

## **KARAKTERISTIK MEKANIK MIKROKOMPOSIT DARI TONGKOL JAGUNG DAN LIMBAH PLASTIK POLIPROPILENE**

**NINA HAIRIYAH<sup>1\*</sup>, NURYATI<sup>1</sup>, MELDAYANOOR<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Jurusan Teknologi Industri Pertanian, Politeknik Negeri Tanah Laut  
Jl. A. Yani Km. 6 Desa Panggung Pelaihari 70815

\*Email: ninahairiyah@gmail.com

### **ABSTRAK**

Mikrokomposit merupakan material yang terbentuk dari kombinasi antara dua atau lebih material pembentuk melalui pencampuran yang tidak homogen yang terdiri dari matriks sebagai pelindung dan filler sebagai pengisi. Tongkol jagung merupakan salah satu tanaman yang memiliki kandungan selulosa. Bahan selulosa murni yang berasal dari tongkol jagung dapat menjadi bahan pengisi alternatif karena sifat seratnya yang kuat (modulus tinggi) sehingga menghasilkan struktur kristalin. Tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan perbandingan terbaik antara tongkol jagung dengan menggunakan polimer Polypropylene (PP) dilihat dari kuat lentur, kuat desak dan kuat tarik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin besar tekanan/beban pengempaan maka kuat lentur produk mikrokomposit yang dihasilkan semakin besar, semakin besar tekanan/beban pengempaan maka kuat desak produk mikrokomposit yang dihasilkan juga semakin besar dan tekanan/beban pengempaan optimal yang dapat ditetapkan adalah 1400 kg, sehingga mikrokomposit yang dihasilkan dapat dijadikan sebagai bahan dasar pembuatan casing berbagai produk elektronik.

**Kata kunci:** mikrokomposit, tongkol jagung, polipropilene, karakteristik mekanik

### **PENDAHULUAN**

Jagung merupakan salah satu tanaman pokok yang cukup dikenal tidak hanya di Indonesia melainkan juga di dunia. Tanaman jagung memiliki banyak kegunaan bagi manusia, pada umumnya tanaman jagung dimanfaatkan dalam industri pangan bagi manusia dan pembuatan pakan ternak. Pemanfaatan tanaman jagung saat ini telah berkembang dan tidak hanya terbatas pada dua bidang industri yang telah disebutkan sebelumnya. Selain pemanfaatan dan pengembangan tersebut, tanaman jagung tetap menyisakan permasalahan berupa limbah tongkol jagung. Limbah tongkol jagung di Indonesia banyak digunakan sebagai bahan pakan ternak, namun jumlah pemakaiannya tidak sebanding dengan dengan jumlah limbah jagung yang dihasilkan.

Selain sebagai bahan pangan, jagung juga banyak digunakan untuk pakan dan bahan industri. Sampai saat ini kebutuhan dan permintaan jagung terus meningkat. Peningkatan produksi dan kebutuhan jagung berarti pula peningkatan limbah baik berupa jerami maupun tongkol jagung. Saat ini, penggunaan jerami jagung semakin populer untuk pakan ternak,

sementara tongkol jagung belum dimanfaatkan. Padahal, tongkol jagung merupakan bagian terbesar dari limbah jagung, yaitu sekitar 50–60% dari jagung bertongkol, bergantung pada varietasnya. Oleh karena itu, dapat diperkirakan jika produksi jagung 11.75 juta ton, akan dihasilkan limbah tongkol jagung sekitar 12 juta ton/tahun.

Menurut data BPS, produksi jagung tahun 2015 sebesar 18,33 juta ton, meningkat sebanyak 697,89 ribu ton (3,96 %) dibandingkan tahun 2014. Peningkatan produksi tersebut terjadi di Jawa sebesar 489,94 ribu ton, dan di luar Jawa sebesar 207,95 ribu ton. Hal ini menunjukkan bahwa begitu besar juga potensi jagung untuk dimanfaatkan sebagai bahan pangan maupun bahan baku industri.

