

**SINTESA SURFAKTAN BERBASIS KARBOHIDRAT
DARI TANDAN KOSONG SAWIT**

TESIS



Oleh

**JONI KARMAN
BP. 06210005**



**MILIK
UPT PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS ANDALAS**

TERDAFTAR

TANGGAL: 19-1-09

NOMOR RI: 82091004

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG
2008**

RINGKASAN

Oleh : Joni Karman

(Dibawah bimbingan Anwar Kasim dan Hazli Nurdin)

Tandan kosong sawit (TKS) adalah bahan berlignoselulosa yang bisa digunakan baik sebagai sumber lignin, selulosa maupun hemiselulosa dan dapat menghasilkan banyak turunan yang berguna bagi industri. Ketersediaannya yang melimpah dan kontinyu merupakan peluang besar untuk dimanfaatkan. Selulosa dan hemiselulosa yang dikandung TKS dapat dihidrolisis menjadi monosakarida. Monosakarida yang didapat selanjutnya dapat disintesa menjadi surfaktan berbasis karbohidrat, yang mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan surfaktan jenis lainnya.

Surfaktan berbasis karbohidrat dapat dibuat dengan mereaksikan glukosa dengan fatty alkohol pada suhu sekitar 100°C selama 6 jam atau lebih. Reaksi tersebut adalah reaksi reversibel, dan menghasilkan alkil poliglukosida dan air sebagai produk sampingnya. Fatty alkohol dapat digantikan dengan metil ester yang berasal dari minyak kelapa. Bila glukosa direaksikan dengan metil ester, maka akan dihasilkan alkil poliglukosida dan metanol sebagai produk sampingnya. Metanol akan lebih mudah menguap dibandingkan dengan air. Sehingga dengan mengganti fatty alkohol dengan metil ester, diperkirakan reaksi dapat berjalan lebih cepat dan pada suhu yang lebih rendah dari 100°C .

Penelitian ini dilakukan untuk menentukan kondisi optimum transesterifikasi, merupakan faktorial 3×3 dalam Rancangan Acak Lengkap. Faktor pertama adalah lama reaksi transesterifikasi yang terdiri atas 3 taraf, yaitu

2, 4 dan 6 jam, dan faktor kedua adalah temperatur reaksi yang terdiri atas 3 taraf, yaitu 80, 90 dan 100°C. Parameter yang digunakan untuk mengidentifikasi rendemen surfaktan yang dihasilkan adalah kadar monosakarida (glukosa) sisa dari hidrolisat yang digunakan sebagai reaktan. Surfaktan yang dihasilkan selanjutnya diuji tegangan permukaan, tegangan antar muka dan stabilitas emulsinya.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa hidrolisis TKS dengan asam sulfat pekat rata-rata menghasilkan 56,33% monosakarida. Rendemen surfaktan semakin tinggi bila reaksi dilakukan pada temperatur 100°C. Kondisi optimum sintesa surfaktan dari senyawa karbohidrat hasil hidrolisis TKS belum tercapai. Transesterifikasi hidrolisat TKS dengan metil ester minyak kelapa hingga temperatur 100°C selama 6 jam mereaksikan 61,76% gula dalam hidrolisat TKS dengan metil ester minyak kelapa. Tegangan permukaan surfaktan yang dihasilkan sebesar 43,38 dyne/cm, tegangan antar muka sebesar 12,30 dyne/cm dan stabilitas emulsi 55,6%. Karakteristik surfaktan yang dihasilkan mendekati karakter surfaktan metil ester sulfonat komersial, namun masih jauh dengan karakter metil ester sulfonat yang dihasilkan MAKSI, Hidayati (2007), alkil poliglukosida yang dihasilkan Cognis dan Tween 80.

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kelapa sawit adalah salah satu komoditas unggulan dalam industri pertanian di Indonesia. Perkebunan kelapa sawit yang semula hanya diusahakan dalam bentuk perkebunan besar, sekarang telah diusahakan dalam bentuk perkebunan rakyat, perkebunan besar negara dan perkebunan besar swasta. Pengembangan industri kelapa sawit di Indonesia hingga saat ini masih didominasi oleh produk Crude Palm Oil (CPO) dan minyak goreng. Produk sawit Indonesia lebih cenderung diekspor dalam bentuk CPO ke negara-negara lain seperti Malaysia, Singapura, Jepang, Amerika, dan sebagainya (MAKSI, 2003). Jumlah Pabrik Kelapa Sawit (PKS) di Indonesia sekitar 205 di mana sekitar 86 persen berada di luar Jawa. Produksi tandan buah segar (TBS) tahun 2004 diperkirakan mencapai 53,8 juta ton dan limbah padat organik berupa tandan kosong sawit (TKS) sebesar 12,4 juta ton (Goenadi, 2006).

