

**KARAKTERISTIK *BIODEGRADABLE FILM* DARI KOMBINASI
BEKATUL BERAS DAN SELULOSA SEKAM PADI**

Oleh

NINGRUM FIQINANTI

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN

Pada

Jurusan Teknologi Hasil Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2022**

ABSTRACT

CHARACTERISTICS OF BIODEGRADABLE FILM FROM THE COMBINATION OF RICE BRAN AND RICE HUSK CELLULOSE

BY

NINGRUM FIQINANTI

Biodegradable plastics are environmentally friendly plastics that can be made from starch and cellulose. Rice husk contains 59.2% cellulose and rice bran contains 39.8-48.1% starch. The purpose of this study was to determine the effect of rice bran and rice husk cellulose on the characteristics of the resulting biodegradable film and to get the best treatment according to the Japanese Industrial Standard (JIS). This research was arranged by RAKL with three replications. The treatments in this study were P01 (10 g rice bran), P02 (10 g rice husk cellulose), P1 (3 g rice bran: 7 g rice husk cellulose), P2 (4 g rice bran: 6 g rice husk cellulose), P3 (5 g rice bran: 5 g rice husk cellulose), P4 (6 g rice bran: 4 g rice husk cellulose), P5 (7 g rice bran: 3 g rice husk cellulose). Rice husks were mashed and filtered then soaked with 2.5% NaOH and hydrolyzed using 2% H₂O₂, then mixed with various ingredients. Tensile strength, percent elongation, and data of water vapor transmission rate were tested for similarity of variance with Bartlett's test and additional data were tested with Tukey's test. The data was then analyzed for variance and further processed using the Honestly Significant Difference test (BNJ) at the 5% level. The best results were obtained at 6 g of bran : 4 g of rice husk cellulose which resulted in a tensile strength value of 11.505 MPa, percent elongation of 28.392%, and a water vapor transmission rate of 6.548 g/m²/hour. The biodegradable film decomposes for 14 days by biodegradability test.

Keywords: Biodegradable film, rice bran, starch, rice husk and cellulose

ABSTRAK

KARAKTERISTIK *BIODEGRADABLE FILM* DARI KOMBINASI BEKATUL BERAS DAN SELULOSA SEKAM PADI

OLEH

NINGRUM FIQINANTI

Plastik biodegradable adalah plastik ramah lingkungan yang dapat dibuat dari pati dan selulosa. Sekam padi mengandung 59,2% selulosa dan bekatul beras mengandung 39,8-48,1% pati. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh bekatul beras dan selulosa sekam padi terhadap karakteristik biodegradable film yang dihasilkan dan untuk mendapatkan perlakuan terbaik sesuai dengan Japanese Industrial Standard (JIS). Penelitian ini disusun dalam RAKL dengan tiga ulangan. Perlakuan dalam penelitian ini adalah P01 (10 g bekatul beras), P02 (10 g selulosa sekam padi), P1 (3 g bekatul beras : 7 g selulosa sekam padi), P2 (4 g bekatul beras : 6 g selulosa sekam padi) , P3 (5 g bekatul beras : 5 g selulosa sekam padi), P4 (6 g bekatul beras : 4 g selulosa sekam padi), P5 (7 g bekatul beras: 3 g selulosa sekam padi). Sekam padi dihaluskan dan disaring kemudian direndam dengan NaOH 2,5% dan dihidrolisis menggunakan H₂O₂ 2%, kemudian dicampur dengan bahan lainnya. Data kuat tarik, persen pemanjangan dan lajutransmisi uap air diuji kesamaan ragamnya dengan uji Bartlett's dan penambahan data diuji dengan uji Tuckey. Data kemudian dilakukan analisis sidik ragam dan diolah lebih lanjut menggunakan uji beda nyata jujur (BNJ) pada taraf 5%. Hasil terbaik diperoleh pada 6 g bekatul beras : 4 g selulosa sekam padi dengan nilai kuat tarik 11,505 MPa, persen pemanjangan 28,392%, dan laju transmisi uap air 6,548 g/m²/jam. Film biodegradable terurai 14 hari dengan uji biodegradabilitas.

Kata kunci: Biodegradable film, bekatul, pati, sekam padi dan selulosa

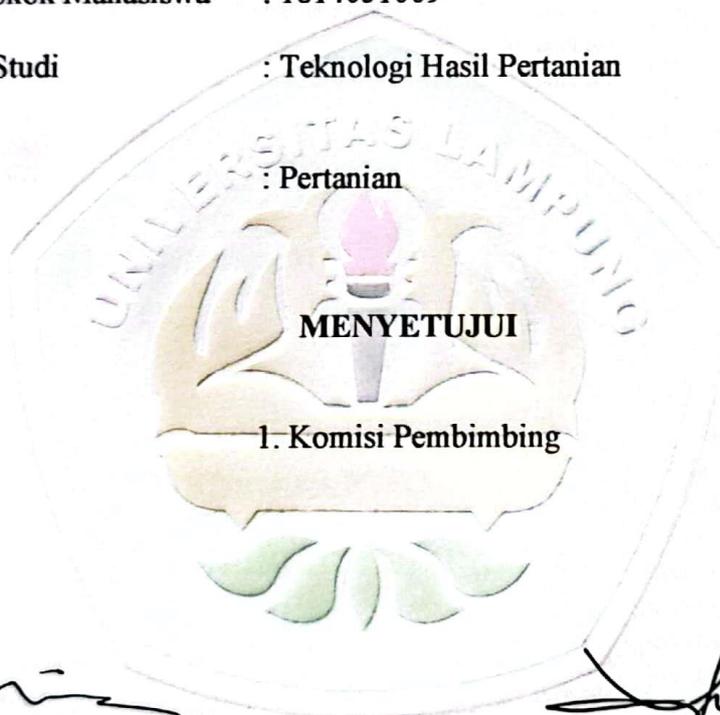
Judul Skripsi : **KARAKTERISTIK *BIODEGRADABLE FILM*
DARI BEKATUL BERAS DAN SELULOSA
SEKAM PADI**

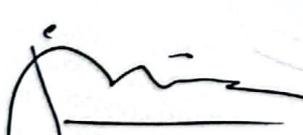
Nama Mahasiswa : **Ningrum Fiqinanti**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1814051009

Program Studi : Teknologi Hasil Pertanian

Fakultas : Pertanian




Ir. Zulferiyenni, M.T.A.
NIP. 19620207 199010 2 001


Ir. Susilawati, M.Si.
NIP. 19610806 198702 2 001

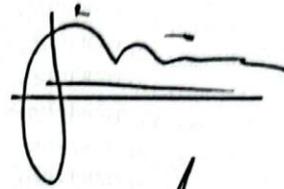
2. Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian


Dr. Erdi Suroso, S.T.P., M.T.A.
NIP. 19721006 199803 1 005

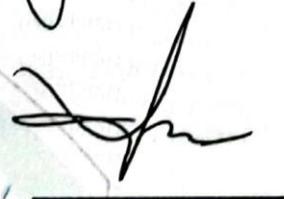
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

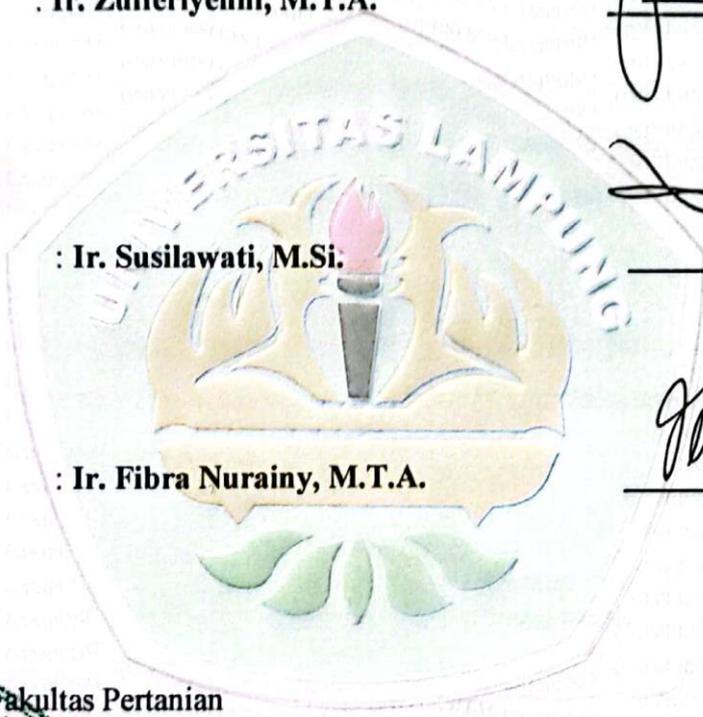
Ketua : Ir. Zulferiyenni, M.T.A.



Sekretaris : Ir. Susilawati, M.Si.



Anggota : Ir. Fibra Nurainy, M.T.A.



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP. 19611020 198603 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 15 Juni 2022

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Ningrum Fiqinanti

NPM : 1814051009

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil kerja saya sendiri yang berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini tidak berisi material yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil dari plagiat karya orang lain.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 15 Juni 2022
Yang membuat pernyataan



Ningrum Fiqinanti
NPM. 1814051009

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Desa Kebagusan, Kecamatan Gedong Tataan, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung pada tanggal 10 Agustus 2001 sebagai anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Mujiono dan Ibu Juniarsih. Penulis memiliki seorang kakak laki-laki bernama Pandu Pambudi dan seorang adik laki-laki bernama Welove Junino.

Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SDN 02 Wiyono pada tahun 2013, Sekolah Menengah Pertama di SMPN 1 Gedong Tataan pada tahun 2016, dan Sekolah Menengah Atas di SMAN 1 Gedong Tataan pada tahun 2018. Pada tahun 2018, penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN)

Pada bulan Februari-Maret 2021, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Kebagusan, Kecamatan Gedong Tataan, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung. Pada bulan Agustus 2021, penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di UMKM Roti Fajar, Kabupaten Pesawaran, Provinsi Lampung dengan judul “Mempelajari Proses Produksi Roti di Usaha Mikro, Kecil dan Menengah (UMKM) Roti Fajar Kabupaten Pesawaran”.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif dalam organisasi HMJ THP FP Unila sebagai Anggota Bidang Seminar dan Diskusi periode 2020/2021. Penulis pernah menjadi asisten praktikum Mata Kuliah Kimia Dasar pada Tahun Ajaran 2019/2020 dan Mata Kuliah Pupil dan Kertas pada Tahun Ajaran 2021/2022..

PERSEMBAHAN



Skripsi ini saya persembahkan untuk mereka.

Ayahku Mujiono, sosok cinta pertamaku.
Insya Allah, kita akan bertemu kembali dalam jannah.

Ibuku Juniarsih, wanita paling kuat dan tegar yang ada di bumi.
Tanpa lelah menyebutku dalam doanya.

Sahabat- sahabatku, yang selalu menghiburku.
Selalu membuatku menyadari bahwa aku tidak sendiri.



SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah karena atas Rahmat, Hidayah, dan Inayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Skripsi ini dapat terselesaikan dengan bantuan dan dukungan dari berbagai pihak baik secara moral maupun materi. Pada kesempatan kali ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung yang memfasilitasi penulis dalam menyelesaikan skripsi.
2. Bapak Dr. Erdi Suroso, S.T.P., M.T.A., selaku Ketua Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung sekaligus Dosen Pembimbing Akademik yang memfasilitasi penulis dalam menyelesaikan skripsi
3. Ibu Ir. Zulferiyenni, M.T.A., selaku Dosen Pembimbing Pertama, yang memberikan kesempatan, izin penelitian, fasilitas, motivasi, bimbingan, dan saran yang telah diberikan kepada penulis selama menjalani perkuliahan hingga menyelesaikan skripsi ini.
4. Ibu Ir. Susilawati, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Kedua, yang telah memberikan bimbingan, arahan, masukan serta dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Ibu Ir. Fibra Nurainy, M.T.A., selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan saran, masukan, dan evaluasi terhadap karya skripsi penulis.
6. Bapak dan Ibu dosen pengajar, Staf dan karyawan di Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung yang telah mengajari, membimbing, dan membantu penulis dalam menyelesaikan administrasi akademik.

7. Ibu penulis Juniarsih, kakak penulis Pandu Pambudi serta adik Welove Junino yang telah memberikan dukungan material dan semangat, serta do'a yang selalu menyertai penulis selama ini.
8. Sahabat-sahabat dan teman-teman ku Cherly, Octa, Resti, Amani, dan Raisa, yang telah memberikan bantuan, doa, semangat, motivasi, selalu menemani dalam suka maupun duka, memberikan kenangan indah selama perkuliahan, serta menjadi tempat berkeluh kesah.
9. Sahabatku sejak SMA, Rena, Litha, Alifha, Nadya, Dewi, Alnaza dan teman-teman MALFESS lainnya yang selalu ingat untuk mendoakan, memberikan semangat dan hiburan selama perkuliahan dan penyelesaian skripsi penulis.
10. Keluarga besar THP angkatan 2018 terima kasih atas perjalanan, kebersamaan serta seluruh cerita suka maupun dukanya selama ini. Adik-adik dan kakak-kakak yang telah membantu selama perkuliahan, penelitian, sampai penyelesaian skripsi penulis.
11. Rekan-rekan kepengurusan HMJ THP FP Unila periode 2020/2021, serta seluruh keluarga besar HMJ THP FP Unila yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk berbagi ilmu dan pengalaman di HMJ THP.
12. *Last but not least, I wanna thank me. I wanna thank me for believing in me. I wanna thank me for doing all this hard work. I wanna thank me for having no days off. I wanna thank me for, for never quitting*

Penulis berharap semoga Allah membalas seluruh kebaikan yang telah diberikan kepada penulis dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Bandar Lampung, 15 Juni 2022

Ningrum Fiqinanti

DAFTAR ISI

ABSTRAK	iii
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Kerangka Pemikiran	3
1.4 Hipotesis	5
II. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Biodegradable Film	7
2.2 Karakteristik <i>Biodegradable film</i>	8
2.3 Bekatul.....	10
2.4 Pati	12
2.5 Sekam Padi	13
2.6 Selulosa.....	15
III. BAHAN DAN METODE	17
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	17
3.2 Bahan dan Alat Penelitian	17
3.3 Metode Penelitian	18
3.4 Pelaksanaan Penelitian	18
3.4.1 Pembuatan Bubuk Sekam Padi.....	18
3.4.2 Pemisahan Selulosa	19
3.4.3 Pemurnian Selulosa	20
3.4.4 Pemurnian Bekatul	21
3.4.5 Pembuatan <i>Biodegradable Film</i>	22
3.5 Pengamatan.....	23
3.5.1 Kuat Tarik.....	24
3.5.2 Persen Pemanjangan	24
3.5.3 Laju Transmisi Uap Air.....	25
3.5.4 Ketahanan Terhadap Suhu Ruang	25
3.5.5 Uji Biodegradabilitas.....	26

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Kuat Tarik.....	27
4.2 Persen Pemanjangan.....	30
4.3 Laju Transmisi Uap air.....	33
4.4 Ketahanan Terhadap Suhu Ruang.....	35
4.5 Biodegradabilitas Film.....	36
4.6 Penentuan Perlakuan Terbaik.....	37
V. KESIMPULAN DAN SARAN	27
5.1 Kesimpulan.....	27
5.2 Saran.....	27
DAFTAR PUSTAKA	28

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Syarat <i>biodegradable film</i> menurut <i>Japanese Industrial Standard (JIS)</i>	9
2. Rekapitulasi penentuan formulasi terbaik dari seluruh <i>biodegradable film</i> dari pati bekatul dan selulosa sekam padi	38

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Bekatul	11
2. Struktur amilosa dan amilopektin	12
3. Struktur biji padi	14
4. Sekam padi	14
5. Struktur selulosa.....	16
6. Diagram alir pembuatan bubuk sekam padi.....	19
7. Diagram alir pemisahan selulosa sekam padi	20
8. Diagram alir pemurnian selulosa sekam padi	21
9. Diagram alir pemurnian pati bekatul.....	22
10. Diagram alir pembuatan <i>biodegradable film</i> bekatul dan sekam padi	23
11. Nilai kuat tarik <i>biodegradable film</i> dari bekatul dan selulosa sekam padi.....	27
12. Nilai persen pemanjangan <i>biodegradable film</i> dari bekatul dan selulosa sekam padi.....	31
13. Nilai laju transmisi uap air <i>biodegradable film</i> dari bekatul dan selulosa sekam padi.....	33
14. Pengamatan visual <i>biodegradable film</i> di suhu ruang	35
15. Hasil pengujian biodegradabilitas minggu ke-1.....	36
16. Hasil pengujian biodegradabilitas minggu ke-2.....	

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan plastik di Indonesia terus meningkat dari tahun ke tahun seiring dengan peningkatan jumlah penduduk dan kebutuhan masyarakat akan wadah. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (2020) total produksi sampah plastik nasional mencapai 67,8 juta ton pertahun 2020. Jumlah ini sangat berbahaya untuk kondisi lingkungan sebab menimbulkan pencemaran. Oleh karena itu dibutuhkan kemasan alternatif berupa *biodegradable film* yang terbuat dari bahan terbarukan dan mudah terurai di alam, namun memiliki keunggulan yang sama seperti plastik konvensional.

Biodegradable film merupakan polimer yang mudah terdegradasi di alam. *Biodegradable film* dibuat dari berbagai bahan terbarukan (*renewable sources*) seperti pati, metabolit hasil mikroorganisme dan selulosa (Ningsih, 2010). Selain ramah lingkungan, *biodegradable film* diharapkan memiliki sifat fisik maupun mekanik yang mirip seperti plastik konvensional diantaranya kuat, memiliki persen pemanjangan yang baik dan laju transmisi uap air yang rendah namun tetap meminimalkan penggunaan bahan kimia dalam prosesnya. Pati sering dijadikan bahan baku *biodegradable film* karena mudah ditemukan diberbagai tumbuhan dan harganya yang ekonomis. Namun *biodegradable film* berbasis pati memiliki sifat mekanik yang kurang baik (Silviana dan Rahayu, 2019). Solusi yang dapat dilakukan untuk mengoptimalkan sifat *biodegradable film* berbahan pati adalah dengan mengkombinasikan pati dengan selulosa. Penambahan selulosa pada *biodegradable film* pati dapat memperbaiki sifat mekanik *film* yang dihasilkan (Jannah, 2017).

Penelitian mengenai pembuatan *biodegradable film* telah gencar dilakukan dalam beberapa tahun terakhir. Namun pada kenyataannya eksistensi *biodegradable film* belum bisa menggantikan plastik konvensional. Tingginya biaya bahan baku dan ongkos produksi *biodegradable film* untuk skala industri menyebabkan harga produk melambung. Harga plastik konvensional yang lebih ekonomis menjadi alasan masyarakat umum untuk lebih memilih plastik konvensional dibandingkan *biodegradable film*. Pemanfaatan limbah sebagai bahan baku pembuatan *biodegradable film* akan memberikan kontribusi positif yang signifikan bagi lingkungan maupun nilai ekonomis bagi limbah itu sendiri (Mostafa, *et al.*, 2018). Selain itu penggunaan limbah sebagai bahan baku *biodegradable film* dapat menurunkan biaya pembelian bahan baku yang diharapkan mampu menjadikan produk akhir menjadi lebih kompetitif secara ekonomi (Zhang, *et al.*, 2009).

Proses penggilingan padi menghasilkan sekam dan bekatul sebagai limbah yang berpotensi untuk dijadikan *biodegradable film*. Bekatul menjadi hasil samping penyosohan kedua dalam penggilingan padi yang mengandung 39,8-48,1% pati (Sharif, *et al.*, 2014). Sementara itu sekam padi memiliki kandungan selulosa mencapai 59,2% (Hayatun *et al.*, 2020), pada sumber lainnya disebutkan mencapai 57% (Johar, *et al.*, 2012). Berbagai penelitian terdahulu telah menjadikan bekatul sebagai bahan utama dalam pembuatan *biodegradable film* diantaranya pembuatan *biodegradable film* bekatul dengan berbagai macam *plasticizer* (Krisnadi, *et al.*, 2019), *biodegradable film* bekatul dengan *plasticizer* kitosan dan gliserol (Rahmawati, 2018), dan *edible film* pati jagung-karagenan-bekatul (Ismawati, *et al.*, 2020). Penelitian mengenai pembuatan *biodegradable film* berbahan dasar selulosa sekam padi juga telah banyak dilakukan diantaranya penentuan konsentrasi optimum selulosa sekam padi dalam pembuatan *film* bioplastik (Jannah, *et al.*, 2019), sintesis *biodegradable film* sekam padi dan ampas tebu (Gupta, *et al.*, 2020), dan pembuatan bioplastik limbah sekam padi dan minyak jelantah (Cengristitama dan Insan, 2020). Berdasarkan penelitian terdahulu belum ada peneliti yang mengkombinasikan pati bekatul dengan selulosa sekam padi. Oleh karena itu untuk mengetahui kombinasi terbaik dari

bekatul dan selulosa sekam padi yang menghasilkan *biodegradable film* dengan karakteristik terbaik maka perlu dilakukan penelitian ini.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk

1. Mengetahui pengaruh bekatul dan selulosa sekam padi terhadap kuat tarik, persen pemanjangan dan laju transmisi uap air *biodegradable film* yang dihasilkan.
2. Mengetahui kombinasi bekatul dan selulosa sekam padi yang menghasilkan *biodegradable film* dengan karakteristik terbaik sesuai dengan *Japanese Industrial Standart*.

1.3 Kerangka Pemikiran

Biodegradable film dapat dibuat dengan menjadikan pati sebagai bahan baku utamanya (Ilham, 2016). Namun *biodegradable film* yang dihasilkan dari pati memiliki berbagai kekurangan. *Biodegradable film* berbahan pati lebih rapuh jika dibandingkan plastik konvensional. Penelitian terdahulu oleh Hidayati, *et al.*, (2019) menunjukkan penambahan pati singkong lebih dari 2% mampu meningkatkan kuat tarik *film* limbah rumput laut, namun penambahan konsentrasi pati >7% justru menurunkan kuat tariknya. Penelitian lainnya menunjukkan hasil bahwa penambahan pati singkong (tapioka) sampai 4% menunjukkan kenaikan terhadap kuat tarik *film* kulit nanas paling tinggi sebesar 5228,59 MPa, tetapi mengalami penurunan pada penambahan pati 5% (Fransisca, *et al.*, 2013). Selain itu penelitian yang dilakukan oleh Rozikhin, *et al.*, (2020) *biodegradable film* yang dibuat dari campuran pati biji nangka dan pati biji durian memiliki persen pemanjangan yang rendah dengan rata-rata 8,452%. Jika dibandingkan dengan JIS (*Japan Industrial Standard*) 1975 maka rata-rata tersebut tidak memenuhi syarat sebab <70%.