Perkembangan teknologi dewasa ini yang menuntut dihasilkannya produk yang ramah lingkungan dan lebih ekonomis, membuat setiap industri berusaha memanfaatkan sumber daya alam yang dapat diperbaharui. Industri komposit polimer pada saat ini semakin berkembang, terutama penggunaan serat-serat alami sebagai bahan penguat. Komposit terbentuk dari suatu proses pencampuran atau penggabungan dua atau lebih konstituen, yang berbeda dalam hal bentuk, sifat maupun komposisinya. Penggabungan bahan-bahan tersebut diharapkan dapat memberikan bentuk dan sifat yang lebih baik dari bahan semula.

Perkembangan teknologi, khususnya di bidang komposit telah menghasilkan produk komposit yang merupakan gabungan antara serbuk kayu dengan plastik daur ulang (Setyawati, 2003). Beberapa penelitian sebelumnya telah berhasil membuat komposit dari kayu dan plastik polipropilen murni dan daur ulang dengan campuran bahan kimia sebagai *compatibilizer / coupling agent*. Beberapa penelitian tersebut pernah dilakukan Sulaeman (2003), Febrianto, *et al* (2001), Febrianto (1999), Strak dan Berger (1997), Oksman dan Clemos (1997), Prayitno (1995) dan Han (1990).

Ultra struktur kimia dan fisik dari kayu, tongkol jagung secara kualitatif tidak jauh berbeda. Komposisi kimianya adalah lignoselulosa (serat) yang berisi selulosa, hemiselulosa, lignin dan sedikit senyawa anorganik, yang berbeda adalah komposisi secara kuantitatifnya. Sementara itu di Indonesia penelitian tentang produk komposit masih sangat terbatas, padahal bahan baku yang berupa tongkol jagung dan sampah plastik (*thermoplastics*) potensinya sangat besar dan melimpah di alam dan bahkan menjadi permasalahan besar dalam kajian konservasi lingkungan hidup. Oleh sebab itu tongkol jagung dan sampah plastik (*thermoplastics*) memiliki potensi yang sangat besar dan menjanjikan untuk dijadikan sebagai bahan baku pembuatan mikrokomposit maupun nanokomposit.

Perkembangan penelitian di bidang komposit lebih difokuskan pada bahan-bahan yang mengandung selulosa sebagai bahan pengisi, seperti kertas yang mengandung serat

selulosa dapat digunakan sebagai bahan pengisi dalam pengolahan komposit polimer (Salmah, dkk, 2005). Berbagai jenis bahan pengisi yang telah digunakan dalam komposit dengan matriks polipropilen antara lain adalah tempurung kelapa (Hamid, 2008), kertas putih bekas (Tanjung, 2008) dan serat tandan kosong kelapa sawit (Nurjana, 2007). Sanadi, dkk, (1995), menggunakan serat lignoselulosa sebagai bahan penguat termoplastik. Sementara itu, penelitian yang menggunakan bubur kertas sebagai bahan pengisi polietilena, menunjukkan sifat kekuatan tarik komposit meningkat sampai kandungan pengisi 40% (Son, *et al*, 2004). Matej, *et al* (2006) menemukan bahwa komposit LDPE yang diperkuat dengan modifikasi serat rumput telah meningkatkan kekuatan tarik dan modulus Young dari komposit tersebut. Habibi, dkk (2008) menemukan bahwa komposit LDPE yang diperkuat dengan serat selulosa berukuran 60 mesh telah meningkatkan derajat kristalinitas komposit dengan penambahan asam stearat sebagai bahan penyerasi.

Bahan selulosa murni yang berasal dari tongkol jagung dapat menjadi bahan pengisi alternatif karena sifat seratnya yang kuat (modulus tinggi) karena antara rantai-rantai selulosa terdapat ikatan hidrogen yang kuat sehingga menghasilkan struktur kristalin (Lilholt dan Lawter, 2000). Selain itu, kekakuan rantai selulosa juga dapat mencegah terjadinya hidrasi molekul pada daerah kristalnya (Billmeyer, 1994). Keunggulan lain adalah selulosa merupakan polimer dari bahan organik sehingga mudah terdegradasi. Penggunaan selulosa murni sebagai bahan pengisi polietilena merupakan salah satu cara modifikasi polimer sintetik untuk memperoleh komposit yang mempunyai sifat mekanik dan sifat fisik yang baik.

