

PENGARUH PROSES PENGADUKAN TERHADAP KARAKTER ADONAN DAN SIFAT BIODEGRADABLE PLASTIC YANG DIBUAT DARI BUNGKIL BIJI JARAK PAGAR

Hari Arbiantara⁽¹⁾, Mahros Darsin⁽¹⁾, Dr. Triana Lindriati⁽²⁾

¹⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember

²⁾ Staf Pengajar Jurusan Teknologi Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember

ABSTRACT

Pembuatan biodegradable plastik dalam penelitian ini diawali dengan pembuatan adonan dengan menggunakan ekstruder ulir tunggal, kemudian adonan dicetak dengan menggunakan mesin compression molding. Bahan dasar yang digunakan adalah campuran antara bungkil biji jarak pagar, tepung jagung, CMC (komposisi 7:2:1). Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh sudut helix dan compression ratio ulir terhadap karakter adonan dan biodegradable plastik yang dihasilkan. Sudut helix ulir divariasikan dari 2,5o; 5o; 7,5o dan compression ratio ulir divariasikan dari 1,5; 2,5; 3,5. Hasil penelitian menunjukkan peningkatan sudut helix ulir mempermudah proses cetak plastik (menurunkan nilai Tg, Tm, ΔH dan tekstur adonan) serta meningkatkan sifat fisik mekanik dari biodegradable plastik yang dihasilkan (kekuatan tarik, regangan meningkat sedangkan ketebalan dan Water Vapor Transmission Rate menurun). Peningkatan compression ratio meningkatkan sifat thermal dan menurunkan tekstur adonan serta meningkatkan kekuatan tarik dan regangan, menurunkan ketebalan dan Water Vapor Transmission Rate dari biodegradable plastik yang dihasilkan.

Keyword: plastik biodegradable, adonan, sudut helix, compression ratio, bungkil biji jarak pagar

PENDAHULUAN

Dengan makin dikembangkannya jarak pagar sebagai bahan bakar alternatif, perlu juga dikembangkan penelitian mengenai pemanfaatan limbah proses pengepresannya yaitu bungkil. Salah satunya adalah PTP XII Purwoharjo Banyuwangi, instansi yang sampai saat ini menggunakan minyak jarak pagar untuk memenuhi kebutuhan energinya. Proses pemisahan minyak dari biji jarak menghasilkan bahan sisa (by product) berupa ampas/bungkil.

Menurut Trabi (1977) bungkil biji jarak pagar masih mengandung protein 56,4 – 63,8 %, lemak 1 – 1,5% dan pati 19,1% (%bk), sehingga memungkinkan untuk dikembangkan menjadi bahan dasar berbagai macam produk. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengembangkan pemanfaatan bungkil biji jarak pagar, diantaranya untuk pupuk dan pakan ternak (Trabi, 1977). Arbiantara (2008), telah mengembangkan bungkil biji jarak pagar sebagai bahan plastik biodegradabel.

Bungkil biji jarak pagar dapat dibuat menjadi plastik biodegradabel dengan menggunakan mesin compression molding yang dioperasikan pada suhu 140°C dan waktu penekanan 30 menit. Dimana akan dihasilkan film dengan karakter: kekuatan tarik (σ) 3.921526 Mpa, regangan (ϵ) 23.017 %, laju transmisi uap air (WVTR) 1.49970E-05 g/jam.mm², ketebalan 0.260333 mm dan warna (derajat kecerahan) 61.956* (Arbiantara, 2008). Akan tetapi dalam proses pembuatan plastik biodegradabel tersebut masih membutuhkan perlakuan aging sebagai perlakuan pendahuluan, dengan waktu aging cukup lama (satu minggu).

Pengadukan intensif dapat digunakan sebagai pengganti perlakuan aging, bahkan film yang dihasilkan memiliki karakter lebih baik (Cunningham et al., 2000). Salah satu alat pengaduk yang banyak diaplikasikan dalam pengolahan plastik adalah screw ekstruder (Kaylon and Sangani, 1989).

