Si., M.Si

Dosen Pembimbing Anggota : Dwi Indarti, S.Si., M.Si

PENGESAHAN

Skripsi berjudul ”*Bionanokomposit Pati/BCNC*“ karya Mariyatul Kiftiyah Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam telah diuji dan disahkan pada:

Hari, Tanggal :

Tempat : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas
Jember

Tim Penguji:

Ketua,

Dr. Bambang Piluharto, S.Si., M.Si
NIP. 197107031997021001

Anggota II,

Drs. Zulfikar, Ph.D
NIP.197107031997021001

Anggota I,

Dwi Indarti, S.Si., M.Si
NIP.19740901200032004

Anggota III,

Drs. Sudarko, Ph.D
NIP. 196903121992031002

Mengesahkan,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,

Drs. Achmad Sjaifullah, M.Sc.,Ph.D
NIP. 195910091986021001

RINGKASAN

Bionanokomposit Pati/BCNC sebagai Material Pembuatan Film Indikator;
Mariyatul Kiftiyah, 151810301055; 2020: 71 halaman; Jurusan Kimia Fakultas
Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Teknologi dalam kemasan saat ini mengalami perkembangan yang pesat. Penggabungan sensor kimia dan biosensor dalam teknologi kemasan biasanya disebut dengan *film* Indikator atau kemasan cerdas. Kemasan cerdas ini dapat berupa label/*film* yang memberikan informasi visual kepada konsumen mengenai kondisi dari suatu produk. Kemasan cerdas terdiri dari dua komponen yaitu padatan pendukung dan indikator yang sensitif terhadap perubahan pH. Padatan pendukung dapat berupa polimer sintetik dan polimer alami seperti polietilen terephthalat, PVA, pati, kitosan, pektin, dan campuran kitosan/pati jagung. Pati merupakan polimer alami yang dapat digunakan sebagai padatan pendukung atau matriks dalam pembuatan *film*. Pati seringkali digunakan sebagai material pembuatan *film* karena ketersediaannya yang melimpah, biodegradable, renewable dan murah. Namun, *film* yang dihasilkan dari pati memiliki sifat permeabilitas yang tinggi sehingga perlu penambahan *plastizicer* berupa gliserol dan BCNC sebagai *filler*. Variasi BCNC yang digunakan adalah 0%, 2%, 4%, 6% dan 8%.

Film Pati/BCNC dapat diaplikasikan menjadi *film* indikator dengan cara menambahkan antosianin sebagai warna indikatornya. Pembuatan *film* Indikator warna dilakukan menggunakan metode oles dengan penggunaan antosianin sebesar 4 mL. Penelitian ini meliputi dua tahapan yaitu : (1) Preparasi BCNC dengan menggunakan hidrolisis asam (2) pembuatan *film* Indikator. *Film* Indikator selanjutnya dikarakterisasi dengan menggunakan FTIR untuk mengidentifikasi adanya gugus dari antosianin, Laju Transmisi Uap Air (WVTR), Transmisi Optik dengan menggunakan spektrofometer Uv-Vis pada panjang gelombang 400 nm dan analisis perubahan warna *film* diberbagai pH 1-10.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada *film* indikator terdapat gugus fungsi baru pada bilangan gelombang 1654 cm^{-1} . Laju Transmisi uap air (WVTR) digunakan untuk mengetahui sifat permeabilitas dari *film* indikator, dengan rendahnya nilai WVTR maka akan meningkatkan kualitas dari film yang dihasilkan. Nilai WVTR terendah pada *film* indikator dengan konsentrasi BCNC 8% sebesar $0,0702\text{ g/jam cm}^2$. Sifat permeabilitas *film* menurun seiring dengan penambahan konsentrasi BCNC sedangkan untuk transparansi *film* indikator dianalisis menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 400 nm. Transparansi dapat diketahui berdasarkan nilai transmitannya. Rendahnya nilai transmittan menunjukkan *film* yang dihasilkan lebih transparan. *Film* indikator dengan nilai transmittan tertinggi yaitu pada variasi konsentrasi BCNC 0% dan nilai transmittan terendah pada variasi konsentrasi 8%. Hal tersebut menunjukkan bahwa penurunan transmittan terjadi seiring dengan penambahan konsentrasi BCNC. Perubahan warna *film* indikator dianalisis dengan menggunakan larutan pH 1-10. Hasil analisis visual menunjukkan dengan adanya penambahan BCNC tidak menunjukkan perubahan warna yang signifikan dan konsisten pada *film* indikator yang disebabkan oleh ukuran ketebalan *film* yang tidak seragam sehingga mempengaruhi jumlah antosianin yang tertanam pada *film*.

PRAKATA

Alhamdulillah atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul *Bionanokomposit Pati/BCNC sebagai Material Pembuatan Film Indikator*. Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan pendidikan srata satu (S1) pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan terimakasih kepada:

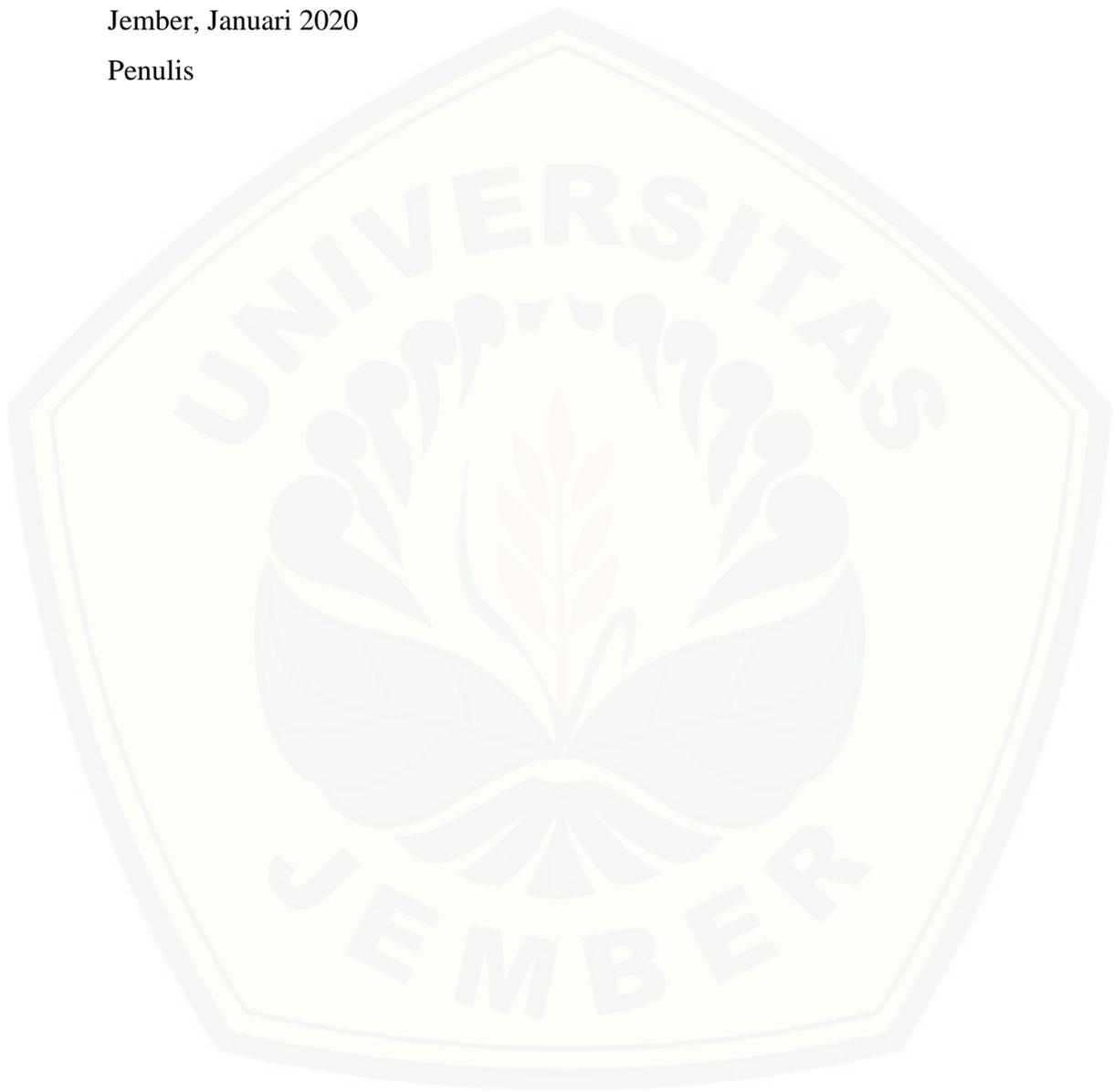
1. Drs. Sujito, Ph.D., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
2. Dr. Bambang Pilharto, S.Si., M.Si., selaku ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
3. Kepala Laboratorium Kimia Fisik, Kimia Analitik, Kimia Organik Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember;
4. Dr. Bambang Piluharto, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Utama dan Dwi Indarti, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Anggota yang telah meluangkan waktu, tenaga, pikiran, kasih sayag serta doa dalam membimbing dengan penuh kesabaran untuk menyelsaikan penulisan skripsi ini;
5. Drs.Zulfikar, Ph.D., selaku Dosen Penguji I dan Drs. Sudarko, Ph.D., selaku Dosen Penguji II yang telah meluangkan waktunya untuk mneguji serta memberikan kritik dan saran demi kesempurnaan skripsi ini;
6. Yudi Sulisty, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing, memberikan nasihat dan arahan serta kritikan bagi penulis selama menjadi mahasiswa
7. Rekan team kimia fisik Nanoselulosa yaitu Yayuk Sri Wahyuni, Suci Aulia dan Nurul Hidayati yang selalu bekerjasama untuk terselesainya penelitian dengan baik;
8. Keluarga, sahabat, teman-teman Crypthon 2015, anak-anak G1 Al-Husna yang selalu memberikan dukungan selama masa kuliah hingga studi penulis terselesaikan dengan baik

9. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu

Akhirnya penulis berharap, semoga setiap kalimat yang ada dalam skripsi ini dapat bermanfaat bagi ilmu pengetahuan. Aamiin

Jember, Januari 2020

Penulis



DAFTAR ISI

PERSEMBAHAN	iii
MOTTO	iv
PERNYATAAN	v
PENGESAHAN	vii
RINGKASAN	viii
PRAKATA	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	17
1.1 Latar Belakang	17
1.2 Rumusan Masalah	18
1.3 Batasan Masalah.....	19
1.4 Tujuan.....	19
1.5 Manfaat penelitian	19
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	20
2.1 Bionanokomposit.....	20
2.2 Selulosa	21
2.2.1 Selulosa Bakterial	21
2.2.2 Nata De Coco.....	22
2.3 Nanoselulosa	23
2.4 Kemasan cerdas	24
2.5 Pati.....	26
2.5 Antosianin	27
2.6 Gliserol	30
2.7 Karakterisasi <i>film</i>	31
2.7.1 Fourier Transmission Infra Red (FTIR).....	31
2.7.2 Spektrofotometer UV-Vis.....	32

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	33
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	33
3.2 Alat dan Bahan	33
3.2.1 Alat.....	33
3.2.2 Bahan	33
3.3 Diagram Alir penelitian.....	34
3.4 Prosedur Penelitian.....	35
3.4.1 Pemurnian Nata de Coco	35
3.4.2 Hidrolisis BC	35
3.4.3 Pembuatan <i>film</i> pati	36
3.4.4 Pembuatan <i>film</i> indikator.....	37
3.4.5 Ekstraksi antosianin dari kubis merah	38
3.4.6 Karakterisasi <i>film</i> Indikator	38
3.4.7 Preparasi Larutan Sediaan	39
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1 Pengaruh BCNC Terhadap Gugus Fungsi <i>film</i> Indikator.....	44
4.2 Laju Transmisi Uap Air (Water Vapour Transmission Rate)	46
4.3 Transparansi Film Bionanokomposit pati/BCNC	48
4.4 Perubahan Warna <i>Film</i> Indikator pada Berbagai Variasi pH.....	49
BAB 5. KESIMPULAN	52
5.1 Kesimpulan.....	52
5.2 Saran.....	52
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN.....	59

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sifat fisik nata de coco dari berbagai sumber nitrogen.....	22
Tabel 3. 1 Komposisi pembuatan film bionanoakomposit pati/BCNC.....	37

