

## PEMANFAATAN LIMBAH SEKAM PADI DAN MINYAK JELANTAH UNTUK PEMBUATAN BIOPLASTIK

Cengristitama<sup>1)</sup>, Vebrianti Dwi Nur Insan<sup>2)</sup>

<sup>1)2)</sup> Teknik Kimia, Politenik TEDC Bandung

Email : c\_titama@poltektedc.ac.id<sup>1)</sup>, vebriantidni@gmail.com<sup>2)</sup>

### Abstrak

Masalah limbah plastik semakin tahun semakin sulit untuk ditangani. Alternatif yang dapat dilakukan untuk mengatasi permasalahan limbah tersebut yaitu melalui penggantian plastik sintetik dengan bioplastik. Indonesia memiliki potensi limbah sekam padi dan minyak jelantah yang relatif tinggi, limbah tersebut dapat dioptimalkan pemanfaatannya sebagai bahan baku pembuatan bioplastik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui apakah selulosa dari sekam padi dan gliserol dari minyak jelantah dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan bioplastik dan untuk mengetahui berapa perbandingan optimum selulosa dan gliserol dalam pembuatan bioplastik, dengan atau tanpa penambahan kitosan. Tahapan penelitian ini adalah ekstraksi selulosa dari sekam padi, pembuatan gliserol dari minyak jelantah dan pembuatan dua variasi bioplastik. Bioplastik pertama dari selulosa dan gliserol dengan perbandingan 1:4; 1,2:4; 1,4:4; 1:6; 1,2:6 dan 1,4:6 (b/v). Bioplastik kedua menggunakan perbandingan selulosa dan gliserol yang sama seperti bioplastik pertama tetapi ditambahkan kitosan sebanyak 30 ml. Parameter yang diukur adalah uji ketahanan terhadap air, sifat organoleptik bioplastik (tekstur, bau dan warna), dan biodegradabilitas. Hasil penelitian menunjukkan bahwa selulosa dari sekam padi dan gliserol dari minyak jelantah bisa digunakan sebagai bahan baku pembuatan bioplastik, tetapi hasilnya kurang maksimal apabila tidak ditambahkan kitosan. Perbandingan optimum selulosa dan gliserol dalam pembuatan bioplastik terdapat pada bioplastik yang ditambahkan kitosan dengan perbandingan 1:4 (b/v). Hasil ini berdasarkan rata-rata hasil uji organoleptik yang mempunyai tekstur sedikit kasar, beraroma sedikit berbau dan memiliki warna sedikit bening, juga berdasarkan uji biodegradasi dengan hasil persen kehilangan berat sebesar 80% dan waktu degradasi paling cepat selama 8 hari.

**Kata Kunci:** biodegradasi, bioplastik, minyak jelantah, sekam padi, kitosan

### Abstract

*The problem of plastic waste is increasingly difficult to handle. An alternative that can be done to overcome the problem of waste is through the replacement of synthetic plastics with bioplastics. Indonesia has high relatively high potential of rice husk waste and used cooking oil, the use of wastes can be optimized as raw material for bioplastics. The purpose of this research was to determine whether cellulose from rice husk and glycerol from used cooking oil could be used as raw material to synthesize bioplastic and to find out the optimum ratio of cellulose and glycerol in the manufacture of bioplastics, with or without the addition of chitosan. The stages of this research are cellulose extraction from rice husk, the production of glycerol from used cooking oil and making two variations of bioplastics. The first bioplastics of cellulose and glycerol in a ratio of 1: 4; 1,2: 4; 1.4: 4; 1: 6; 1,2: 6 and 1,4: 6 (b/v). The second bioplastic uses the same ratio of cellulose and glycerol as the first bioplastic but 30 ml of chitosan is added. The parameters measured were water resistance test, organoleptic properties of bioplastics (texture, odour and colour), and biodegradability. The results showed that cellulose from rice husk and glycerol from used cooking oil could be used as raw material for making bioplastics. The optimum comparison of cellulose and glycerol in the manufacture of bioplastics is found in bioplastics which added chitosan with a ratio of 1: 4 (b / v). These results are based on the average organoleptic test results that have a slightly coarse texture, smell a little smelly and have a slightly clear colour, also based on biodegradation test with the results of percent weight loss 80% and the fastest degradation time for 8 days.*

**Keywords:** biodegradation, bioplastics, used cooking oil, rice husk, chitosan

### I. PENDAHULUAN

Kehidupan manusia saat ini tidak terlepas dari penggunaan plastik, baik untuk keperluan sehari-hari ataupun untuk keperluan industri. Plastik banyak digunakan diantaranya untuk pembuatan alat-alat rumah tangga, sebagai bungkus makanan dan minuman serta untuk peralatan sekolah dan kantor. Penggunaan plastic masih secara luas dikarenakan plastik memiliki beberapa keunggulan jika dibandingkan dengan bahan lainnya, yaitu sifat plastik yang ringan, fleksibel, transparan dan harganya yang terjangkau. Beberapa keunggulan

tersebut membuat plastik menjadi kebutuhan penting sehingga produksi plastik terus meningkat.

Plastik yang sering digunakan adalah plastik yang disintesis dari bahan polimer hidrokarbon minyak bumi, seperti polietilena (PE), polipropilena (PP) dan lain sebagainya. Tetapi plastik tersebut memiliki beberapa kekurangan, sifatnya yang sulit terurai secara alami karena baru terurai dalam kurun waktu sangat lama yaitu sekitar 80 hingga 100 tahun karena plastik sintetik memiliki kestabilan sifat fisik-kimia yang kuat. Namun jika plastik dibakar maka dapat menimbulkan zat berbahaya yang akan mencemari lingkungan.

Semakin banyak produksi plastik maka akan memicu peningkatan jumlah limbah plastik yang dihasilkan. Sebuah penelitian yang dipublikasikan pada 19 Juli 2017 di jurnal Science Advances memaparkan bahwa dalam kurun waktu sekitar 30 tahun ke depan jumlah limbah plastik dunia akan meningkat empat kali lipat. Pada penelitian tersebut Roland Geyer dari University of California membuat perkiraan jumlah limbah plastik di dunia selama beberapa tahun ke depan berdasarkan data produksi plastik dunia pada tahun 1950 hingga 2015.