Upaya menghasilkan komposit yang mempunyai sifat-sifat yang lebih baik perlu dilakukan dengan memodifikasi kimia terhadap bahan pengisi berupa penambahan zat kimia seperti bahan penggandeng dan bahan penyerasi. Penambahan bahan penggandeng hanya berpengaruh terhadap bahan pengisi, sedangkan penambahan bahan penyerasi dilakukan karena ketidakserasian antara bahan pengisi dengan matriks, dimana bahan pengisi bersifat hidrofilik sedangkan matriks bersifat hidrofobik atau karena adanya perbedaan sifat kepolaran antara matriks dengan bahan pengisi.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan mikrokomposit terbaik dari tongkol jagung dan limbah plastik polipropilen dari karakteristik mekanik (kuat lentur, kuat desak dan kuat tarik).

## METODE PENELITIAN

Perlakuan dalam penelitian ini adalah perbedaan komposisi *matriks pellet polipropilen* dan *filler* tongkol jagung yang diberikan. Pengamatan karakteristik mekanik yang dilakukan meliputi kuat lentur, kuat desak dan kuat tarik dan penentuan mikrokomposit terbaik. Berdasarkan hasil pengujian yang dilakukan akan diketahui karakteristik mikrokomposit terbaik dari 3 kombinasi bahan baku yang digunakan untuk pembuatan *pellet* mikrokomposit.

Adapun komposisi pembuatan mikrokomposit ini dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Komposisi Pembuatan Mikrokomposit**

Sampel	Komposisi		Perekat
	Filler	Matriks	
MKJ 1	3 gram	7 gram	2,5 gram
MKJ 2	4 gram	6 gram	2,5 gram
MKJ 3	5 gram	5 gram	2,5 gram

**Keterangan :**

1. MKJ 1 = 30 % *matriks pellet polipropilen*, 70 % *filler* selulosa tongkol jagung
2. MKJ 2 = 40 % *matriks pellet polipropilen*, 60 % *filler* selulosa tongkol jagung
3. MKJ 3 = 50 % *matriks pellet polipropilen*, 50 % *filler* selulosa tongkol jagung

### Prosedur Penelitian

1. Pembuatan serbuk tongkol jagung

Sebanyak 400 g tongkol jagung dicuci dan ditiriskan, kemudian dipotong-potong hingga halus, dikeringkan hingga kadar air kurang dari 10%, dihancurkan menjadi serbuk dan disaring dengan saringan ukuran 40 mesh, kemudian dilakukan uji analisis kadar air dan densitas. Adapun langkah-langkah dalam penentuan kadar air yaitu mengetahui kandungan atau jumlah air yang terdapat pada suatu bahan dengan menguapkan air yang terdapat dalam bahan. Tahapan pertama yang dilakukan pada analisis kadar air adalah cawan porselin kosong dikeringkan dalam oven pada suhu 100°C selama 30 menit, cawan tersebut didinginkan didalam desikator selama  $\pm 15$  menit dan kemudian cawan diambil dari desikator dengan menggunakan penjepit dan ditimbang dengan neraca analitik, cawan tersebut diisi sampel sebanyak 5 gram, cawan yang telah diisi sampel kemudian dimasukkan kedalam oven dengan suhu 100°C selama 2 jam, cawan tersebut kemudian didinginkan dalam desikator selama 15 menit, kemudian ditimbang dan dicatat hasilnya dan lakukan perhitungan kadar air. Adapun rumus perhitungan kadar air sebagai berikut:

$$\% \text{ Kadar Air} = \frac{A - B}{C} \times 100 \%$$

Keterangan: A = Berat cawan kosong + sampel (gram)

B = Berat cawan dengan sampel yang sudah dikeringkan (gram)

C = Berat Sampel (gram)

2. Pembuatan fraksi selulosa

Sebanyak (3, 4, dan 5 g) serbuk tongkol jagung, direndam dalam NaOCl 1% selama 5 jam dengan suhu 28°C, kemudian dicuci hingga bersih dan disaring, serbuk tongkol jagung terdelignifikasi, setelah itu dilakukan pengeringan pada suhu 50°C selama 48 jam, serbuk tongkol jagung terdelignifikasi kering, kemudian direndam dalam larutan NaOH 15% selama 24 jam pada suhu 28°C, Serbuk tongkol jagung dikeringkan lagi pada suhu 50°C selama 48 jam. Setelah semua proses ini selesai maka didapatkan serbuk fraksi selulosa tongkol jagung yang siap digunakan untuk penelitian.

