

Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat (H₂SO₄) pada Hidrolisa Tongkol Jagung (*Zea mays*) Menjadi Nanokristal Selulosa sebagai *Filler* Penguat pada Produk Lateks Karet Alam

*The Effect of Sulfate Acid (H₂SO₄) Concentration on Corn Cob (*Zea mays*) as Hydrolisis Become a Nanocrystal Cellulose as Filler Reinforcement in Natural Rubber Latex Products*

Hamidah Harahap^{*}, Azwin Harfansah Nst, Ilhamdi Fujian Junaidi
Departemen Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara
Jalan Almamater Kampus USU Medan, 20155, Indonesia

*Email : hamidah_usu@yahoo.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh konsentrasi asam sulfat (H₂SO₄) pada proses hidrolisa limbah tongkol jagung dalam pembuatan nanokristal selulosa (NCC) yang akan diaplikasikan sebagai pengisi pada lateks karet alam. Penelitian ini dimulai dengan proses pra-vulkanisasi lateks karet alam pada suhu 70 °C dan diikuti dengan proses vulkanisasi pada suhu 110 °C selama 10 menit. Hasil pengujian sifat fisik menunjukkan bahwa semakin tinggi jumlah pembebanan NCC akan menghasilkan denstias sambung silang yang semakin tinggi, sementara pada hasil pengujian sifat mekanik menunjukkan bahwa nilai maksimal dicapai pada pembebanan NCC sebanyak 6 bsk. Hasil uji mekanik didukung oleh analisa *Scanning Electron Microscopy* (SEM) yang menunjukkan NCC telah menyebar dengan baik. Karakterisasi *Transform Electron Microscope* (TEM) menunjukkan hasil NCC berbentuk bulat (*spherical shape*) dengan ukuran NCC yang dihasilkan untuk setiap konsentrasi asam sulfat (H₂SO₄) 45%, 55%, dan 65% berturut-turut adalah 57,65 nm; 28,43 nm; dan 82,61 nm dengan jumlah masing-masing 0,849 g; 1,824 g; dan 0,681 g. Kondisi sifat mekanik dan fisik pada produk lateks karet alam optimum terjadi pada pembebanan nanokristal selulosa dengan jumlah 6 bsk, di mana nilai densitas sambung silang, kekuatan tarik, pemanjangan saat putus, M₂₀₀ dan M₃₀₀ yang tertinggi masing-masing sebesar 10,6234 2M^{c-1}x10⁻⁵; 18,2 MPa; 780%; 2,23 MPa dan 2,7 MPa.

Kata kunci: tongkol jagung, hidrolisa, lateks karet alam, nanokristal selulosa, pra-vulkanisasi

Abstract

This research studied about the effect of concentrations sulfuric acid (H₂SO₄) on the hydrolysis process of corn cobs waste to manufacture of cellulose nanocrystal (NCC) which will be applied as fillers in natural rubber latex. This study began with a pre-vulcanization process of natural rubber latex at a temperature of 70 °C and followed by a vulcanization process at 110 °C for 10 minutes. The results of the testing of physical properties indicate that the higher amount of NCC loading will result in higher crosslinked denotes, while the results of testing the mechanical properties indicate that the maximum value is achieved at the loading of NCCs as much as 6 phr. The mechanical test results supported by the analysis of Scanning Electron Microscopy (SEM) showing the NCC have spread well. Characterization of the Transform Electron Microscope (TEM) shown the resulting of NCC was spherical shape with the size of NCC produced for each concentration of sulfuric acid (H₂SO₄) 45%, 55%, and 65% respectively 57.65 nm; 28.43 nm; and 82.61 nm with an amount of each 0.849 g; 1.824 g; and 0.681 g. The mechanical and physical properties of the optimum natural rubber latex products occurred in the loading of nanocrystal cellulose with a number of 6 bsk, where the values of cross-connect density, tensile strength, elongation at break, M₂₀₀ and M₃₀₀ were respectively 10.6234 2Mc⁻¹x10⁻⁵; 18.2 MPa; 780%; 2.23 MPa and 2.7 MPa.