TKS biasanya digunakan sebagai pupuk dan mulsa bagi tanaman di perkebunan sawit. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk meningkatkan nilai tambah TKS, yaitu sebagai bahan baku pulp dan kertas (Guritno, *et.al.*, 1995), pulp dari TKS juga telah diteliti untuk dibuat menjadi selulosa asetat (Amin, 2000), TKS juga dapat difermentasi untuk menghasilkan aseton-butanol-etanol (Handago, *et.al.*, 2000). Mangunwidjaya, *et.al.* (1995) juga telah melakukan penelitian untuk merancang bioreaktor berpengaduk mekanis untuk fermentasi aseton-butanol-etanol dari hidrolisat TKS, juga menentukan kondisi optimum dan parameter kinetika proses konversi TKS menjadi aseton-butanon-alkohol.

Sulhatun (2005) telah melakukan penelitian untuk memanfaatkan TKS sebagai sumber lignin.

TKS adalah bahan berlignoselulosa yang bisa digunakan baik sebagai sumber lignin, selulosa maupun hemiselulosa dan dapat menghasilkan banyak turunan yang berguna bagi industri. Oleh karena ketersediaan TKS cukup berlimpah setiap harinya, sehingga TKS mempunyai potensi yang cukup besar untuk menanggulangi kekurangan bahan berlignoselulosa yang selama ini didapat dari kayu.

Salah satu produk yang dapat diturunkan dari selulosa dan hemiselulosa adalah monosakarida, yang mana monosakarida ini dapat disintesa menjadi surfaktan (surfaktan berbasis karbohidrat). Kelebihan surfaktan berbasis karbohidrat adalah sifatnya yang dapat terbiodegradasi total dalam waktu singkat, tidak mengancam organisme air, diproduksi dari sumber-sumber alam yang dapat diperbaharui seperti glukosa dan minyak nabati, tidak menyebabkan iritasi, dan spektrum penggunaannya yang luas (Dubik, 2006 dan Estrine, 2004). Peluang untuk mengembangkan surfaktan berbasis karbohidrat sangat besar. Produksi surfaktan berbasis karbohidrat dunia hanya 200 ribu ton per tahun, sedangkan peluang pasar yang tersedia mencapai 5 juta ton pertahun. Salah satu penyebab rendahnya produksi surfaktan jenis ini disebabkan oleh mahalnya harga surfaktan berbasis karbohidrat dibandingkan dengan surfaktan berbasis etilen oksida (Estrine, 2004).

Untuk memproduksi surfaktan berbasis karbohidrat dengan harga yang lebih rendah, maka karbohidrat yang dijadikan bahan pembuat surfaktan dapat diproduksi dari hasil samping pertanian yang kaya akan karbohidrat. Estrine

(2004) telah melakukan penelitian sintesis surfaktan turunan sakarida dengan memanfaatkan hemiselulosa sebagai pengganti glukosa. Hemiselulosa didapat dari jerami dan kulit gandum dengan cara hidrolisis. Surfaktan yang dihasilkan mempunyai mutu yang sebanding dengan surfaktan komersial yang disintesis dari glukosa.

Untuk menambah nilai guna dari pengolahan limbah TKS dengan mempertimbangkan komposisi TKS yang kaya akan selulosa dan hemiselulosa, penulis melakukan penelitian untuk mensintesa surfaktan berbasis karbohidrat yang didapat dari TKS.

1.2 Perumusan Masalah

TKS adalah salah satu potensi sumber daya alam dengan ketersediaan yang melimpah dan kontinyu. Ketersediaan TKS di Indonesia di masa mendatang memperlihatkan kecenderungan yang meningkat seiring dengan perluasan perkebunan sawit dan pendirian pabrik-pabrik pengolahan CPO. TKS sampai saat ini masih merupakan limbah yang belum termanfaatkan secara optimal. Pemanfaatan TKS saat ini yang diproduksi dalam skala industri baru pada pembuatan kompos berbahan dasar TKS.