Pengaruh gaya geser (shear) yang ditimbulkan screw pada screw extruder akan mempengaruhi agregasi molekul. Dimana gaya shear dipengaruhi oleh konfigurasi ulir, dan kecepatan putar ulir (Bjorck and Asp, 1983). Qomaruddin (2010) melakukan penelitian pada edible film berbahan dasar tapioka menyatakan semakin tinggi nilai rasio kompresi akan terjadi peningkatan nilai kekuatan tarik dan nilai regangan, hal ini dikarenakan dengan meningkatnya rasio kompresi akan menurunkan nilai rata – rata shear stress dan menurunkan kecepatan alir bahan yang berakibat semakin banyaknya polimer terbentuk. Nilai kekuatan tarik tertinggi dihasilkan pada putaran 100 rpm dan rasio kompresi 3.5 sebesar 0.622 Mpa.

Selain itu, pemanasan akan meningkatkan agregasi molekul (Pomet, 2003). Pramuji (2011) melakukan penelitian pada edible film berbahan dasar tapioka menyatakan semakin tinggi suhu pengadukan akan menghasilkan sifat mekanik plastik lebih baik. Kombinasi yang sesuai antara shear dan suhu akan menghasilkan plastik biodegradabel dengan karakter optimum.

METODE PENELITIAN

A. Bahan

Bahan dasar yang digunakan untuk pembuatan biodegradable plastik tepung bungkil biji jarak pagar,

tepung jagung, CMC (komposisi 7:2:1), dengan pelarut aquadest dan gliserol sebagai pemlastik (30% b/b). Bahan-bahan tersebut dicampur/diaduk dengan menggunakan screw ekstruder dengan variasi rasio kompresi screw (1.5, 2.5, dan 3.5) dan variasi sudut helic screw (15°, 30°, 45°) untuk dihasilkan adonan.

B. Pembuatan tepung Jarak Pagar

Bungkil biji Jarak pagar diperoleh dari hasil samping (by product) pengepresan minyak jarak untuk biodiesel yang berada di PTPN XII, Purwoharjo, Banyuwangi, Jawa Timur. Prosedur pembuatan tepung biji jarak pagar meliputi pengeringan bungkil dalam oven pada suhu 50°C selama 12 jam. Ampas kering kemudian dihancurkan menggunakan blender, dan disaring dengan ayakan tyler 200 mesh.

C. Pencetakan plastik biodegradabel

Adonan yang dihasilkan kemudian dikompresi dengan menggunakan mesin compression molding dengan tekanan 1,1 MPa dan waktu tekan 12 menit dengan suhu 170°C. Hasil akhir dari proses ini berupa lembaran plastik.

D. Pengukuran parameter

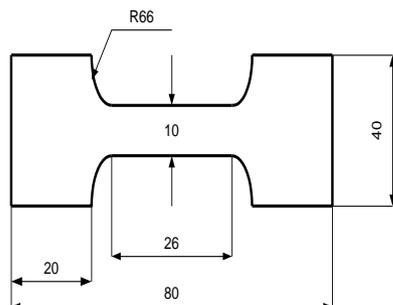
Pengukuran Tekstur Adonan

Pengukuran kekerasan dengan menggunakan alat penetrometer. Tombol di bagian atas ditekan untuk mengatur agar jarum indikator berada pada posisi angka nol. Selanjutnya meletakkan ujung bagian bawah penetrometer ke permukaan bahan yang akan diukur, Penetro ditekan secara perlahan hingga jarum bergerak selama 30 detik. Angka yang ditunjukkan oleh jarum adalah nilai tekstur. Pengukuran dilakukan 3 kali ulangan pada 5 titik yang berbeda hasil dirata-rata dan satuan tekstur adalah mm/30detik.

Sifat Thermal (DSC, ASTM D3418-08)

Pengujian dilakukan pada bahan adonan 7 mg, menggunakan standar ASTM D3418-08. Pemanasan deprogram dari 0°C → 250°C dengan laju pemanasan 10°C per menit dan laju aliran gas nitrogen 50 ml per menit.