Berbagai alternatif solusi sangat diperlukan dalam mengatasi masalah limbah plastik yang susah untuk ditangani saat ini. Pemerintah telah melakukan berbagai cara untuk menyelesaikan permasalahan sampah plastik tersebut, diantaranya dengan cara reduce yaitu membatasi penggunaan plastik untuk mengurangi jumlah limbah yang akan ditimbulkan, reuse (penggunaan kembali) dan recycle (daur ulang). Namun cara ini masih saja belum menyelesaikan total penanganan limbah plastik ini. Upaya lain yang dapat dilakukan adalah dengan mengganti bahan baku pembuatan plastik dengan bahan baku yang mudah terurai dan tidak berbahaya untuk lingkungan.

Bioplastik (plastik *biodegradable*) merupakan plastik dengan bahan dasar yang dapat diperoleh dari alam sehingga mudah terurai oleh mikroorganisme dan tidak menimbulkan bahaya bagi manusia maupun lingkungan. Kelebihan plastik *biodegradable* lainnya adalah bahan yang digunakan mudah diperoleh dan dapat diperbaharui. Bahan baku dari bioplastik dapat berupa pati, protein, lipid, dan selulosa.

Pemanfaatan limbah sampah perlu dilakukan untuk mengatasi permasalahan lingkungan. Limbah sekam padi adalah limbah yang dihasilkan dari proses penggilingan padi. Kandungan selulosa dari sekam padi cukup tinggi yaitu sekitar 58,852% (Jalaludin dan Risal, 2005). Menurut Sumartono (2015) bahwa jika kandungan selulosa lebih dari 40% maka bahan tersebut sudah dapat dijadikan sebagai bahan baku pembuatan bioplastik. Tentunya hal ini sangat mendukung untuk menggunakan selulosa yang berasal dari limbah sekam padi sebagai bahan dasar untuk membuat film bioplastik.

Pada proses pembuatan bioplastik harus ditambahkan *plasticizer* agar plastik yang dihasilkan menjadi tahan terhadap air, elastis dan fleksibel (Darni, dkk., 2008). Penambahan *plasticizer* fungsinya adalah untuk membuat sifat fisik dan sifat mekanik plastik menjadi lebih baik, juga untuk melindungi plastik dari mikroorganisme yang dapat merusak plastik. *Plasticizer* yang sering digunakan untuk pembuatan bioplastik salah satunya adalah gliserol. Hal ini dikarenakan gliserol bisa membuat plastik menjadi lebih elastis jika dibandingkan dengan *plasticizer* lain, seperti sorbitol (Paramawati, 2007).

Gliserol bisa diperoleh dari minyak jelantah dengan menggunakan dua tahap reaksi, yaitu reaksi esterifikasi asam lemak bebas dalam minyak jelantah dengan metanol menggunakan katalisator  $H_2SO_4$ ,

kemudian dilanjutkan dengan reaksi transesterifikasi minyak jelantah hasil reaksi tahap pertama dan metanol menggunakan katalisator NaOH. Di samping penggunaan katalis asam, digunakan juga katalis basa yang berguna untuk mengurangi kadar asam lemak bebas yang terdapat dalam minyak jelantah. Karena minyak jelantah yang dipakai bersumber dari minyak kelapa yang telah digunakan beberapa kali, dan mengandung asam kaprilat sekitar 8%, asam kaprat sekitar 7%, asam laurat sekitar 48%, asam miristat sekitar 17.5%, asam palmitat sekitar 8,8%, asam stearate sekitar 2%, asam oleat sekitar 6%, dan asam linoleate sekitar 2,5% (Kirk Othmer, 1951).

Riset tentang plastik *biodegradable* telah dilakukan diberbagai negara, termasuk di Indonesia. Salah satunya penelitian yang dilakukan oleh Sumartono, dkk (2015) tentang sintesis bioplastik dari selulosa alang-alang dengan penambahan kitosan dan gliserol, juga penelitian yang dilakukan oleh Fachry dan Sartika (2012) tentang pemanfaatan kulit limbah udang dan pati dari singkong sebagai bahan dasar pembuatan plastik *biodegradable*. Kedua penelitian tersebut memberi kesimpulan bahwa dengan adanya *plasticizer* dan kitosan akan menjadikan kualitas bioplastik menjadi lebih baik.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka telah dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui apakah selulosa dari sekam padi dan gliserol dari minyak jelantah bisa digunakan untuk bahan baku pembuatan bioplastik dan untuk mengetahui berapa perbandingan optimum antara selulosa dari sekam padi dan gliserol dari minyak jelantah dalam pembuatan bioplastik, dengan atau tanpa kitosan.

## II. LANDASAN TEORI Bioplastik

Bioplastik atau plastik *biodegradable*, merupakan jenis plastik yang terbuat dari bahan yang bisa diperbaharui dan bisa terurai secara alami oleh bantuan bakteri, jamur, alga atau mengalami reaksi hidrolisis dalam larutan. *Biodegradable* terdiri dari tiga kata, yaitu *bio* yang mempunyai arti makhluk hidup, *degrade* yang berarti terurai dan *able* yang berarti dapat. Jadi plastik *biodegradable* merupakan plastik yang secara alami dapat terurai di lingkungan (Ummah, 2013).

Bioplastik adalah bahan yang bisa berubah menjadi biomassa, air ( $H_2O$ ), karbon dioksida ( $CO_2$ ), atau metana ( $CH_4$ ) melalui beberapa tahapan. Bioplastik yang terbuat dari selulosa atau pati dapat terurai oleh bakteri *pseudomonas* dan *bacillus* dengan cara memutuskan rantai polimer menjadi monomer-monomernya. Hasil samping dari degradasi polimer selain air dan senyawa karbon dioksida adalah asam organik dan aldehid yang tidak berbahaya bagi lingkungan. Proses terjadinya penguraian bioplastik pada alam dimulai secara kimia dengan proses oksidasi molekul dengan berat molekul yang tinggi menjadi polimer dengan berat molekul yang rendah, kemudian akan berhadapan dengan mikroorganisme sehingga melalui dekomposisi (Ardiansyah, 2011).

Dekomposisi atau proses pengomposan membentuk proses penguraian secara biologis oleh mikroorganisme untuk menghasilkan bahan humus dan senyawa – senyawa sebagai sumber energi yang dapat digunakan. Proses dekomposisi terdiri dari dua tahap, yang pertama yakni tahap aktif dan yang kedua yaitu tahap pematangan. Pada proses awal, oksigen dan se mknyawa lain yang mudah terdegradasi akan langsung dimanfaatkan oleh mikroba. Suhu dan pH akan meningkat dengan cepat pada tumpukan kompos kemudian bahan organik akan terurai menjadi CO<sub>2</sub>, panas dan uap air dengan bantuan mikroba yang aktif pada suhu tinggi, maka suhu akan berangsur-angsur mengalami penurunan setelah sebagian besar bahan telah terurai, (Sihaloho, 2011).