Salah satu upaya untuk memanfaatkan TKS adalah dengan memfraksinasi TKS menjadi senyawa-senyawa karbohidrat dan lignin sebagai produk sampingnya. Beragamnya senyawa-senyawa karbohidrat yang kemungkinan dihasilkan merupakan sumber yang perlu diteliti untuk ditingkatkan nilai gunanya, salah satunya yaitu dengan mensintesa senyawa-senyawa tersebut menjadi surfaktan berbasis karbohidrat, yang mempunyai peluang yang besar untuk dikembangkan. Peluang untuk membuat surfaktan berbasis karbohidrat dari TKS

sangat baik, mengingat tingginya kadar karbohidrat (α -selulosa 45,80% dan pentosa 25,90%) pada TKS (Purwito dan Anita, 2005). Sehingga surfaktan berbasis karbohidrat yang dihasilkan dapat diproduksi dengan harga lebih rendah dibandingkan dengan surfaktan berbasis karbohidrat yang ada saat ini.

Surfaktan berbasis karbohidrat dapat dibuat dengan mereaksikan glukosa dengan fatty alkohol pada suhu sekitar 100°C selama 6 jam atau lebih (Estrin (2004), Hill (2000) dan Wcuthen (1999)). Reaksi tersebut adalah reaksi reversibel, dan menghasilkan alkil poliglukosida dan air sebagai produk sampingnya.

Fatty alkohol dapat digantikan dengan metil ester yang berasal dari minyak kelapa. Bila glukosa direaksikan dengan metil ester, maka akan dihasilkan alkil poliglukosida dan metanol sebagai produk sampingnya. Metanol akan lebih mudah menguap dibandingkan dengan air. Sehingga dengan mengganti fatty alkohol dengan metil ester, diperkirakan reaksi dapat berjalan lebih cepat dan pada suhu yang lebih rendah dari 100°C.

Karbohidrat yang digunakan sebagai reaktan adalah hasil hidrolisis TKS yang tidak hanya berupa glukosa, tetapi berupa campuran beberapa monosakarida. Faktor yang menjadi kendala adalah belum adanya data kondisi optimum sintesa surfaktan dari senyawa karbohidrat hasil hidrolisis TKS dengan metil ester dari minyak kelapa. Maka perlu dilakukan penelitian untuk menentukan kondisi optimum sintesa surfaktan dari senyawa karbohidrat hasil hidrolisis TKS dengan metil ester minyak kelapa.

1.3 Tujuan Penelitian

Mendapatkan kondisi optimum sintesa surfaktan dari senyawa karbohidrat hasil hirolisis TKS dengan metil ester minyak kelapa.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah informasi mengenai teknik pemanfaatan TKS untuk mensintesa surfaktan berbasis karbohidrat.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Hidrolisis TKS dilakukan dengan 2 tahap. Tahap 1 (prahidrolisis) dilakukan dengan asam sulfat 77%, dengan kondisi perbandingan asam sulfat dengan holoselulosa pada TKS 1,25 : 1 (b/b), temperatur 45 – 50°C selama 40 menit. Tahap 2 (hidrolisis) dilakukan dengan asam sulfat 15% dengan direfluks pada temperatur 100°C selama 120 menit. Hidrolisis TKS menghasilkan rata-rata 56,33% monosakarida tanpa adanya gula non pereduksi.
2. Pada temperatur reaksi 100°C, reaksi balik transesterifikasi berlangsung lebih cepat dibandingkan temperatur 80 dan 90°C. Sehingga rendemen surfaktan yang dihasilkan semakin tinggi.
3. Kondisi optimum sintesa surfaktan dari senyawa karbohidrat hasil hidrolisis TKS belum tercapai. Transesterifikasi hidrolisat TKS dengan metil ester minyak kelapa hingga temperatur 100°C selama 6 jam mereaksikan 61,76% gula dalam hidrolisat TKS dengan metil ester minyak kelapa. Tegangan permukaan surfaktan yang dihasilkan sebesar 43,38 dyne/cm, tegangan antar muka sebesar 12,30 dyne/cm dan stabilitas emulsi 55,6%. Karakteristik surfaktan yang dihasilkan mendekati karakter surfaktan metil ester sulfonat komersial, namun masih jauh dengan karakter metil ester sulfonat yang dihasilkan MAKSI, Hidayati (2007), alkil poliglukosida yang dihasilkan Cognis dan Tween 80.