Keywords: corn cobs, hydrolysis, natural rubber latex, nanocrystal cellulose, pre-vulcanization

Pendahuluan

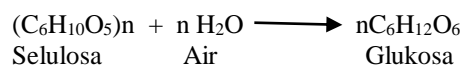
Sebagai negara dengan luas areal perkebunan karet terbesar dan produksi kedua terbesar dunia, Indonesia masih menghadapi beberapa kendala

yaitu rendahnya produktivitas karet dan ragam produk olahan yang masih terbatas, permasalahan dalam industri salah satunya adalah belum optimalnya kualitas bahan lateks

yang dihasilkan [19]. Pengolahan lateks (getah karet) di Indonesia diolah menjadi berbagai produk, seperti lateks pekat, remah, dan lembaran [5]. Nanoteknologi dianggap sebagai sebuah evolusi dari ilmu pengetahuan karena memberikan banyak keuntungan dan kemudahan [14]. Nanoteknologi adalah teknologi yang melibatkan atom dan molekul dengan ukuran lebih kecil dari 100 nanometer, namun beberapa pakar mengusulkan pelebaran skala dari 100 nm menjadi 300 nm sehingga yang disebut nanoteknologi adalah benda yang ukurannya kurang dari 300 nm [17]. Hidrolisa asam kuat adalah metode yang umum digunakan dalam sintesa nanokristal selulosa [12]. Asam kuat dapat menghilangkan bagian amorf dari suatu rantai selulosa sehingga isolasi pada bagian kristalin selulosa dapat dilakukan [7]. Beberapa penelitian terdahulu seperti telah melakukan penelitian pembuatan nanokristal selulosa dari tandan kosong kelapa sawit dengan metode isolasi karakteristik senyawa alkali dengan hasil ukuran partikel akhir 4–15 nm [15]. Wang, *et al* (2013) melakukan studi tentang isolasi homogen nanoselulosa dari kapas selulosa dengan metode homogenisasi bertekanan tinggi dan memperoleh hasil nanoselulosa dengan dimensi diameter rata-rata 20 nm [13]. Nanokristal dari kapas tersebut memiliki aspek rasio 19, kristalinitas 91%, dan hidrofilitas tinggi [15].

Teori

Hidrolisa adalah suatu proses antara reaktan dengan air atau asam agar suatu senyawa pecah atau terurai. Reaksi ini merupakan reaksi orde satu, karena air yang digunakan berlebih, sehingga perubahan reaktan dapat diabaikan. Terdapat beberapa jenis proses hidrolisa antara lain: hidrolisa murni (sebagai reaktan hanya air), hidrolisa dengan larutan asam (asam encer atau pekat), hidrolisa dengan basa (basa encer atau pekat), dan hidrolisa dengan menggunakan enzim. Menurut Sylvia dkk., (2015) secara umum reaksi hidrolisis murni berlangsung dengan reaksi secara berikut [20].



Reaksinya merupakan reaksi orde satu jika digunakan air berlebih, sehingga perubahan reaktan dapat diabaikan. Tetapi reaksi antara air dan glukosa ini berlangsung sangat lambat sehingga diperlukan batuan katalisator untuk memperbesar kereaktifan air. Katalisator asam yang biasa digunakan adalah asam klorida, asam nitrat dan asam sulfat [20].

Tongkol jagung merupakan sumber karbohidrat yang besar dengan kandungan

hemiselulosa 30,91% ; alfa selulosa 26,81% ; lignin 15,52% ; karbon 39,80% ; nitrogen 2,12% ; dan kadar air 8,38% [2]. Limbah tongkol jagung selama ini kurang dimanfaatkan atau pemanfaatan limbah tongkol jagung masih terbatas. Kebanyakan limbah tongkol jagung hanya digunakan untuk bahan tambahan makanan ternak atau pengganti kayu bakar. Hal ini menjadikan limbah tongkol jagung sangat potensial untuk diaplikasikan sebagai *filler* organik [18].

Menurut Shofiyanto, 2008 karakteristik dan komposisi tongkol jagung dapat dilihat pada Tabel 1 [10].