Faktor – faktor yang dapat mempengaruhi tingkat biodegradabilitas antara lain adalah struktur polimer, bahan aditif, sifat hidrofobik, morfologi, proses produksi dan berat molekul bahan kemasan. Plastik konvensional memerlukan waktu yang sangat lama sekitar 50 tahun untuk terurai. Sedangkan bioplastik dapat terurai lebih cepat 10 sampai 20 kali dari plastik konvensional (Ummah, 2013).

Jenis – jenis plastik biodegradable diantaranya adalah yang berasal dari sel bakteri (poli-asam amino) dan polyhidroksialkanoat (PHA), polyaktida (PLA) merupakan perubahan zat tepung kentang atau jagung oleh mikroorganisme dan poliaspartat sintesis yang dapat terdegradasi hasil dari modifikasi asam laktat. Bahan dasar bioplastik dapat berasal dari selulosa, kitosan, kitin, atau tepung yang terdapat dalam tumbuhan serta polimer lain yang terdapat pada sel tumbuhan dan sel hewan (Ardiansyah, 2011).

### Selulosa dari Sekam Padi

Selulosa yang mempunyai rumus kimia (C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>)<sub>n</sub> adalah bahan dasar penyusun tumbuhan yang merupakan metabolit primer. Selulosa termasuk homopolisakarida yang dapat diinversi menjadi berbagai macam senyawa kimia lain yang mempunyai nilai konvensional yang tinggi. Zat padat amorf merupakan selulosa yang tidak bisa larut dalam air dan pelarut organik umum. Jika dalam keadaan dingin, selulosa tahan terhadap pengaruh asam mineral encer maupun pengaruh enzim amilase. Hidrolisis sempurna menggunakan asam encer akan membentuk molekul-molekul glukosa (Sumardjo, 2009).

Konstituen utama dari dinding sel tumbuhan yang banyak ditemukan di alam merupakan Selulosa, dalam kayu tertentu rata – rata menduduki sekitar 50%. Selulosa juga memerankan konstituen utama dari beraneka macam serat alam misalnya kapas, batang dan konstituen berserat dari beberapa tangkai daun. Selulosa terjalin atas unit-unit β-D-glukopiranososa yang terpaat dengan ikatan-ikatan glikosida. Berdasarkan derajat polimerisasi serta kelarutan dalam senyawa natrium hidroksida 17,5%, selulosa terbagi menjadi tiga jenis yaitu: (1) Alpha Cellulose merupakan selulosa yang mempunyai rantai panjang, bersifat tidak dapat bersatu dalam

larutan NaOH 17,5% atau campuran basa tinggi yang mempunyai derajat polimerisasi sebesar 6000-15000, (2) Beta Cellulose merupakan selulosa yang mempunyai rantai pendek, bersifat dapat larut dalam larutan NaOH 17,5% atau basa kuat dengan derajat polimerisasi sebesar 15-90, (3) Gamma Cellulose, selulosa ini sama dengan Beta Cellulose namun mempunyai derajat polimerisasi kurang dari 15.

Selulosa bisa digunakan sebagai bahan dasar bernilai ekonomis tinggi, hal itu dikarenakan selulosa memiliki sifat fisik yang kuat, tahan terhadap panas, bahan kimia maupun pengaruh biologis, tidak mudah tercampur di dalam air sehingga tidak mudah mengalami kerusakan (Putera, 2012).

Selulosa juga bisa dipakai sebagai bahan dasar pembuatan bioplastik karena merupakan biopolimer yang mempunyai kadar serat yang tinggi. Sifat mekanik bioplastik selulosa berbanding terbalik dengan diameter serat, semakin besar diameter serat maka semakin rendah nilai kuat tariknya. Pada tahun 1900, selulosa ditemukan dari suatu materi yang dilarutkan dalam natrium hidroksida 17,5%. Materi tidak larut itu dinamakan sebagai α-selulosa, sedangkan materi yang larut disebut dengan β-selulosa dan γ-selulosa yang pada saat ini disebut sebagai gula-gula dan jenis karbohidrat sederhana lainnya (Bahmid, 2014).

Selulosa diperoleh dengan cara ekstraksi tanaman. Proses ekstraksi dapat dilakukan melalui maserasi dan hidrolisis dengan pengasaman (Monariqsa, dkk., 2012). Diantara tanaman yang mengandung selulosa adalah padi, terutama pada bagian kulitnya (sekam padi).

Indonesia mempunyai sawah yang luasnya 12,84 juta hektare yang dapat memproduksi padi sebanyak 65,75 juta ton dan limbah padi sebanyak 8,2 sampai 10,9 ton (Badan Pusat Statistik, 2011). Namun dari kemampun limbah yang sangat besar ini baru sedikit yang bias dioptimalkan. Sekam padi umumnya hanya dipakai sebagai bahan bakar konvensional (Danarto, et al., 2010).

Sekam merupakan kulit dari bulir padi-padian (serealia) yang berupa lembaran yang kering serta tidak dapat dimakan, yang berfungsi melindungi bagian dalam padi. Sekam padi memiliki ciri fisik berwarna kekuningan atau keemasan. Sekam padi memiliki kerapatan jenis 1,125 kg/m<sup>3</sup> dan nilai kalori dalam 1 kg sebesar 3300 kkalori. Panjang sekam padi sekitar 5-10 mm dan lebar 2,5 – 5 mm (Siahaan, dkk., 2013).

Sekam padi sebagian besar tersusun dari 58,85% selulosa, 18,03% hemiselulosa, 0,60-1,00% abu dan 20,90% lignin (Jalaluddin dan Risal, 2005). Perpaduan kimia sekam padi diantaranya adalah kandungan air sebesar 9,02%, protein kasar 3,03%, lemak 1,18%, serat kasar 35,68%, kadar abu 17,17% serta karbohidrat dasar 33,71% (Jahiding, dkk, 2011).

### Gliserol dari Minyak Jelantah

Gliserol merupakan senyawa netral dengan rasa manis, tidak memiliki warna, larutan pekat dengan titik lebur 20°C serta titik didih yaitu 290°C. Gliserol

yang memiliki rumus kimia  $C_3H_8O_3$  merupakan senyawa dari kelompok alkohol polihidrat yang mempunyai 3 buah gugus hidroksil Bersatu dalam satu molekul (alcohol trivalent). Berat molekul gliserol yaitu 92,1 g/mol dan massa jenisnya sebesar 1,23 g/cm<sup>3</sup>. Gliserol dapat ditemukan pada minyak nabati dan lemak hewani sebagai ester gliserin dari asam palmitat dan oleat.