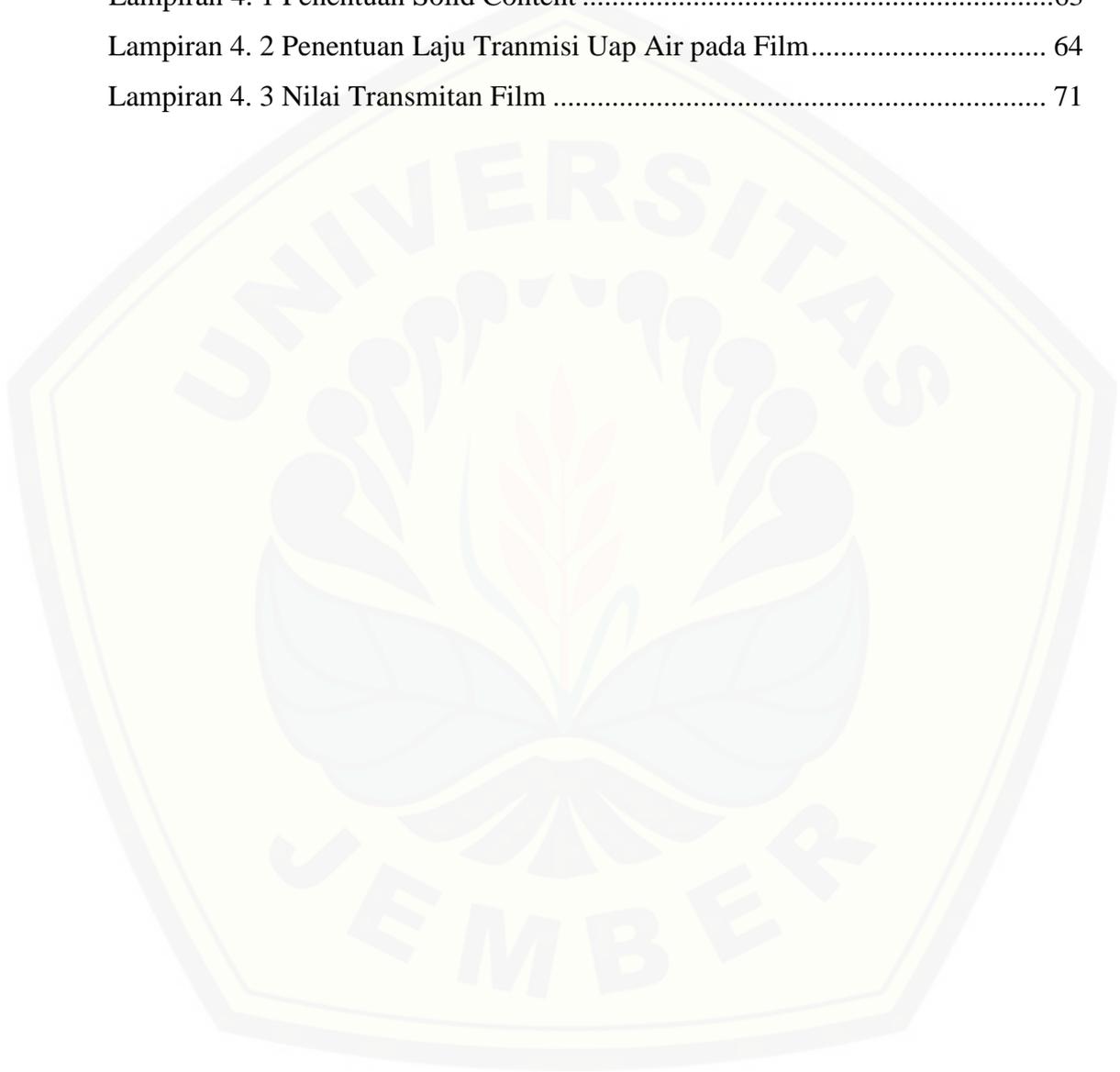


DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Struktur Kimia Amilosa	26
Gambar 2. 2 Struktur Kimia Antosianin	27
Gambar 2. 3 Perubahan warna antosianin dari wortel ungu pada berbagai pH	29
Gambar 2. 4 Perubahan warna antosianin dari bunga mawar pada berbagai pH..	29
Gambar 2. 5 Struktur Kimia Gliserol	30
Gambar 4. 1 Hasil preparasi <i>Bacterial Cellulose</i>	41
Gambar 4. 2 Hasil preparasi nanoselulosa (BCNC)	42
Gambar 4. 3 Mekanisme hidrolisis selulosa menjadi nanoselulosa.....	43
Gambar 4. 4 Film standar dan Film indikator dengan antosianin.....	44
Gambar 4. 5 Spektrum FTIR Film Indikator pada Berbagai Konsentrasi	44
Gambar 4. 6 FTIR BCNC murni, film Standar dan Film Indikator 2% dan 8% .	45
Gambar 4. 7 Histogram hasil pengukuran Laju Transmisi Uap Air	47
Gambar 4. 8 Nilai transmittan pada film standar dan film bionanokomposit.....	48
Gambar 4. 9 Perubahan warna film bionanokomposit pada pH 1-10.....	50

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 3. 1 Preparasi Larutan	59
Lampiran 4. 1 Penentuan Solid Content	63
Lampiran 4. 2 Penentuan Laju Tranmisi Uap Air pada Film.....	64
Lampiran 4. 3 Nilai Transmitan Film	71



BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pengembangan sensor kimia dan biosensor belakangan ini telah banyak diteliti. Salah satunya pengaplikasian dalam bidang teknologi makanan. Penggabungan sensor tersebut ke dalam teknologi kemasan telah menghasilkan *film* indikator atau disebut dengan *smart packaging* (Kuswandi *et al.*, 2011). Kemasan cerdas (*smart packaging*) dapat berupa label/*film* yang akan memberikan informasi visual secara langsung kepada konsumen mengenai kondisi produk (Haris, 2015). Secara umum, kemasan cerdas memiliki dua komponen yaitu padatan pendukung (*solid support*) dan indikator yang sensitif terhadap perubahan lingkungan (suhu, pH, dan kelembapan) (Golasz *et al.*, 2013).

Padatan pendukung biasanya berupa polimer sintetik dan alami seperti polietilen terephthalat, PVA, pati, kitosan, pektin, campuran kitosan/tepung jagung dan metil selulosa (Pourjavaher *et al.*, 2016). Pati merupakan salah satu polimer alami yang berpotensi sebagai padatan pendukung pada *film indikator*. Pati sering digunakan sebagai bahan baku pembuatan *edible film* karena ketersediaannya yang melimpah di alam, mudah didegradasi (*biodegradable*), ekonomis dan murah (Handito, 2011). *Film* berbasis pati juga diketahui memiliki kekurangan seperti sifat permeabilitasnya yang rendah (Agustin *et al.*, 2014). Untuk mengatasi masalah ini biasanya digunakan *plasticizer* yaitu gliserol (Lismawati, 2017) dan *filler* untuk memodifikasi dan memperbaiki sifat-sifat *film* yang dihasilkan (Agustin *et al.*, 2014).

Belakangan ini penggunaan *filler* berbasis nanopartikel telah banyak dikembangkan, salah satunya adalah CNC (Cellulose Nanocrystals). Menurut Singhsa (2018), CNC digunakan sebagai *filler* karena memiliki luas permukaan yang tinggi. Agustin *et al* (2014) telah mensintesis bioplastik dari pati dengan selulosa nanokristal (CNC). Berdasarkan penelitian tersebut diketahui bahwa penambahan CNC dapat menurunkan nilai *moisture uptake* atau permeabilitas dari *film* dengan hasil terbaik pada komposisi pati dengan CNC sebesar 5%.

Penelitian yang serupa juga dilakukan oleh Carvalho *et al* (2017) yang menyatakan bahwa penambahan nanopartikel dapat menurunkan nilai transmittan.

Sifat-sifat CNC dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis asam, kondisi selama proses hidrolisis dan sumber selulosa (Agustin *et al.*, 2014). Sedangkan untuk sumber selulosa dapat diperoleh dari *bacterial cellulose* (BC), dimana *bacterial cellulose* ini dapat dimodifikasi menjadi BCNC (*Bacterial Cellulose Nanocrystals*) dengan menggunakan hidrolisis asam (Singhsa *et al.*, 2013). Menurut Pourjavaher *et al* (2016) Penambahan *filler* nanopartikel pada *film* memudahkan indikator warna dapat tertanam atau masuk dalam jaringan BCNC karena porositas dan permukaannya yang lebih luas.

Pembuatan *film* pati/BCNC dapat diaplikasikan menjadi label/*film* indikator kebusukan makanan dengan memasukkan indikator warna yang sensitif terhadap perubahan lingkungan seperti perubahan pH. Salah satu sumber pewarna sebagai indikator adalah senyawa antosianin. Antosianin merupakan pigmen alami yang umumnya diperoleh pada tanaman yang berwarna merah dan ungu (Yusuf *et al.*, 2018). Antosianin memiliki sifat larut dalam air dan tidak stabil terhadap perubahan pH (Nurhasanah, 2016). Pembuatan *film* indikator warna dilakukan menggunakan metode oles dengan penggunaan zat warna antosianin sebesar 4 mL.

Berdasarkan uraian di atas, maka akan dilakukan penelitian tentang pembuatan *film* indikator pH dengan memanfaatkan pati/BCNC sebagai padatan pendukung dan antosianin sebagai zat pewarna indikator. Dalam penelitian ini kandungan BCNC dalam *film* digunakan untuk mengkaji sifat-sifat dari *film* yang dihasilkan. *Film* yang dihasilkan dianalisis dengan menggunakan uji FTIR, Laju transmisi uap air (WVTR), sifat optik dengan menggunakan spektrofotometri UV-Vis dan analisis visualisasi perubahan pH.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana pengaruh penambahan variasi konsentrasi BCNC terhadap laju transmisi uap air dan gugus fungsi *film* Indikator?
2. Bagaimana pengaruh konsentrasi *Bacterial Cellulose Nanocrystals* (BCNC) terhadap sifat optik dan visualisasi *film* indikator pada berbagai pH?

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Metode yang digunakan dalam pembuatan *film* indikator adalah metode oles atau coating
2. Antosianin yang digunakan sebanyak 4 mL
3. *Plasticizer* yang digunakan adalah gliserol sebanyak 1,5 mL
4. Selulosa yang digunakan adalah *Bacterial Cellulose Nanocrystals* (BCNC)
5. Variasi *Bacterial Cellulose* yang digunakan adalah 0%; 2%, ; 4%, 6%, dan 8% (b/b)
6. Struktur kimia *film* diamati dengan menggunakan uji FTIR dan daya serap kelembapan *film* indikator dapat dianalisis dengan WVTR
7. Sifat optik dapat dianalisis dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis sedangkan visualisasi perubahan warna dapat dianalisis dengan uji analisis perubahan pH

1.4 Tujuan

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh penambahan variasi konsentrasi BCNC terhadap laju transmisi uap air dan gugus fungsi *film* indikator
2. Mengetahui pengaruh konsentrasi *Bacterial Cellulose Nanocrystals* (BCNC) terhadap sifat optik dan visualisasi *film* indikator pada berbagai pH

1.5 Manfaat penelitian

Penelitian ini diharapkan sebagai salah satu material pembuatan kemasan cerdas berupa *film* indikator yang nantinya dapat digunakan untuk memantau atau memonitoring penurunan mutu dari suatu produk makanan.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bionanokomposit

Bionanokomposit merupakan material generasi baru pada bidang ilmu pengetahuan material dan teknologi nano. Bionanokomposit dapat didefinisikan sebagai gabungan dari matriks polimer alami yang disintesis dari bahan organik/anorganik dan memiliki ukuran nano (Nuryeti *et al.* 2012). Polimer nanokomposit merupakan gabungan antara senyawa polimer dengan *filler* senyawa organik atau anorganik dalam bentuk geometri tertentu (seperti bentuk serat/*fiber*, flakes, *spheres* dan *particulate*). Apabila *filler* atau bahan pengisinya mengandung partikel nano maka akan menghasilkan bahan matriks komposit nano polimerik (Alexandre dan Dubois, 2000). Polimer nanokomposit memiliki interaksi yang lebih antara senyawa (bahan) polimer dengan bahan pengisinya (*filler*) daripada komposit konvensional, karena larutan dispersi yang berada di dalamnya terdapat partikel nano yang seragam sehingga luas area semakin besar dan akibatnya akan mengubah sifat mobilitas atau pergerakan molekuler, sifat termal dan mekanis materialnya (Luduena *et al.*, 2007).

Nanokomposit juga dapat didefinisikan sebagai struktur padat dengan dimensi berskala nanometer yang berulang pada jarak antar bentuk penyusun struktur yang berbeda. Material-material nanokomposit terdiri atas padatan anorganik yang tersusun atas komponen organik. Selain itu, material nanokomposit dapat pula terdiri atas dua atau lebih molekul anorganik/ organik dalam beberapa bentuk kombinasi dengan pembatas antar keduanya minimal satu molekul atau memiliki ciri berukuran nano. Contoh nanokomposit yang ekstrim adalah media berporos, koloid, gel dan kopolimer (Hadiryawarman *et al.*, 2008)

Menurut Sisworo (2009) material komposit merupakan kombinasi antara dua material atau lebih yang secara makroskopis berbeda bentuk dan komposisi atau komponen kimianya, serta tersusun dari matrik sebagai pengikat dan filler sebagai penguat sehingga akan menghasilkan material baru yang lebih baik dari material penyusunnya. Komposit disusun dari minimal dua komponen yaitu matrik dan penguat (*filler*). *Filler* sendiri dapat berupa struktur, partikel atau serat

yang berfungsi sebagai penguat. Nanokomposit adalah material yang dibuat dengan menambahkan nanopartikel sebagai *filler* dalam sebuah matriks (Marpaung *et al*, 2015).

2.2 Selulosa

Selulosa merupakan salah satu polimer alami yang terdiri dari 1000-1500 unit glukosa yang terikat dengan ikatan β -1,4-glikosida dengan rumus struktur $(C_6H_{10}O_5)_n$, dimana C-1 pada setiap glukosa berikatan dengan C-4 pada glukosa selanjutnya (Moon *et al*, 2011). Selulosa memiliki sifat kimia yang tahan terhadap alkali kuat (17.5% berat) tetapi dengan mudah terhdrolisis dengan asam menjadi gula yang akan larut dalam air dan selulosa relatif tahan terhadap agen pengoksida dengan ketahanan panas serat selulosa yaitu mencapai suhu 211-280 °C tergantung pada jenis seratnya (Suryanto, 2015).