Kekuatan Tarik dan Regangan Plastik (ASTM D638-94)



Gambar 1. Spesimen uji tarik (menurut ASTM D638-94 dalam Chang et al, 2000)

Potongan plastik biodegradabel dengan ukuran lebar 10 mm dan panjang 80 mm disimpan terlebih dahulu dalam toples berisi silika gel selama satu hari. Kemudian kekuatan tarik plastik diukur dengan menggunakan Universal Testing Machine. Kecepatan penarikannya 19.05 mm/menit. Ukuran spesimen dapat dilihat pada Gambar 1.

Ketebalan Plastik

Pengukuran ketebalan menggunakan alat mikrometer (Digimicro ME 50HA, Nikon Corporation, Nikon, Japan). Lembaran plastik yang telah terbentuk diukur ketebalannya pada tiga posisi yang berbeda dan kemudian diambil nilai rata-ratanya.

Laju Transmisi Uap Air (WVTR)

Tabung diisi silika gel 10 gram ditutup dengan plastik yang akan diuji. Permukaan antara tabung dengan plastik dilapisi lilin, terus permukaan luar plastik diikat dengan isolasi plastik sehingga tabung tertutup rapat. Tabung tersebut dimasukan dalam toples yang diisi dengan NaCl 40% (b/v). Simpan toples tersebut pada suhu 25°C, Tabung tersebut ditimbang tiap 1 jam selama 3 hari. Kecepatan perubahan berat plastik dibagi luas area plastik merupakan nilai WVTRnya. Sehingga WVTR tersebut dapat dirumuskan:

$$WVTR = \frac{\text{Kecepatan Perubahan Berat Plastik}}{\text{Luas Area Plastik}} \text{ (g/jam.mm}^2\text{)}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

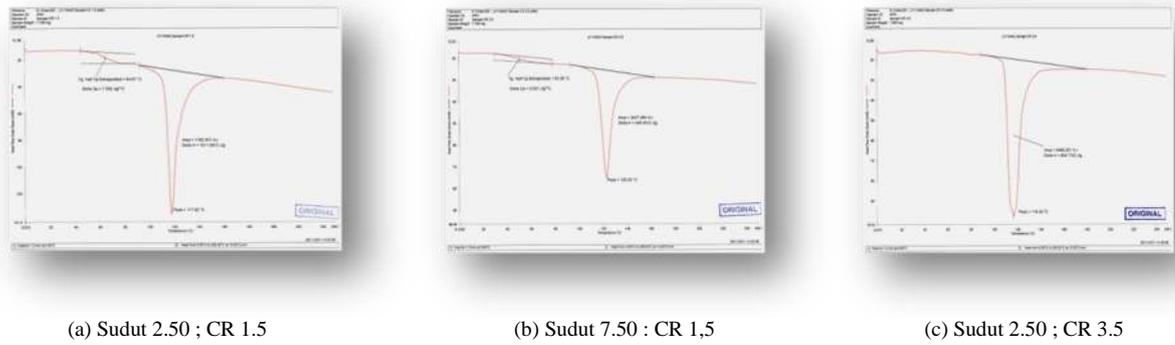
Pembuatan plastik biodegradable yang didahului dengan proses pengadukan menggunakan single screw extruder menunjukkan hasil yang positif, yaitu akan mempersingkat proses aging, meningkatkan homogenitas adonan yang akhirnya akan meningkatkan beberapa sifat fisik dan mekanik plastik.

A. Hasil pengujian terhadap adonan

Hasil pengujian terhadap adonan (Tabel 1.) menunjukkan bahwa peningkatan nilai CR dan sudut screw menurunkan nilai tekstur adonan. Capaian terbaik yang dapat diperoleh dengan memvariasi screw adalah pada angka 86.333 (mm/30det) tekstur.