Gliserol bisa didapat dari minyak jelantah memanfaatkan dua tahap reaksi, tahap pertama reaksi esterifikasi asam lemak bebas dalam minyak jelantah dengan metanol menggunakan katalisator  $H_2SO_4$ , kemudian dilanjutkan tahap kedua yaitu reaksi transesterifikasi minyak jelantah hasil reaksi tahap pertama dan metanol dengan menggunakan katalisator NaOH. Di samping penggunaan katalis asam, digunakan juga katalis basa yang berguna untuk menjadikan minyak jelantah yang ada memiliki kadar asam lemak bebas yang semakin menurun. Karena minyak jelantah yang dipakai berasal dari minyak kelapa bekas maka di dalamnya mengandung asam kaprilat sekitar 8,0%, asam kaprat sekitar 7,0%, asam laurat sekitar 48,0%, asam miristat sekitar 17,5%, asam palmitat sekitar 8,8%, asam stearate sekitar 2,0%, asam oleat sekitar 6,0%, dan asam linoleate sekitar 2,5%.

Gliserol merupakan plasticizer yang dapat larut dalam air, mempunyai titik didih tinggi, polar, tidak mudah menguap, dan dapat bercampur dengan protein. Penggunaan gliserol diaplikasikan dalam pembuatan bioplastik seperti yang telah dilakukan oleh Yuniarty, et.al. (2014), yaitu sintesis dan karakterisasi bioplastik berbasis pati sagu (*metroxylon sp*) dengan asam asetat dan gliserol menunjukkan bahwa perlakuan dengan menambahkan asam asetat dan gliserol dapat meningkatkan sifat fisik dan mekanik bioplastik.

### Kitosan

Kitosan adalah biopolimer yang diperoleh dari deasetilasi kitin. Kitosan bersifat tidak beracun dan biodegradable sehingga kitosan banyak dimanfaatkan dalam berbagai macam industri mengingat limbah industri makanan laut begitu besar dan perlu diolah menjadi sesuatu yang berguna. Kitosan banyak digunakan dalam berbagai macam industri karena Kitosan merupakan turunan dari kitin dengan struktur  $\beta$ -(1-4)-2-amino-2-deoksi-D-glukosa merupakan hasil dari deasetilasi kitin. Kitosan bersifat sebagai polimer kationik karena keberadaan gugus hidroksil dan amino sepanjang rantai polimer, dimana kitosan sangat efektif untuk mengikat kation ion logam berat maupun kation dari zat-zat organik (protein dan lemak). Penambahan kitosan dalam pembuatan film bioplastik akan menyebabkan bertambahnya ikatan hydrogen sehingga menyebabkan ikatan semakin kuat dan sulit untuk diputus karena memerlukan energi yang besar. Hal ini sesuai dengan fungsi kitosan sebagai pengawet dan perekat selulosa. Kitosan dapat dijadikan penguat karena ikatan kationik  $-NH_2$  (Wiyarsi dan Priyambodo, 2009). Karena kitosan bersifat hidrofobik, maka film bioplastik yang

dihasilkan pada umumnya akan bersifat hidrofilik (Sumartono, dkk, 2015).

Densitas bioplastik akan meningkat seiring bertambahnya jumlah kitosan. Hal ini karena kitosan mengalami interaksi kimia dengan membentuk ikatan hydrogen yang kuat yang akan menyebabkan jarak antarmolekul selulosa dan kitosan semakin kecil sehingga densitas bioplastik akan meningkat (Kristiani, 2015).

### III. METODE PENELITIAN

#### Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah oven, *hotplate*, *magnetic stirrer*, neraca analitik, corong pisah, gelas kimia, saringan, blender, batang pengaduk, plat kaca, ayakan 40 mesh, kertas saring dan autoklaf.

#### Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sekam padi, metanol, NaOH 17,5%, aquades, HCl 5%, minyak jelantah, KOH, kitosan dan asam asetat 0,6 M.

#### Prosedur

Penelitian dilakukan menggunakan metode eksperimental di laboratorium dengan beberapa tahapan sebagai berikut:

- Pembuatan selulosa dari sekam padi meliputi penghalusan dengan menggunakan blender, pengayakan dengan ukuran 40 mesh, dimaserasi selama tujuh hari dengan metanol, kemudian residu yang dihasilkan dicuci dan didelignifikasi dengan NaOH 17,5% di dalam autoklaf selama 1 jam. Residu hasil delignifikasi dicuci kembali dan dihidrolisis dengan HCl 5% selama tiga jam lalu dicuci dengan aquades dan terakhir dipanaskan menggunakan oven 105°C selama 1 jam.
- Pembuatan gliserol dari minyak jelantah menggunakan metode transesterifikasi. Pertama-tama minyak jelantah disaring terlebih dahulu lalu dipanaskan sampai suhu 60°C dengan *hotplate*. Selanjutnya tambahkan campuran KOH dan metanol sambil diaduk selama 1 jam. Lalu diamkan selama kurang lebih 8 jam di dalam corong pisah sampai gliserol dan biodiesel terpisah.
- Pembuatan bioplastik dilakukan dengan dua variasi yaitu, yang pertama bioplastik dari campuran selulosa dengan gliserol dan yang kedua yaitu bioplastik dari selulosa dan gliserol dengan penambahan kitosan. Bioplastik pertama menggunakan selulosa dan gliserol dengan perbandingan 1:4, 1,2:4, 1,4:4, 1:6, 1,2:6 dan 1,4:6 (b/v). Selulosa dan gliserol dihomogenkan dengan *magnetic stirrer* selama 15 menit lalu dipanaskan selama 7 menit pada suhu 80°C. Selanjutnya campuran tersebut

dituangkan pada plat kaca. Bioplastik kedua yaitu dari campuran selulosa, gliserol dan kitosan dengan prosedur sebagai berikut:

- Sebanyak 0,8 gram kitosan dimasukkan ke dalam gelas kimia 100 ml kemudian dilarutkan dengan 30 ml  $\text{CH}_3\text{COOH}$  0,6 M. Campuran tersebut dipanaskan selama 15 menit sampai suhu  $50^\circ\text{C}$ . Dalam gelas kimia lain dilakukan masing-masing pencampuran antara gliserol dan selulosa dengan perbandingan (b/v) yaitu 1:4, 1,2:4, 1,4:4, 1:6, 1,2:6 dan 1,4:6. Campuran kitosan ditambahkan pada campuran gliserol dan selulosa kemudian dihomogenkan menggunakan *magnetic stirrer* selama 15 menit. Setelah itu dilakukan pemanasan lagi selama 7 menit pada suhu  $80^\circ\text{C}$  dan dituangkan pada plat kaca.