2.2.1 Selulosa Bakterial

Selulosa bakteri merupakan selulosa yang diproduksi oleh bakteri asam asetat dan memiliki beberapa kelebihan dibandingkan dengan selulosa yang berasal dari tumbuhan. Kelebihan tersebut antara lain memiliki kemurnian yang tinggi dan kemampuan degradasi yang tinggi. Selulosa bakterial juga memiliki kandungan air yang tinggi (98-99%), bersifat non-alergenik, dan dapat disterilisasi tanpa menyebabkan perubahan karakterisasinya (Ciechańska, 2004).

Selulosa bakteri dapat dikembangkan dengan starter *Acetobacter xlynum*. Bakteri tersebut dapat diperoleh dari dekstrin pati jagung atau pati jagung sebagai material pengikat yang dikeringkan dalam oven selama 24 jam. Selulosa bakteri dapat dipreparasi dari limbah buah-buahan yang berupa kulit nanas, tomat dan pisang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa amonium hidrosfosfat sebagai sumber senyawa nitrogen dalam pembuatan (Priyo *et al.*, 2000). Selulosa bakteri juga dapat diaplikasikan kedalam dunia medis, diantaranya untuk memberikan perawatan pada penderita ginjal, sebagai substitusi dalam perawatan luka bakar. Selulosa bakteri dapat dimodifikasi menjadi *Bacterial Cellulose Nanocrystals* (BCNC) dengan menggunakan metode hidrolisis asam, yang nantinya dapat diaplikasikan menjadi kemasan cerdas (Sanghsa *et al.*, 2018).

2.2.2 Nata De Coco

Nata de coco merupakan salah satu produk pangan yang merupakan *dietary fiber*. Nata adalah polisakarida yang bentuknya menyerupai gel dan terapung dipermukaan yang dihasilkan oleh proses fermentasi air kelapa dengan bantuan bakteri *Acetobacter xylinum*. Sifat fisik nata de coco dari berbagai sumber nitrogen dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2. 1 Sifat fisik nata de coco dari berbagai sumber nitrogen

Sumber Nitrogen	Yield (%)	Ketebalan (mm)	Moisture (%)
Urea	87,36±2,57 ^a	8,60±0,91 ^a	80,75±10,37 ^b
ZA	83,27±1,17 ^{a,b}	9,16±0,98 ^a	87,74±6,96 ^a
Yeast Ekstrak	77,42±5,62 ^b	8,92±0,70 ^a	89,53±5,10 ^a

(Hamad dan Kristiono, 2013).

Pertumbuhan *Acetobacter xylinum* dalam medium yang cocok seperti air kelapa akan menghasilkan massa berupa selaput tebal pada permukaan medium, selaput tersebut mengandung 35-62% selulosa. Lapisan tebal pada permukaan medium tersebut merupakan hasil akumulasi polisakarida ekstraseluler (Nata) (Hamad dan Kristiono, 2013). Nata de coco disusun oleh jaringan yang struktur kimianya seperti selulosa dari tumbuhan tingkat tinggi (Iguchi *et al*, 2000).

Selama proses fermentasi, karbondioksida akan dihasilkan oleh bakteri *Acetobacter xylinum* sebagai hasil dari metabolisme (Hamad dan Kristiono, 2013). Nata dapat terapung disebabkan karbondioksida yang dihasilkan oleh *Acetobacter xylinum* tersebut menempel pada serat-serat polisakarida ekstraseluler (Majesty *et al*, 2015). Lapisan tipis *nata* mulai terlihat setelah terjadi proses inkubasi selama 24 jam yang bersamaan dengan proses penjernihan cairan pada bagian bawah *nata* (Rizal *et al*, 2013). Menurut Rizal *et al* (2013) menjelaskan bahwa besarnya serat yang dihasilkan dipengaruhi oleh aktifitas bakteri, sedangkan aktifitas bakteri dipengaruhi oleh bahan baku yang digunakan dalam media fermentasi, salah satunya adalah gula.

2.3 Nanoselulosa

Selulosa dihidrolisis dengan menggunakan asam menjadi nanoselulosa. Nanoselulosa bersifat biodegradabel, dan luas permukaannya yang besar (Klemm *et al*, 2011). Nanoselulosa dapat diaplikasikan dalam berbagai bidang seperti pada bidang industri sebagai penguat kertas, industri kemasan untuk penguat kemasan, bidang pangan sebagai pengental dan untuk menstabilkan suspensi pangan dan dalam industri farmasi biasa digunakan sebagai bahan perban dan tablet obat (Klemm *et al*, 2011). Selain itu nanoselulosa juga digunakan sebagai polimer dengan kualitas yang baik dan untuk mendegradasi material dan pengental dispersi (Ioelovich, 2012). Nanoselulosa merupakan suatu materi yang berukuran nano dan dapat diperbaharui dalam berbagai aplikasi seperti pada bidang biomedis, farmasi, makanan dan industri. Hidrolisis asam digunakan untuk menstabilkan nanopartikel. Nanoselulosa yang diperoleh dari proses hidrolisis dengan menggunakan asam dari α -selulosa, diklasifikasikan dalam nanomaterial (Habibi *et al.*, 2010). Berdasarkan keunggulan-keunggulan yang dimiliki oleh nanoselulosa ini telah berhasil ditambahkan ke berbagai polimer alami dan sintetis serta telah digunakan untuk memodifikasi sifat komposit (optik, termal dan penghalang). Menurut Mohanraj dan Chen (2006) mendefinisikan bahwa nanopartikel merupakan partikel terdispersi yang memiliki ukuran 100 - 1000 nm.

Selulosa dapat didegradasi menjadi nanoselulosa dengan beberapa metode. Seperti mekanik (homogenisasi dengan tekanan tinggi dan sonikasi), secara biologi (enzimatik dan mikroorganisme) dan perlakuan kimiawi (hidrolisis asam dan oksidasi). Salah satu metode yang sering digunakan adalah hidrolisis asam. Menurut Lee *et al* (2014) mengatakan bahwa dengan hidrolisis asam akan memecah ikatan β -1,4 glikosidik daerah amorf pada selulosa. Metode hidrolisis merupakan metode yang efektif karena energi yang dibutuhkan rendah. Menurut Lee *et al* (2014), hasil nanoselulosa yang disintesis dengan metode hidrolisis asam dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti sumber selulosa, jenis asam, konsentrasi asam, waktu reaksi dan suhu dari hidrolisis.

Jenis asam yang sering digunakan dalam sintesis nanoselulosa adalah asam sulfat dan asam klorida, namun dispersibilitas nanoselulosa yang diperoleh dari

kedua jenis asam ini berbeda yang disebabkan kelimpahan dari gugus sulfat pada permukaan. Metode hidrolisis dengan menggunakan asam sulfat menghasilkan nanoselulosa yang mudah terdispersi dalam air dibandingkan dengan nanoselulosa yang dihasilkan dengan menggunakan metode hidrolisis dengan asam klorida (Peng, 2011). Hidrolisis dengan menggunakan asam klorida menunjukkan stabilitas koloid yang rendah dan tidak bermuatan sedangkan hidrolisis dengan menggunakan asam sulfat akan menghasilkan nanoselulosa yang bermuatan negatif (Klemm *et al.*, 2011).

Proses hidrolisis asam dipengaruhi oleh penggunaan konsentrasi asam. Hosseinidoust (2015) menjelaskan bahwa dengan adanya muatan pada permukaan nanoselulosa menjadi salah satu faktor penting yang dapat mempengaruhi kinerja suatu nanopartikel. Gugus $-OSO_3^-$ pada nanoselulosa dipengaruhi oleh waktu hidrolisis dan konsentrasi dari asam sulfat yang diperlukan. Konsentrasi asam sulfat yang semakin besar maka akan menyebabkan gugus yang bermuatan pada nanoselulosa akan semakin besar pula, namun jika konsentrasinya terlalu besar akan menurunkan kekristalannya. Sintesis nanoselulosa dari mikrokristal selulosa dengan penggunaan asam sulfat sebesar 57-60% (w/w) pada suhu 45-50 °C menghasilkan nanoselulosa berukuran 150-200 x 10-20 nm.

2.4 Kemasan cerdas

Kemasan cerdas (*smart packaging*) dapat berupa label/*film* yang akan memberikan informasi visual secara langsung kepada konsumen mengenai kondisi produk (Haris, 2015). Kemasan cerdas dapat memberikan informasi kepada konsumen dengan menghasilkan sensor kimia dan biosensor. Melalui kedua sensor tersebut akan memudahkan konsumen untuk memantau kualitas dan keamanan produk selama penyimpanan dan kualitas tersebut akan diinformasikan kepada konsumen. Pengembangan aplikasi sensor kemasan cerdas terus menerus dilakukan. Pengembangan yang tengah dilakukan adalah kemasan cerdas dalam bentuk film dengan tambahan warna sebagai indikator (Setiautami, 2013).

Menurut Pacquit *et al* (2008) TTI (Time Temperature Integrators) dan FQI (Food Quality Indicators) merupakan dua jenis indikator yang digunakan untuk

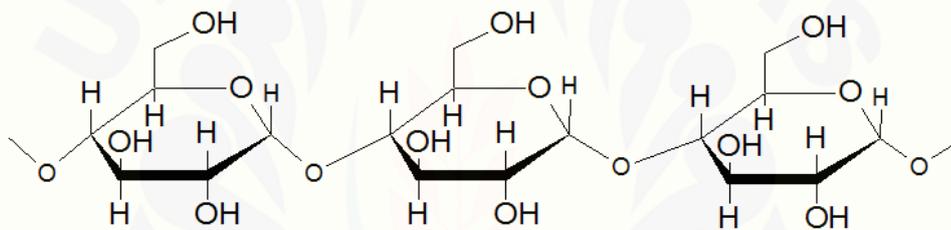
mendeteksi makanan non-destruktif. Kedua indikator ini memiliki prinsip kerja sebagai colorimetric dengan melihat perubahan warna yang disebabkan menurunnya mutu produk di dalam kemasan. Cara kerja dari kedua jenis indikator ini berdasarkan prinsip kimia. TTI dan FQI memiliki perbedaan yaitu TTI memperlihatkan perubahan warna yang disebabkan dari efek perubahan suhu akibat reaksi antara reaksi kimia produk dengan indikator sedangkan FQI bereaksi pada perubahan secara kimiawi atau biologi yang ditemukan pada kemasan yang menandakan rusaknya suatu produk. Indikator jenis TTI memiliki kelemahan tidak dapat dapat memberikan indikasi kualitas sebenarnya pada produk. FQI memiliki prinsip pada perhitungan nilai amina dalam ikan. Nilai pH daging ikan meningkat sebagai akibat kadar amina pada daging ikan meningkat. Perubahan pH ini dideteksi oleh pewarna pH yang bertindak sebagai indikasi dari mutu daging ikan (Pacquit *et al.*, 2008).

Kemasan cerdas merupakan inovasi dalam pengemasan pangan segar yang dapat memberikan informasi secara aktual mengenai kondisi produk pangan dalam kemasan. Umumnya, smart packaging berwujud label tipis yang diletakkan di bagian permukaan yang menampilkan keterangan bahan terkemas dalam bentuk *film* indikator berwarna yang dapat berubah sesuai dengan kondisi aktual produk. Adanya penggunaan smart packaging kemasan pangan segar (Yusuf *et al.*, 2018). Kemasan cerdas memanfaatkan sensor kimia atau biosensor dalam memantau kualitas dan keamanan dari produsen ke konsumen. Teknologi ini dapat menghasilkan berbagai desain sensor yang cocok untuk pemantauan kualitas dan keamanan pangan (patogen, kebocoran, oksigen, kesegaran, waktu, suhu dan pH) (Setiautami, 2013).

Menurut Haris (2015) metode oles ini dipilih disebabkan polimer yang berupa larutan encer memiliki rantai bebas bergerak sehingga kemungkinan terbentuk konfigurasi rantai yang beragam, sedangkan polimer dalam bentuk padat memiliki rantai tidak teratur sehingga gerakan dan konfigurasinya terbatas sehingga ketika pewarna dioleskan pada film yang sudah dalam bentuk lembaran menghasilkan film dengan warna yang lebih stabil dibandingkan ketika pewarna dicampurkan dalam larutan film yang berbentuk cair.

2.5 Pati

Pati merupakan salah satu polimer alami yang banyak digunakan pada pembuatan bioplastik. Pati mengandung zat tepung dari karbohidrat dengan suatu polimer senyawa glukosa yang terdiri dari dua komponen utama yaitu amilosa dan amilopektin (Akbar *et al.*, 2013). Adapun kadar amilosa pada tepung tapioka berkisar antara 12,28% sampai 27,38% sedangkan kadar amilopektin antara 72,61% sampai 87,71%. Pati terdiri dari dua fraksi yang dapat dipisahkan dengan air panas. Fraksi tersebut adalah amilosa dan amilopektin. Amilosa merupakan rantai linier polisakarida yang besar, dimana unit-unit β -D glukopiranosanya dihubungkan dengan ikatan α -(1 \rightarrow 4) (Wahyuningtyas, 2015). Struktur amilosa dapat dilihat pada Gambar 2.1



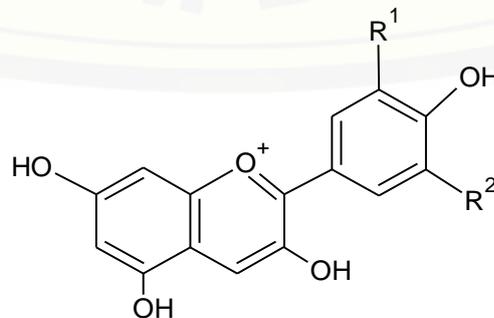
Gambar 2. 1 Struktur Kimia Amilosa (Eliasson, 2004).