Kombinasi antara pati dan selulosa dapat meningkatkan sifat mekanik *biodegradable film* yang terbentuk. Penelitian terdahulu yang dilakukan Hayatun, *et al.*, (2020) menunjukkan kuat tarik meningkat seiring dengan penambahan selulosa sekam padi pada *film*. Penambahan 1 g selulosa menghasilkan kuat tarik mencapai 2,0804 MPa, sementara penambahan 0,2 g selulosa hanya menghasilkan kuat tarik sebesar 0.3947 MPa. Bentuk rantai polimer selulosa yang lurus dan panjang membuat *film* yang terbentuk menjadi lebih kuat (Sulityo dan Ismiyati, 2012). Penambahan selulosa juga menyebabkan semakin banyaknya interaksi ikatan yang terjadi antara pati dan selulosa membentuk struktur kuat. Selain itu pada penelitian Budianto, *et al.*, (2019) menyatakan bahwa penambahan selulosa 1,5 g meningkatkan persen pemanjangan *film* menjadi 8,75%, jika dibandingkan dengan tanpa penambahan selulosa hanya sebesar 4,07%. Selulosa diduga memiliki sifat elastis yang mampu meningkatkan elastisitas *film*. Menurut Septiosati, *et al.*, (2014) selulosa memiliki derajat kristalinitas yang menjadikan selulosa bersifat fleksibel dan mampu mempengaruhi nilai persen pemanjangan *film*.

Bekatul dan sekam padi menjadi limbah hasil penggilingan padi yang berpotensi untuk dijadikan *biodegradable film*. Bekatul memiliki kandungan pati yang tinggi mencapai 39,8–48,1% (Sharif, *et al.*, 2014). Sementara itu sekam padi memiliki kandungan selulosa yang tinggi sebesar mencapai 59,2% (Hayatun *et al.*, 2020) pada sumber lainnya disebutkan mencapai 57% (Johar, *et al.*, 2012). Bekatul dan sekam akan terus tersedia mengingat nasi adalah makanan pokok bagi masyarakat Indonesia sehingga proses penggilingan padi menjadi beras akan terus ada. Kedua bahan ini dapat dikombinasikan untuk memperbaiki sifat yang dihasilkan *biodegradable film* yang terbuat hanya dari salah satu bahan.

Kandungan pati yang terdapat di dalam bekatul terdiri dari amilosa sebesar 14,05% dan amilopektin 21,80% (Balai Penelitian dan Konsultasi Industri, 2016). Kandungan amilosa dan amilopektin yang rendah menyebabkan *film* yang terbentuk memiliki kekompakan dan penampakan yang kurang baik. Menurut Niken dan Adepristian (2013) amilosa akan mempengaruhi kekompakan *film*

sementara amilopektin akan mempengaruhi kestabilan *film*. Penambahan tapioka dapat membantu pembentukan *film* sebab tapioka mengandung amilosa sebesar 17.41% dan amilopektin 82.13% (Nisah, 2017, Haris, 2001). Pada penelitian Fransisca, *et al.*, (2013) penambahan tapioka dapat menghasilkan *film* yang homogen tanpa flok. Dengan alasan tersebut maka pada pembuatan *biodegradable film* dari pati bekatul dan selulosa sekam padi ditambahkan tapioka.

Penelitian terdahulu yang mencampurkan pati dengan selulosa menghasilkan informasi berupa kombinasi terbaik dari kedua bahan tersebut yang memberikan karakteristik terbaik terhadap *film* yang dihasilkan diantaranya 8,5 g pati kulit ubi kayu berbanding 1,5 g selulosa kulit kacang tanah menghasilkan nilai ketahanan terhadap air 84,09%, laju perpindahan uap air 6,77 (g/m²/jam), biodegradasi selama 8 hari, kuat tarik 2,72 MPa, dan persen pemanjangan 8,75%. (Budianto, *et al.*, 2019), pati kulit singkong berbanding selulosa sebesar 8:2 menghasilkan *film* dengan nilai penyerapan air sebesar 33 %, kuat tarik 10,32 MPa, dan persen perpanjangan 27.91% (Sulityo dan Ismiyati, 2012) dan selulosa seberat 5 gram dengan pati sebanyak 4% (b/v) menghasilkan *film* dengan karakteristik berupa kuat tarik 5228, 59 MPa dan permeabilitas uap air 9,11 (g/m²/hari) atau (0,379 g/m²/jam) (Fransisca, *et al.*, 2013). Namun belum terdapat informasi mengenai kombinasi terbaik dari pati bekatul dan selulosa sekam padi untuk menghasilkan *biodegradable film* dengan karakteristik terbaik. Oleh karena itu maka dilakukan penelitian pembuatan *biodegradable film* dengan kombinasi bekatul dan selulosa sekam padi sebesar 10:0, 0:10, 3:7; 4:6; 5:5; 6:4; dan 7:3 dengan berat masing-masing kombinasi sebanyak 10 g.

1.4 Hipotesis

Hipotesis yang diajukan pada penelitian ini adalah

1. Bekatul dan selulosa sekam padi berpengaruh terhadap kuat tarik, persen pemanjangan dan laju transmisi uap air *biodegradable film* yang dihasilkan.

2. Terdapat kombinasi Bekatul dan selulosa sekam padi yang menghasilkan *biodegradable film* dengan karakteristik terbaik sesuai dengan *Japanese Industrial Standart*

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biodegradable Film

Biodegradable film berasal dari gabungan dua kata yaitu “*biodegradable*” dan “*film*” yang diartikan sebagai *film* atau lembaran yang dapat terdegradasi secara alamiah di dalam tanah dengan bantuan mikroba. Sementara itu, *biodegradable* berasal dari kata *bio* (makhluk hidup), *degra* (terurai), dan *able* (dapat/bisa) sehingga *biodegradable* menggambarkan kemampuan suatu bahan untuk bisa terurai cepat dengan bantuan mikroorganisme (Pillay, *et al.*, 2014).

Biodegradable film termasuk kedalam kelompok *biodegradable packaging*, bersama dengan *biodegradable coating*, dan enkapsulasi yang digunakan untuk mengemas produk pangan. Ketiganya merupakan kemasan yang dapat terurai namun memiliki fungsi dan proses pembentukan yang berbeda. *Biodegradable film* tidak dibentuk secara langsung menempel di atas permukaan produk yang akan dikemas melainkan hanya dijadikan lapisan atau kemasan. Sementara *biodegradable packaging* menempel secara langsung dengan permukaan produk misalnya kulit buah segar. Enkapsulasi menjadi *packaging* untuk bahan berbentuk serbuk yang bertujuan sebagai zat pembawa flavor.

Biodegradable film dapat dijadikan sebagai pengganti plastik konvensional karena sifatnya yang ramah lingkungan. *Biodegradable film* terbuat dari polimer yang mudah terdegradasi, salah satunya dengan pemutusan rantai kimia akibat adanya air atau hidrolisis yang dipengaruhi oleh keberadaan mikroba dan kondisi lingkungan (GESAMP, 2015). *Biodegradable film* dengan bahan baku terbarukan (*renewable sources*) dibuat dari kelompok senyawa bio-aktif dengan sifat *biodegradable*, kelompok tumbuhan seperti selulosa dan pati serta kelompok hewani seperti mikroorganisme atau cangkang hewan (Firdaus, 2008).

Biodegradable film yang terbuat dari bahan tersebut akan terurai menjadi air dan gas karbondioksida tanpa meninggalkan zat sisa yang beracun.

Biodegradable film dapat dibuat dari dua kelompok bahan dasar yaitu bahan petrokimia (*non-renewable resources*) dengan penambahan bahan aditif bersifat *biodegradable*, dan bioplastik berbahan dasar sumber daya alam terbarukan (*renewable resources*) seperti tanaman yang mengandung pati dan selulosa atau protein yang berasal dari hewan (Pratiwi, 2016). *Biodegradable film* terbentuk dari tiga kelompok penyusunnya yaitu lipida, hidrokoloid dan komposit. Lipida yang dapat digunakan dapat berupa asam lemak, gliserol ataupun waxes dari bahan alami. Lipida sekaligus berperan sebagai *plasticizer* yang mampu memperbaiki elastisitas *film* yang dihasilkan. Sementara hidrokoloid yang dapat digunakan dapat berupa pati, protein, pektin, alginat maupun polisakarida lainnya. Polisakarida dapat berupa turunan selulosa, turunan pati, gum, kitosan, ekstrak ganggang laut dan lainnya. Sedangkan komposit merupakan gabungan dua bahan yang berbeda diantaranya gabungan hidrokoloid dengan hidrokoloid, lipida dengan lipida atau hidrokoloid dengan lipida (Donhowe dan Fennema, 1994). Jenis hidrokoloid maupun lipida yang digunakan dalam komposit berbeda satu sama lain. Pembentukan komposit bertujuan untuk memperbaiki sifat *film* yang hanya terbentuk dari satu bahan.

2.2 Karakteristik *Biodegradable film*

Karakteristik yang dapat diamati dari *biodegradable film* khususnya untuk *film* sebagai kemasan diantaranya kuat tarik, persen pemanjangan, laju transmisi uap air, ketahanan terhadap suhu ruang dan biodegradabilitas. Sementara itu *Japanese Industrial Standard* (JIS) mensyaratkan beberapa karakteristik yang harus dipenuhi oleh *biodegradable film*.

Tabel 1. Syarat *biodegradable film* menurut *Japanese Industrial Standard (JIS)*

	Kuat tarik (MPa)	Persen pemanjangan (%)	WVT (g/m ² /jam)
Japanace Industrial Standard (JIS)	Min 0,39	Min 70	Maks 7

Sumber : Santoso dan Atma, 2020

1. Kuat tarik

Kuat tarik merupakan nilai yang menggambarkan kemampuan *film* untuk menahan gaya tarik maksimum sebelum *film* putus (Harsunu, 2008). Uji kuat tarik termasuk salah satu uji *stress-strain*, dalam pengujiannya *film* akan ditarik menggunakan alat sampai bahan tersebut putus. Penarikan yang dilakukan terhadap bahan dapat memberikan gambaran bagaimana material tersebut mengalami pertambahan panjang dan reaksinya terhadap gaya yang diberikan (Purnomo, 2017). Standar kuat tarik yang disyaratkan JIS (*Japanese Industrial Standard*) adalah minimal 0,39 MPa (Santoso dan Atma, 2020).

2. Persen pemanjangan

Persen pemanjangan adalah perubahan panjang maksimum pada saat perenggangan hingga *film* terputus (Harsunu, 2008). Nilai persen pemanjangan *film* pada umumnya akan meningkat seiring dengan peningkatan *plasticizer*. Minimal persen pemanjangan *biodegradable film* menurut standar JIS adalah 70% (Santoso dan Atma, 2020).