Karakterisasi bioplastik meliputi uji ketahanan terhadap air, uji organoleptik dan uji biodegradasi.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### Selulosa dari Sekam Padi

Sekam padi yang digunakan dalam penelitian ini sebanyak 500 gram yang diambil dari pabrik beras yang berada di kawasan Bandung Barat. Hasil ekstraksi selulosa sekam padi setelah melalui beberapa tahapan berupa proses penghalusan, pengayakan, maserasi, delignifikasi dan hidrolisis menghasilkan selulosa sebanyak 38,5 gram berupa bubuk halus berwarna kuning kecoklatan.

Ekstraksi selulosa sekam padi dilakukan dengan menggunakan cara maserasi. Proses maserasi selulosa dilakukan selama tujuh hari dengan mengganti pelarut setiap dua hari sekali. Hasil maserasi berupa residu bebas pelarut kemudian diproses dengan metode delignifikasi yang bertujuan untuk menghilangkan lignin. Lignin yang masih terikat kuat dengan selulosa akan mengakibatkan bioplastik menjadi sulit terurai. Metode delignifikasi menggunakan  $\text{NaOH}$  17,5% karena lignin hanya larut dalam alkali encer (Habibah, dkk., 2013). Hasil delignifikasi berupa larutan berwarna hitam yang menandakan bahwa lignin telah terlarut. Delignifikasi dilakukan pada suhu tinggi yang bertujuan agar selulosa yang didapatkan memiliki tekstur yang lebih halus. Suhu yang digunakan adalah sebesar  $121^\circ\text{C}$  yang merujuk pada penelitian Widayantini, dkk., (2013).

Selulosa yang telah melalui tahap delignifikasi kemudian dihidrolisis menggunakan  $\text{HCl}$  5%. Hidrolisis merupakan proses penguraian senyawa kompleks menjadi senyawa yang lebih sederhana. Ion  $\text{H}^+$  pada asam akan berikatan dengan ion  $\text{OH}^-$  jika pada air akan membentuk ion  $\text{H}_3\text{O}^+$  yang nantinya akan memutuskan ikatan glikosidik pada hemiselulosa sehingga menjadi monomer-monomer sederhana. Setelah hidrolisis maka didapatkan selulosa murni, selulosa dicuci untuk menghilangkan kandungan asamnya kemudian dikeringkan untuk menghilangkan kadar air. Selulosa yang dihasilkan berupa bubuk halus berwarna kuning kecoklatan.

##### Gliserol dari Minyak Jelantah

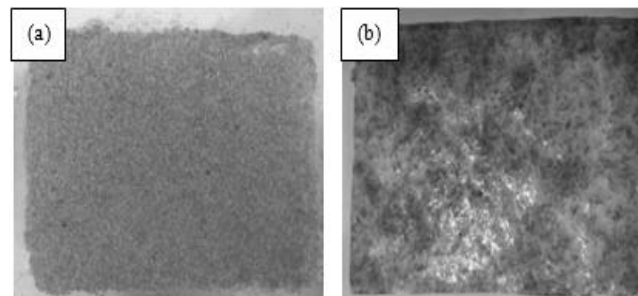
Minyak jelantah yang digunakan dalam penelitian ini adalah minyak jelantah yang diambil dari pedagang gorengan yang ada di sekitar Cimahi. Minyak jelantah yang dipakai berwarna kuning sedikit kecoklatan. Dari 500 ml minyak jelantah dihasilkan kurang lebih 25 ml gliserol.

Pembuatan gliserol dari minyak jelantah dilakukan dengan proses transesterifikasi. Transesterifikasi merupakan reaksi antara minyak atau lemak dengan alkohol untuk membentuk ester dan gliserol. Karena transesterifikasi merupakan reaksi bolak balik yang relatif lambat, maka dari itu perlu ditambahkan katalis agar dapat mempercepat tercapainya reaksi kesetimbangan. Pembuatan gliserol dari minyak jelantah menggunakan pereaksi metanol dan katalis  $\text{KOH}$ . Minyak jelantah yang digunakan pada satu kali proses transesterifikasi sebanyak 500 ml dengan metanol sebanyak 100 ml dan katalis  $\text{KOH}$  sebanyak 1,5 gram. Pada proses ini digunakan pereaksi metanol karena metanol merupakan alkohol yang paling reaktif dan digunakan katalis  $\text{KOH}$  karena merupakan katalis basa dimana katalis basa akan lebih mempercepat reaksi transesterifikasi dibanding dengan katalis asam. Reaksi transesterifikasi dilakukan selama 60 menit dengan suhu sebesar  $60^\circ\text{C}$ .

Setelah dilakukan reaksi transesterifikasi selama 60 menit maka terbentuklah hasil reaksi berupa biodiesel dan gliserol. Biodiesel dan gliserol dipisahkan menggunakan corong pisah selama kurang lebih 8 jam. Keduanya akan terpisah karena mempunyai massa jenis yang berbeda, gliserol mempunyai massa jenis yang lebih besar sehingga akan berada di bawah lapisan biodiesel. Dalam penelitian ini dilakukan sebanyak tujuh kali transesterifikasi sehingga gliserol yang didapat sebanyak kurang lebih 175 ml. Gliserol yang dihasilkan berwarna coklat tua dikarenakan masih terdapat sisa reaktan yang tidak bereaksi yaitu minyak jelantah yang juga berwarna coklat tua.

##### Hasil Bioplastik

Hasil pembuatan Bioplastik dapat dilihat pada **Gambar 1**.



**Gambar 1.** Hasil bioplastik (a) tanpa kitosan dan (b) dengan kitosan

Pembuatan bioplastik yang pertama adalah dari selulosa dan gliserol yang dilakukan dengan berbagai variasi perbandingan selulosa dan gliserol yaitu 1:4,

1,2:4, 1,4:4, 1:6, 1,2:6 dan 1,4:6 (b/v). Tujuannya adalah untuk mengetahui pada perbandingan berapa bioplastik yang paling bagus dihasilkan. Penggunaan selulosa untuk pembuatan bioplastik ini karena selulosa merupakan biopolimer potensial yang memiliki serat yang sangat bagus sehingga bisa digunakan untuk bahan dasar dalam berbagai biopolimer. Sedangkan penggunaan gliserol berfungsi sebagai *plasticizer* yang akan membuat bioplastik yang dihasilkan tidak kaku karena *plasticizer* akan meningkatkan nilai elastisitas dan fleksibilitas bioplastik.