3. Pembuatan matriks limbah *plastik polypropylene*

Sebanyak 500 g limbah plastik polipropilen, dicuci hingga bersih, dipotong - potong dan dikeringkan, dipanaskan dengan menggunakan alat pirolisis selama 1 jam 20 menit, kemudian diblender dan disaring dengan saringan ukuran 40 mesh, dan dilanjutkan dengan analisis densitas. Prinsip pelaksanaan analisis densitas adalah ditimbang sampel masing-masing sebanyak 2 gram, dibungkus menggunakan kertas saring dan diikat menggunakan benang, kemudian dimasukkan sampel yang telah dibungkus kedalam gelas ukur yang berisi air 50 ml, ditunggu selama 15 menit sampai sampel terendam kedalam air, dicatat dan diukur tinggi air yang naik keatas.

4. Pencetakan mikrokomposit

Pencetakan mikrokomposit dilakukan dengan penambahan *matriks* polimer PP kemudian di panaskan hingga suhu 170°C, ditambahkan perekat 25% yang telah dilarutkan dengan air sebanyak 10 ml, *filler* tongkol jagung dipanaskan hingga suhu 500°C, pencampuran dan pengadukan hingga merata, pencetakan dalam *casting* ukuran 5x5x1 cm.

5. Penentuan mikrokomposit dengan karakteristik mekanik terbaik

Untuk menentukan mikrokomposit dengan karakteristik mekanik terbaik dilakukan uji kuat lentur, kuta desak, dan kuat tarik. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan beberapa variasi tekanan/ beban yaitu 350 kg, 700 kg, 1050 kg dan 1400 kg.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil Mikrokomposit Tongkol Jagung dan Limbah Plastik Polipropilene

Berdasarkan hasil pembuatan mikrokomposit dengan penambahan perekat tepung tapioka sebanyak 25 % pada masing-masing perlakuan didapatkan hasil yang dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2. Hasil Pengolahan Mikrokomposit**

Sampel	Bahan Perekat	Hasil	Keterangan
MKJ 1	25 %		Matriks dan filler tidak tercampur secara merata, lembek dan susah diangkat dari cetakan.
MKJ 2	25 %		Matriks dan filler tidak tercampur secara merata.
MKJ 3	25 %		Matriks dan filler tercampur, teksturnya agak keras.

**Keterangan :**

1. MKJ 1 = 30 % *matriks pellet polipropilen*, 70 % *filler selulosa tongkol jagung*
2. MKJ 2 = 40 % *matriks pellet polipropilen*, 60 % *filler selulosa tongkol jagung*
3. MKJ 3 = 50 % *matriks pellet polipropilen*, 50 % *filler selulosa tongkol jagung*

### Variasi tekanan/beban pengempaan (*molding*)

Variasi ini memiliki arti yang sangat penting untuk dilakukan dalam rangka mencari/mengetahui tekanan/beban optimal yang diperlukan untuk memproduksi komposit papan dan dinding interior dengan kualitas paling optimal. Dalam Tabel 3, 4, dan 5 dapat diamati bahwa perlakuan/variasi tekanan/beban pengempaan berpengaruh positif terhadap karakteristik mekanik produk yang dihasilkan. Karakteristik mekanik yang dimaksudkan adalah kuat lentur, kuat desak, kuat geser dan kuat tarik. Dalam penggunaan praktis di pasaran, kuat lentur (*bending*) menjadi parameter utama dan yang paling penting karena

dapat mewakili seluruh karakteristik mekanik produk komposit sehingga parameter lainnya seperti kuat desak, geser dan tarik dapat diabaikan.