Pati banyak digunakan dalam pembuatan material *biodegradable* karena sifatnya yang ramah lingkungan, *renewable*, ketersediannya yang sangat melimpah, prosesnya tergolong mudah dan ekonomis. Salah satu sumber pati adalah jagung dengan komposisi pati sebesar 70% dari bobot biji (Kasmawati,2018). Komponen karbohidrat lain adalah gula sederhana yaitu glukosa, sukrosa dan fruktosa hanya 1%-3% dari bobot biji jagung. Pati telah banyak digunakan sebagai bahan biopolimer yang mampu membentuk matriks dalam pembuatan *edible film*. Laohakunjit dan Noomhorm (2004) telah melakukan penelitian dengan membuat bioplastik dari tepung beras dan singkong dengan penambahan gliserol dan sorbitol sebagai *plastizier*. Plastik yang terbuat dari pati singkong dan diberi *plastizier* gliserol memiliki sifat yang transparan, homogen, mudah dibawa dan jernih

Menurut Lismawati (2017) pati yang mengandung amilosa yang tinggi akan membuat *film* menjadi lebih kompak karena amilosa bertanggung jawab terhadap pembentukan matriks *film* dan menghasilkan lapisan tipis *film*. Amilosa merupakan komponen utama dalam pati yang berperan dalam peristiwa gelatinasi yaitu pengelompokkan molekul-molekul pati melalui pembentukan ikatan-ikatan hidrogen pada gugus hidroksil intermolekuler antar rantai molekul amilosa sehingga menghasilkan gel yang kuat sehingga *edible film* yang terbentuk akan lebih lentur dan fleksibel sedangkan amilopektin berperan sebagai pengental. Darni *et al* (2014) melakukan penelitian tentang sintesis bioplastik berbasis pati sorgum dengan penambahan selulosa dari rumput laut *Eucheuma Spinosum*. Berdasarkan penelitian tersebut diketahui bioplastik yang dihasilkan dapat terdegradasi dalam waktu 14-28 hari. Selain itu, *film* bioplastik tanpa selulosa memiliki waktu kelarutan yang lebih lama dari *film* bioplastik dengan penambahan selulosa karena *film* bioplastik diketahui memiliki gugus hidroksil (O-H).

2.5 Antosianin

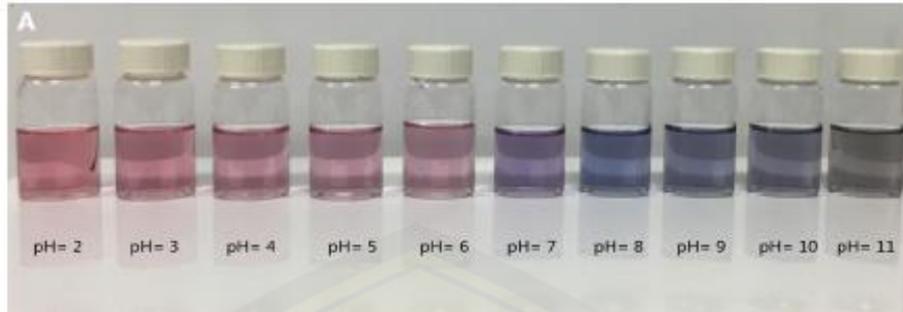
Antosianin secara kimia merupakan turunan dari struktur aromatik tunggal yaitu sianidin dan semuanya terbentuk dari pigmen sianidin dengan penambahan atau pengurangan gugus hidroksil, metilasi dan glikosilasi (Harboune, 2005). Antosianin merupakan metabolit sekunder dari famili flavonoid, dalam jumlah yang besar ditemukan dalam buah-buahan dan sayur-sayuran (Supriyono, 2008). Struktur kimia dari antosianin dapat dilihat pada gambar 2.2



Gambar 2. 2 Struktur Kimia Antosianin (Giusti dan Wrolstad, 2003).

Antosianin adalah kelas senyawa flavonoid yang secara luas terbagi dalam polifenol tumbuhan. Flavonol, flavan-3-ol, flavon, flavanono dan flavonol adalah kelas dari flavonoid yang berbeda dalam oksidasi antosianin. Flavonoid kuning pucat atau tidak berwarna (Sundari, 2008). Antosianin adalah pewarna alami dengan warna bervariasi dari merah, ungu, biru dan kuning tergantung pada nilai pH lingkungannya. Suhu, pH dan cahaya merupakan beberapa faktor yang dapat mempengaruhi stabilitas warna dari antosianin (Mahmudatus'adah *et al.*, 2014). Antosianin juga tergolong senyawa flavonoid yang memiliki fungsi sebagai antioksidan alami (Madhavi *et al.*, 1996). Penelitian yang memanfaatkan senyawa antosianin sebagai zat warna indikator telah banyak dilakukan seperti pada penelitian Haris (2015) pembuatan label cerdas dengan memanfaatkan ekstrak kubis merah sebagai indikator warna, penelitian Nurhasanah (2016) memanfaatkan antosianin dari kulit buah manggis sebagai zat warna indikator pada plastik biosensor, dan Yusuf *et al* (2018) dengan menggunakan antosianin dari kubis merah sebagai indikator pada kemasan cerdas.

Antosianin dalam medium air, memiliki empat bentuk struktur kesetimbangan yaitu basa quinonoidal berwarna ungu, kation flavium berwarna merah, basa karbinol/hemiasetal/pseudobasa dan kalkon yang tidak berwarna. Bentuk kesetimbangan ini dipengaruhi oleh pH. Pada pH rendah ($\text{pH} < 2$), struktur kation flavium (merah) dominan. Pada pH 3-6 struktur kation flavilium mengalami serangan nukleofilik oleh molekul air menghasilkan struktur basa karbinol/hemiasetal (tidak berwarna). Selanjutnya struktur basa karbinol/hemiasetal yang terbentuk ini dapat mengalami kesetimbangan tautomerik (kesetimbangan antara bentuk keto dan enol) menghasilkan struktur kalkon (tidak berwarna). Pada pH yang lebih tinggi ($\text{pH} 6-8$) terjadi reaksi deprotonasi menghasilkan struktur basa quinonoidal (ungu). Peningkatan pH lebih lanjut ($\text{pH} > 10$) akan mengakibatkan terjadinya reaksi deprotonasi lanjutan pada basa quinonoidal (ungu) menghasilkan struktur basa quinonoidal terionisasi (biru) (Catrien, 2009). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Moradi *et al* (2019) antosianin yang di ekstrak dari wortel ungu didapatkan perubahan warna seperti Gambar 2.3



Gambar 2. 3 Respon perubahan warna antosianin dari wortel ungu pada berbagai pH

Perubahan antosianin terjadi dari warna merah pada pH 2 kemudian pada rentang pH 3-6 mulai terjadi transisi warna yang awalnya merah menjadi merah keunguan. Pada pH 7 berwarna ungu dan pada peningkatan pH lebih lanjut akan berubah menjadi warna biru. Penelitian yang serupa juga dilakukan oleh Wahyuningsih *et al* (2016) yang mengekstrak antosianin dari bunga mawar dan didapatkan perubahan warna antosianin seperti Gambar 2.4

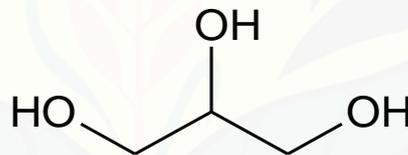


Gambar 2. 4 Respon perubahan warna antosianin dari bunga mawar pada berbagai pH

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada Gambar (2.3) memiliki perubahan warna yang lebih tajam dan jelas dibandingkan dengan Gambar (2.4). Hal ini disebabkan antosianin yang diekstrak dari sumber tanaman yang berbeda menyebabkan kandungan dan konsentrasi antosianin yang berbeda pula. Pada penelitian Wahyuningsih *et al* (2016) pada pH 2 antosianin memiliki warna yang merah kemudian memudar hingga pada pH 5. Pada pH 6-7 warna antosianin berubah menjadi merah keunguan kemudian mengalami transisi warna ungu menjadi biru pada pH 8-11.

2.6 Gliserol

Plasticizer merupakan zat non volatil, memiliki titik didih yang tinggi, dapat merubah struktur dimensi objek dan menurunkan ikatan rantai antar protein (Murni *et al.*, 2013). *Plasticizer* yang baik seharusnya bersifat *inert* (stabil), tidak merubah warna polimer, tidak terdegradasi oleh panas dan cahaya dan tidak menyebabkan korosi. Gliserol merupakan salah satu jenis *plasticizer* yang banyak digunakan. Gliserol cukup efektif digunakan untuk meningkatkan sifat plastis *film* karena memiliki berat molekul yang kecil (Huri dan Nisa, 2014). Gliserol efektif digunakan sebagai *plasticizer* pada *film* hidrofilik, seperti *film* berbahan dasar pati, gelatin, pektin dan karbohidrat lainnya termasuk kitosan. Penambahan gliserol akan menghasilkan *film* yang lebih fleksibel dan halus. Gliserol merupakan molekul hidrofilik yang relatif kecil dan dapat dengan mudah disisipkan di antara rantai protein dan membentuk ikatan hidrogen dengan amida. Gliserol dapat meningkatkan pengikatan air pada *edible film*. Struktur gliserol dapat dilihat pada gambar 2.3



Gambar 2. 5 Struktur Kimia Gliserol (Ningsih, 2015).

Gliserol merupakan *plasticizer* yang memiliki sifat hidrofilik dan mampu meningkatkan penyerapan molekul polar seperti air. Pada pembuatan biokomposit, gliserol memiliki peranan yang cukup penting. Pati merupakan polimer alam dalam bentuk butiran yang tidak dapat diproses menjadi material termoplastik karena kuatnya ikatan hidrogen intermolekular dan intramolekular. Namun, dengan adanya air dan *plasticizer* ikatan hidrogen tersebut dapat diputuskan dan pati dapat diolah menjadi polimer yang biodegradable yang biasa disebut dengan *thermoplastic starch* (Marbun, 2012).

2.7 Karakterisasi *film*

2.7.1 Fourier Transmission Infra Red (FTIR)

Spektrofotometri FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) merupakan suatu cara untuk mengetahui gugus fungsi dari suatu senyawa, mengetahui kemurnian dan mengidentifikasi suatu senyawa entah senyawa organik maupun senyawa anorganik. Radiasi sinar inframerah dapat diserap oleh semua senyawa (Harjadi, 1993). Ketika radiasi inframerah ditembakkan pada suatu molekul, maka energi yang diserap mengakibatkan kenaikan amplitudo getaran atom-atom sehingga terjadi suatu vibrasi (Fessenden, 1986). Analisis dengan menggunakan FTIR didasarkan pada perubahan vibrasi dari atom-atom. Vibrasi dapat dikelompokkan sebagai vibrasi tekuk dan vibrasi ulur. Vibrasi tekuk terjadi ketika sudut antara dua ikatan berubah. Vibrasi tekuk dapat dibagi menjadi empat jenis yaitu *rocking*, *wagging*, *scissoring* dan *twisting* sedangkan vibrasi ulur menyangkut konstanta vibrasi antara dua atom sepanjang sumbu ikatan (Khopkar, 1990). Pita serapan yang muncul akan berbeda apabila ikatan dapat mengalami vibrasi ulur maupun vibrasi tekuk. Pita serapan khas yang diperoleh dapat digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi suatu senyawa (Skoog, 1998).

Pengukuran dengan menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) akan menghasilkan suatu spektrum infra merah, untuk mengidentifikasi gugus-gugus fungsional umumnya muncul pada daerah $1400-1400\text{ cm}^{-1}$. Metode dengan menggunakan FTIR memiliki kelebihan dibandingkan dengan IR biasa. Adapun kelebihan yang dimiliki seperti adanya rasio sinyal terhadap noise yang lebih rendah, jumlah sampel yang diperlukan lebih sedikit, sinyal-sinyal lemah pada vibrasi molekul dapat dideteksi, serta dapat mendeteksi sampel pada absorbansi yang tinggi (Khopkar, 1990).

Spektroskopi FTIR merupakan suatu metode untuk mengumpulkan spektrum inframerah. Interferometer, daerah cuplikan, sumber sinar, *beam splitter*, dan detektor merupakan komponen utama dari FTIR. *Beam splitter* berfungsi untuk membagi sinar yaitu 50% radiasi direfleksikan dan 50% radiasi akan diteruskan. Daerah cuplikan merupakan tempat dimana sel auan dan cuplikan akan dikenai berkas acuan dan cuplikan secara bersesuaian. Sumber sinar

terbuat dari filemaen atau globar yang dipanaskan pada suhu anantara 1000-1800 °C dengan menggunakan listrik. Interferometer berfungsi untuk membentuk interferogram yang selanjutnya akan diteruskan ke detektor sedangkan detektor merupakan komponen yang mengukur energi pancaran yang lewat akibat panas yang dihasilkan (Griffith, 1975).

