

PREPARASI DAN KARAKTERISASI MIKROKRISTALIN SELULOSA DARI LIMBAH SERBUK KAYU PENGGERGAJIAN

Putra Gusrianto, Zulharmita, dan Harrizul Rivai

Fakultas Farmasi Universitas Andalas Padang

ABSTRACT

A study on the preparation and characterization of microcrystalline cellulose from waste of sawdust has been carried out. A total of 300 grams of sawdust made into alpha-cellulose by multistage pulping method and hydrolyzed by using hydrochloric acid to produce microcrystalline cellulose, which was characterized further. Microcrystalline cellulose obtained as much as 99 grams with a yield of 33%. The organoleptic characteristics were fine powder, white, odorless, and tasteless. Identification with a solution of iodinated zinc chloride produced a blue violet and the infrared spectrum produced nearly the same wavenumber with Vivacel PH 102[®]. Solubility in water was 0.117% and the pH was 5.08, dissolved in a solution of ammonia-copper tetramin. The loss on drying was 5.85 %, the bulk density was 0.329 g/ml and tapped density was 0.542 g/ml. Carr's index value was 39.60%, Hausner ratio was 1.656 and Hydration capacity was 3.191. There was no starch on this microcrystalline cellulose. Microcrystalline cellulose from waste of sawdust generally met the pharmacopoeia requirements and the characteristics were not significantly different from Vivacel PH 102[®].

Key words : preparation and characterization, sawdust, microcrystalline cellulose

PENDAHULUAN

Microcrystalline cellulose (MCC) adalah bahan tambahan penting di bidang farmasi, makanan, kosmetik, dan industri lainnya. Dalam bentuk serbuk, MCC sering digunakan sebagai eksipien dalam pembuatan tablet terutama untuk tablet kompresi langsung. Pembuatan tablet dengan kompresi langsung semakin banyak dilakukan karena memiliki banyak keuntungan seperti: tidak menggunakan proses granulasi, memberikan ukuran partikel yang seragam, dan membuat tablet lebih stabil dalam waktu yang lama, serta menguntungkan dari segi ekonomi (Ohwoavworhua, Adelakun, Okkhafame, 2009; Voigt, 1994).

Selulosa yang bersumber dari kapas, biasanya digunakan sebagai bahan baku MCC untuk keperluan industri karena

kandungannya yang tinggi (Chuayjuljit, Su-uthai, Charuchinda, 2010). Kandungan selulosa terdapat dalam kapas sebanyak 95-99%, rami 80-90%, kayu 40-50%, dan kulit kayu 20-30 % (Fengel dan Wegener, 1995).

Selulosa dapat larut segera dalam asam pekat. Pelarutan dalam asam pekat mengakibatkan pemecahan rantai selulosa secara hidrolitik (Fengel dan Wegener, 1995). Oleh karena itu, MCC dapat dihasilkan dengan mereaksikan selulosa di dalam larutan asam mineral yang mendidih selama waktu tertentu sampai batas derajat polimerisasi (*level-off DP*) tercapai (Ohwoavworhua, *et al.*, 2009). Proses tersebut bertujuan untuk menurunkan berat molekul, derajat polimerisasi, dan panjang rantai selulosa sehingga membentuk mikrokristalin (Halim, 1999).

Serbuk kayu penggergajian merupakan salah satu jenis partikel kayu yang berukuran 0,25 mm – 2,00 mm, bobotnya sangat ringan dalam keadaan kering dan mudah diterbangkan oleh angin. Serbuk gergaji kayu mengandung komponen utama yaitu selulosa, hemiselulosa, lignin dan zat ekstraktif kayu (Dumanauw, 1990).

Saat ini limbah serbuk kayu penggergajian menjadi suatu permasalahan dan suatu beban di industri perkayuan karena selain memakan tempat juga kurang sedap dipandang. Masyarakatpun cenderung untuk membakar limbah serbuk gergaji daripada mengolahnya kembali sehingga menimbulkan polusi udara dan pencemaran lingkungan.