**Tabel 3. Kuat Lentur/bending berdasarkan variasi beban pengempaan**

Tekanan/Beban (kg)	Lebar papan (a) cm	Tinggi papan (h) cm	Panjang bentang (L) cm	Beban maksimal P maks (kg)	Kuat Lentur ( $\sigma_t$ ) (kg/cm <sup>2</sup> )
350	5	1	5	39	73,13
700	5	1	5	42	78,75
1050	5	1	5	48	90,00
1400	5	1	5	56	116,25

Berdasarkan hasil analisis regresi linear terhadap variasi tekanan/beban pengempaan dalam kaitannya dengan kuat lentur produk komposit yang dihasilkan seperti yang ditampilkan dalam Tabel 3 tersebut, dapat dikemukakan bahwa variasi tekanan/beban pengempaan tersebut berpengaruh positif terhadap hasil uji kuat lentur produk komposit yang dihasilkan. Diketahui nilai  $r$  : 0,948 dan  $R^2$  : 0,989 dengan taraf signifikansi 5 %. Sumbangan variasi tekanan/beban pengempaan tersebut terhadap kuat lentur produk yang dihasilkan adalah 98,9 %. Hasil uji  $t$  sampel tunggal (*one-sample t test*) terhadap kuat lentur menunjukkan bahwa diketahui  $t$  tabel : 4,303, berdasarkan hasil pengujian diketahui bahwa  $t$  hitung : 9,353 sehingga jelas bahwa  $t$  hitung lebih besar dari  $t$  tabel ( $t$  hitung > 4,303 atau  $t$  hitung < -4,303), dari sini dapat diketahui bahwa semakin besar tekanan/beban pengempaan maka kuat lentur produk komposit yang dihasilkan semakin besar.

**Tabel 4. Kuat desak berdasarkan variasi tekanan/pengempaan**

Tekanan/Beban (kg)	Lebar papan (a) cm	Tinggi papan (h) cm	Panjang bentang (L) cm	Beban maksimal P maks (kg)	Kuat Lentur ( $\sigma_t$ ) (kg/cm <sup>2</sup> )
350	5	1	5	502	125,50
700	5	1	5	597	149,25
1050	5	1	5	615	153,75
1400	5	1	5	658	164,50

Berdasarkan hasil analisis regresi linear terhadap variasi tekanan/beban pengempaan dalam kaitannya dengan kuat desak produk komposit yang dihasilkan seperti yang ditampilkan dalam Tabel 4 tersebut, dapat dikemukakan bahwa variasi tekanan/beban pengempaan tersebut berpengaruh positif terhadap hasil uji kuat desak produk komposit yang dihasilkan. Diketahui nilai  $r$  : 0,953 dan  $R^2$  : 0,908 dengan taraf signifikansi 5 %. Sumbangan variasi tekanan/beban pengempaan tersebut terhadap kuat desak produk yang dihasilkan adalah 90,8 %. Hasil uji  $t$  sampel tunggal (*one-sample t test*) terhadap kuat desak

menunjukkan bahwa diketahui t tabel : 4,303, berdasarkan hasil pengujian diketahui bahwa t hitung : 18,012 sehingga jelas bahwa t hitung lebih besar dari t tabel (t hitung > 4,303 atau t hitung < -4,303), dari sini dapat diketahui bahwa semakin besar tekanan/beban pengempaan maka kuat desak produk komposit yang dihasilkan semakin besar.

**Tabel 5. Kuat Tarik berdasarkan variasi tekanan/beban pengempaan**

Tekanan/Beban (kg)	Lebar papan (a) cm	Tinggi papan (h) cm	Panjang bentang (L) cm	Beban maksimal P maks (kg)	Kuat Lentur ( $\sigma_t$ ) (kg/cm <sup>2</sup> )
350	5	1	5	30	15,00
700	5	1	5	34	17,00
1050	5	1	5	51	25,50
1400	5	1	5	52	26,00

Berdasarkan hasil analisis regresi linear terhadap variasi tekanan/beban pengempaan dalam kaitannya dengan kuat tarik produk komposit yang dihasilkan seperti yang ditampilkan dalam Tabel 5 tersebut, dapat dikemukakan bahwa variasi tekanan/beban pengempaan tersebut berpengaruh positif terhadap hasil uji kuat tarik produk komposit yang dihasilkan. Diketahui nilai r : 0.941 dan R<sup>2</sup> : 0,886 dengan taraf signifikansi 5 %. Sumbangan variasi tekanan/beban pengempaan tersebut terhadap kuat tarik produk yang dihasilkan adalah 98,9 %. Hasil uji t sampel tunggal (*one-sample t test*) terhadap kuat tarik menunjukkan bahwa diketahui t tabel : 4,303, berdasarkan hasil pengujian diketahui bahwa t hitung : 7,335 sehingga jelas bahwa t hitung lebih besar dari t tabel (t hitung > 4,303 atau t hitung < -4,303), dari sini dapat diketahui bahwa semakin besar tekanan/beban pengempaan maka kuat tarik produk komposit yang dihasilkan semakin besar. Dalam variasi tekanan/beban yang terbatas tersebut diketahui bahwa tekanan/beban pengempaan optimal adalah 1400 kg dengan perolehan kuat tarik sebesar 26,00 kg/cm<sup>2</sup>. Berangkat dari pengujian dan analisa tersebut maka tekanan/beban pengempaan optimal yang dapat ditetapkan adalah 1400 kg.