2.7.2 Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometri merupakan salah satu metode yang digunakan untuk menentukan komposisi suatu sampel baik secara kuantitatif dan kualitatif yang didasarkan pada interaksi antara materi dengan cahaya. Spektroskopi UV-Vis digunakan untuk mengukur absorbansi atau transmisi pada padatan atau larutan yang transparan. Prinsip kerja dari alat ini adalah sebuah sinar ditembakkan pada sampel yang akan diuji. Sinar yang menembus (melewati) sampel akan ditangkap oleh detektor. Rentang panjang gelombang yang digunakan pada spektrofotometer UV-VIS adalah 200-800 nm. Sinar yang tidak diteruskan menembus sampel diserap oleh beberapa molekul dalam sampel mengindikasikan struktur dan ikatan kimiawi yang akan diwujudkan dalam bentuk puncak pada panjang gelombang tertentu (Sharma, 2015).

Terjadinya transisi elektronik yang disebabkan penyerapan sinar UV-Vis yang mampu mengeksitasi elektron dari orbital yang kosong. Umumnya, transisi yang paling mungkin adalah tsuransisi pada tingka energi tinggi (HOMO) ke orbital molekul yang kosong pada tingkat terendah (LUMO). Orbital molekul terisi pada tingkat energi terendah adalah orbital s yang berhubunga dengan ikatan s, sedangkan orbital p berada pada tingkat energi yang lebih tinggi. Orbital nonikatan (n) yang mengandung elektron-elektron yang belum berpasangan berada pada tingkat energi yang lebih tinggi lagi, sedangkan orbital-orbital antiikan yang kosong yaitu s* dan p* menempati tingkat energi tertinggi (Pavia *et al.*, 2001).

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan di Laboratorium Kimia Fisik, Laboratorium Kimia Analitik, *Centre of Development of Advanced Science and Technology* (CDAST) Universitas Jember, dan Laboratorium Kimia Farmasi Universitas Jember. Penelitian ini dilakukan bulan Juli sampai November 2019.

3.2 Alat dan Bahan

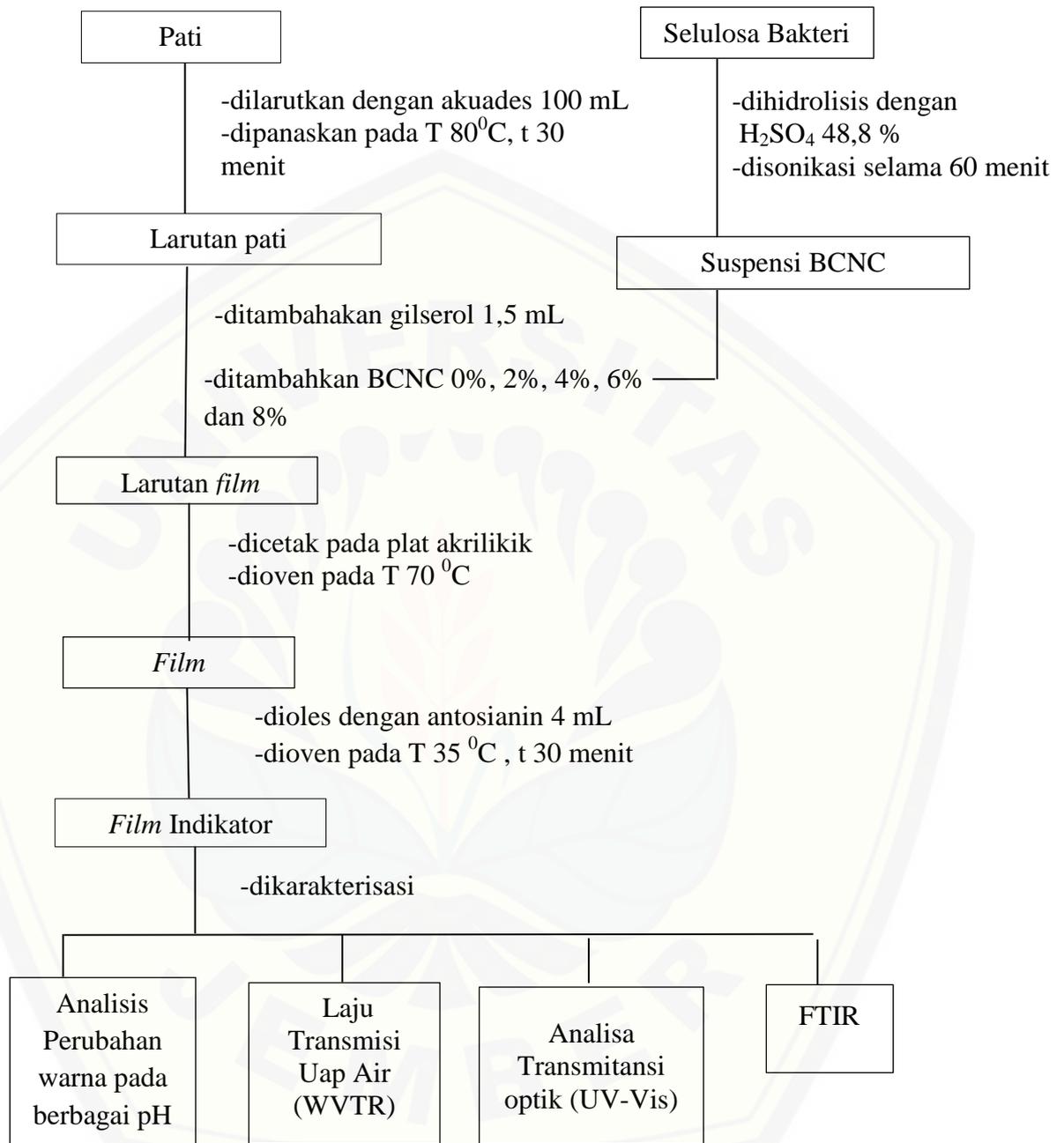
3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah gelas kimia, gelas ukur, corong gelas, oven, termometer, pH meter (jenway), batang pengaduk, botol, kondensor, hot plate, stirer, pipet tetes, buret, pipet mohr, pipet volume, neraca analitik, cawan petri, pengaduk magnetik dan anak stirer, blender, *sentrifuge*, *Fourier Transmission Infra Red* (FTIR), Spektrofotometri UV-Vis.

3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain nata de coco, pati jagung (Meizena), NaOH (p.a), HCl (p.a), etanol (p.a), NaCl (p.a), Na₂CO₃, gliserol, kertas saring, akuades (H₂O), kubis merah

3.3 Diagram Alir penelitian



3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Pemurnian Nata de Coco

Pemurnian nata de coco dilakukan dalam tiga tahap, yaitu pencucian dengan air, pemanasan menggunakan larutan NaOH 2% serta pencucian dengan menggunakan akuades kembali. Sisa lendir dari nata de coco dibersihkan dengan air yang mengalir. Nata de coco yang sudah dipotong kecil-kecil sebanyak 15 kg yang telah dibersihkan kemudian ke dalam panci yang telah diisi dengan larutan NaOH 2%. Proses pemanasan dilakukan selama 1 jam.

Pemanasan menggunakan NaOH 2% bertujuan untuk menghilangkan dan menetralkan sisa asam dan bakteri *Acetobacter xylinum* dari proses fermentasi (Widyaningsih dan Purwanti, 2013). Nata de coco kemudian dimasukkan ke dalam bak cucian yang berisi air dan dibilas berulang-ulang sampai pH netral. Selanjutnya, nata de coco yang sudah netral kemudian diblender sampai terbentuk menjadi bubur. Bubur yang terbentuk kemudian disaring untuk memisahkan komponen air dari proses penggilingan. Bubur nata de coco kemudian diletakkan di atas loyang yang telah dilapisi dengan aluminium foil. Proses pemanasan menggunakan oven dilakukan selama 8 jam pada suhu 95⁰C (Afrizal, 2008). Bubur nata de coco yang sudah di oven kemudian diblender untuk menghasilkan serbuk dengan ukuran kecil, kemudian diayak menggunakan ayakan ukuran 60 mesh untuk menghasilkan serbuk yang seragam.

3.4.2 Hidrolisis BC

Serbuk selulosa hasil isolasi ditimbang sebanyak 10 gram dengan neraca analitik dan dimasukkan ke dalam labu leher tiga 500 mL yang berisi 200 mL larutan H₂SO₄ 48,8% (b/v). Proses hidrolisis dilakukan selama 60 menit pada suhu 45⁰C dan diaduk menggunakan pengaduk magnetik. Suspensi yang dihasilkan dilarutkan dengan 1600 mL akuades dingin (7⁰C) menggunakan gelas kimia 2 L untuk menghentikan reaksi hidrolisis. Suspensi yang dihasilkan di sentrifugasi selama 10 menit dengan kecepatan 10.000 rpm dan dipisahkan peletnya. Pelet yang diperoleh diletakkan didalam gelas kimia 500 mL dan ditambahkan dengan akuades sebanyak 100 mL. Suspensi kemudian ditambahkan dengan larutan

Na_2CO_3 5% (b/v) disertai pengadukan sampai pH netral dengan menggunakan indikator universal. Setelah suspensi netral, disentrifugasi kembali untuk memisahkan pelet dengan fasa cairnya (supernatan) (Ioelovich, 2012).

Pelet hasil hidrolisis asam dilarutkan dalam gelas kimia 150 mL menggunakan akuades sebanyak 100 mL dengan pengaduk magnetik hingga membentuk suspensi. Suspensi kemudian disonikasi selama 15 menit, 30 menit, 45 menit dan 60 menit. Hasil sonikasi selanjutnya disentrifugasi dengan kecepatan 10.000 rpm selama 5 menit untuk memisahkan pelet dan supernatan. Pelet dan supernatan diambil untuk dikarakterisasi dan dimasukkan ke dalam botol. Bagian supernatan selanjutnya ditentukan kandungannya (*solid content*). Sebanyak 1 gram supernatan dipanaskan dalam oven pada suhu 105 °C selama 2 jam dengan menggunakan cawan alumunium. Sampel selanjutnya diletakkan ke dalam desikator selama 15 menit dan ditimbang. Sampel kemudian dioven kembali selama 1 jam dengan suhu seperti sebelumnya dan dilakukan prosedur yang sama hingga berat sampel konstan. Penghitungan *solid content* dilakukan dengan menghitung rasio berat kering dengan berat basahnya sesuai dengan rumus pada Persamaan 3.1. Supernatan kemudian dikarakterisasi menggunakan PSA dan FTIR

$$\% \text{ Solid Content} = \left[\frac{SK + W}{SB + W} - W \right] \times 100 \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan :

SK = Sampel Kering

SB = Sampel basah

W = Wadah

3.4.3 Pembuatan *film* pati

Metode pengolahan *film* berbasis bionanoselulosa dalam bentuk suspensi mengacu pada Agustin *et al* (2014) dengan beberapa modifikasi. Pertama proses pelarutan pati sebanyak 3 gram dilarutkan dengan 100 mL aquades dalam gelas beaker . Lalu larutan dihomogenkan dengan pengaduk stirer dan dipanaskan pada suhu konstan yaitu 80 °C ±30 menit hingga larutan *film* tersuspensi dengan

sempurna. Setelah larutan tersuspensi sempurna, larutan *film* tersebut didiamkan sampai suhunya turun menjadi 40⁰C, selanjutnya ditambahkan *plasticizer* gliserol sebanyak 1,5 mL . Lalu larutan *film* distirer selama 30 menit pada suhu konstan yaitu 60⁰ C. Larutan *film* kemudian ditambahkan suspensi bionanoselulosa per 100 gram pati dengan variasi konsentrasi 0%; 2%; 4%; 6%; dan 8% (b/b). Variasi komposisi BCNC yang ditambahkan yaitu 0 g (BCNC 0%), 0,06 g (BCNC 2%), 0,12 g (BCNC 4%), 0,18 g (BCNC 6%) dan 0,24 g (BCNC 8%). Massa BCNC tersebut kemudian dihubungkan dengan kandungan padatan suspensi BCNC untuk % *solid content* sampel sebesar 4% sehingga diperoleh data sesuai (tabel 3.1).

Tabel 3. 1 Komposisi pembuatan film bionanaokomposit pati/BCNC

[BCNC] (%)	V BCNC (mL)	Pati (g)	V Akuades (mL)	V Gliserol (mL)	V Total (mL)
0	0	3	98,5		
2	1,5	3	97		
4	3	3	95,5	1,5	100
6	4,5	3	94		
8	6	3	92,5		

Film yang sudah ditambahkan BCNC kemudian distirer dan dipanaskan pada suhu 70⁰C selama 30 menit dengan menggunakan hot plate. Selanjutnya dituangkan pada cetakan akrilik dan dilakukan pengeringan di dalam oven dengan suhu 70⁰C selama 24 jam.

3.4.4 Pembuatan film indikator

Pembuatan *film* indikator dilakukan dengan menggunakan metode oles (*coating*) karena berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Haris (2015). Hasil *film* indikator yang dilakukan dengan teknik oles mendapatkan hasil yang lebih stabil dari pada hasil *film* indikator yang dilakukan dengan teknik

pencampuran. Lembaran film dioles dengan antosianin sebanyak 4 mL kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 35 °C selama 30 menit

3.4.5 Ekstraksi antosianin dari kubis merah

Kubis merah dipreparasi berdasarkan pada pourjavaher *et al* (2017) . kubis merah sebanyak 150 g dihancurkan dan dimaserasi dengan 80 mL campuran etanol-aquades (7:3). Asam klorida 1 M ditambahkan sampai pH larutan menjadi 2. Kemudian larutan disimpan dalam tempat gelap selama 24 jam dan pada suhu 4 °C. Kemudian, larutan difiltrasi dan disentrifus selama 10 menit. Setelah itu, supernatan di filtrasi kembali kemudian supernatan dinetralisasi menjadi pH 7 dengan menggunakan larutan NaOH (2.5 M). Hasil ekstraksi kemudian disimpan dalam tempat yang gelap pada suhu 4 °C.