Tabel 1. Karakteristik Komposisi Tongkol Jagung

Kandungan	%	Jumlah Nutrisi	%
Air	9,4	Protein	2,5
Selulosa	41	Lemak,	0,5
Hemiselulosa	36	Serat kasar	32
Xilan	30	Abu	1,5
Lignin	6	Ekstrak nitrogen	53

Nanokristal selulosa merupakan nanomaterial yang terbaharukan yang dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang seperti bidang kesehatan, obat-obatan, bahan kimia, makanan dan lain sebagainya. Modifikasi nanokristal selulosa sebagai nanomaterial sangat fungsioanal dengan sifat yang sangat baik secara fisika, kimia, biologi dan sifat elektronik sehingga perlu dilakukan pengembangan lebih lanjut. Nanokristal selulosa merupakan biomaterial terbaharui yang menjanjikan yang dapat digunakan sebagai penguat yang diaplikasikan sebagai *nanofiller* pada lateks alam [6].

Lateks karet alam (*natural rubber*) merupakan hasil ekstraksi getah pohon *Hevea braziliensis* yang tersusun atas monomer-monomer isoprana. Secara umum karet alam mempunyai komposisi kimia $-[C_3H_5]_n-$ [9]. Lateks adalah suatu sistem koloid di mana terdapat partikel karet yang dilapisi oleh protein dan fosfolipid yang terdispersi di dalam serum dengan kandungan 25-35% hidrokarbon karet dan selebihnya bahan bukan karet [8]. Lateks karet alam atau lateks kebun segar yang baru disadap berwarna putih seperti susu atau kekuning-kuningan, tergantung pada jenis klonnya, mengandung sekitar 1% - 3% (b/b) protein, yang mana sekitar 20% dari jumlah itu terserap pada partikel karet [1]. Menurut hasil penelitian Jayanty dan Sankaranarayanan 2005 lateks mengandung butiran karet *Cis*-1, 4

poliisoprena 30,0–40,0% dan air sebesar 55,0%–65,0% [9].

Metodologi Penelitian

Tongkol Jagung, Aquadest (H_2O), Asam Nitrat (HNO_3), Asam Sulfat (H_2SO_4), Natrium Hidroksida ($NaOH$), Natrium Hipoklorit ($NaOCl$), Hidrogen Peroksida (H_2O_2), Natrium Nitrit ($NaNO_2$), Natrium Sulfit (Na_2SO_3), *High Ammonia* Lateks dengan kandungan 60% karet kering, *Zinc Oksida* (ZnO), *Zinc Diethyl Dithiocarbamate* (ZDEC), Kalium Hidroksida (KOH), Sulfur (S), Kloroform ($CHCl_3$), Kalsium Karbonat ($CaCO_3$), Kalsium Nitrat ($Ca(NO_3)_2$), dan Nanokristalin Selulosa [3].

Variabel Penelitian

Tongkol jagung dihidrolisa dengan asam sulfat pada konsentrasi 45%, 55%, dan 65%. Proses pembebanan pengisi NCC pada produk lateks karet alam dilakukan sebanyak 2 bsk, 4 bsk, 6 bsk, dan 8 bsk untuk masing-masing hasil dari hidrolisa tongkol jagung. Lateks karet alam yang telah dibebani pengisi NCC di pravulkanisasi dengan suhu $70^\circ C$ dan kemudian di vulkanisasi pada suhu $110^\circ C$ selama 10 menit [3].