Tabel 1. Hasil pengukuran adonan dan lembaran plastik biodegradabel

| Screw (sudut:CR) | Tekstur (mm/30det) | Kek.Tarik (MPa) | Regangan (%) | Tebal (mm) | WVTR (gr/jam.mm ²) | Kelambatan (%) |
|------------------|--------------------|-----------------|--------------|------------|--------------------------------|----------------|
| 2.5°: CR 1.5 | 86.333 | 1.453 | 5.513 | 0.22 | 0.00016 | 0.286 |
| 2.5°: CR 2.5 | 73.333 | 1.781 | 6.667 | 0.218 | 0.00015 | 0.255 |
| 2.5°: CR 3.5 | 61.667 | 1.969 | 7.436 | 0.201 | 0.00014 | 0.243 |
| 5°: CR 1.5 | 77.667 | 2.014 | 7.308 | 0.196 | 0.00014 | 0.296 |
| 5°: CR 2.5 | 76.000 | 2.752 | 9.615 | 0.191 | 0.00013 | 0.276 |
| 5°: CR 3.5 | 72.667 | 2.334 | 7.821 | 0.190 | 0.00012 | 0.260 |
| 7.5°: CR 1.5 | 57.000 | 3.142 | 8.077 | 0.183 | 0.00011 | 0.303 |
| 7.5°: CR 2.5 | 53.333 | 3.258 | 9.872 | 0.176 | 0.00009 | 0.289 |
| 7.5°: CR 3.5 | 49.000 | 2.785 | 8.974 | 0.176 | 0.00009 | 0.277 |



Gambar 2. Grafik Pengujian DSC pada plastik dengan variasi sudut dan CR screw

Menurut Arbiantara (2011), peningkatan nilai CR dapat menurunkan kecepatan aliran bahan (hasil perhitungan dengan program Fluent) yang berarti semakin meningkatkan waktu tinggal bahan didalam screw. Sehingga peningkatan nilai CR dapat meningkatkan derajat pengadukan dan meningkatkan pencampuran bahan-bahan di dalam adonan, dimana matrik protein lebih tersebar merata di dalam adonan dan menghasilkan tekstur adonan lebih baik.

Peningkatan sudut helic screw dari 2.50 ke 50 akan meningkatkan nilai tekstur akan tetapi peningkatan dari 5⁰ ke 7.5⁰ justru akan menurun nilai tekstur. Penurunan nilai tekstur menunjukkan bahwa adonan semakin kenyal. Peningkatan sudut helic meningkatkan nilai tegangan geser juga nilai tekstur. Hal ini kemungkinan disebabkan adanya denaturasi protein karena adanya panas dan tekanan selama proses ekstrusi dan protein tereorientasi membentuk struktur yang lebih kompleks.

Gambar 1 menunjukkan hasil pengujian DSC, diketahui bahwa nilai sudut screw dan CR akan menurunkan temperatur transisi bahan (Tg) mencapai 50.29⁰C. Bahkan fase transisi sudah terlewati oleh pengadukan menggunakan CR screw 3.5(Gambar 1.(c)). Terhadap temperature melting (Tm), perubahan kenaikan CR menurunkan Tm hingga 116.4⁰C disertai penurunan jumlah entalphi (ΔH) yang diperlukan untuk menuju fase melting, yaitu sebesar 446.4915 J/g. Sedangkan kenaikan sudut screw menaikkan nilai Tm (Gambar 1.(b)).

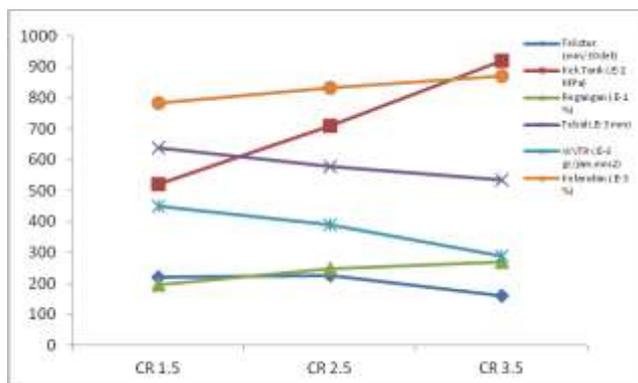
Perlakuan tegangan geser oleh pengadukan menggunakan screw ekstruder menyebabkan protein dan karbohidrat sebagai penyusun plastik mengalami

perubahan fase. Penggunaan CR screw yang besar memberi cukup waktu bagi perlakuan tegangan geser mengubah adonan melewati fase transisi sehingga adonan sudah tidak dapat dicetak menjadi plastik. Demikian pula sebaliknya jika perlakuan tegangan geser tidak cukup maka perlu banyak energy yang digunakan untuk proses cetak plastik (Tm, ΔH besar). Secara umum dapat dikatakan bahwa pengadukan dengan screw ekstruder pada CR yang tepat akan mempermudah proses pencetakan plastik.