Berdasarkan latar belakang yang disebutkan di atas dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengolah serbuk kayu penggergajian menjadi mikrokristalin selulosa dengan metoda *multistage pulping* (pembuburan bertingkat) dan membandingkan karakteristiknya dengan MCC yang beredar di pasaran.

METODOLOGI

Metodologi Pengambilan Sampel Serbuk Kayu Penggergajian

Pengambilan sampel serbuk kayu penggergajian dilakukan di Los Kayu Bobo Jalan Raya Gadut, Kelurahan Limau Manis Selatan, Kecamatan Pauh, Padang. Sampel tersebut berasal dari kayu *Shorea sp* (kayu meranti). Sampel yang diambil dibagi menjadi empat bagian dan salah satu dari empat bagian tersebut (*random*) diolah menjadi MCC.

Penyiapan bahan

Serbuk kayu penggergajian dicuci beberapa kali dengan air, kemudian dikeringkan pada suhu 60°C selama 24 jam. Serbuk yang telah kering sebanyak 300 g di ekstraksi dengan campuran heksan dan etanol dengan perbandingan 2:1 refluks selama 6 jam kemudian dibiarkan hingga dingin dan saring. Selanjutnya ampas dikeringkan pada suhu kamar. (Ohwoavworhua & Adelakun, 2010; Ohwoavworhua, et al., 2009).

Ekstraksi alfa-selulosa dengan metoda *multistage pulping*

Ampas serbuk gergaji hasil pengolahan seperti cara di atas dicampurkan dengan asam nitrat 3,5% (mengandung 40 mg natrium nitrit) sebanyak 4 L dalam wadah *glass beaker*. Campuran di dalam wadah tersebut direndam dalam *waterbath* selama 2 jam pada suhu 90°C. Selanjutnya bagian yang tidak larut dipisahkan dengan penyaringan dan residu yang diperoleh dicuci dengan air suling. Residu tersebut direndam ke dalam 3 L larutan yang mengandung natrium hidroksida dan natrium sulfit masing-masing sebanyak 2% w/v pada suhu 50°C selama 1 jam. Kemudian lakukan kembali penyaringan dan pencucian seperti yang dijelaskan di atas sehingga didapatkan residu. Residu tersebut diputihkan (*bleaching*) dengan mencampurkannya ke dalam 2 L campuran air dan natrium hipoklorit 3,5% w/v (perbandingan air dan larutan natrium hipoklorit 3,5% adalah 1:1), kemudian dididihkan selama 10 menit dilanjutkan dengan penyaringan dan pencucian. Residu yang diperoleh dari penyaringan dipanaskan pada suhu 80°C ke dalam 2 L natrium hidroksida 17,5% w/v selama 30 menit. Kemudian disaring dan dicuci. Residu yang didapatkan merupakan alfa-selulosa. Proses ekstraksi dilanjutkan dengan mencampurkan alfa-selulosa ke

dalam 2 L campuran air dan natrium hipoklorit 3,5% w/v (perbandingan air dan larutan natrium hipoklorit 3,5% adalah 1:1), panaskan pada suhu 100°C selama 5 menit. Lakukan penyaringan dan pencucian sampai residu bersih. Residu tersebut kemudian dikeringkan pada suhu 60°C dan diperoleh afa-selulosa (Ohwoavworhwa, *et al.*, 2009).

Pembuatan Mikrokrystalin Selulosa Serbuk Gergaji (MCC)

Sebanyak 50 g alfa-selulosa dihidrolisa dengan HCl 2,5 N (1,2 L). Didihkan selama 15 menit dalam *glass beaker*. Kemudian campuran panas tersebut dituangkan ke dalam air dingin sambil diaduk kuat dengan memakai spatula dan didiamkan semalam. Mikrokrystalin selulosa yang didapat dicuci dengan akuades hingga netral, disaring dengan corong *Buchner*, kemudian dikeringkan dengan oven pada temperatur 57-60°C selama 60 menit dan kemudian digerus. MCC yang didapatkan disimpan pada suhu kamar di dalam desikator (Yanuar, Rosmalasari, Anwar, 2003; Ohwoavworhwa, *et al.*, 2009; Halim, *et al.*, 2002; Ilindra & Dhake, 2008).