Prosedur Penelitian

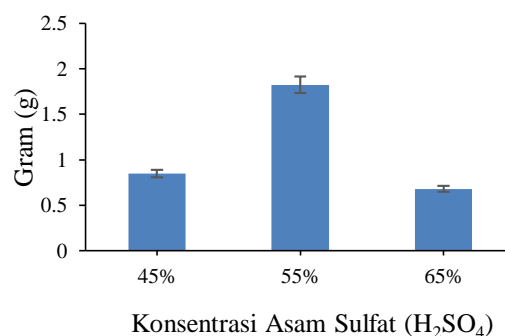
Proses diawali dengan preparasi limbah tongkol jagung, di mana limbah tongkol jagung dibersihkan dan dikeringkan kemudian dicacah hingga membentuk ukuran partikel yang lebih kecil. Tongkol jagung yang telah dipreparasi kemudian diekstrak untuk mengilangkan lignin dan diperoleh α -selulosa. α -selulosa yang telah diekstrak kemudian dihidrolisa menggunakan asam sulfat untuk memutus ikatan amorf dan memisahkan bagian kristalin. Hasil hidrolisa kemudian dimasukkan kedalam membran dialisis untuk proses pemisahan nanokristal selulosa dari limbah tongkol jagung. Proses ultrasonifikasi juga perlu dilakukan untuk memisahkan NCC dari kotoran yang terikat selama proses hidrolisa. NCC dalam bentuk *sludge* kemudian dikeringkan hingga membentuk kristal nano selulosa (NCC).

NCC yang diperoleh kemudian dibebankan pada produk lateks karet alam dengan variasi tertentu. Kemudian dilakukan proses pravulkanisasi pada produk lateks karet alam dengan suhu $70^\circ C$ dan dilanjutkan dengan di vulkanisasi pada suhu $110^\circ C$ selama 10 menit [3].

Hasil

Pengaruh Konsentrasi Asam Sulfat Pada Proses Hidrolisa Terhadap Jumlah NCC

Selulosa yang diperoleh dari limbah tongkol jagung kemudian diekstraksi dan didelignifikasi sehingga diperoleh α -selulosa yang kemudian dihidrolisa menggunakan asam sulfat (H_2SO_4), mekanisme hidrolisa asam sulfat (H_2SO_4) berlangsung dengan menghilangkan bagian amorf dari suatu rantai selulosa sehingga isolasi pada bagian kristalin selulosa dapat dilakukan. Reaksi yang terjadi merupakan reaksi orde satu, karena asam sulfat (H_2SO_4) yang digunakan berlebih, sehingga perubahan reaktan dapat diabaikan [16]. Pengaruh konsentrasi asam sulfat terhadap jumlah NCC ditunjukkan pada Gambar 1.



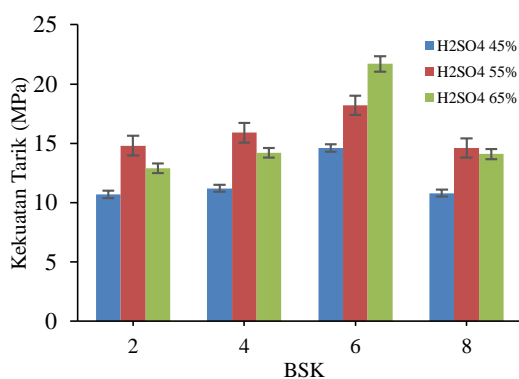
Gambar 1. Pengaruh Konsentrasi Terhadap Jumlah NCC

Gambar 1 menunjukkan jumlah rata-rata nanokristal selulosa yang diperoleh dari hasil hidrolisa asam sulfat (H_2SO_4) dengan konsentrasi 45%, 55%, dan 65% pada alfa selulosa limbah tongkol jagung. Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa jumlah rata-rata nanokristal selulosa yang diperoleh adalah sebesar 0,849 g; 1,824 g; dan 0,681 g atau 16,98 %, 36,48%, dan 13,62% dari jumlah alfa selulosa yang dihidrolisa. Dari data atas dapat diketahui bahwa jumlah nanokristal selulosa yang paling banyak dihasilkan oleh sintesa menggunakan hidrolisa asam sulfat (H_2SO_4) dengan konsentrasi 55%. Pada konsentrasi asam sulfat (H_2SO_4) 65% jumlah nano kristal yang dihasilkan lebih sedikit dari kedua konsentrasi asam sulfat (H_2SO_4) lainnya. Hal ini disebabkan oleh konsentrasi asam yang terlalu tinggi dapat merusak struktur kristalin pada selulosa sehingga bagian kristalin ikut hancur dan larut bersama bagian amorf pada selulosa yang kemudian ikut terbuang bersama larutan asam sulfat (H_2SO_4). Jumlah nanokristal selulosa yang dihasilkan lebih sedikit dari pada konsentrasi 55%, hal ini disebabkan oleh konsentrasi asam sulfat (H_2SO_4) yang terlalu rendah belum dapat memutus semua bagian amorf pada selulosa yang menyebabkan