5.2 Saran

Dilakukan penelitian reaksi transesterifikasi hidrolisat hasil hidrolisis TKS dengan metil ester minyak kelapa dalam reaksi bertekanan rendah pada temperatur reaksi yang lebih tinggi, waktu transesterifikasi yang lebih lama dan dilanjutkan dengan pemurnian.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2006. Gambaran Umum Produksi Minyak Sawit. Jakarta Futures Exchange. [www.bbj-jfx.com/].
- Asnetty Maria Amin. 2000. Pengembangan Proses Pembuatan Selulosa Asetat dari Pulp Tandan Kosong Sawit Proses Etanol. Tesis Magister. Program Study Teknik Kimia. Program Pasca Sarjana. Institut Teknologi Bandung.
- Balaban G. U. M. 2003. Hydrolysis of Polysaccharides with 77% Sulfuric Acid for Quantitative Saccharification. *Turk J Agric For* 27 (2003) 361-365.
- Carduck, J. F., P. Schulz and R. Eskuchen. 1996. Process for The Production of Alkyl and/or Alkenyl Oligoglucosides. Henkel Kommanditgesellschaft Auf Aktien.
- Chen, Li F. and Che-Ming Yang. 1985. Selective Hydrolysis Of Cellulose To Glucose Without Degradation Of Glucose Using Zinc Chloride. United States Patent 4525218. [<http://www.freepatentsonline.com/4525218.html>].
- Cognis. 2000. Emulsion Polymerization - Global Product Line. Polymers Coatings and Inks. [www.cognis.com].
- Cognis. 2007. Agnique ® PG. Alkyl Polyglycoside Surfactants for Agricultural Applications. Cognis GmbH. Rheinpromenade 1. 40789 Monheim.
- Cyberlipid. 2007. Glycosides Of Fatty Alcohols. [www.cyberlipid.org]. (28/04/ 2007).
- Cyuichi, H., Y. Tomiaki, T. Daisuke, N. Yasuhisa, F. Tomoaki, M. Takao, M. and U. Yoshiki. 2005. Method For Producing Monosaccharides From Biomass and Monosaccharide Production Device. United States Patent 20070148750. [<http://www.freepatentsonline.com/20070148750.html>].
- DeCarvalho, A. J. 2002. High Production Volume (HPV) Chemical Challenge Program Hazard Data Availability and Assessment Report for Linear and Branched Alkylbenzene Sulfonic Acids and Derivatives. Director of Environmental Safety. The Soap and Detergent Association. Washington DC. [www.epa.gov/chemrtk/pubs/summaries/alkylbenz/c14187c.htm].
- Dubik, K. 2006. Use Of Detergents. [www.snf.se/pdf/bmv/rap-bmv-detergent.pdf].
- Durnu, N., K.C. Kunçelebi, A. Kadioglu, and O. Beyazoglu. 2002. Phenolic And Sugar Compositions Of Some *Hieracium* L. (Asteraceae) Leaves In North East Anatolia. *BULG. J. PLANT PHYSIOL.*, 2002, 28(1-2), 30-35.