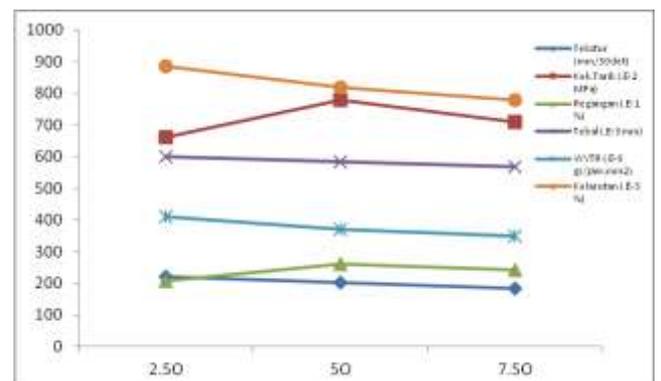
B. Hasil pengujian terhadap plastik biodegradabel

Perbaikan juga ditunjukkan pada pengukuran sifat-sifat plastik biodegradabel (Tabel 1.) yang telah dihasilkan yaitu meningkatnya kekuatan tarik (3.258 MPa), meningkatnya regangan/keuletan (9.872%), menurunkan ketebalan atau mampu cetak lebih tipis (0.17 mm), menurunkan WVTR (0,00009 gram/jam.mm2) serta menurunkan kelarutan plastik dalam air (0.243%).

Tabel 1. menunjukkan bahwa semakin meningkatnya rasio kompresi akan meningkatkan nilai kekuatan tarik plastik biodegradabel. Menurut Arbiantara (2011), peningkatan rasio kompresi akan menurunkan nilai rata-rata tegangan geser dan menurunkan kecepatan alir bahan. Penurunan kecepatan alir bahan akan meningkatkan waktu tinggal (*residence time*), sehingga pengadukan lebih intensif yang berakibat semakin banyaknya terbentuk ikatan polimer terbentuk. Sebaliknya dengan peningkatan sudut yang besar akan



Gambar 3. Pengaruh perlakuan rasio kompresi (CR) screw terhadap berbagai karakter adonan dan sifat plastik biodegradabel



Gambar 4. Pengaruh perlakuan sudut screw terhadap berbagai karakter adonan dan sifat plastik biodegradabel

mengakibatkan penurunan kekuatan tarik, hal ini diakibatkan karena ikatan rusak oleh tegangan geser yang berlebih pada proses pengadukannya.

Peningkatan rasio kompresi akan menaikkan nilai regangan. Peningkatan rasio kompresi akan meningkatkan waktu tinggal bahan selama pengadukan (Arbiantara, 2011) sehingga mengakibatkan pengadukan lebih intensif. Pengadukan intensif akan mengakibatkan molekul plastisizer (gliserol dan air) lebih tercampur dan menyisip diantara molekul polimer. Sebaliknya dengan peningkatan sudut yang berlebih akan mengakibatkan penurunan regangan, hal ini diakibatkan karena tegangan yang dihasilkan menjadi besar, sehingga ikatan antar bahan kurang optimal.

Peningkatan rasio kompresi akan menurunkan nilai ketebalan hal ini disebabkan karena meningkatnya rasio kompresi akan menyebabkan pemutusan rantai serat polimer. Polimer dengan serat yang lebih pendek akan lebih mudah leleh sehingga pada saat proses pengepresan menghasilkan plastik yang lebih tipis. Begitu juga dengan meningkatnya sudut screw akan menurunkan nilai ketebalan plastik biodegradabel.