3. Laju transmisi uap air

Laju transmisi uap air didefinisikan sebagai jumlah uap air yang hilang persatuan waktu dibagi dengan luas area film (Gontard, *et al.*, 1993). Laju transmisi uap air merupakan jumlah uap air yang dapat berpindah melalui pori-pori *biodegradable film* pengemas yang dapat diketahui melalui analisis transmisi uap air. Laju transmisi uap air menjadi faktor penting terhadap *biodegradable film* yang

dijadikan sebagai pengemas sebab berkaitan dengan umur simpan produk. Nilai transmisi uap air suatu *film* dapat dijadikan bahan pertimbangan untuk menentukan daya simpan produk yang dikemas menggunakan *film* tersebut (Mirdayanti, *et al.*, 2018). Menurut standar JIS nilai laju transmisi uap air (WVTR) *biodegradable film* maksimal mencapai 7 (g/m²/jam) (Santoso dan Atma, 2020).

4. Ketahanan terhadap suhu ruang

Pengamatan ketahanan terhadap suhu ruang dilakukan untuk mengetahui lama ketahanan *biodegradable film* pada suhu ruang dalam jangka waktu tertentu. Pengamatan dilakukan setiap satu minggu sekali dengan melihat penampakan visual seperti warna dan keutuhan *biodegradable film*.

5. Biodegradabilitas

Biodegradabilitas menggambarkan kemampuan *film* untuk dapat terdegradasi dengan baik di dalam tanah. Pengujian dilakukan menggunakan metode *soil test* dengan menempatkan *biodegradable film* yang dihasilkan di atas tanah sampai *film* mengalami pegrusiaan secara sempurna. Pengamatan *film* dilakukan setiap satu minggu sekali. Tingkat biodegradabilitas kemasan akibat mikroorganisme dipengaruhi oleh bahan aditif, sifat hidrofobik, struktur polimer dan molekul bahan kemasan (Fahnur, 2017).

2.3 Bekatul

Bekatul merupakan limbah hasil penggilingan padi berupa selaput terluar bulir beras yang terbungkus sekam. Bekatul didapatkan dari lapisan pericarp, *seed coat*, *nucellus*, dan aleurone. Sekitar 8-12% bekatul dihasilkan dari total proses penggilingan padi menjadi beras (Tuarita, 2017).



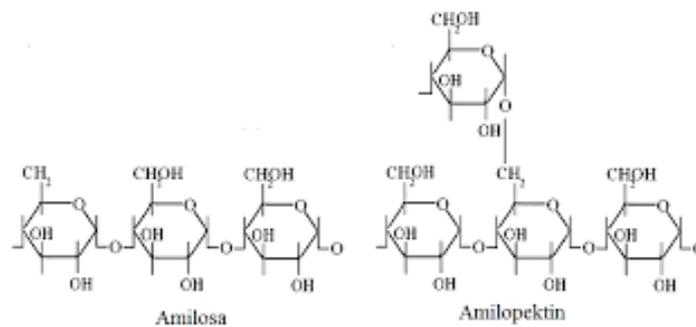
Gambar 1. Bekatul

Umumnya penggilingan padi yang masih menggunakan teknologi sederhana tidak memisahkan antara dedak dan bekatul membuat masyarakat umumnya lebih mengenal dengan sebutan dedak. Padahal bekatul dan dedak dihasilkan dari tahapan proses yang berbeda. Dedak dihasilkan dari proses penggilingan padi pada penyosohan pertama yang terdiri dari lapisan luar butiran beras (perikarp dan tegmen) serta sejumlah lembaga (Astawan dan Febrinda, 2010). Sementara bekatul dihasilkan pada proses penyosohan kedua yang terdiri atas lapisan dalam butiran beras, yaitu aleuron (kulit ari) beras serta sebagian kecil endosperma (Issara dan Rawdkuen, 2016).

Bekatul mengandung 43,5-54,3% karbohidrat yang sekitar 39,8-48,1% tersimpan sebagai pati, 17-22,9% lemak, 13,7-17,3% protein, 19,3-23,8% serat, 2,8-4,1% abu, dan 2,4-20,7% gula (Sharif, *et al.*, 2014). Menurut Balai Penelitian dan Konsultasi Industri (2016) pati bekatul mengandung amilosa sebesar 14,05% dan amilopektin mencapai 21,80%. Menurut Margarita (2018) pemanfaatan bekatul saat ini masih terbatas untuk dijadikan sebagai pakan ternak, bahkan terkadang hanya menjadi limbah yang mencemari lingkungan pada sentra produksi padi saat tiba masa panen di musim penghujan. Kandungan pati dalam bekatul yang tinggi dapat dimanfaatkan sebagai *biodegradable film*. Potensi ini dapat dijadikan sebagai peluang untuk meningkatkan nilai tambah limbah dengan dijadikan sebagai bahan dasar *biodegradable film* yang ramah lingkungan menggantikan plastik konvensional (Rahmawati, 2018).

2.4 Pati

Pati merupakan karbohidrat kompleks berupa polisakarida yang ada di dalam sel tumbuhan dan sebagian mikroorganisme. Pati didapatkan dari sumber alami seperti beras, kentang, labu, ubi jalar, sagu, biji-bijian, dan lainnya. Pati pada sel tumbuhan berbentuk granula dengan diameter sangat kecil. Granula pati terdiri atas dua polisakarida berbeda yaitu amilosa dan amilopektin (Akbar, *et al.*, 2013). Amilosa dan amilopektin menjadi dua komponen utama penyusun pati. Amilosa tersusun dari glukosa sebagai monomernya yang memiliki rangkaian panjang berbentuk linear dengan membentuk ikatan α -1,4 glikosida. Sementara itu amilopektin memiliki ikatan α -1,4 glikosida dan struktur rantai bercabang pada ikatan α -1,6 glikosida (Anita, 2013). Gambar struktur amilosa dan amilopektin dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Struktur amilosa dan amilopektin

Sumber: Mali, *et al.*, (2004)

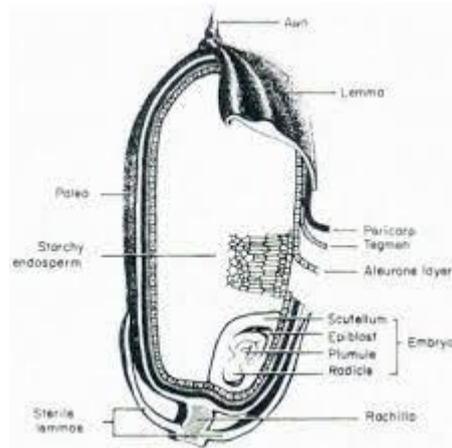
Pati termasuk kedalam karbohidrat kompleks yang tidak larut dalam air. Sifat pati ini memberikan kemudahan untuk mengekstrak granula pati dari sumbernya khususnya tanaman. Suspensi pati yang dipanaskan dalam air akan menyebabkan terjadinya pembengkakan ireversibel yang disebut dengan gelatinisasi (Wardah dan Hastuti, 2015). Gelatinisasi adalah proses pembentukan gel yang diawali dengan pembengkakan granula pati akibat penyerapan air selama pemanasan. Menurut Imanningsih (2012) gelatinisasi pati bermula ketika pati direndam di dalam air. Air akan berpenetrasi ke dalam granula pati. Suhu pemanasan pati menyebabkan air akan merusak ikatan *double helix* pada amilopektin dan rusaknya ikatan hidrogen antar molekul dalam granula. Semakin tinggi suhu pemanasan maka akan semakin banyak ikatan hidrogen yang terputus sehingga

granula akan membengkak dengan sangat cepat sebelum pada akhirnya pecah. Amilosa yang memiliki struktur molekul pendek akan larut dalam air dan keluar dari granula. Hal ini menyebabkan granula semakin terbuka sehingga air yang masuk akan semakin banyak. Molekul air dalam granula akan membentuk ikatan hidrogen dengan gugus hidrosil glukosa dari amilopektin dan sebagian amilosa yang masih tersisa dalam granula. Jumlah molekul air yang ada dipermukaan pati akan semakin sedikit seiring dengan semakin banyaknya jumlah amilosa yang terlepas dari granula. Hal ini menyebabkan peningkatan kejernihan dan viskositas pada granula pati sampai terbentuk gel. Gelatinisasi pati yang diiringi dengan pengadukan dapat menyebabkan ikatan hidrogen dalam granula pati rusak semakin cepat (Fransisca, *et al.*, 2013).

Gel yang dihasilkan dari proses gelatinisasi pati berpotensi untuk menjadi bioplastik ketika dikeringkan. Gugus hidrosil yang banyak terdapat dalam molekul pati memungkinkan pati untuk membentuk ikatan hidrogen inter dan antar molekul. Ikatan hidrogen yang ada diantara gugus hidrosil pati juga menunjukkan bahwa pati bersifat hidrofilik dan mudah terdegradasi mikroorganisme sehingga berpotensi untuk dijadikan sebagai *biodegradable film* (Pangestu, 2020).

2.5 Sekam Padi

Sekam padi merupakan hasil samping dari proses penggilingan padi berupa lapisan keras yang terdiri atas belahan *lemma* dan *palea* yang saling bertautan. Sekam padi memiliki ciri fisik warna kuning keemasan sampai sedikit coklat dengan bentuk lonjong mengikuti bentuk beras. Panjang sekam padi mencapai 5-10 mm dengan lebar 2,5-5 mm (Siahaan, *et al.*, 2013).



Gambar 3. Struktur biji padi
Sumber : Darmadjati (1988)

Penampakan sekam padi ditunjukkan pada Gambar 3. Menurut Jahiding (2011) proses penggilingan padi menghasilkan beras giling 50-63,5%, sekam 20-30%, dan dedak serta bekatul 8-12% dari bobot awal gabah. Sementara itu klasifikasi tanaman padi adalah sebagai berikut



Gambar 4. Sekam padi

Kerajaan : *Plantae*

Divisio : *Angiospermae*

Kelas : *Monocotyledoneae*

Ordo : *Poales*

Familia : *Poaceae*

Genus : *Oryza*

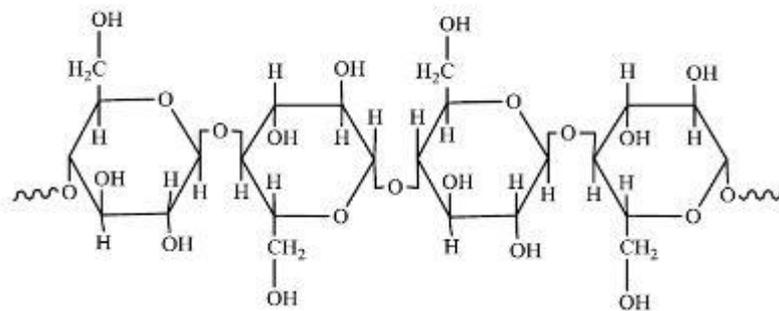
Spesies : *Oryza sativa* L. (Fitri, 2009).

Menurut Jalaluddin dan Risal (2005) sekam padi mengandung hemiselulosa (18,03%), lignin (20,90%), abu (0,60-1,00%) dan selulosa (58,85%). Bahkan

pada penelitian Hayatun *et al.*, (2020) dari ekstraksi sekam padi didapatkan selulosa mencapai 59,2%. Sekam padi juga mengandung air sebesar 9,02%, serat kasar 35,68%, protein kasar 3,03%, dan karbohidrat dasar 33,71% (Jahiding, 2011). Sekam padi dapat dimanfaatkan menjadi berbagai produk seperti arang aktif, substrat untuk menghasilkan enzim dan sumber karbon untuk produksi etanol (Widayantini, *et al.*, 2014). Selain itu kandungan selulosa yang tinggi dalam sekam padi menjadikan sekam padi berpotensi untuk dijadikan sebagai *filler* dalam suatu polimer. Sekam padi dapat memperbaiki sifat ketahanan terhadap air dan pelapukan, biodegradabilitas serta kuat tarik. Selain itu produk akhir menjadi kompetitif secara ekonomi (Zhang, *et al.*, 2009).