Karakterisasi MCC

- a. Pemerian
Pemeriksaan bentuk, warna, dan bau dari MCC serbuk gergaji kemudian dibandingkan dengan Vivacel PH 102.
- b. Identifikasi
Disediakan larutan seng klorida teriodinasi. Letakkan sampel sebanyak 10 mg pada kaca arloji dan dispersikan 2 mL larutan seng klorida teriodinasi. Warna yang diperoleh adalah biru-violet (United States Pharmacopeia 30, 2007).
- c. pH

Sejumlah 2 g serbuk dicampur dengan 100 mL air suling, kocok selama 5 menit, dan disentrifugasi. Ukur pH dengan pH meter (Ohwoavworhwa, *et al.*, 2009).

- d. Kelarutan (Farmakope Indonesia Edisi III, 1979; Committee on Food Chemicals Codex, 2004; British Pharmacopeia, 2009)
 - Kocok 5 g dengan lebih kurang 80 mL air selama 10 menit, disaring melalui kertas saring ke dalam gelas kimia yang telah ditara, uapkan di atas tangas uap hingga kering, dan dikeringkan pada suhu 105°C selama 1 jam kemudian dinginkan dan ditimbang.
 - Larutkan 50 mg MCC ke dalam larutan ammoniak-tembaga tetramin. Hasil yang diperoleh : larut tak bersisa.
- e. Susut pengeringan (British Pharmacopeia, 2009; Ohwoavworhwa, *et al.*, 2009)
Serbuk sebanyak 1 gram di dalam krus porselen dan selanjutnya di keringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 3 jam atau hingga bobot konstan. Kemudian dihitung susut pengeringan dengan rumus :

$$X = \frac{(B - A) - (C - A)}{(B - A)} \times 100\%$$

A = Berat krus kosong (g)

B = Berat krus + sampel sebelum dikeringkan (g)

C = Berat krus + sampel setelah dikeringkan (g)

- f. Berat jenis nyata dan berat jenis mampat
Perhitungan berat jenis nyata dilakukan dengan menimbang 30 g serbuk (W), dimasukkan ke dalam gelas ukur dan permukaan atas serbuk diratakan dan volumenya dapat dibaca (V₀). Dengan demikian berat jenis nyata dapat

ditentukan (D_0). Alat dihidupkan dan terjadi hentakkan sebanyak 1250 kali dan dibaca volume serbuk (A). Kemudian dilakukan penghentakkan kedua kalinya sebanyak 1250 kali dan dibaca volume serbuk (B). Bila selisih B dengan A tidak melebihi 2 cm^3 maka A adalah volume mampat (V). Maka dengan demikian berat jenis mampat dapat dihitung (D) (Ohwoavworhua, et al., 2009; Ben, 2008).

- g. Indeks Carr's atau kompresibilitas (Ohwoavworhua, et al, 2009)

Indeks Carr's dihitung menggunakan

rumus : Indeks Carr's =

$$\frac{B_j \text{ manpat} - B_j \text{ nyata}}{B_j \text{ manpat}} \times 100 \%$$

- h. Rasio Hausner (Ohwoavworhua, et al, 2009)

$$\text{Rasio Hausner} = \frac{B_j \text{ manpat}}{B_j \text{ nyata}}$$

- i. Uji pati

Sebanyak 10 g sampel dicampurkan dengan 90 mL air suling. Panaskan selama 5 menit. Saring selagi panas, kemudian dinginkan dan tambahkan filtrat 0,1 mL iodium. Hasil : tidak terbentuk warna biru (British Pharmacopeia, 2002).

- j. Kapasitas hidrasi

Sebanyak 1 g serbuk masukan dalam tabung reaksi tambahkan 10 mL air suling. Campurkan dengan bantuan alat vortex mixer selama 2 menit, biarkan 10 menit, kemudian sentrifus selama 10 menit dengan putaran 1000 rpm. Pisahkan cairan dengan sedimen hati-hati. Kemudian sedimen ditimbang. Kapasitas hidrasi dapat ditentukan dengan perbandingan berat sedimen dengan berat sampel kering (Ohwoavworhua, et al, 2009).