Peningkatan meningkatnya rasio kompresi akan menurunkan nilai WVTR hal ini disebabkan karena meningkatnya rasio kompresi akan menyebabkan pemutusan rantai serat polimer. Polimer dengan serat yang lebih pendek akan lebih mudah leleh sehingga pada saat proses pengepresan menghasilkan plastik yang lebih tipis. Hal ini akan mempengaruhi besarnya laju transmisi uap air pada pada plastik. Begitu juga dengan meningkatnya sudut akan menurunkan nilai WVTR plastik biodegradabel dikarenakan dengan adanya kenaikan sudut (peningkatan tegangan geser), granula pati mulai terjadi pembengkakan sehingga ikatan antar partikel semakin optimal.

Peningkatan nilai CR menurunkan nilai kelarutan plastik. Peningkatan nilai CR disertai meningkatnya derajat pengadukan dan meningkatnya pencampuran bahan-bahan di dalam adonan, dimana matrik protein lebih tersebar merata di dalam adonan dan member kemampuan cetak lebih baik. Sehingga dapat menurunkan jumlah kelarutan plastik dalam air. Sementara peningkatan sudut screw pada pengadukan dapat memperbesar kelarutan karena perlakuan tegangan geser yang terlalu besar dapat merusak rantai polimer.

KESIMPULAN

Proses pengadukan pada pembuatan plastik biodegradabel akan lebih efektif jika menggunakan screw ekstruder, yang sekaligus dapat menggantikan proses aging. Profil screw ekstruder (sudut dan CR-nya) berperan dalam menghasilkan tegangan geser pada bahan, dan terbukti dapat memperbaiki karakter plastik biodegradabel yang dibuat dari bahan bungkil jarak pagar. Peningkatan sudut helic ulir menurunkan nilai tekstur adonan meningkatkan kekuatan tarik,

regangan serta menurunkan ketebalan dan Water Vapor Transmission Rate dari plastik biodegradabel yang dihasilkan. Peningkatan compression ratio menurunkan tekstur adonan, meningkatkan kekuatan tarik, regangan, menurunkan ketebalan dan Water Vapor Transmission Rate dari plastik biodegradabel yang dihasilkan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Arbiantara, H. 2008. Pengembangan Compression Molding dalam Pembuatan Plastik Biodegradabel dari Bungkil Biji jarak Pagar. *J. Rotor* 2(2):9-17.
- [2] Arbiantara H, Santoso M, Mahros D, A Syuhri, 2011. Pengaruh Sudut Helic dan Compression Ratio Ulir Terhadap Nilai Kecepatan Aliran, Shear Rate, Perubahan Tekanan, Viskositas dan Tegangan Geser. *J. Rekayasa* 8(1):132-139.
- [3] Cunningham P, A.A. Ogale, P.L. Dawson PL, J.C. Acton, 2000. Tensile properties of soy protein isolate films produced by a thermal compaction technique. *J Food Sci* 65(4):668-671.
- [4] Irwanto, 2006. Pengembangan Tanaman Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L) Sebagai Sumber Bahan Bakar Alternatif. <http://www.irwantoshut.com>
- [5] Kalyon, D.M. and H.N. Sangani, 1989. An experimental study of distributive mixing in fully intermeshing, co-rotating twin screw extruders. *Polymer Eng and Sci* 29(15):1018-1026
- [6] Makkar, H.P.S. and K. Becker, 1997. Potential of *Jatropha* seed cake as protein supplement in livestock feed and constraints to its utilization. In : *Proceedings of Jatropha 97: International Symposium on Biofuel and Industrial Products from Jatropha curcas and other Tropical Oil Seed Plants*, February 23-27, Managua, Nicaragua.
- [7] Pommet M, A. Redl, M.H. Morel, S. Domenek, S. Guilbert, 2003. Thermoplastic processing of protein-based bioplastics: chemical engineering aspects of mixing, extrusion and hot molding. *Macromol Symp* 197:207-217
- [8] Trabi, M., G.M. Gubitz, W. Steiner, N. Foidl, 1997. Fermentation of *Jatropha curcas* seeds and press cake with *Rhizopus oryzae*. Dalam : *Biofuels and Industrial Products from Jatropha Curcas*. Gubitz, G.M., M. Mittelbach, M. Trabi (Eds). DBV Graz.