2.6 Selulosa

Selulosa merupakan polimer yang banyak ditemukan pada dinding sel tanaman. Selulosa termasuk senyawa organik dengan rumus kimia $(C_6H_{10}O_5)_n$. Selulosa termasuk homopolimer yang tersusun atas monomer-monomer glukosa yang dihubungkan dengan ikatan β -1-4 glikosida. Selulosa dari alam akan bergabung dengan hemiselulosa dan lignin, sehingga untuk mendapatkan selulosa murni maka lignin dan hemiselulosa perlu dihilangkan dengan pemecahan secara kimia. Selulosa bersifat hidrofilik yang tersusun dari tiga gugus hidroksil reaktif pada tiap unit hidroglikosa. Selulosa dapat dimodifikasi dengan memasukan gugus fungsi yang diinginkan pada gugus hidroksilnya. Monomer yang membentuk ikatan dengan selulosa akan mempengaruhi sifat selulosa itu sendiri seperti hidrofilik dan hidrofobik, tingkat elastisitas, dan daya absorpsi terhadap zat warna dan air (Muhakka, *et al.*, 2012).



Gambar 5. Struktur selulosa
Sumber: Mulyadi (2019)

Gugus hidroksil pada selulosa menyebabkan terbentuknya ikatan hidrogen. Semakin banyak ikatan hidrogen yang terbentuk maka ikatan akan semakin kuat sehingga sulit untuk larut dalam air (Billmeyer, 1987). Pasangan antar molekul selulosa akan saling berikatan dengan ikatan hidrogen membentuk mikrofibril yang memiliki kekuatan regangan yang tinggi dan sifat seperti kristal (Klemm, *et al.*, 1998). Selulosa banyak digunakan sebagai bahan baku alternatif dalam industri seperti pembuatan pakaian, bahan bangunan dan material polimer alam, serat kertas bahkan sediaan farmasi. Hal ini menyebabkan permintaan selulosa terus meningkat. Banyaknya penggunaan selulosa dikarenakan semakin berkurangnya cadangan bahan baku yang berasal dari sumber daya alam tak terbarukan (Mulyadi, 2019).

III. BAHAN DAN METODE

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Analisis Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung dan Laboratorium MIPA Kimia Institut Teknologi Bandung pada bulan Januari sampai Maret 2022.

3.2 Bahan dan Alat Penelitian

Bahan utama yang digunakan dalam pembuatan *biodegradable film* adalah bekatul dan sekam padi yang diperoleh dari tempat penggilingan padi di Kabupaten Pesawaran. Bahan lain yang digunakan adalah gliserol 2% b/v sebagai *plasticizer*, aquades, CMC 2% b/v, tapioka 2 gram, air, hidrogen peroksida (H₂O₂) 2% v/v, natrium hidroksida (NaOH) 2,5% b/v.

Peralatan yang digunakan adalah timbangan digital, *hot plate*, batang pengaduk, thermometer, Universal Testing Machine (UTM) yang dibuat oleh Orientec Co. Ltd dengan model UCT-5T untuk uji kuat tarik dan persen pemanjangan, baskom, blender merk Miyako tipe BL-152 PF-AP, kain saring, ayakan *sieve stainless* 80 dan 100 mesh, plat kaca ukuran 20x20 cm, gelas beaker, gelas ukur, cawan, pipet tetes, talenan, stopwatch, pisau *stainless steel*, dan spatula.

3.3 Metode Penelitian

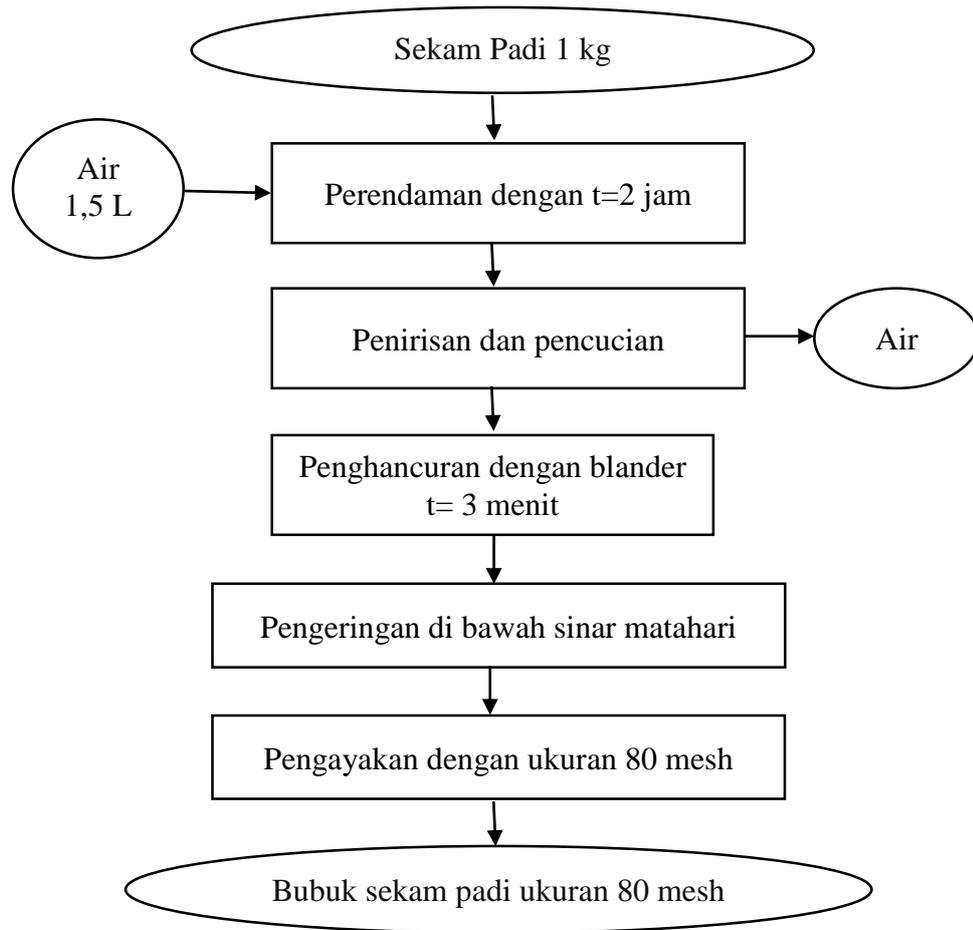
Perlakuan disusun dalam Rancangan Acak Kelompok Lengkap dengan 3 kali ulangan. Perlakuannya adalah kombinasi bekatul dan selulosa sekam padi dengan perbandingan sebagai berikut 10:0 (P01), 0:10 (P02), 3:7 (P1), 4:6 (P2), 5:5 (P3), 6:4 (P4) dan 7:3 (P5). Berat masing-masing kombinasi adalah 10 gram. Data yang diperoleh dianalisis kesamaan ragamnya menggunakan uji Bartlett.

Kemenambahan data diuji dengan uji Tuckey dan dianalisis sidik ragamnya. Kemudian dilakukan uji lanjut menggunakan uji beda nyata jujur (BNJ) pada taraf nyata 5%. Sementara untuk pengujian biodegradabilitas dan ketahanan terhadap suhu ruang disajikan dalam bentuk gambar dan dibahas secara deskriptif.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Pembuatan Bubuk Sekam Padi

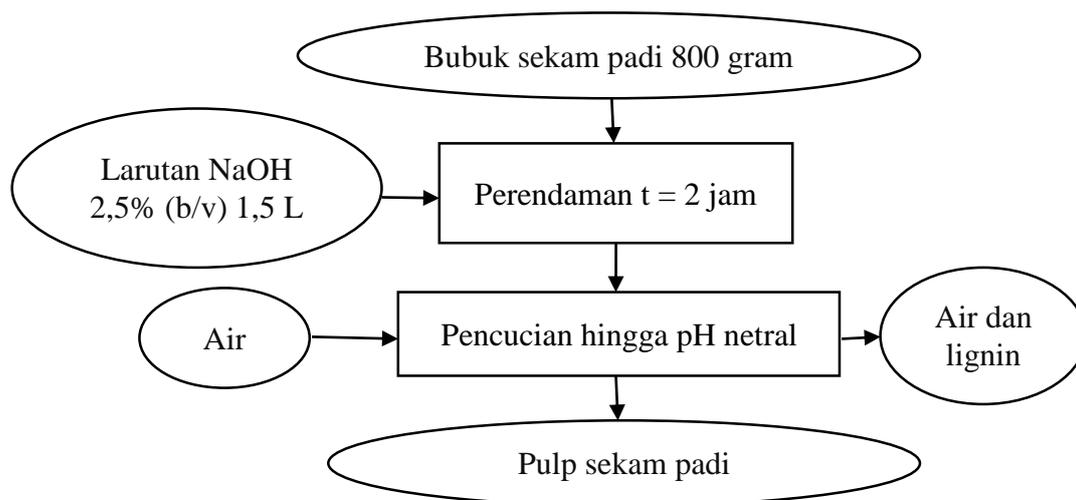
Bubuk sekam padi dibuat dengan merendam 1 kg sekam padi ke dalam 1,5 liter air. Perendaman dilakukan selama 2 jam. Setelah 2 jam sekam padi kemudian ditiriskan sekaligus dicuci. Sekam padi yang sudah ditiriskan selanjutnya dihaluskan menggunakan blander Miyako tipe BL-152 PF-AP dengan pisau *wet mill* dengan kecepatan maksimal selama 3 menit. Bubur sekam padi kemudian dikeringkan dibawah sinar matahari langsung sampai kadar airnya berkurang. Sekam padi kering lalu diayak menggunakan ayakan ukuran 80 mesh untuk menghasilkan bubuk sekam padi.