- k. Pengamatan dengan spektrofotometer infra merah

Spektrum IR dari MCC dari serbuk kayu penggergajian dibandingkan

dengan Vivacel PH 102[®] menggunakan spektrofotometer Jasco FT IR 460+

Analisa Data

Data-data yang didapat dari karakterisasi dari MCC dibandingkan dengan Vivacel PH 102[®] sebagai standar baku. Data yang akan dianalisa tabel dan angka. Rata-rata pengukuran kedua sampel diuji dengan metode uji t dua sampel independen

HASIL DAN DISKUSI

Limbah serbuk penggergajian dibuat menjadi mikrokristalin selulosa dengan menggunakan *multistage pulping* atau pembuburan bertingkat yang bertujuan untuk menghilangkan lignin dari sampel sehingga didapatkan alfa selulosa. Metode ini terbukti menghasilkan alfa selulosa yang homogen dan selanjutnya dihidrolisa dengan HCl 2,5 N untuk mendapatkan MCC. (Ohwoavworhua, et al., 2009).

Pembuatan MCC dimulai dengan membersihkan serbuk kayu penggergajian dari kotoran-kotoran, dicuci, dan dikeringkan agar sampel yang digunakan bersih dan tidak bercampur dengan material-material yang tidak diinginkan. Selanjutnya sampel direfluks dengan campuran heksan dan etanol selama 6 jam. Hal tersebut dilakukan untuk menghilangkan zat ekstraktif yang terdapat pada serbuk kayu seperti senyawa: fenolat, lemak, protein, terpen, lilin, dan sebagainya.

Proses pembuatan dilanjutkan dengan penambahan asam nitrat. Asam nitrat adalah agen yang sangat baik untuk proses delignifikasi. Beberapa literatur menyebutkan kekurangan dari asam nitrat adalah sifatnya yang bereaksi sangat cepat dengan selulosa (Sarkanen, 1962). Oleh

karena itu, penambahan natrium nitrit dapat dimengerti agar reaksi dengan selulosa dapat dihindarkan serta mempercepat proses degradasi lignin.

Proses diatas belumlah dapat menghilangkan lignin seutuhnya. Oleh karena itu, delignifikasi dilanjutkan dengan penambahan natrium sulfit. Larutan natrium sulfit dipertahankan pada sekitar pH 7-10 dengan menggunakan natrium hidroksida. Proses ini dapat bagian yang larut (beta selulosa dan gamma selulosa) dan tidak larut (alfa selulosa).

menghilangkan lignin secara selektif dan dengan penghilangan lignin hingga 50 % (Fengel dan Wegener, 1995). Penggunaan natrium hipoklorit setelah proses tersebut dapat menghilangkan residu lignin pada pulp (Sarkanen, 1962).

Alfa selulosa didapatkan dengan melanjutkan proses tersebut dengan penambahan natrium hidroksida 17,5 % dan dipanaskan sehingga menghasilkan

Tabel I. Jumlah perolehan alfa selulosa dan mikrokrystalin selulosa

Jumlah serbuk gergaji (g)	Jumlah perolehan (g)	
	Alfa selulosa	MCC dari 50 gram alfa selulosa
300	121	41
<ul style="list-style-type: none"> • Rendemen Alfa selulosa = $\frac{121 \text{ gram}}{300 \text{ gram}} \times 100 \% = 40 \%$ • Rendemen MCC = $\frac{41 \text{ gram}}{50 \text{ gram}} \times 100 \% = 82 \%$ • Rendemen MCC dari 300 gram serbuk gergaji = $\frac{(\frac{82}{100} \times 121 \text{ gram})}{300 \text{ gram}} \times 100 \% = 33 \%$ 		

Tabel II. Hasil pemeriksaan mikrokrystalin selulosa dari serbuk kayu penggergajian