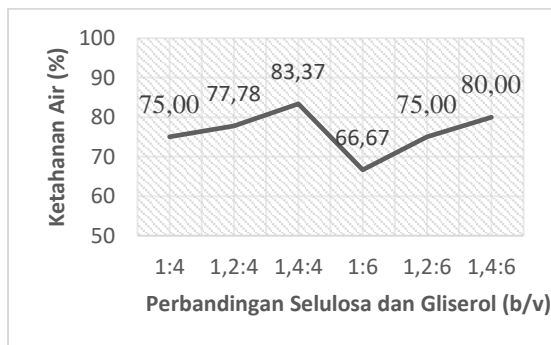
Pembuatan bioplastik yang kedua adalah dari selulosa dan gliserol dengan penambahan kitosan. Penggunaan kitosan berfungsi sebagai pengawet dan perekat selulosa serta bersifat hidrofobik sehingga dapat melindungi bioplastik dari air. Metode yang digunakan dalam pembuatan bioplastik dengan penambahan kitosan ini adalah metode pencampuran melalui beberapa tahap.

Hasil bioplastik dalam penelitian ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Jannah (2017) bahwa bioplastik yang dapat dilakukan uji hanya bioplastik dengan penambahan kitosan saja. Hal ini disebabkan karena bioplastik tanpa kitosan mempunyai tekstur yang renggang sehingga tidak dapat dilepaskan secara utuh dari cetakan. Berbeda dengan bioplastik dengan penambahan kitosan yang mempunyai tekstur rapat dan kaku sehingga dapat dengan mudah dilepaskan dari cetakan dan dapat dilakukan uji dalam penelitian ini.

Bioplastik tanpa kitosan memiliki katakteristik berwarna kuning kecoklatan dan coklat gelap, teksturnya tidak rapat dan kasar, tidak elastis, tidak berbau, tidak dapat dilepaskan dari cetakan secara utuh sehingga tidak bisa dilakukan uji dalam penelitian. Berbeda dengan bioplastik dengan penambahan kitosan yang memiliki karakteristik berwarna kuning kecoklatan dan sedikit bening, teksturnya rapat dan halus untuk sisi bawah sedangkan sisi atas bertekstur kasar, sedikit elastis, sedikit berbau asam, dapat dilepaskan secara utuh dari cetakan sehingga dapat dilakukan uji dalam penelitian ini.

**Hasil Uji Ketahanan Air**

Hasil uji ketahanan air pada bioplastic yang ditambahkan kitosan ditunjukkan pada **Gambar 2**.



**Gambar 1.** Grafik ketahanan air

Berdasarkan **Gambar 2**, dapat terlihat bahwa ketahanan bioplastik semakin meningkat seiring bertambahnya jumlah selulosa namun cenderung menurun seiring bertambahnya jumlah gliserol. Bioplastik yang mempunyai ketahanan air paling baik terdapat pada sampel bioplastik yang ditambahkan kitosan, yaitu sampel dengan perbandingan selulosa dan gliserol 1,4:4 (b/v) dengan ketahanan air sebesar 83,37%.

Sifat ketahanan air suatu molekul dipengaruhi oleh sifat dasar molekul penyusunnya (Darni dan Herti, 2010). Bahan selulosa yang digunakan dalam pembuatan bioplastik ini bersifat tidak bisa larut dalam air. Penyebab selulosa tidak dapat larut di dalam air karena kekakuan rantai dan tingginya gaya antar rantai yang disebabkan oleh ikatan hidrogen antar gugus hidroksil pada rantai yang berdekatan. Maka dalam penelitian ini semakin besar jumlah selulosa maka semakin bertambah ketahanan terhadap air. Gliserol sebagai *plasticizer* dalam bioplastik memang berfungsi untuk menambah kelenturan, namun semakin besar jumlah gliserol maka jumlah ruang kosong (*free volume*) dalam bioplastik semakin bertambah yang mengakibatkan meningkatnya celah untuk ditempati molekul-molekul air.

**Hasil Uji Organoleptik**

Uji organoleptik dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penilaian terhadap bioplastik yang dihasilkan. Uji organoleptik ini merupakan suatu metode untuk mengetahui penilaian panelis terhadap tekstur, aroma dan warna dari bioplastik yang dihasilkan. Uji organoleptik dilakukan oleh sepuluh orang panelis. Hasil rata-rata skor uji organoleptik dapat dilihat pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Hasil rata-rata skor uji organoleptik

Sampel	Penilaian		
	Tekstur	Aroma	Warna
A4	Sedikit kasar	Sedikit berbau	Sedikit bening
B4	Kasar	Sedikit berbau	Coklat
C4	Kasar	Bau	Coklat
A6	Sedikit kasar	Sedikit berbau	Sedikit bening
B6	Kasar	Bau	Coklat
C6	Kasar	Bau	Coklat

Keterangan:

- A4 = sampel dengan perbandingan selulosa dan gliserol 1:4 (b/v) dengan penambahan kitosan 30 ml
- B4 = sampel dengan perbandingan selulosa dan gliserol 1,2:4 (b/v) dengan penambahan kitosan 30 ml
- C4 = sampel dengan perbandingan selulosa dan gliserol 1,4:4 (b/v) dengan penambahan kitosan 30 ml

- A6 = sampel dengan perbandingan selulosa dan gliserol 1:6 (b/v) dengan penambahan kitosan 30 ml
- B6 = sampel dengan perbandingan selulosa dan gliserol 1,2:6 (b/v) dengan penambahan kitosan 30 ml
- C6 = sampel dengan perbandingan selulosa dan gliserol 1,4:6 (b/v) dengan penambahan kitosan 30 ml

Berdasarkan penilaian yang diberikan panelis, bioplastik dengan perbandingan selulosa dan gliserol (b/v) 1:4 dan 1:6 cenderung memiliki tekstur sedikit kasar sedangkan untuk keempat sampel lainnya memiliki tekstur yang kasar. Hal ini disebabkan karena bioplastik dengan perbandingan 1:4 dan 1:6 (b/v) memiliki jumlah selulosa yang sedikit, dimana tekstur kasar pada bioplastik disebabkan oleh banyaknya selulosa yang tidak homogen saat pencampuran dengan gliserol.