Gambar 6. Diagram alir pembuatan bubuk sekam padi
Sumber : Cengristitama dan Insan (2020, dengan modifikasi)

3.4.2 Pemisahan Selulosa

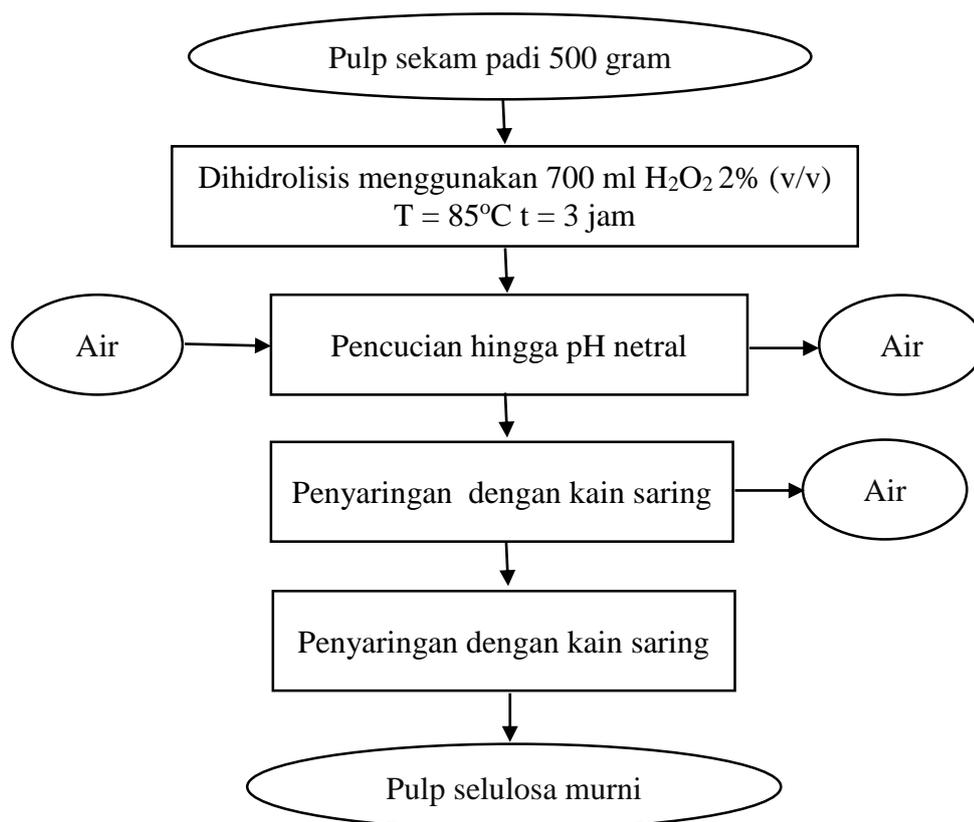
Bubuk sekam padi yang telah didapatkan diproses lebih lanjut pada tahap pemisahan selulosa. Bubuk sekam seberat padi seberat 800 gram direndam dalam larutan NaOH 2,5 % (b/v) sebanyak 1,5 liter dalam jangka waktu 2 jam. Selanjutnya sekam padi dicuci menggunakan air mengalir hingga pH netral. Setelah proses pencucian didapatkan pulp sekam padi.



Gambar 7. Diagram alir pemisahan selulosa sekam padi
Sumber : Satriyo (2012, dengan modifikasi)

3.4.3 Pemurnian Selulosa

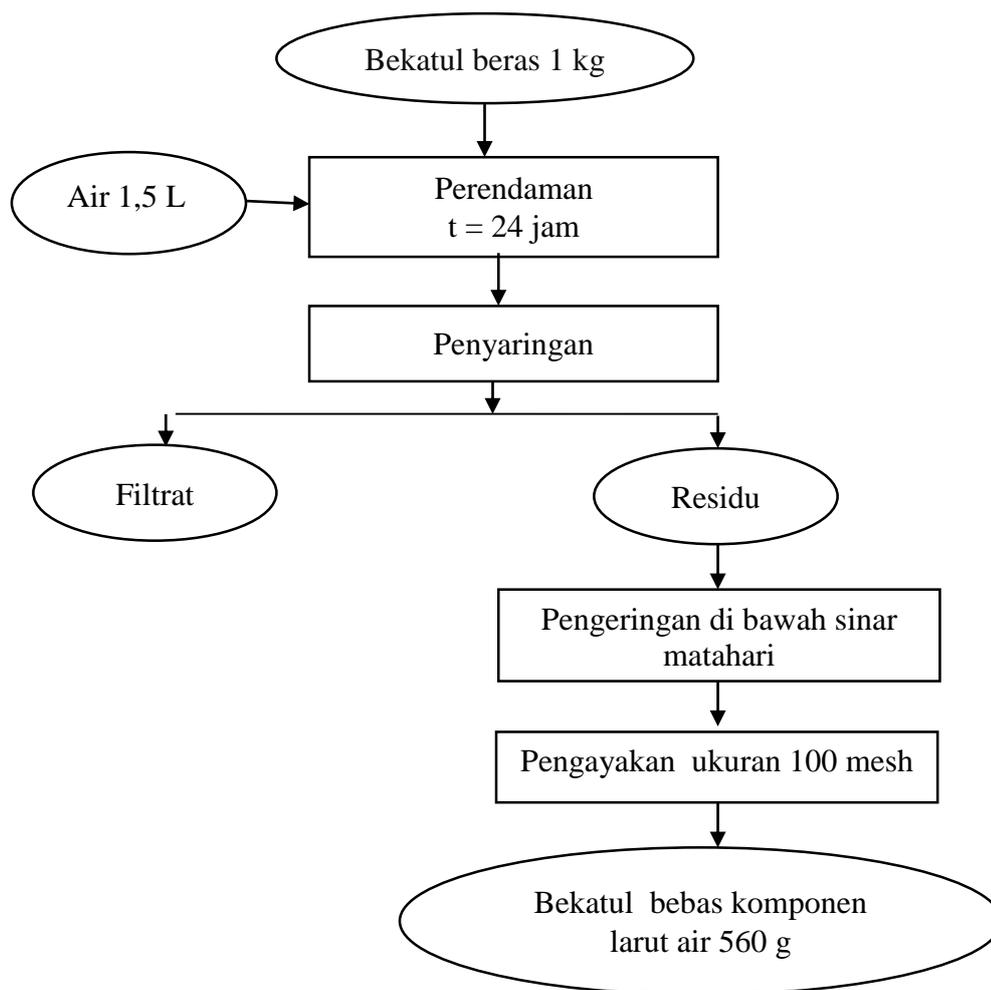
Pemurnian selulosa sekam padi dilakukan dengan memberikan perlakuan hidrolisis terhadap pulp sekam padi. Pulp sekam padi sebanyak 500 gram dihidrolisis menggunakan 700 ml larutan H_2O_2 2% (v/v) pada suhu 85°C selama 3 jam. Selanjutnya pulp selulosa sekam padi dicuci menggunakan air mengalir sampai pH netral lalu disaring menggunakan kain saring. Selulosa yang didapatkan kemudian dikeringkan dibawah sinar matahari untuk digunakan dalam proses selanjutnya.



Gambar 8. Diagram alir pemurnian selulosa sekam padi
Sumber : Satriyo (2012, dengan modifikasi)

3.4.4 Pemurnian Bekatul

Bekatul beras yang didapatkan dari tempat penggilingan padi sebanyak 1 kg direndam dalam 1,5 liter air selama 24 jam. Kemudian disaring untuk memisahkan filtrat dan residunya. Komponen larut air dalam bekatul akan larut didalam filtrat. Kotoran yang terdapat dalam bekatul juga akan terbuang bersama filtrat. Sementara residu hasil penyaringan kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari sampai kering. Residu kering lalu ayak menggunakan ayakan 100 mesh untuk mendapatkan bekatul dengan ukuran seragam.

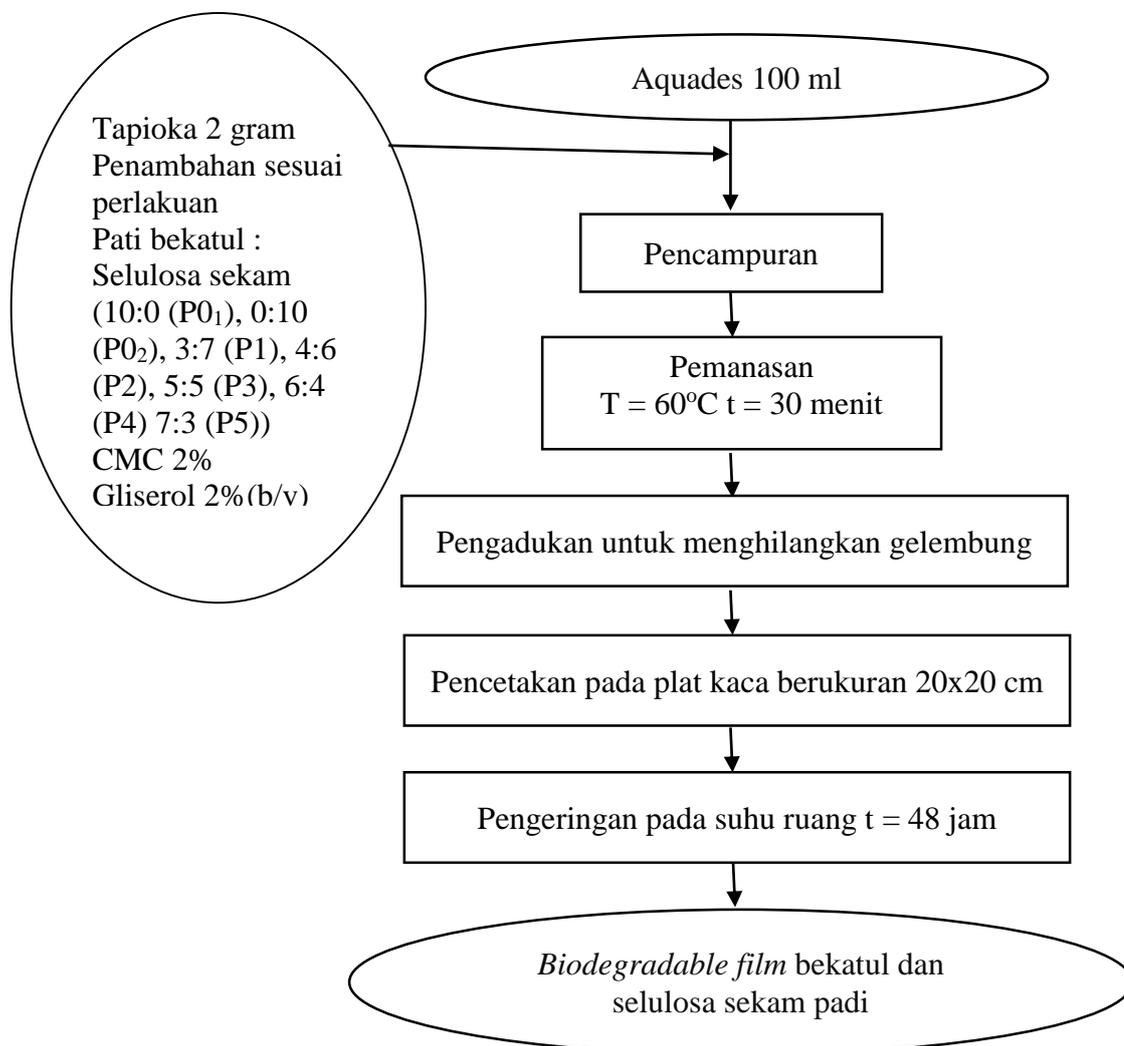


Gambar 9. Diagram alir pemurnian bekatul
Sumber : Rahmawati (2018, dengan modifikasi)

3.4.5 Pembuatan *Biodegradable Film*

Pembuatan *biodegradable film* dilakukan dengan mencampurkan 100 ml aquades dengan tapioka sebanyak 2 gram sampai terlarut dalam gelas beker. Pada larutan tersebut ditambahkan pati bekatul dan selulosa sekam padi sesuai perlakuan 10:0 (P01), 0:10 (P02), 3:7 (P1), 4:6 (P2), 5:5 (P3), 6:4 (P4) 7:3 (P5) dengan berat masing-masing kombinasi 10 gram dan dihomogenkan. Pada campuran tersebut ditambahkan CMC 2% b/v dan gliserol 2% b/v dan dihomogenkan. Campuran tersebut kemudian dipanaskan pada suhu 60°C selama 30 menit. Selama pemanasan campuran diaduk untuk memastikan semua bahan homogen dan menghilangkan gelembung yang terbentuk. Setelah proses pemanasan, campuran

dicetak di atas plat kaca ukuran 20 x 20 cm dan dikeringkan pada suhu ruang selama 48 jam.