3.4.6 Karakterisasi film Indikator

a. FTIR (*Fourier Transfor Infra Red*)

Karakterisasi menggunakan FTIR bertujuan untuk menganalisa gugus fungsi khas dari sampel. Analisis ini dilakukan dengan menyiapkan *film* indikator. Sampel yang dikarakterisasi adalah *film* indikator dan *film* tanpa indikator. *Film* dikarakterisasi menggunakan FTIR yang berada di Laboratorium Kimia Farmasi Uiversitas Jember dengan panjang gelombang sebesar 500-4000 cm^{-1} (Wahyuningtyas, 2015).

b. Analisa Transmisi optik *film* dengan spektrofometer UV-Vis

spektrofotometri UV-Vis digunakan untuk mengetahui sifat optik berupa nilai transmisi. Tahap ini dilakukan berdasarkan penelitian Carvalho *et al* (2017). Sampel yang berupa *film* indikator maupun *film* standar dilekatkan pada dinding kuvet sebelum pengukuran. Sedangkan kuvet tanpa *film* sebagai blangko. Kemudian di ukur pada panjang gelombang 400 nm. Teknik ini memungkinkan evaluasi dari total persentase cahaya yang ditransmisikan melalui *film-film*.

c. Laju Transmisi Uap Air

Laju transmisi uap air (WVTR) ditentukan dengan memodifikasi metode yang dikemukakan oleh Mutammimah (2017). Sampel F_s yang merupakan *film* standar dan F_i yang merupakan *film* indikator ditutupkan pada botol plastik yang didalamnya berisi 5 g silika gel dan selanjutnya ditempatkan dalam desikator yang berisi larutan garam NaCl 40% (b/v). Uap air yang terdifusi melalui film diserap oleh silika gel sehingga menambah beratnya. Berat sampel (*film* indikator dan *film* standar) dicatat setiap dua jam sekali selama tiga hari berturut-turut. Data yang diperoleh dibuat persamaan regresi linier dan ditentukan slopenya. Laju transmisi uap air ditentukan dengan persamaan:

$$\text{WVTR} = \frac{\text{slope kenaikan berat sampel } F_i \text{ dan } F_s \left(\frac{\text{g}}{\text{jam}}\right)}{\text{luas permukaan film } (\text{cm}^2)}$$

d. Analisis Perubahan Warna diberbagai pH

Perubahan warna dari *film* yang mengandung antosianin pada berbagai pH dianalisis untuk mengetahui respon warna dari indikator pH yang dibuat. Analisis perubahan warna diberbagai pH dilakukan dengan cara disiapkan *film* indikator dengan bentuk persegi. Kemudian *film* direndam dalam larutan pH 1-10.

3.4.7 Preparasi Larutan Sediaan

Penelitian ini menggunakan berbagai jenis larutan sediaan, seperti larutan natrium hidroksida (NaOH), larutan natrium hipoklorit (NaClO), larutan asam sulfat (H_2SO_4), larutan asam klorida (HCl), larutan natrium klorida (NaCl). Pembuatan sediaan adalah sebagai berikut :

a. Pembuatan larutan NaOH 2% (b/v)

Pembuatan larutan NaOH 2% (b/v) dilakukan dengan menimbang 20 gram kristal NaOH menggunakan neraca analitik. Kristal NaOH dimasukkan kedalam gelas kimia 500 mL dan ditambahkan sedikit akuades kemudian diaduk sampai homogen. Larutan NaOH kemudian dimasukkan kedalam labu ukur 1000 mL dan

ditambahkan dengan akuades sampai dengan tanda batas. Larutan dikocok secara perlahan sampai homogen.

b. Pembuatan larutan NaOH 2,5 M

Pembuatan larutan NaOH 2,5 M dilakukan dengan menimbang 20 gram kristal NaOH menggunakan neraca analitik. Kristal NaOH dimasukkan ke dalam gelas kimia 500 mL dan ditambahkan sedikit akuades kemudian diaduk sampai homogen. Larutan NaOH kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 mL dan ditambahkan dengan akuades sampai dengan tanda batas. Larutan dikocok secara perlahan sampai homogen.

c. Pembuatan larutan H₂SO₄

Pembuatan larutan H₂SO₄ 48,8% (v/v) dilakukan dengan menuangkan larutan H₂SO₄ 97% ke dalam gelas kimia 100 mL dan dipipet sebanyak 50,3 mL. Larutan kemudian dimasukkan ke dalam gelas kimia 100 mL yang telah ditambahkan sedikit akuades sebelumnya. Larutan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL. Akuades ditambahkan ke dalam labu ukur sampai mencapai tanda batas dan dikocok perlahan sampai larutan homogen.

d. Larutan HCl 0.1 M

Larutan HCl 0,1M dibuat dengan mengambil 0,83 mL larutan HCl 37% (v/v) menggunakan pipet mohr 1 mL. Larutan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan ditambahkan akuades hingga tanda batas, kemudian dikocok sampai larutan homogen.

BAB 5. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Penambahan konsentrasi BCNC tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan dikarenakan tidak ada gugus fungsi baru pada masing-masing spektrum *film* indikator. Namun, *film* indikator apabila dibandingkan dengan BCNC murni dan film standar terlihat jelas pada analisis FTIR yaitu munculnya spektrum C=C aromatik pada antosianin pada bilangan gelombang 1654 cm^{-1} .
2. Penambahan BCNC sebagai *filler* pada *film*/label indikator pH berpengaruh nyata terhadap sifat optik dengan menurunkan nilai transmittan dan WVTR pada *film* seiring dengan meningkatnya konsentrasi BCNC.
3. Penambahan konsentrasi BCNC tidak menunjukkan perubahan warna yang jelas dan konsisten pada *film* Indikator.

5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan pada penelitian ini adalah perlu adanya pengamatan lebih lanjut dari segi karakter lain pada *film* indikator seperti ketebalan dan jumlah antosianin yang tertanam pada *film* serta perlu dilakukan penelitian tentang kuantitasi dari antosianin untuk mengetahui konsentrasi dari antosianin.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrizal.2008. Selulosa Bakterial *Nata de Coco* sebagai Adsorben pada Proses Adsorpsi Logam Cr(III).*Jurnal Gradien*.4(1): 308-313.
- Akbar, F., Z, Anita dan H. Harahap. 2013. Pengaruh Waktu Simpan Film Plastik Biodegradasi dari Pati Kulit Singkong Terhadap Sifat Mekanikalnya. *Jurnal Teknik Kimia*. 2(2):1-5.
- Agustin, M. A., B. Ahmmad, S.M.M. Alonzo, dan F.M. Patriaana. 2014. Bioplastic Based on Starch and Cellulose Nanocrystals From Rice Straw. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*.Vol.33 (24) 2205-2213.
- Alexandre, M., Dubois, P.2000. Polymer-layered Silicate Nanocomposite : Preparation, Properties And Use of a New Class of Materials.*Materials Science and Engineering Reports*. 28 : 1-63.
- Carvalho, R. A., T.A Santos., V.M Azevedo., P.H.C Felix., M.V Dias dan S.V Borges. 2017. Bionanocomposites for Food Packaging Applications :Effect of Cellulose Nanofibers on Morphological, Mecahnical, Optical and Barrier Properties. *Society of Chemical Industry*.
- Catrien. 2009. Pengaruh Kopigmentasi Pewarna Alami Antosianin dari Rosela (*Hibiscus sabdariffa* L.) dengan *Rosmarinic Acid* Terhadap Stabilitas Warna pada Model Minuman Ringan. *Skripsi*. Bogor: IPB.
- Ciechańska, Danuta. 2004. Multifunctional Bacterial Cellulose/Chitosan Composite Material for Medical Applications. *Journal of Fibres & Textiles in Eastern Europe*.Vol. 12. 4.48.
- Ciolacu, D., C.Florin dan V.I.Popa.2010. Amorphous Cellulose Structure and Characterization.*Cellulose Chemistry and Technology*. 45:12-31.
- Darni Y., T.M Sitorus dan M. Hanif. Penambahan Selulosa dari Rumpun Laut *Eucheuma Spinosum* pada Sintesa Bioplastik Berbasis Sorgum. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*. 10(2): 55-63.
- Eliasson, A. C.2004. *Starch in Food*. Cam bridge: Woodhead Publishing Limited.
- Fessenden, Ralf J. dan Joan S. 1986. *Kimia Organik jilid 3*. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Giusti dan Wrolstad. 2003. Acylated Anthocyanins from Edible Sources and Their Application in Food Systems. *Biochemical Engineering Journal*. 14: 217-225.

- Golasz, L. B., Silva, J. D., & Silva, S. B. D. 2013. Film with anthocyanins as an indicator of chilled pork deterioration. *Food Science and Technology (Campinas)*. 33: 155–162.
- Griffith, P. 1975. *Chemical Infrared Fourier Transform Spectroscopy*. New York: John Wiley & Sons.
- Habibi, Y., L. A., Lucia and O.J. Rojas. 2010. Cellulose Nanocrystal: Chemistry Self-Assembly and Application. *Chemical Reviews*. 110(6) : 3479–3500.
- Hadiyawardan, A.Rijal, B. W. Nuryadin, M. Abdullah, dan Khairurrijal. 2008. Fabrikasi Material Nanokomposit Suoerkuat, Ringan dan Transparan Menggunakan Metode Sempel Mixing. Bandung: *Jurnal Nanosains dan Nanoteknologi*. 1(1): 14-21.
- Hamad, A. dan K. Kristiono. 2013. Pengaruh Penambahan Sumber Nitrogen terhadap Hasil Fermentasi *Nata de Coco*. Purwokerto: *Jurnal Momentum*. 9(1). 62-65.
- Handito, D. 2011. Pengaruh Konsentrasi Karagenan Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Edible Film. *Journal Agroteksos*. Vol. 21(2-3): 151-157.
- Harborne. 2005. *Encyclopedia of Food and Color Additives*. New York: CRC Press, Inc.
- Haris, Muhammad. 2015. Label Cerdas indikator Warna dari Ekstrak Kubis Merah (*Brassica oleracea*). *Skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Harjadi, W. 1993. *Ilmu Kimia Dasar Analitik*. Jakarta: Erlangga.
- Hosseini, M.N. Alam, G. Sim, N. Tufenkji, dan T.G. Van de Ven. 2015. Cellulose Nanocrystals with Tunable Surface Charge for Nanomedicine. View Article Online. *Nanoscale*. Vol 7 (40): 16647-16657.
- Huri, D dan F.C Nisa. 2014. Pengaruh Konsentrasi Gliserol dan Ekstrak Ampas Kulit Ampel Terhadap Karakteristik Fisik dan Kimia *Edible Film*. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 2(4): 29-40.
- Iguchi, M., S. Yamanaka, dan A. Budhiono. 2000. Bacterial Cellulose A Masterpiece Of Nature's Arts. *Journal Of Material Science* 35 : 261 – 270.
- Ioelovich, M. 2012. Optimal Conditions for Isolation of Nanocrystalline Cellulose Particles. *American Journal of Nanoscience and Nanotechnology*. 2(2): 9-13.

- Kasmawati. 2018. Karakteristik Edible Film Pati Jagung (*Zea mays* L.) dengan Penambahan Gliserol dan Ekstraksi Temu Putih. *Skripsi*. Makassar : UIN Makassar.
- Khopkar, SM. 1990. *Konsep Dasar Kimia Analitik*, A.Saptorahardjo(penerjemah). Jakarta: Penerbit UI.
- Klemm, D., Philipp, B., Heinze, T., Heinze, U., dan Wagenknecht, W. 1998. *Comprehensive Cellulose Chemistry. Volume 2: Functionalization of Cellulose*. Weinheim : Wiley-VCH Verlag GmbH. Hal. 2-3.
- Kuswandi, B., Y.Wicaksono, J, Jayus. 2011. Smart packaging : sensor for monitoring of food quality and safety. *Jurnal Sens 7 instrument Food Quality*. 5: 137-146.
- Laohakunjit, N., dan A. Noomhorm. 2004. Effect of Plasticizers on Mechanical and Barrier Properties of Rice Starch Film. *Starch*. 56: 348–356.
- Lee, H. V., S. B. A. Hamid, S. K. Zain. 2014. Conversion of Lignocellulosic Biomass to Nanocellulose : Structure and Chemical Process. Review Article. *Scientific World Journal* 2014.27(20).
- Lidayana, N. 2017 *Produksi Film Komposit Pati Termoplastik-PVA dengan Penambahan Nanoselulosa dari Tandan Kosong Kelapa Sawit sebagai Agen Penguat*. *Skripsi*. Bandung: IPB.
- Lismawati. 2017. Pengaruh Penambahan *Plasticizer* Gliserol Terhadap Karakteristik *Edible Film* dari Pati Kentang (*Solanum tuberosum* L.) *Skripsi*. Makassar: Universitas Islam Negeri Alauddin.
- Ludueno, L.N., V.A.Alvarez and A.Vasquez. 2007. Processing And Microstructure Of PCL/Clay Nanocomposites. *Material Science and Engineering* 56 A : 121 –129.
- Madhavi D.L., Deshpande S.S., Salunkhe D.K. 1996. *Food Antioxidants*. New York : Marcell Dekker Inc.
- Mahmudatussa'adah A., D. Fardiaz, N. Andarwulan, dan F. Kusnandar. 2014. Karakteristik Warna dan Aktivitas Antioksidan Antosianin Ubi Jalar Ungu. *Jurnal : Teknologi dan Industri Pangan*. 25(2): 176-184.
- Majesty, J., B.D. Argo, dan W.A.Nugroho. 2015. Pengaruh Penambahan Sukrosa dan Lama Fermentasi Terhadap Kadar Serat Nata Dari Sari Nanas (Nata de Pina). *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*. 3(1): 80-85.