## KESIMPULAN

Semakin besar tekanan/beban pengempaan maka kuat lentur produk mikrokomposit yang dihasilkan semakin besar, semakin besar tekanan/beban pengempaan maka kuat desak produk mikrokomposit yang dihasilkan juga semakin besar dan tekanan/beban pengempaan optimal yang dapat ditetapkan adalah 1400 kg yaitu dari mikrokomposit MKJ 3 (50% *matriks pellet polipropilen*, 50% *filler selulosa tongkol jagung*)



## DAFTAR PUSTAKA

- Febrianto F,Y.S. Hadi, dan M. Karina. 2001. *Teknologi produksi recycle komposit bemutu tinggi dari limbah kayu dan plastik: Sifat-sifat papan partikel pada berbagai nisbah campuran serbuk dan plastik polipropilene daur ulang dan ukuran serbuk*. Laporan Akhir Hibah Bersaing IX/1. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional.
- Febrianto F. 1999. *Preparation And Properties Enhancement Of MoldableWood – Biodegradable Polymer Composites*. [Disertasi]. Kyoto: Kyoto University, Doctoral Dissertation.Division of Forestry and Bio-material Science. Faculty of Agriculture. Tidak dipublikasikan.
- Firdaus, 2013, *Polypropylene*, Universitas Brawijaya. Malang.
- Han Seung, Hyun- Kim, Jung il Son, (2004), *Rice- Husk Flour Filled Polypropylene Composite: Mechanical and Morphological Study*, Composite Structure 63, 305-312.
- Krisnadwi. 2014. *Kandungan lignin, selulosa, dan hemi selulosa limbah baglog jamur tiram putih (pleurotusostreatus) dengan masa inkubasi yang berbeda sebagai bahan pakan ternak*. Fakultas Peternakan Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Mujiyono dan Didik H, 2009. *Pemanfaatan Serat Daun Nanas Sebagai Penguat Material Komposit* [Skripsi], Program Sarjana Fakultas Teknik UNY, Yogyakarta.
- Prayitno, T.A. 1995, *Pengujian Sifat Fisika dan Mekanika Menurut ISO*, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Setyawati, Diana. 2003. *Sifat Fisis dan Mekanis Komposit Serbuk kayu Plastik Polipropilena Daur Ulang*. [Thesis]. Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Soedjojo, P. (2004). *Fisika Dasar*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Sriwita, D dan Astuti. 2014. *Pembuatan Dan Karakterisasi Sifat Mekanik Bahan Komposit Serat Daun Nenas-Polyester Ditinjau Dari Fraksi Massa Dan Orientasi Serat*. *Jurnal Fisika Universitas Andalas* Vol. 3, No.1.
- Strak NelsonM, dan Berger Michael J. 1997. *Effect of particle size on properties of wood-flour reinforced polypropylene composites*. Di dalam: Fourth International Conference on Woodfiber-Plastic Composites. Madison, 12 –14 Mei 1997. Wisconsin: Forest Product Society. hlm 134-143
- Sulaeman, Rifa'i. 2003. *Deteriorasi Komposit Serbuk kayu Plastik Polipropilena Daur Ulang Oleh Cuaca Dan Rayap*. [Thesis] Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Wahyunindiani, Dkk. 2005. *Pengaruh Perbedaan Suhu Dan Waktu Pengeringan Terhadap Aktivitas Antioksidan Bubuk Daun Sirsak (Annona MuricataL.)*. Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya. Malang.

Wirjosentono, P. 2006. *Penyediaan Film Mikrokomposit PVC Menggunakan Pemlastis Stearin dengan Pengisi Pati dan Penguat Serat Alam*. Tesis Program Pascasarjana USU. Medan.