Gambar 10. Diagram alir pembuatan *biodegradable film* bekatul dan sekam padi
Sumber : Budianto, *et al.*, (2019, dengan modifikasi)

3.5 Pengamatan

Pengamatan yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi kuat tarik, persen pemanjangan, laju transmisi uap air, ketahanan terhadap suhu ruang dan uji biodegradabilitas.

3.5.1 Kuat Tarik

Pengamatan ini dilakukan di Laboratorium Kimia Organik Fakultas MIPA Institut Teknologi Bandung. Alat yang digunakan untuk pengujian adalah *Universal Testing Machine* (UTM) yang dibuat oleh *Orientec Co. Ltd* dengan model UCT-5T. Lembaran sampel dipotong menggunakan *dumbbell cutter* dengan metode ASTM D638 M-III. Kondisi pengujian dilakukan dengan suhu 27°C, kelembaban ruang uji 65%, kecepatan tarik 1 mm/menit, skala *load cell* 10% dari 50 N. Kekuatan tarik dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut (ASTM, 1983) :

$$\tau = \frac{F_{\text{maks}}}{A}$$

Keterangan :

- τ = kekuatan tarik (MPa)
 F_{maks} = gaya tarik (N)
 A = luas permukaan contoh (mm²)

3.5.2 Persen Pemanjangan

Persen pemanjangan diukur menggunakan alat *Testing Machine* MPY (Type : PA-104-30, Ltd Tokyo, Japan). Sebelum dilakukan pengukuran disiapkan lembaran sampel *film* ukuran 2,5 x 15 cm dan dikondisikan di laboratorium dengan kelembapan (RH) 50% selama 48 jam. Instron diset pada initial grip separation 50 mm, crosshead speed 50 mm/menit dan loadcell 50 kg. Persen pemanjangan dihitung pada saat *film* pecah atau robek. Sebelum dilakukan penarikan panjang *film* diukur sampai batas pegangan yang disebut panjang awal (I_0), sedangkan panjang *film* setelah penarikan disebut panjang setelah putus (I_1) dan dihitung persen perpanjangan dengan rumus yaitu :

$$\text{Persen Pemanjangan} = \frac{I_1 - I_0}{I_0} \times 100\%$$

Keterangan:

I_0 = panjang awal

I_1 = panjang setelah putus (ASTM, 1983)

3.5.3 Laju Transmisi Uap Air

Laju transmisi uap air diukur dengan metode cawan yang ditentukan secara gravimetri (ASTM E96-01, 1997) dalam Dewi, *et al.*, (2021) dengan modifikasi. *Biodegradable film* dipotong dengan bentuk lingkaran (diameter mengikuti diameter cawan). Kemudian dimasukkan 3 gram silica gel kedalam cawan. *Film* direkatkan pada permukaan cawan kemudian bagian tepi cawan direkatkan menggunakan isolasi, lilin atau karet. Berat awal set sampel ditimbang. Cawan dikondisikan selama 24 jam pada suhu ruangan. Berat akhir sampel kemudian ditimbang. Nilai laju transmisi uap air sampel dihitung menggunakan rumus :

$$WVTR = \frac{W-W_0}{A/t}$$

Keterangan:

W_0 = Berat awal

W = Berat akhir setelah 24 jam

t = waktu (24 jam)

A = luas area *film* (m^2)

2.5.4 Ketahanan Terhadap Suhu Ruang

Pengamatan dilakukan di Laboratorium Analisis Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Lampung. Pengamatan dilakukan dengan menguji *biodegradable film* yang dihasilkan dengan cara disimpan disuhu ruangan. Pengamatan dilakukan setiap satu minggu sekali dengan melihat penampakan visual *biodegradable film* seperti keutuhan, kondisi permukaan dan warna *film* (Fransisca, *et al.*, 2013).

2.5.5 Uji Biodegradabilitas

Pengamatan dilakukan di Laboratorium Analisis Hasil Pertanian, Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Universitas Lampung . Pengujian sifat biodegradabilitas *film* dilakukan menggunakan metode (Yuliana, 2014) dengan memasukan *film* ke dalam gelas plastik, kemudian ditimbun dengan tanah sampai ketebalan tanah 12 cm. Proses dilangsungkan sampai *film* terurai secara sempurna (*film* hilang menyatu dengan tanah) dengan waktu pengamatan 1 kali seminggu.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Bekatul dan selulosa sekam padi berpengaruh nyata terhadap kuat tarik, persen pemanjangan dan transmisi laju uap air *biodegradable film*.
2. Hasil perlakuan terbaik diperoleh pada kombinasi 6 gram bekatul dan 4 gram selulosa sekam padi dengan nilai kuat tarik 11,505 MPa, persen pemanjangan sebesar 28,392%, laju transmisi uap air sebesar 6,548 (g/m²/jam) dan biodegradabilitas selama 14 hari.

5.2 Saran

Saran yang perlu dilakukan untuk penelitian selanjutnya adalah :

1. Diperlukan penelitian lanjutan untuk mendapatkan konsentrasi CMC dan gliserol terbaik guna memperbaiki nilai persen pemanjangan *biodegradable film* bekatul dan selulosa sekam padi.
2. Diperlukan penelitian lanjutan untuk membuat *biodegradable film* bekatul dan selulosa sekam padi dengan ukuran mesh selulosa sekam padi lebih besar dari 80 mesh untuk memperbaiki nilai kuat tarik.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar, F., Anita, Z dan Harahap, H. 2013. Pengaruh Waktu Simpan Film Plastik Biodegradasi Dari Pati Kulit Singkong Terhadap Sifat Mekanikalnya. *Jurnal Teknik Kimia Universitas Sumatera Utara*. 2(2).
- Anggraini, F. 2019. *Karakteristik Biodegradable Film Berbasis Ampas Tebu (Saccharum officinarum L) Dengan Penambahan Gliserol Dan Carboxy Methyl Cellulose (CMC)*. (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung. 44 hlm.
- Anita, Z. 2013. Pengaruh Penambahan Gliserol Terhadap Sifat Mekanik Film Plastik Biodegradasi Dari Pati Kulit Singkong. *Jurnal Teknik Kimia USU* 2(2).
- Astawan, M dan Febrinda. 2010. Potensi Dedak dan Bekatul Beras Sebagai Ingredient Pangan dan Produk Pangan Fungsional. *Jurnal Artikel Pangan* 14. 19(1).
- ASTM. 1983. *Annual book of ASTM Standard. American Society For Testing And Material*. Philadelphia.
- ASTM. 1997. *Annual book of ASTM Standard. American Society For Testing And Material*. Philadelphia.
- Balai Penelitian dan Konsultasi Industri. 2016. *Uji Kandungan Gizi Pati Bekatul*. Surabaya.
- Bilmeyer, J. 1987. *Textbook of polimer science*. Willey Interscience Publication John Willey and Sons. New York.
- Budianto, A., Ayu, F dan Johan, S, V. 2019. Pemanfaatan Pati Kulit Ubi Kayu dan Selulosa Kulit Kacang Tanah Pada Pembuatan Plastik *Biodegradable*. *Jurnal SAGU*. 18(2): 11-18.
- Cengristitama dan Insan, N. 2020. Pemanfaatan Limbah Sekam Padi Dan Minyak Jelantah Untuk Pembuatan Bioplastik. *Jurnal TEDC*. 14 (1):15-23.

- Cornelia, M., Anugrahati, A dan Christina. 2012. Pengaruh Penambahan Pati Bengekoang Terhadap Karakteristik Fisik dan Mekanik Edible Film. *Jurnal Kimia Kemasan*. 34(2): 262–270.
- Darmardjati, D.S., 1998. *Struktur Kandungan Gizi Beras dalam Padi-Buku 1. Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan Bogor.
- Darni, Y dan U. Herti. 2010. Studi pembuatan dan karakteristik sifat mekanik dan hidrofobisitas bioplastik dari pati sorgum. *Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan*. 7(1): 88-93.
- Dewi, R., Rahmi dan Nasrun. 2021. Perbaikan Sifat Mekanik Dan Laju Transmisi Uap Air *Edible Film* Bioplastik Menggunakan Minyak Sawit Dan *Plasticizer* Gliserol Berbasis Pati Sagu. *Jurnal teknologi kimia UNIMAL*. 10(1): 61-67.
- Dewi, I., Johannes, Z., Pingak, K., Bukit, M dan Sutaji, I.H. 2021. Pembuatan Bioplastik Berbahan Dasar Pati Jagung dengan Penambahan Serat Selulosa dari Limbah Kertas. *Jurnal Fisika Sains dan Aplikasinya* .6(2): 91-96.
- Donhowe, I dan Fennema, O. 1994. The Effect Of Plastikizer On Crystallinity, Permeability And Mechanical Properties Of Methylcellulose Films. *Journal Food Process and Presentatif*. (17): 247-257.
- Fahnur, M. 2017. *Pembuatan, Uji Ketahanan Dan Struktur Mikro Plastik Biodegradable Dengan Variasi Kitosan Dan Konsentrasi Pati Biji Nangka*. (Skripsi). UIN Alauddin Makassar. Makassar. 127 hlm.
- Faria, F, O., Vercelheze A,E,S., Mali, S. 2012. Physical properties of *biodegradable films* based on cassava starch, polyvinyl alcohol and montmorillonite. *Journal of Química Nova*. 35(3): 487-492.
- Firdaus, F. 2008. Sintesis Film Kemasan Ramah Lingkungan Dari Komposit Pati, Khitosan dan Asam Polilaktat dengan Pemplastik Gliserol. *Jurnal Penelitian & Pengabdian*: 1-14.
- Fitri, H. 2009. *Uji Adaptasi Beberapa Variates Padi Ladang (Oryza sativa L.)*. (Skripsi). Universitas Sumatera Utara. Medan. 60 hlm.
- Fransisca, D., Zulferiyenni dan Susilawati. 2013. Pengaruh Konsentrasi Tapioka Terhadap Sifat Fisik *Biodegradable Film* dari Komposit Selulosa Nanas. *Jurnal teknologi Industri dan Hasil Pertanian*. 18(2): 196-205.