- Marbun, E.S. 2012. Sintesis Bioplastik dari Pati Ubi Jalar Menggunakan Penguat Logam ZnO dan Penguat Alami Selulosa. *Skripsi*. Jakarta : Universitas Indonesia.
- Marpaung M., U. Ahmad, dan N.Edhi. 2015. Pelapis Nanokomposit Untuk Pengawetan Salak Pondoh Terolah Minimal. *J Keteknikan Pertanian*.3(1): 73- 80.
- Mohanraj, V.J., dan Y. Chen.2006. Nanoparticles A Review. *Journal of Pharmaceutical Research*. 5: 561-573.
- Moon, R.J., A. Martini, J. Nairn, J.Simonsen dan J, Youngblood.2011.Cellulose Nanomaterials Review: Structure, Properties and Nanocomposites. *Journal of Chemical Society*. 40:3941-3994.
- Moradi, M., H. Tajik., H.Almasi., M. Forough dan P. Ezati. A Novel pH-Sensing Indicator Based on Bacterial Cellulose Nanofibers and Black carrot Anthocyanins for Monitoring Fish Freshness. *Carbohydrate Polymers*. 222:1-10.
- Murni, S.W., H.Pawigyo., D. Widyawati dan N. Sari. 2013. Pembuatan Edible Film dari Tepung Jagung (*Zea Mays* L.) dan Kitosan. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia*.1-9
- Mutammimah, L. 2017. Karakteristik Fisiko Kimia *Edible Film* ISP-Tapioka yang dibuat dengan Variasi Proporsi Gliserol dan Ekstrak Kunyit. *Skripsi*. Jember :UNEJ..
- Ningsih, S.H., 2015. Pengaruh Plasticizer Gliserol Terhadap Karakteristik Edible Film Campuran Whey dan Agar. *Skripsi*. Makassar: Universitas Hassanudin.
- Nurhasanah, I. 2016. Plastik Biosensor Berbasis Kitosan Antosianin Kulit Buah Manggis sebagai Pendeteksi Kerusakan Fillet Ikan Nila. *Skripsi*. Semarang: Universitas Negeri Semarang.
- Nuryetti., H. Hermnsyah, dan M. Nasikin. 2012. Bionanokomposit : Peluang Polimer Alami Sebagai Material Baru Semikonduktor. *Jurnal Riset Industri*. 6(1):75-85.
- Pacquit A, Lau KT, McLaughlin H, Frisby J, Quilty B and Diamond D. 2005. Development of a volatile amine sensor for the monitoring of fish spoilage, *Talanta*, 69: 515–520.
- Peng, B., N. Dhar, and K.C. Tam. 2011. Chemistry and Applications of Nanocrystalline Cellulose and Its Derivatives: A Nanotechnology Perspective. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*.89 (5): 1191-1205.

- Pourjavaher S., H. Almasi, S. Meshiki, S. Pirsai, dan E Parandi. 2016. Development of a Colorimetric pH Indicator Based on Bacterial Cellulose Nanofibers and Red Cabbage (*Brassica oleraceae*) extract. *Jurnal Carbohydrate Polimers*. 156 : 193-201.
- Priyo W., A. Budhiono, Suryati, dan N. Sujono. 2000. *Proceeding The Second International Workshop on Green Polymers*. Indonesia : Indonesian Polymer Association.
- Rizal HM, DM Pandiangan dan A Saleh. 2013. Pengaruh Penambahan Gula, Asam Asetat dan Waktu Fermentasi Terhadap Kualitas Nata De Corn. *Jurnal Teknik Kimia* (1): 34-39.
- Robertson GL. 2006. *Food Packaging – Principles and Practice*. Second edition, CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- Samir, M. A. S. A., F. Alloin, J. Sanchez and A. Dufresne. 2004. Cross-Linked Nanocomposite Polymer Electrolytes Reinforced With Cellulose Whiskers. *Macromolecules*. 37 (13): 4839–4844.
- Setiautami, Asih. 2013. Pembuatan Kemasan Cerdas Indikator Warna dengan Pewarna Bit (*B. Vulgaris L. Var cicla L*). *Skripsi*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Sharma. V., A.Garg dan S.C. Sood. Graphene Synthesis via Exfoliation of Graphite by Ultrasonication. *International Journal of Engineering Trends and Technology*. 26(1).
- Shi, Z., Zhang, Y., Phillips, G.O dan Yang, G. 2014. Utilization of Bacterial Cellulose in Food. *Food Hydrocolloids*. 35: 539-545.
- Singhsa, P., R. Narain, dan H. Manuspiya. 2018. Bacterial Cellulose Nanocrystals (BCNC) Preparation and Characterization from Three Bacterial Cellulose Sources and Development of Functionalized BCNCs as Nucleic acid Delivery Systems. *ACS Applied Nano Materials*. 1: 209-221.
- Sisworo S. 2009. Pengaruh Penggunaan Serat Kulit Rotan sebagai Penguat pada Komposit Polimer dengan Matriks Polyester Yucalac 157 Terhadap Kekuatan Tarik dan Tekuk. *Jurnal Teknik*. 30: 3 10.
- Skoog, D. 1998. *Principles Instrumental Analysis. 5th edition*. New York: John Wiley and Sons.
- Sundari, U. 2008. Uji Banding Metode Ekstraksi Karotenoid dan Tokoferol Sari Buah Merah. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

- Supriyono, T. 2008. Kandungan β -Karoten, Polifenol Total dan Aktivitas “Merantas” Radikal Bebas Kefir Susu Kacang Hijau (*Vigna radiata*) oleh Pengaruh Jumlah Strater (*Lactobacillus bulgaricus* dan *Candida kefir*) dan Konsentrasi Glukosa. *Tesis*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Suryanto, H., 2015. Thermal Degradation Of Mendong Fiber. *Proceeding International Conference of the 6th Green Technology*: 1-5.
- Vasconcelos, N.F., J.P.A Feitosa., F.M.P Gama., J.P.S Morais., F.K A., M.Filho dan M.F Rosa. 2016. Bacterial Cellulose Nanocrystals Produced Under Different Hydrolysis Conditions: Properties and Morphological Features. *Carbohydrat Polymer*. 155: (425-431).
- Wahyuningsih, K., E.V. Iriaini dan F.Fahma. 2016. Utilization of Cellulose from Pineapple Leaf Fibers as Nanofiller in Polyvinyl Alcohol-Based Film. *Journal Chemistry*. 12(2):181-189.
- Widyaningsih, S. dan Purwati.2013. Pemanfaatan Membran *Nata de Coco* sebagai Media Filtrasi untuk Rekoveri Minyak Jelantah. *Molekul*.8(1):20-30.
- Yusuf, M.,S. Indrianti dan N. Fitriani. 2018. Karakterisasi Antosianin Kubis Merah Sebagai Indikator pada Kemasan Cerdas. *Jurnal Galung Tropika*.1(1): 46-55.

LAMPIRAN

Lampiran 3. 1 Preparasi Larutan

1. Larutan NaOH 2% (b/v)

Larutan dibuat dari perbandingan massa zat terlarut dengan larutan

Volume larutan yang dibutuhkan = 1000 mL

$$2\% = \frac{m}{1000 \text{ mL}}$$

$$\frac{2 \text{ gram}}{100 \text{ mL}} = \frac{m}{1000 \text{ mL}}$$

$$m = \frac{2 \text{ gram} \times 1000 \text{ mL}}{100 \text{ mL}}$$

$$m = 20 \text{ gram}$$

Massa NaOH yang dibutuhkan adalah 20 gram dalam 1000 mL larutan NaOH

2. Larutan H₂SO₄ 48,8% (b/v)

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

$$97\% \times V_1 = 48,8\% \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{48,8\% \times 100 \text{ mL}}{97\%}$$

$$V_1 = 50,3 \text{ mL}$$

3. Larutan HCl 1 M

$$\rho \text{ HCl (37\%)} = 1,19 \text{ g/mL}$$

$$M_r \text{ HCl} = 36,5 \text{ g/mol}$$

✓ Massa HCl 37%

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

$$m = \rho \times V$$

Misal, Volume larutan yang akan dibuat adalah 100 mL, maka:

$$m = 1,19 \text{ g/mol} \times 100 \text{ mL}$$

$$m = 119 \text{ g}$$

sehingga, massa pada HCl 37% adalah

$$m = \frac{37}{100} \times 119 \text{ g}$$

$$m = 44,03 \text{ g}$$

✓ Mol HCl 37 %

$$n = \frac{m}{M_r}$$

$$n = \frac{44,03}{36,5 \text{ g/mol}}$$

$$n = 1,206 \text{ mol}$$

✓ Molaritas HCl 37%

$$M = \frac{n}{V}$$

$$M = \frac{1,206 \text{ mol}}{0,1 \text{ L}}$$

$$M = 12,06 \text{ mol/L}$$

$$M = 12,06 \text{ M}$$

Untuk membuat larutan HCl 1 M, maka

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

$$12,06 \text{ M} \times V_1 = 1 \text{ M} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{1 \text{ M} \times 100 \text{ mL}}{12,06 \text{ M}}$$

$$V_1 = 8,3 \text{ mL}$$

Jadi, Volume larutan HCl 37% yang diperlukan untuk membuat 100 mL larutan HCl 0,1 M adalah 8,3 mL

4. Larutan NaOH 2,5 M

$$M_r \text{ NaOH} = 40$$

$$n = \frac{m}{M_r}$$

$$M \times V = \frac{m}{M_r}$$

$$2,5 \text{ M} \times 0,1 \text{ L} = \frac{m}{40 \text{ mol}}$$

$$m = 10 \text{ gram}$$

Massa kristal NaOH yang dibutuhkan untuk membuat larutan NaOH 2.5 M adalah 10 gram

Penentuan Jumlah Komposisi Film Indikator berdasarkan Tabel 3.1**a. Komposisi BCNC**

- ✓ Komposisi BCNC 0%

$$\begin{aligned}\sum \text{pati} \times \% \text{ BCNC} &= 3 \text{ g} \times \frac{0}{100} \\ &= 0 \text{ gram}\end{aligned}$$

- ✓ Komposisi BCNC 2 %

$$\begin{aligned}\sum \text{pati} \times \% \text{ BCNC} &= 3 \text{ g} \times \frac{2}{100} \\ &= 0,06 \text{ gram}\end{aligned}$$

- ✓ Komposisi BCNC 4%

$$\begin{aligned}\sum \text{pati} \times \% \text{ BCNC} &= 3 \text{ g} \times \frac{4}{100} \\ &= 0,12 \text{ gram}\end{aligned}$$

- ✓ Komposisi BCNC 6%

$$\begin{aligned}\sum \text{pati} \times \% \text{ BCNC} &= 3 \text{ g} \times \frac{6}{100} \\ &= 0,18 \text{ gram}\end{aligned}$$

- ✓ Komposisi BCNC 8%

$$\begin{aligned}\sum \text{pati} \times \% \text{ BCNC} &= 3 \text{ g} \times \frac{8}{100} \\ &= 0,24 \text{ gram}\end{aligned}$$

b. Volume BCNC

$$\begin{aligned}\checkmark \text{ Volume BCNC } 2\% &= \frac{\text{komposisi BCNC}}{\text{Solid Content}} \\ &= \frac{0,06 \text{ g}}{4 \% \text{ g/ml}} \\ &= 0,06 \text{ g} \times \frac{100 \text{ ml}}{4 \text{ g}} = 1,5 \text{ mL}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\checkmark \text{ Volume BCNC } 4\% &= \frac{\text{komposisi BCNC}}{\text{Solid Content}} \\ &= \frac{0,12 \text{ g}}{4 \% \text{ g/ml}} \\ &= 0,12 \text{ g} \times \frac{100 \text{ ml}}{4 \text{ g}} = 3 \text{ mL}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\checkmark \text{ Volume BCNC } 6\% &= \frac{\text{komposisi BCNC}}{\text{Solid Content}} \\ &= \frac{0,18 \text{ g}}{4 \% \text{ g/ml}}\end{aligned}$$

$$= 0,18 \text{ g} \times \frac{100 \text{ ml}}{4 \text{ g}} = 4,5 \text{ mL}$$

$$\begin{aligned} \checkmark \text{ Volume BCNC 8\%} &= \frac{\text{komposisi BCNC}}{\text{Solid Content}} \\ &= \frac{0,24 \text{ g}}{4 \text{ \% g/ml}} \\ &= 0,24 \text{ g} \times \frac{100 \text{ ml}}{4 \text{ g}} = 6 \text{ mL} \end{aligned}$$



4.1 Penentuan Solid Content

Pengukuran ke-	Berat Cawan	SK + W	SB + W
1	46,90	46,94	47,90
2	46,91	46,95	47,91

SB+W = Sampel Basah + Wadah

SK+ W = Sampel Kering + Wadah

$$\begin{aligned}\% \text{ solid content pengukuran pertama} &= \left[\frac{(\text{SK+W})-W}{(\text{SB+W})-W} \right] \times 100 \% \\ &= \left[\frac{46,94-46,9}{47,9-46,9} \right] \times 100\% \\ &= 4\%\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\% \text{ solid content pengukuran kedua} &= \left[\frac{(\text{SK+W})-W}{(\text{SB+W})-W} \right] \times 100 \% \\ &= \left[\frac{46,95-46,91}{47,91-46,91} \right] \times 100\% \\ &= 4\%\end{aligned}$$