No	Pemeriksaan	Persyaratan	Vivacel PH 102	MCC
1	Pemerian : • Bentuk • Warna • Bau • Rasa	Serbuk halus Putih Tidak berbau Tidak berasa (Farmakope Indonesia Edisi III, 1979)	Serbuk halus Putih Tidak berbau Tidak berasa	Serbuk halus Putih Tidak berbau Tidak berasa
2	Identifikasi	Warna yang diperoleh adalah biru-violet (USP 30, 2007)	Warna yang diperoleh adalah biru-violet	Warna yang diperoleh adalah biru-violet
3	pH	pH 5-7,5 (BP, 2009)	pH 6,64 ± 0,1908	pH 5,08 ± 0,0458
4	Kelarutan dalam air	kelarutan tidak boleh	Kelarutan 0,103 %	Kelarutan 0,117 %

		melebihi 0,25%	$\pm 0,0116$	$\pm 0,0058$
5	Kelarutan dalam larutan ammoniak-tembaga tetramin	Hasil yang diperoleh : larut tak bersisa	larut tak bersisa	larut tak bersisa
6	Susut pengeringan	Kehilangan tidak boleh lebih dari 6 % (BP, 2009)	Kehilangan 5,287 % $\pm 0,0896$	Kehilangan 5,847 % $\pm 0,3163$
7	Bj nyata dan Bj mampat		Bj nyata : 0,328 g/ml $\pm 0,0081$ Bj mampat : 0,467 g/ml $\pm 0,0041$	Bj nyata : 0,329 g/ml $\pm 0,0023$ Bj mampat : 0,542 g/ml $\pm 0,0052$
8	Indeks Carr's dan Rasio Hausner		Index carr's : 29,787 % $\pm 1,5149$ Rasio Hausner : 1,425 $\pm 0,0304$	Index carr's : 39,6 % $\pm 1,0104$ Rasio Hausner: 1,656 $\pm 0,0277$
9	Uji pati	Hasil : tidak terbentuk warna biru (BP, 2002)	tidak terbentuk warna biru	tidak terbentuk warna biru
10	Kapasitas hidrasi		Kapasitas hidrasi: 3,1398 $\pm 0,1047$	Kapasitas hidrasi: 3,191 $\pm 0,0398$

Alfa selulosa yang didapatkan kemudian diputihkan kembali dengan natrium hipoklorit. Selanjutnya MCC dibuat dengan menghidrolisis alfa selulosa dengan HCl 2,5 N.

Metode ini berhasil membuat alfa selulosa sebanyak 121 gram (40 %) dari 300 gram serbuk kayu penggergajian dan MCC sebanyak 41 gram (82 %) dari 50 gram alfa selulosa sehingga dengan perhitungan dari 300 gram serbuk kayu penggergajian akan didapatkan 99 gram atau 33 % MCC. MCC ini dibandingkan dengan Vivacel PH 102[®] dan secara statistik rata-rata pengukuran kedua sampel diuji dengan metode uji t dua sampel independen. Perbandingan karakterisasi pertama kali adalah dari pemeriksaan organoleptis yang meliputi bentuk, warna, bau, dan rasa. Hasil yang didapat memperlihatkan kesamaan satu

sama lain serta memenuhi persyaratan Farmakope Indonesia Edisi III.

Pada hasil identifikasi dengan larutan seng klorida teriodinasi MCC memperlihatkan hasil yang positif. Pereaksi tersebut merupakan pereaksi spesifik untuk mikrokristalin selulosa. Sebagai pembanding Vivacel PH 102[®] juga memberikan hasil yang sama. Hasil pemeriksaan FT IR memperlihatkan spektrum IR MCC terletak pada bilangan gelombang yang hampir sama dengan Vivacel PH 102[®]. Pada spektrum tampak ikatan O-H MCC dan Vivacel PH 102[®] pada bilangan gelombang 3453 cm⁻¹ dan 3463 cm⁻¹. Pada daerah sidik jari yaitu terletak pada bilangan gelombang 1500 cm⁻¹ - 400 cm⁻¹ terdapat kesamaan bentuk pita MCC dan Vivacel PH 102[®]. Dengan demikian MCC memiliki gugus fungsi yang sama dengan Vivacel PH 102[®].