- GESAMP (*Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution*). 2015. Sources, fate and effects of microplastiks in the marine environment - a global assessment. GESAMP Reports and Studies Series. GESAMP (IMO/ FAO/ UNESCO-IOC / UNIDO/ WMO/ IAEA/ UN/ UNEP/ UNDP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection).
- Gupta, H., Kumar, H., Kumar, M., Gehlaut, K., Gaur, A., Sachan, S dan Park, W. 2020. Synthesis Of Biodegradable Films Obtained From Rice Husk And Sugarcane Bagasse To Be Used As Food Packaging Material. *Journal of Environmental Engineering Research*. 25(4) 506-514.
- Gontard, N., Guilbert, S., Cuq, J.L., 1993, Water and Glyserol as Plasticizer Affect Mechanical and Water Barrier Properties at an Edible Wheat Film, *Jurnal of Food Science* 58(1): 206-211.
- Haris, H. 2001. Kemungkinan Penggunaan Edible Film Pati Tapioka untuk Pengemas Lempuk. *Jurnal Ilmu- Ilmu Pertanian Indonesia* Vol.3(2): 99-106.
- Hayatun, A., Jannah, M., Ahmad, A dan Taba, P. 2020. Synthetic Bioplastik Film from Rice Husk Cellulose. *Journal of Physics: Conf. Series* 1463: 1-7.
- Hidayati, S., Zulferiyenni dan Satyajaya, W. 2019. Optimasi Pembuatan Biodegradable Film Dari Selulosa Limbah Padat Rumpuk Laut *Euचेuma Cottonii* Dengan Penambahan Gliserol, Kitosan, CMC dan Tapioka. *Jurnal JPHPI*. 22 (2): 340-354.
- Ilham, F. 2016. *Bioplastik dari Pati Kulit Pisang Menggunakan Penguat ZnO dan Penguat Alami Selulosa*. (Skripsi). Universitas Negeri Semarang. Jawa Tengah. 78 hlm.
- Imanningsih, N. 2012. Profil Gelatinisasi Beberapa Formula Tepung-tepungan untuk Pendugaan Sifat pemasakan. Penel Gizi Makan. *Jurnal Penel Gizi Makan* 35(1): 13-22.
- Ismawanti, D., Putri, R., Murtini, S dan Purwoto, H. 2020. Edible Film Pati Maizena-Karagenan-Bekatul Padi: Karakteristik Viskositas Formula, Kadar Air, dan Water Vapour Transmission Rate. *Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*. 9 (3): 173-183.
- Issara, U dan Rawdkuen, S. 2016. Rice bran : A Potential Of Main Ingredient In Healthy Beverage. *International Food Research Journal*. 23(6): 2306-2318.
- Jahiding, M, D. 2011. Analisis Priksimasi dan Nilai Kadar Bioarang Sekam Padi sebagai Bahan Baku Briket Hybrid. *Jurnal Aplikasi Fisika*: 77-83.

- Jalaluddin dan Risal, S. 2005. Pembuatan Pulp dari Jerami Padi menggunakan Natrium Hidroksida. *Jurnal Sistem Teknik Industri*. 6(5): 53-58.
- Jannah, M. 2017. *Penentuan Konsentrasi Optimum Selulosa Sekam Padi Dalam Pembuatan Film Bioplastik*. (Skripsi). UIN Alauddin Makassar. Makassar. 83 hlm.
- Jannah, M., Ahmad, A., Hayatun, A., Taba, P dan Chadijah, S. 2019. Effect Of Filler And Plastisizer On The Mechanical Properties Of Bioplastik Cellulose From Rice Husk. *Journal of Physics: Conference Series* 1341.
- Johar, N., Ishak, A dan Alain, D. 2012. Extraction Preparation And Characterization Of Cellulose Fiber And Nanocrystals From Rice Husk. *Journal Industrial Crops and Product* (37): 93-9.
- Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan .2020. Konsumsi sampah nasional negara Indonesia.
<https://indonesia.go.id/kategori/indonesia-dalam-angka/2533/membenahi-tata-kelola-sampah-nasional>. Diakses pada 24 November 24, 2021.
- Klemm, D., Philipp, B., Heinze, T., Heinze, U., dan Wagenknecht, W. 1998 *Comprehensive Cellulose Chemistry: Fundamentals and Analytical Methods*. *Journal of Weheim: Wiley-VCH Verlag GmbH*.
- Krisnadi, R., Handarni, Y dan Udyani, K. 2019. Pengaruh Jenis Plastikizer Terhadap Karakteristik Plastik Biodegradable dari Bekatul Padi. *Jurnal Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan VII*: 2686-0023.
- Mali, Suzana, Karam, Laura, Ramos, P., Luiz., Grossman dan Maria. 2004. Relationships among the Composition and Physicochemical Properties of Starches with the Characteristics of Their Films. *Journal of agricultural and food chemistry*.
- Margarita, H. 2018. *Uji Aktivitas Antioksidan Ekstrak etanol Bekatul dan Dedak*. (Skripsi). Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Malang. 92 hlm.
- Mirdayanti, R., Wirjosentono, B dan Marlianto, E. 2018. Analisis Edible Film Dari Campuran Keratin Dan Pati Jagung. *Jurnal serambi engineering*. 3(2): 316-325.
- Mostafa, N., Farag, A., Abo-dief, H dan Tayeb, A. 2018. Production of biodegradable plastik from agricultural wastes. *Arab Journal Chemistry* 11: 546-553.

- Muhakka, Napoleon, A dan Rosa, P. 2012. Pengaruh Pemberian Pupuk Cair Terhadap Produksi Rumput Gajah Taiwan (*Pennisetum purpureum schumacher*). *Jurnal Peternakan Sriwijaya*. 1(1).
- Mulyadi, I. 2019. Isolasi dan Karakteristik Selulosa : Review. *Jurnal SAINTIKA UNPAM*. 1(2): 177-182.
- Niken, A dan Adepristian, D. 2013. Isolasi Amilosa Dan Amilopektin Dari Pati Kentang. *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*. 3(2): 57– 62.
- Ningsih, S. 2010. *Optimasi Pembuatan Bioplastik Polihidroksialkanoat Menggunakan Bakteri Mesofilik dan Media Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit*. (Tesis). Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Nisah, K. 2017. Study Pengaruh Kandungan Amilosa Dan Amilopektin Umbi-Umbian Terhadap Karakteristik Fisik Plastik Biodegradable Dengan Plastizicer Gliserol. *Jurnal Biotik*. 5(2): 106-113.
- Pangestu, A. 2020. *Pemanfaatan Kulit Pisang Kepok Dan Rumput Gajah Sebagai Bahan Baku Pembuatan Bioplastik*. (Skripsi). Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung. Bandar Lampung. 84 hlm.
- Panjaitan, M, R., Irdoni, dan Bahruddin. 2017. Pengaruh Kadar dan Ukuran Selulosa Berbasis Batang Pisang Terhadap Sifat dan Morfologi Bioplastik Berbahan Pati Umbi Talas. *Jurnal FTEKNIK* 4(1): 1-7.
- Pillay, V., Tsai, Y., Choonara, L., Toit, P., Kumar, G., Modi, D., Naidoo, L., Tomar, C., Tyagi dan Ndesendo, K. 2014. A Review of Integrating Electroactive Polymers as Responsive Systems for Specialized Drug Delivery Applications. *Journal of Biomedical Materials Research* 102(6): 2039-2054.
- Pudjiastuti, W., Listyarini, A dan Rizki, I, M. 2013. Pengaruh Laju Transmisi Uap Air Polymer Blend Polibutilen Suksinat (PBS) dan Linear Low Density Polyethylene (LLDPE) Terhadap Umur Simpan Sup Krim Instan Rasi. *Jurnal Balai Besar Kimia dan Kemasan Kementerian Perindustrian RI*:1-5.
- Pratiwi, D. 2016. Pemanfaatan Selulosa Dari Limbah Jerami Padi (*Oryza Sativa*) Sebagai Bahan Bioplastik. *Jurnal IJPST* 3(3).
- Purnomo. 2017. *Material Teknik*. CV Seribu Bintang. Malang.
- Rahmawati, D. 2018. *Pengaruh Variasi Komposisi Gliserol Dan Kitosan Terhadap Kualitas Plastik Biodegradable Dari Bekatul*. (Skripsi). Universitas Muhammadiyah Surakarta. Sukoharjo.

- Rozikhin, Zalfiatri, Y dan Hamzah, H. 2020. Pembuatan Plastik Biodegradable Dari Pati Biji Durian dan Pati Biji Nangka. *Jurnal Chempublish*.5(2): 151-165.
- Santoso, A. 2011. Serat Pangan (Dietary Fiber) dan Manfaatnya Bagi Kesehatan. *Jurnal Magistra*. 23(75): 35-40
- Santoso, A dan Atma, Y. 2020. Physical Properties of Edible Film from Pangasius catfish Bone Gelatin-Breadfruits Starch with Different Formulations. *Indonesian Food Science and Technology Journal* 3(2): 42-47.
- Satriyo. 2012. Kajian Penambahan Chitosan, Gliserol, Dan Carboxy Methyl Cellulose Terhadap Karakteristik Biodegradable Film Dari Bahan Komposit Selulosa Nanas . (Skripsi) . Universitas Lampung, Bandar Lampung. 50 hlm.
- Septiosari, A., Latifah dan Kusumastuti. 2014. Pembuatan dan Karakterisasi Bioplastik Limbah Biji Mangga Dengan Penambahan Selulosa dan Gliserol. *Indonesian journal of chemical science* Vol 3(2): 2252-6951.
- Setyaningrum, A, Sumarui, K dan Hardi, J. 2017. Sifat Fisiko-Kimia Edible Film Agar – Agar Rumput Laut (*Gracilaria sp.*) Tersubstitusi Glyserol. *Journal of Science and Technology*.6(2): 136-143.
- Sharif, M., Butt, S., Anjum, M dan Khan, H. 2014. Rice bran: a novel functional ingredient. *Journal of Critical reviews in food science and nutrition* 54(6).
- Siahaan, S., Hutapea, M dan Hasibuan, R. 2013. Penentuan Kondisi Optimum Suhu dan Waktu Karbonisasi pada Pembuatan Arang dari Sekam Padi. *Jurnal Teknik Kimia USU* 2(1): 26-30.
- Silviana, S dan Rahayu, P. 2019. Central Composite Design For Optimization Of Starch-Based Bioplastik With Bamboo Microfibrillated Cellulose As Reinforcement Assisted By Potassium Chloride. *Journal Phys Conference*.
- Sinaga, S. 2020. *Karakteristik Plastik Biodegradable Dari Pati Dan Serat Batang Kelapa Sawit (Elaeis Guineensis Jacq)*. (Skripsi). Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Sulityo, W dan Ismiyati. 2012. Pengaruh Formulasi Pati Singkong-Selulosa Terhadap Sifat Mekanik Dan Hidrofobisitas pada Pembuatan Bioplastik.. *Jurnal Konverensi* 1(2): 23-30.
- Tan, Z., Yongjian, Y., Hongying, W., Wanlai, Z., Yuanru, Y., Chaoyun, W. 2016. Physical And Degradable Properties Of Mulching Films Prepared From Natural Fibers And Biodegradable Polymers. *Journal of Applied Sciences*. 6(147): 1-11.

- Tuarita, M. 2017. Pengembangan Bekatul Sebagai Pangan Fungsional: Peluang, Hambatan, dan Tantangan. *Artikel Ilmiah Fakultas Teknologi Pertanian*. Institut Pertanian Bogor.
- Wardah dan Hastuti. 2015. Pengaruh Variasi Komposisi Gliserol Dengan Pati dari Bonggol Pisang, Tongkol Jagung, Dan Enceng Gondok Terhadap Sifat Fisis Dan Mekanis Plastik *Biodegradable*. *Jurnal Neutrino* 7(2).
- Widayantini, L., Wirajana, N dan Suarya, P. 2014. Kemampuan Tanah Hutan Mangrove sebagai Sumber Enzim dalam Hidrolisis Enzimatik Substrat Sekam Padi. *Jurnal Kimia* 1(8): 35-41.
- Wiradipta, A, G, D. 2017. Pembuatan Plastik Biodegradable Berbahan Dasar Selulosa dari Tongkol Jagung. (Thesis). Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya. 87 hlm.
- Yuliana, E. 2014. Pengaruh Konsentrasi Gliserol Terhadap Karakteristik *Biodegradable Film* Dari Nata De Cassava. (Skripsi). Universitas Lampung, Bandar Lampung. 53 hlm.
- Zhang, H., Zhao, B., Quan, R., Yam, R., Yuen dan Li, R. 2009. Flame Retardancy Of Rice Husk-Filled High-Density Polyethylene Ecocomposites. *Journal of Composites Science and Technology*. 69(15-16) : 2675–2681.