- Hyman, D., A. Sluiter, D. Crocker, D. Johnson, J. Sluiter, S. Black, and C. Scarlata. 2007. Determination of Acid Soluble Lignin Concentration Curve by UV-Vis Spectroscopy. Laboratory Analytical Procedure. BiomassAnalysis Technology Team. NREL. Department of Energy. USA
- Lubis, A. U. 1992. Kelapa Sawit (*Elais guineensis Jacq.*) di Indonesia. Pusat Penelitian Perkebunan Marihat-Bandar Kuala. Sugar Offset. Sumatera Utara.
- MAKSI. 2003. Rusnas Industri Hilir Kelapa Sawit 2003. [www.situshijau.co.id/maksi].
- Mangunwidjaya, D., T. C. Sunarti, B. R. Setyawati, S. Sahirman, B. Kusarpoko dan Purwoko. 1995. Pengolahan dan Pendayagunaan Limbah Agroindustri Kelapa Sawit. Departemen Teknologi Industri Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Hibah Bersaing I. [www.dikti.depdiknas.go.id/p3m/abstrakHB/AbstrakHB03.pdf]. (12/03/07).
- Möller, R. 2006. Cell Wall Saccharification. Outputs From the EPOBIO Project November 2006. CPL Press. Tall Gables. The Sydings. Speen. Newbury. Berks RG14 1RZ. UK. [www.epobio.net/pdfs/0611CellWallSaccharificationReport_c.pdf]
- Mosier, N., C. Wyman, B. Dale, R. Elander., Y.Y. Lee, M. Holtzapple and M. Ladisch. 2004. Features of Promising Technologies For Pretreatment of Lignocellulosic Biomass. Bioresource Technology 96 (2005) 673-686. [www.sciencedirect.com/i-farmtools.org/ref/Mosier_et_al_2005.pdf].
- Muurinen, Esa. 2000. Organosolv Pulping, A Review And Distillation Study Related To Peroxyacid Pulping. Department of Process Engineering. University of Oulu. FIN-90014 University of Oulu. Finland.
- Myers, D. 1992. Surfactant Science and Technology. Second Edition. VCH Publishers, Inc. New York. USA.
- Naibaho, P. M. 1998. Teknologi Pengolahan Kelapa Sawit. Pusat Penelitian Kelapa Sawit Medan.
- Oregon Cellulose-Ethanol Study. 2006. Overview of Cellulose - Ethanol Production Technology. [www.ethanol-gec.org/information/briefing/20.pdf].
- Panshin, A.J., E.S. Harrar, J.S. Bethel, and W.J. Baker. 1962. Forest Product, Their Sources, Production and Utilization. Second Edition. McGraw-Hill Book Company. New York-San Fransisco-Toronto-London.
- Pine, S. H., J.B. Hendrickson, D. J. Cram, and G. S. Hammond. 1988. Kimia Organik. Terbitan Keempat. Penerbit ITB. Bandung.

- Hyman, D., A. Sluiter, D. Crocker, D. Johnson, J. Sluiter, S. Black, and C. Scarlata. 2007. Determination of Acid Soluble Lignin Concentration Curve by UV-Vis Spectroscopy. Laboratory Analytical Procedure. BiomassAnalysis Technology Team. NREL. Department of Energy. USA
- Lubis, A. U. 1992. Kelapa Sawit (*Elais guineensis Jacq.*) di Indonesia. Pusat Penelitian Perkebunan Marihat-Bandar Kuala. Sugar Offset, Sumatera Utara.
- MAKSI. 2003. Rusnas Industri Hilir Kelapa Sawit 2003. [www.situshijau.co.id/maksi].
- Mangunwidjaya, D., T. C. Sunarti, B. R. Setyawati, S. Sahirman, B. Kusarpoko dan Purwoko. 1995. Pengolahan dan Pendayagunaan Limbah Agroindustri Kelapa Sawit. Departemen Teknologi Industri Pertanian. Institut Pertanian Bogor. Hibah Bersaing I. [www.dikti.depdiknas.go.id/p3m/abstrakHB/AbstrakHB03.pdf]. (12/03/07).
- Möller, R. 2006. Cell Wall Saccharification. Outputs From the EPOBIO Project November 2006. CPL Press. Tall Gables. The Sydings. Speen. Newbury. Berks RG14 1RZ. UK. [www.epobio.net/pdfs/0611CellWallSaccharificationReport_c.pdf]
- Mosier, N., C. Wyman, B. Dale, R. Elander., Y.Y. Lee, M. Holtzapple and M. Ladisch. 2004. Features of Promising Technologies For Pretreatment of Lignocellulosic Biomass. Bioresource Technology 96 (2005) 673-686. [www.sciencedirect.com/i-farmtools.org/ref/Mosier_et_al_2005.pdf].
- Muurinen, Esa. 2000. Organosolv Pulping, A Review And Distillation Study Related To Peroxyacid Pulping. Department of Process Engineering, University of Oulu. FIN-90014 University of Oulu. Finland.
- Myers, D. 1992. Surfactant Science and Technology. Second Edition. VCH Publishers, Inc. New York. USA.
- Naibaho, P. M. 1998. Teknologi Pengolahan Kelapa Sawit. Pusat Penelitian Kelapa Sawit Medan.
- Oregon Cellulose-Ethanol Study. 2006. Overview of Cellulose - Ethanol Production Technology. [www.ethanol-gec.org/information/briefing/20.pdf].
- Panshin, A.J., E.S. Harrar, J.S. Bethel, and W.J. Baker. 1962. Forest Product, Their Sources, Production and Utilization. Second Edition. McGraw-Hill Book Company. New York-San Fransisco-Toronto-London.
- Pine, S. H., J.B. Hendrickson, D. J. Cram, and G. S. Hammond. 1988. Kimia Organik. Terbitan Keempat. Penerbit ITB. Bandung.