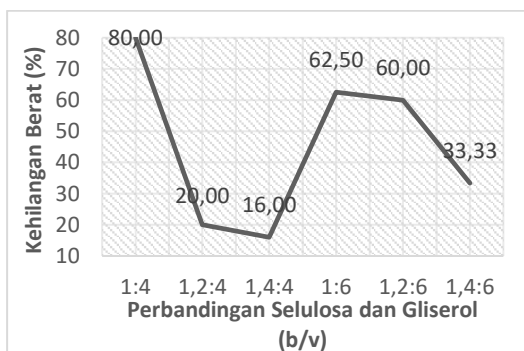
Bioplastik dengan perbandingan selulosa dan gliserol 1,4:4, 1,2:6 dan 1,4:6 (b/v) rata-rata memiliki aroma yang bau sedangkan sampel lainnya memiliki aroma yang sedikit berbau. Bioplastik dengan penambahan kitosan ini mempunyai aroma asam yang khas yakni aroma asam asetat yang sedikit menyengat.

Bioplastik dengan dengan perbandingan selulosa dan gliserol 1:4 dan 1:6 (b/v) rata-rata memiliki warna yang sedikit bening sedangkan keempat sampel lainnya cenderung berwarna coklat. Sama halnya dengan tekstur yang dipengaruhi oleh selulosa, jumlah selulosa juga berpengaruh terhadap warna dari bioplastik. Jumlah selulosa yang sedikit menjadikan bioplastik berwarna sedikit bening. Warna coklat pada bioplastik juga diakibatkan oleh adanya gliserol yang dalam penelitian ini dihasilkan gliserol berwarna coklat tua.

**Hasil Uji Biodegradasi**

Uji biodegradasi dilakukan untuk menentukan kualitas bioplastik sehingga dapat digolongkan dalam plastik *biodegradable* atau *non-biodegradable*. Setelah dilakukan pengujian selama tujuh hari, didapatkan hasil berupa persen kehilangan berat bioplastik, perkiraan waktu degradasi bioplastik dan degradabilitas bioplastik.

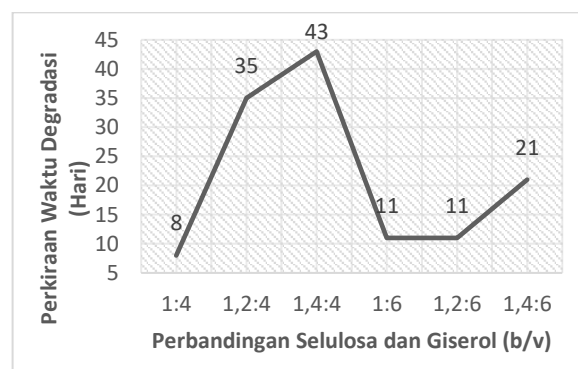
Persen kehilangan berat bioplastik dapat dilihat pada **Gambar 3**.



**Gambar 2.** Grafik kehilangan berat bioplastik

Persen kehilangan berat cenderung menurun seiring dengan bertambahnya jumlah selulosa. Bioplastik dengan perbandingan selulosa dan gliserol 1:4 (b/v) memiliki persen kehilangan berat paling tinggi, yaitu sebesar 80,00%. Seharusnya yang memiliki persen kehilangan berat paling tinggi adalah bioplastik dengan perbandingan selulosa dan gliserol 1:6 karena bioplastik dengan perbandingan tersebut memiliki jumlah selulosa yang jauh lebih sedikit dibanding dengan jumlah gliserol. Sebagaimana penelitian yang dilakukan oleh Fetty (2013), kemampuan biodegradasi bioplastik semakin meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah gliserol. Hal ini berkaitan dengan ketahanan air pada bioplastik, semakin banyak bioplastik menyerap air maka semakin mudah material itu untuk terdegradasi. Perbedaan berbagai kondisi uji dapat mempengaruhi bioplastic yang dihasilkan.

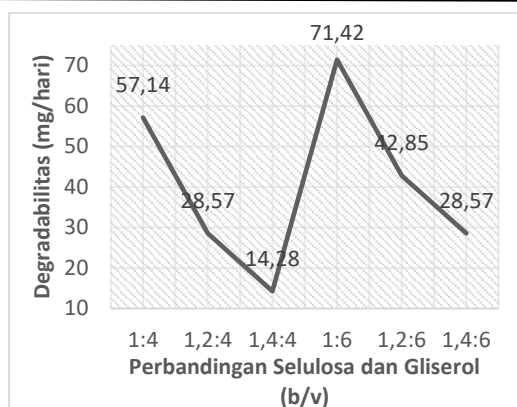
Pada **Gambar 4** memperlihatkan grafik perkiraan waktu degradasi bioplastik.



**Gambar 3.** Grafik perkiraan waktu degradasi bioplastik

Mengacu pada standar ASTM D-6002 yang menyatakan bahwa biodegradasi bioplastik membutuhkan waktu selama 60 hari untuk terurai sempurna (100%), sedangkan dalam penelitian ini bioplastik dengan waktu degradasi paling cepat adalah bioplastik dengan perbandingan selulosa dan gliserol 1:4 (b/v) yaitu selama 8 hari dan bioplastik yang cenderung terdegradasi lama adalah bioplastik dengan perbandingan selulosa dan gliserol 1,4:4 (b/v) selama 43 hari. Lama waktu terdegradasi bioplastik juga dipengaruhi oleh komponen yang terkandung di dalamnya, dimana dalam bioplastik ini terdapat tiga komponen yaitu selulosa, gliserol dan kitosan. Kitosan yang berfungsi sebagai pengawet dalam bioplastik ini dapat membuat degradasi bioplastik cenderung memerlukan waktu yang lebih lama.

Pada penelitian ini, laju degradabilitas bioplastik yang ditunjukkan pada **Gambar 5** cenderung menurun seiring dengan bertambahnya jumlah selulosa, namun meningkat seiring bertambahnya jumlah gliserol.



**Gambar 4.** Grafik degradabilitas bioplastik

Pada **Gambar 5** degradabilitas paling tinggi yaitu 71,42 mg/hari pada bioplastik dengan perbandingan selulosa dan gliserol 1:6 (b/v) dan degradabilitas paling rendah terdapat pada perbandingan 1,4:4 sebesar 14,28 mg/hari. Hal ini disebabkan pada bioplastik perbandingan 1:6 mempunyai jumlah gliserol yang jauh lebih besar dari jumlah selulosa sedangkan pada perbandingan 1,4:4 cenderung memiliki jumlah selulosa yang besar. Hal ini berkaitan dengan kemampuan bioplastik dalam menyerap air, semakin banyak kandungan air suatu material maka semakin cepat material itu untuk terdegradasi. Kemampuan degradasi bioplastik dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti jenis tanah, mikroba, kelembaban dan sifat komponen yang terkandung dalam bioplastik (Shakina, dkk., 2012). Seperti halnya dalam penelitian ini uji biodegradasi dilakukan di tempat yang mempunyai jenis tanah yang subur dan mempunyai tingkat kelembaban yang tinggi, sehingga bioplastik lebih cepat terdegradasi.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Selulosa dari sekam padi dan gliserol dari minyak jelantah bisa digunakan sebagai bahan baku pembuatan bioplastik, namun hasilnya kurang maksimal apabila tidak ditambahkan kitosan sebagai pengawet dan perekat selulosa dalam bioplastik.
2. Perbandingan optimum antara selulosa dari sekam padi dan gliserol dari minyak jelantah dalam pembuatan bioplastik terdapat pada bioplastik yang ditambahkan kitosan dengan perbandingan 1:4 (b/v) berdasarkan rata-rata hasil uji organoleptik yang mempunyai tekstur sedikit kasar, beraroma sedikit berbau dan memiliki warna sedikit bening, juga berdasarkan uji biodegradasi dengan hasil persen kehilangan berat sebesar 80% dan waktu degradasi paling cepat selama 8 hari.