Hasil pemeriksaan pH MCC dan Vivacel PH 102[®] memiliki nilai yang memenuhi syarat British Pharmacopeia 2009. Namun untuk pH MCC sedikit lebih asam dari Vivacel PH 102[®], hal ini bisa saja dipengaruhi tidak sepenuhnya pencucian setelah hidrolisis dengan HCL. Pada uji hipotesis antara pH MCC dan Vivacel PH 102[®], didapatkan $t_{hitung} = 13,79 > t_{kritis} = 4,29$, maka H_0 ditolak dan H_a diterima. Dengan demikian terdapat perbedaan yang signifikan antara pH MCC dengan Vivacel PH 102[®].

Mikrokristalin selulosa memiliki sifat praktis tidak larut dalam air. Sesuai persyaratan kelarutan maksimal adalah 0,25 % dari uji kelarutan yang dilakukan (British Pharmacopeia, 2009). Persyaratan tersebut terpenuhi oleh MCC dan Vivacel PH 102[®] dimana kelarutan MCC adalah 0,117 % dan Vivacel PH 102[®] adalah 0,103 %. Dengan pengujian hipotesis didapatkan nilai $t_{hitung} = 1,88 < t_{kritis} = 2,78$, maka H_0 diterima dan H_a ditolak, sehingga dapat disimpulkan tidak terdapat perbedaan yang nyata antara kelarutan MCC dengan Vivacel PH 102[®] dalam air. Uji kelarutan MCC dan Vivacel PH 102[®] dalam larutan tembaga ammonium tetramin juga dilakukan. Hasilnya sesuai dengan persyaratan yaitu larut tidak meninggalkan sisa (British Pharmacopeia, 2009).

Susut pengeringan MCC adalah 5,847 % yang mana nilai ini sangat tipis sekali dibawah nilai batas yang diperbolehkan pada British Pharmacopeia, 2009 yaitu 6 %. Bila dibandingkan dengan Vivacel PH 102[®], dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan dengan susut pengeringan MCC. Hal tersebut tampak pada harga $t_{hitung} < t_{kritis}$ pada uji hipotesis.

Pada pengukuran berat jenis nyata MCC dan Vivacel PH 102[®] berdasarkan uji hipotesis $t_{hitung} < t_{kritis}$ dapat disimpulkan tidak ada perbedaan signifikan antara berat jenis nyata keduanya. Dan pada berat jenis mampat MCC memiliki nilai yang lebih besar dari Vivacel PH 102[®] karena pada berat yang sama MCC yang berukuran agak lebih besar akan mempunyai volume yang lebih kecil jika dibandingkan dengan Vivacel PH 102[®] yang berukuran lebih kecil dan *voluminous*.

Rasio Hausner dan indeks Carr's merupakan cara pengukuran tidak langsung untuk melihat sifat alir serbuk. Rasio Hausner mengindikasikan gesekan yang terjadi antar-partikel, sedangkan indeks Carr's memperlihatkan kemampuan serbuk untuk mengurangi volumenya atau disebut sebagai kompresibilitas. Secara umum rasio Hausner yang $> 1,25$ memperlihatkan sifat alir yang buruk. Indeks Carr's yang bernilai < 16 % mengindikasikan sifat alir yang baik dan > 35 % memperlihatkan kekuatan dan kepadatan partikel (Staniforth, 1996). Dengan demikian dilihat dari hasil perhitungan Rasio Hausner dan indeks Carr's pada MCC dan Vivacel PH 102[®], keduanya memiliki sifat alir yang buruk. Namun MCC dan Vivacel PH 102[®] bila dilihat dari nilai pengujian Rasio hausner dan indeks carr's, keduanya memiliki perbedaan yang sangat signifikan satu sama lain. Hal tersebut tampak pada uji hipotesis dimana $t_{hitung} > t_{kritis}$.

Sejatinya selulosa murni tidak terdapat pati didalamnya. Hal tersebut dapat diuji dengan keberadaan pati dalam suatu selulosa dengan mereaksikan selulosa dengan iodium. Menurut persyaratan, hasil warna yang diperoleh pada uji pati adalah tidak terbentuk warna biru (British

Pharmacopoeia, 2002). Dari hasil pengujian MCC dan Vivacel PH 102[®] memenuhi persyaratan tersebut.