- Purwanto, W. dan R. A. Sparringa. 2000. Pemanfaatan Tandan Kosong Dan Batang Kelapa Sawit Sebagai Bahan Baku Pulp Kertas. *Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia* Vol.2, No.3, (Juni 2000). Pustaka Iptek. Jurnal Saint dan Teknologi BPPT. [www.iptek.net.id/ind/].
- Purwito, Anita. F. 2005. Pemanfaatan Limbah Sawit Dan Asbuton Untuk Bahan Pencegah Serangan Rayap Tanah. Kolokium. Pusat Penelitian dan Pengembangan Permukiman. Badan Penelitian dan Pengembangan Departemen Pekerjaan Umum. Bandung.
- Quan, P. T., N. T. Khai, N. M. Nhat and T. T. K. Ngoc. 2004. Synthesis of Nonionic Surfactant Alkyl Polyglucosides (Apgs) Using Microwave Assisted Fischer's Two Stages Method. Department of Organic Engineering. Faculty of Chemical Engineering. Ho Chi Minh University of Technology. [grialib.hcmuns.edu.vn/gsd/collect/hnkhbk/index/assoc/HASHadd0.dir/doc.pdf].
- Sarmento, J. 2007. Pengawetan Bahan Pangan Menggunakan Suhu Rendah. [www.thpfaperik.brawijaya.ac.id/pdf-kuliah/]. (120307).
- Scrimgeour, C. 2005. Chemistry of Fatty Acids. Bailey's Industrial Oil and Fat Products, Sixth Edition, Six Volume Set. Diedit oleh Fereidoon Shahidi. John Wiley & Sons, Inc. Scottish Crop Research Institute Dundee. Scotland.
- Sjöström, E. 1995. Kimia Kayu Dasar-Dasar dan Penggunaannya. Edisi Kedua. Gadjah Mada University Press.
- Sulhatun. 2005. Pemanfaatan Tandan Kosong Kelapa Sawit Sebagai Sumber Lignin. Tesis. Program Pasca Sarjana. Universitas Sumatera Utara.
- Suryani, A. dan E. Hambali. 2005. Optimasi Proses Produksi dan Karakterisasi Metil Ester Sulfonat (MES) Berbasis Minyak Sawit Pada Skala Pilot Plant. Masyarakat Perkelapa-Sawitan Indonesia. IPB. Bogor.
- Tadros, T. F. 2005. Applied Surfactants: Principles and Applications. WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim. ISBN: 3-527-30629-3.
- Takamura, K. 2006. Surface Tension and Surfactant. RBU Functional Polymers – NAFTA. BASF Corporation.
- Tiger Chemical Company. 1997. Surfactant Guide. [www.tigerchem.com/].
- Tim Standardisasi Pengolahan Kelapa Sawit. 1997. Pengolahan Kelapa Sawit dan Pengelolaan Limbah Pabrik Kelapa Sawit. Direktorat Jendral Perkebunan. Jakarta.

- U.S. Department of Energy. 2006. Concentrated Acid Hydrolysis. [http://www1.eere.energy.gov/biomass/printable_versions/concentrated_acid.html].
- Weuthen, M. 1999. Process For Preparing Alkyl Oligoglucosides With A High Degree Of Oligomerization. United States Patent 5955587. Henkel Kommanditgesellschaft auf Aktien. Duesseldorf, DE. [<http://www.freepatentsonline.com/5955587.html>].
- Xiang, Q., Y.Y. Lee, P.O. Pettersson and R.W. Torget. 2003. Heterogeneous Aspects of Acid Hydrolysis of α -Cellulose. Biotechnology for Fuels and Chemicals The Twenty-Fourth Symposium. Applied Biochemistry and Biotechnology. Volumes 107, Number 1 - 3 Spring 2003, ISSN: 0273-2289. Humana Press Inc. [www.nrel.gov/docs/gen/fy03/34484.pdf]. (27/12/07).
- Yazid, E dan Lisda, N. 2006. Penuntun Praktikum Biokimia untuk Mahasiswa Analis. Penerbit Andi. Yogyakarta.