Saran pada penelitian ini diharapkan untuk penelitian selanjutnya menggunakan konsentrasi selulosa dan gliserol yang lebih bervariasi lagi untuk

mencari perbandingan optimum dan dilakukan uji mekanik terhadap bioplastik.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ardiansyah, R., 2011, *Pemanfaatan Pati Umbi Garut untuk Pembuatan Plastik Biodegradable*. In Skripsi. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Bahmid, N. A., 2014, *Pengembangan Nanofiber Selulosa Asetat dari Selulosa Tandan Kosong Kelapa Sawit untuk Pembuatan Bioplastik*. In Tesis. Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Danarto, Y. N., 2010, "Pengaruh Waktu Operasi Terhadap Karakteristik Char Hasil Pirolysis Sekam Padi Sebagai Bahan Pembuatan Nano Struktur Supermikroskopous Carbon," Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Pengembangan Teknologi Kimia untuk Pengolahan Sumber Daya Alam Indonesia, hal. 1-2.
- Darni, dkk., 2008, "Sintesa Bioplastik dari Pati Pisang dan Gelatin dengan Plasticizer Gliserol," Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II .
- Darni & Herti, 2010, "Studi Pembuatan dan Karakteristik Sifat Mekanik dan Hidrofobisitas Bioplastik dari Pati Sorgum," Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan, hal. 88-93.
- Fachry, A. R., 2012, "Pemanfaatan Limbah Kulit Udang dan Limbah Kulit Ari Singkong Sebagai Bahan Baku Pembuatan Plastik Biodegradable," Jurnal Teknik Kimia no. 3 , hal. 1-9.
- Geyer, Roland, 2017, "Production, use, and fate of all plastics ever made," in Science Advances 3(7): e1700782.
- Habibah, dkk., 2013, "Penentuan Berat Molekul dan Derajat Polimerisasi-Selulosa yang Berasal dari Alang-Alang (*Imperata cylindrica*) dengan Metode Viskositas," Jurnal Sainia Kimia 1 no 2.
- Jahiding, M. D., 2011, "Analisis Priksimasi dan Nilai Kadar Bioarang Sekam Padi sebagai Bahan Baku Briket Hybrid," Jurnal Aplikasi Fisika, hal. 77-83.
- Jalaluddin, S. R., 2005, "Pembuatan Pulp dari Jerami Padi menggunakan Natrium Hidroksida," Jurnal Sistem Teknik Industri, hal. 53-58.
- Jannah, M., 2017. *Penentuan Konsentrasi Optimum Selulosa Sekam Padi dalam Pembuatan Film Bioplastik*. In Skripsi. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- Kirk Othmer., 1951. *Encyclopedia of Chemical Technology*. In Interscience Incyclopedia (pp. 781-790). New York.
- Kristiani, M., 2015. *Pengaruh Penambahan Kitosan dan Plastisizer Sorbitol terhadap Sifat Fisik-Kimia Bioplastik dari Pati Biji Durian (*Durio zibethimus*)*. In Skripsi. Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Monariqsa, D., 2012, "Ekstraksi Selulosa dari Kayu Gelam (*Melaleuca leucadendron Linn*) dan Kayu Serbuk Industri Mebel," Jurnal Penelitian Sains no. 3, hal. 96-101.

- Paramawati, 2007, "Evaluasi ciri mekanis dan fisik bioplastik dari campuran poli (asam laktat) dengan polisakarida," *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, hal. 75-83.
- Putera, R. D., 2012. *Ekstraksi Serat Selulosa dari Tanaman Eceng Gondok Eichornia crassipes dengan variasi pelarut*. In Skripsi. Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Shakina J., Sathiya Lekshmi K. dan Allen Gnana Raj G., 2012, "Microbial Degradation of Synthetic Polyesters from Renewable Resources," *Indian Journal of Science*, paper 1(1), p. 128.
- Siahaan, S. D., 2013, "Penentuan Kondisi Optimum Suhu dan Waktu Karbonisasi pada Pembuatan Arang Sekam Padi," *Jurnal Teknik Kimia USU*, hal. 26-30.
- Sihaloho, E. B., 2011. *Evaluasi Biodegradabilitas Plastik Berbahan Dasar Campuran Pati dan Polietilen Menggunakan Metode Enzimatik, Konorsia Mikroba dan Pengomposan*. In Skripsi. Depok: Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Statistik, B. P., 2011. Retrieved November 2018, from Produksi Padi di Indonesia: <http://www.bps.go.id>.
- Sumardjo, 2009. *Pengantar Kimia: Buku Panduan Kuliah Mahasiswa Kedokteran dan Program Strata I Fakultas Biosekt*. Jakarta: EGC.
- Sumartono, N. W., 2015. "Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik Berbasis Alang-Alang (*Imperata Cylindrica L.*) dengan Penambahan Kitosan, Gliserol dan Asam Oleat," *Pelita X*, hal. 13-25.
- Ummah, 2013. *Uji Ketahanan Biodegradable Plastic Berbasis Tepung Biji Durian (Durio Zibethinus Murr) Terhadap air dan Pengukuran Densitasnya*. In Skripsi. Fakultas MIPA Universitas Negeri Semarang.
- Widayantini, dkk., 2013, "Kemampuan Tanah Hutan Mangrove sebagai Sumber Enzim dalam Hidrolisis Enzimatik Substrat Sekam Padi," *Jurnal Kimia 1*, no. 8, hal. 35-41.
- Yuniarty, et al., 2014, "Sintesis dan Karakterisasi Bioplastik Berbasis Pati Saggu (*Metroxylon sp*) dengan Asam Asetat dan Gliserol," *Agroteknologi*, hal. 38-46.