Lampiran 4. 2 Penentuan Laju Tranmisi Uap Air pada Film

[BCNC]	t (jam)	Massa Fi (g)	Massa Fs (g)	Slope Kenaikan Fi (g/jam)	Slope Kenaikan Fs (g/jam)	Nilai Ri	Nilai Rs	A (cm ²)	WVTR Fi (g/jam cm ²)	WVTR Fs (g/jam cm ²)
0%	0	9,114	8,976							
	2	9,120	8,977							
	4	9,122	8,981							
	6	9,124	8,984							
	18	9,136	9,003							
	20	9,137	9,004	1,1390	1,5263	0,9924	0,9985	1,96	0,1851	0,2480
	22	9,140	9,008							
	24	9,142	9,011							
	42	9,168	9,041							
	44	9,165	9,043							
	46	9,168	9,044							
	48	9,170	9,047							
	0	8,993	9,075							
	2	8,994	9,079							
	4	8,997	9,080							

	6	8,999	9,083							
	18	9,009	9,093							
2%	20	9,011	9,096	0,9064	0,9599	0,9975	0,9961	1,96	0,1473	0,1560
	22	9,011	9,096							
	24	9,013	9,097							
	42	9,031	9,117							
	44	9,033	9,119							
	46	9,034	9,119							
	48	9,037	9,123							
	0	9,463	9,463							
	2	9,468	9,468							
	4	9,470	9,470							
	6	9,474	9,474							
	18	9,486	9,486							
4%	20	9,487	9,487	0,6556	0,9336	0,9981	0,9975	1,96	0,1065	0,1517
	22	9,488	9,488							
	24	9,488	9,488							
	42	9,505	9,505							
	44	9,507	9,507							

	46	9,507	9,507							
	48	9,513	9,513							
	0	8,846	9,064							
	2	8,848	9,066							
	4	8,850	9,068							
	6	8,851	9,069							
	18	8,857	9,073							
6%	20	8,859	9,073	0,5219	0,6354	0,9970	0,9959	1,96	0,0848	0,1032
	22	8,861	9,075							
	24	8,862	9,076							
	42	8,872	9,085							
	44	8,875	9,087							
	46	8,877	9,088							
	48	8,877	9,093							
	0	9,167	9,270							
	2	9,168	9,271							
	4	9,171	9,273							
	6	9,172	9,273							
	18	9,174	9,279							

8%	20	9,177	9,279	0,4319	0,5462	0,9658	0,9931	1,96	0,0702	0,0888
	22	9,177	9,280							
	24	9,179	9,282							
	42	9,184	9,293							
	44	9,186	9,292							
	46	9,188	9,292							
	48	9,191	9,297							

Keterangan :

Fs : Film Standar

Fi : Film Indikator

Ri : Koefisien regresi linier film indikator

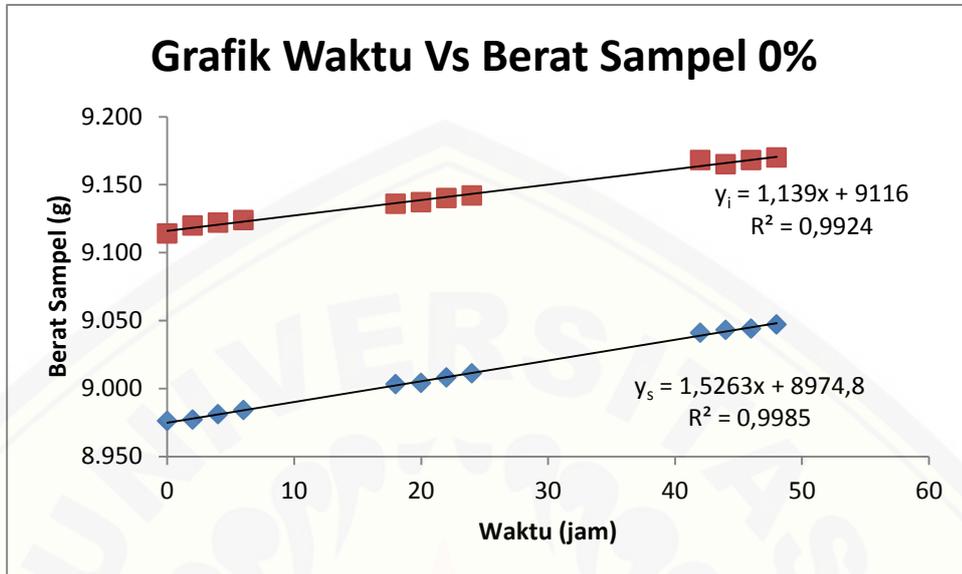
Rs : Koefisien regresi linier film Standar

dengan nilai r (jari-jari film) sebesar 1,4 cm

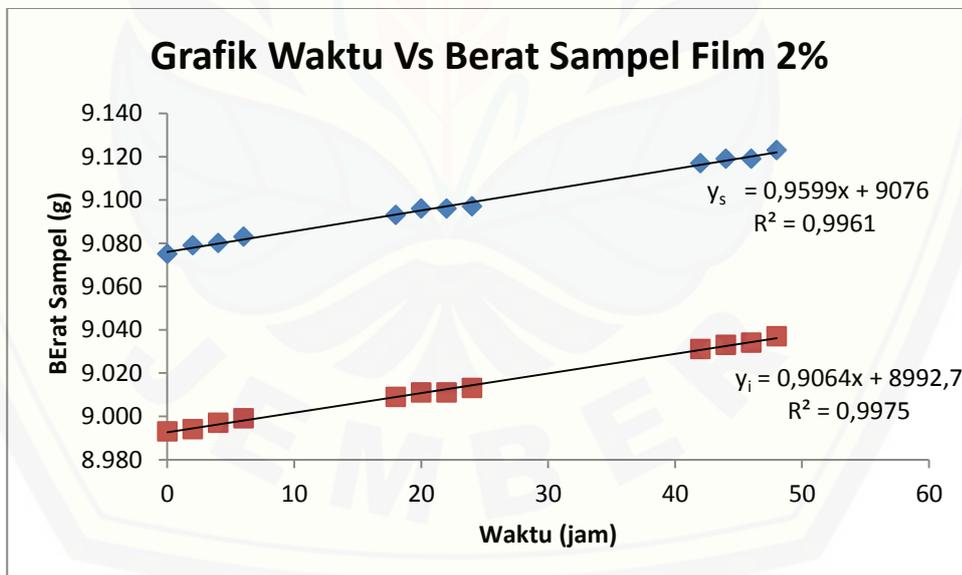
$$\begin{aligned}\text{Luas permukaan film (A)} &= \pi r^2 \\ &= 3,14 \times (1,4 \text{ cm})^2 \\ &= 1,96 \text{ cm}^2\end{aligned}$$

Penentuan Slope Sampel (Fi dan Fs)

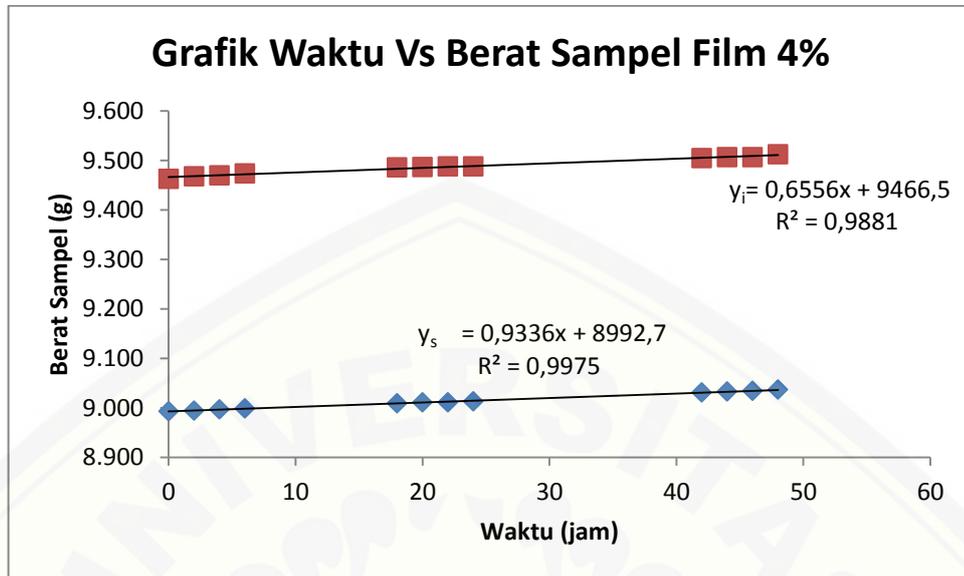
a. Film 0%



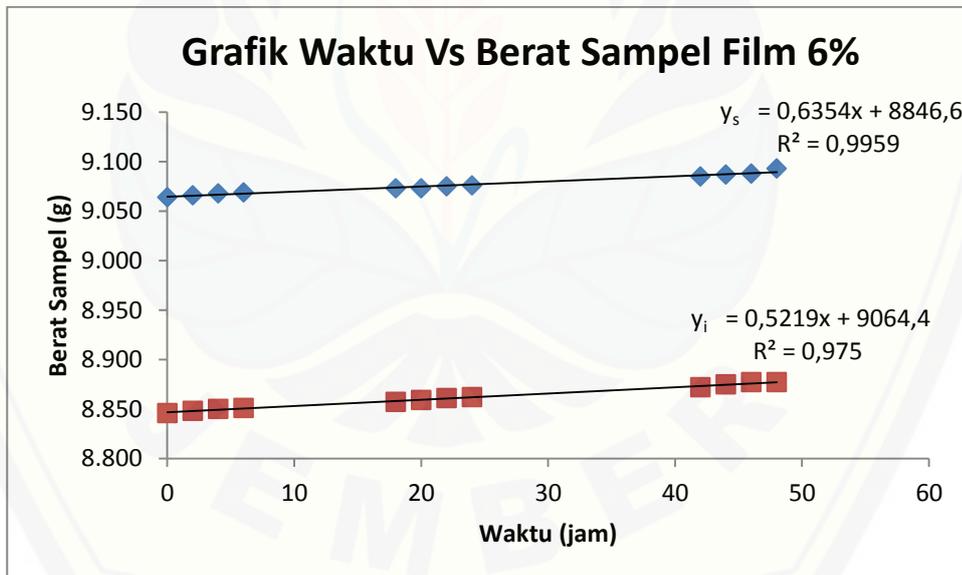
b. Film 2%



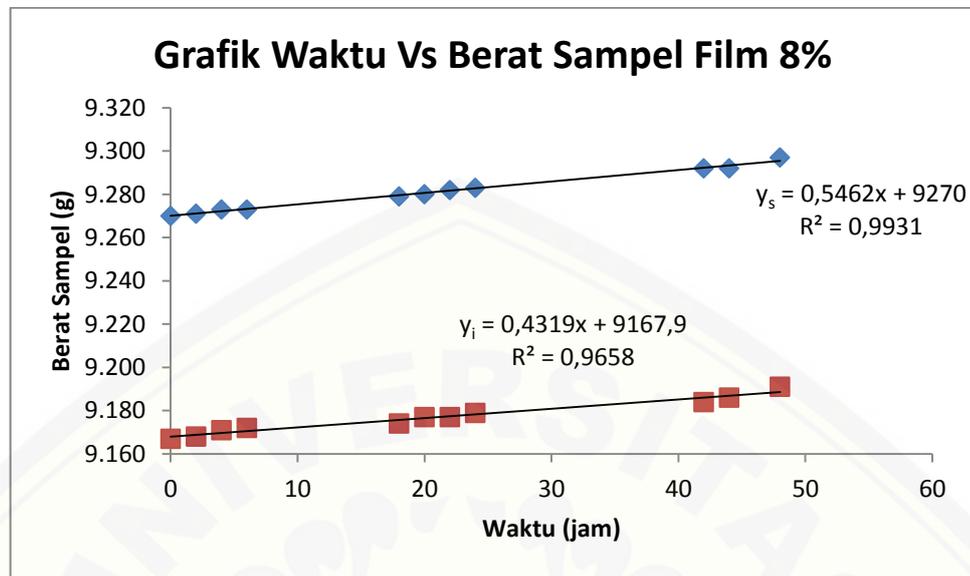
c. Film 4%



d. Film 6%



e. Film 8%



Contoh perhitungan WVTR = $\frac{\text{slope kenaikan berat sampel } F_i \text{ dan } F_s \left(\frac{\text{g}}{\text{jam}}\right)}{\text{luas permukaan film } (\text{cm}^2)}$

$$= \frac{1,5236 \left(\frac{\text{g}}{\text{jam}}\right)}{1,96 (\text{cm}^2)}$$

$$= 0,248 \frac{\text{g}}{\text{jam.cm}^2}$$

Lampiran 4. 3 Nilai Transmitan Film

λ (nm)	Film indikator				
	BCNC 0%	BCNC 2%	BCNC 4%	BCNC 6%	BCNC 8%
400	59,8	51,2	45,5	36,8	35,7
	Film standar				
	BCNC 0%	BCNC 2%	BCNC 4%	BCNC 6%	BCNC 8%
	67,5	65,5	61,2	59,3	49,7