Pengujian kapasitas hidrasi memperlihatkan bahwa MCC mampu menyerap air hingga 3,1 kali berat keringnya. Hasil yang sama juga ditunjukkan oleh Vivacel PH 102[®]. Berdasarkan uji hipotesis juga terbukti bahwa tidak terdapat perbedaan antara nilai kapasitas hidrasi MCC dan Vivacel PH 102[®].

MCC yang diperoleh dari serbuk kayu penggergajian mempunyai karakter yang sama dengan Vivacel PH 102[®]. Dengan demikian limbah serbuk kayu

penggergajian dapat dijadikan sebagai bahan baku MCC.

KESIMPULAN

Dari penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Mikrokrystalin selulosa dapat dibuat dari limbah serbuk kayu penggergajian dengan rendemen 33 %.
2. Mikrokrystalin selulosa dari limbah serbuk kayu penggergajian secara keseluruhan memenuhi persyaratan farmakope dan karakteristiknya tidak berbeda nyata dengan Vivacel PH 102[®].

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. (2009). *British Pharmacopoeia*. London: British Pharmacopoeia Commission.
- Anonim. (2002). *British Pharmacopoeia Volume I*. London: The Stationery Office.
- Anonim. (2007). *United States Pharmacopoeia 30 and National Formulary 25*. Rockville : United States Pharmacopoeial Convention.
- Ben, E.S. (2008). *Teknologi Tablet*. Padang : Universitas Andalas Padang.
- Chuayjuljit, S., Su-uthai, S., Charuchinda S. (2010). Poly(vinyl chloride) film filled with microcrystalline cellulose prepared from cotton fabric waste: properties and biodegradability study. *The Journal Of The International Solid Wastes And Public Cleansing Association*, 28, 109-117.
- Dumanauw, J. F. (1990). *Mengenal Kayu*. Yogyakarta: Kanisius
- Fengel, D., Wegener, G. (1995). *Kayu, Kimia, Ultrastruktur, Reaksi-reaksi*. Penerjemah: Hardjono Sastroatmojo. Yogyakarta: Gajah Mada Press.
- Halim, A. (1999). Pembuatan dan Uji Sifat-sifat Teknologi Mikrokrystalin Selulosa dari Jerami. *Jurnal Sains dan Teknologi Farmasi*, 4, 1.
- Halim, A., Ben, E.S., Sulastri, E. (2002). Pembuatan Mikrokrystalin Selulosa dari Jerami Padi (*Oryza Sativa* Linn) dengan Variasi Waktu Hidrolisa. *Jurnal Sains dan Teknologi Farmasi*, 2, 80-87.
- Iindra, A., & Dhake, J.D. (2008). Microcrystalline Cellulose from Bagasse and Rice Straw. *Indian Journal of Chemical Technology*, 15, 497-499.
- Ohwoavworhua, F.O., Adelakun, T.A., Okhamafe, A.O. (2009). Processing pharmaceutical grade microcrystalline cellulose from groundnut husk: Extraction methods and characterization. *International Journal of Green Pharmacy*, 97-104.
- Ohwoavworhua, F.O., Adelakun, T.A. (2010). Non-wood fibre production of microcrystalline cellulose from *Sorghum caudatum*: Characterisation and tableting properties. *Indian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 72, 295-301.
- Sarkanen, K. V. (1962). The chemistry of delignification in pulp bleaching. *Pure and Applied Chemistry Vol 5*, 219-232.

- Staniforth, J. N. (1996). Powder Flow. *Pharmaceutics-The Science of Dossage form Design*. Churchill Livingston, 600-615.
- Voigt, R. (1994). *Buku Pelajaran Teknologi Farmasi*. (Edisi 5). Penerjemah: Soedani Noerono. Yogyakarta: Gadjah Mada Press.
- Yanuar, A., Rosmalasari, E., Anwar, E. (2003). Preparasi dan Karakterisasi Selulosa Mikrokrystal dari nata de cocountuk Bahan Pembantu Pembuatan Tablet. *ISTECS JOURNAL Science and Technology Policy*, IV, 71-78.