masih banyaknya bagian kristalin selulosa yang belum terpisah dari rantai selulosa. Asam-asam kuat yang digunakan dalam hidrolisis asam memang cocok dalam sintesis nanoselulosa. Namun, asam-asam kuat juga memiliki dampak negatif, seperti beracun, berbahaya, dan korosif. Asam-asam juga sangat korosif terhadap reaktor dan dalam penanganannya pun harus ekstra hati-hati [11].

Pengaruh Jumlah Pembebanan Terhadap Kekuatan Tarik (*Tensile Strength*)

Pengaruh pembebanan pengisi nano kristal selulosa dari hasil hidrolisa Asam Sulfat (H_2SO_4) terhadap kekuatan tarik pada produk film lateks karet alam dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh Pembebanan Pengisi Nanokristal Selulosa Terhadap Kekuatan Tarik Pada Produk Film Lateks Karet Alam dengan Konsentrasi Hidrolisa Asam Sulfat (H_2SO_4) yang berbeda.

Pada Gambar 2 untuk produk lateks karet alam dengan pengisi nano kristal selulosa dari hasil hidrolisa asam sulfat (H_2SO_4) dengan konsentrasi 45% dapat dilihat bahwa nilai kekuatan tarik pada produk lateks karet alam mengalami kenaikan setiap peningkatan jumlah pengisi dan mengalami penurunan pada pengisi 8 bsk, dimana nilai kekuatan tarik paling tinggi terdapat pada produk lateks karet alam pembebanan pengisi 6 bsk dengan nilai kekuatan tarik 14,6 MPa. Dari Gambar 2 untuk hasil hidrolisa asam sulfat dengan konsentrasi 45% dapat diketahui nilai kekuatan tarik terendah berada pada pembebanan pengisi 2 bsk dengan nilai 10,7 MPa. Hasil hidrolisa asam sulfat (H_2SO_4) dengan konsentrasi 55% dan 65% pada Gambar 2 juga menunjukkan fenomena sama dimana nilai kekuatan tarik pada produk lateks karet alam mengalami kenaikan setiap peningkatan jumlah pengisi dan mengalami penurunan pada pengisi 8 bsk. Pada Gambar 2 untuk produk lateks karet alam dengan pembebanan pengisi dari hasil hidrolisa asam

sulfat (H_2SO_4) dengan konsentrasi 55% dapat dilihat bahwa nilai tertinggi kekuatan tarik dari hasil pengujian terdapat pada pembebanan pengisi 6 bsk dengan nilai kekuatan tarik 18,2 MPa, dan untuk nilai terendah terdapat pada produk lateks karet alam pembebanan pengisi 8 bsk dengan nilai kekuatan tarik 14,6 MPa. Pada produk lateks karet alam dengan pembebanan pengisi hasil hidrolisa asam sulfat (H_2SO_4) dengan konsentrasi 65% dapat dilihat bahwa nilai tertinggi juga diperoleh pada pada produk lateks karet alam pembebanan pengisi 6 bsk dengan nilai kekuatan tarik 21,7 MPa. Nilai ini juga menjadi nilai kekuatan tarik yang paling tinggi diantara ketiga konsentrasi asam sulfat (H_2SO_4) yang digunakan dalam proses hidrolisa dalam pembuatan nanokristal selulosa. Sedangkan untuk nilai terendah terdapat pada produk lateks karet alam dengan pembebanan pengisi dari hasil hidrolisa asam sulfat (H_2SO_4) dengan konsentrasi 45% sebanyak 2 bsk dengan nilai kekuatan tarik 12,9 MPa.

Perbedaan konsentrasi asam sulfat (H_2SO_4) menghasilkan ukuran diameter partikel NCC yang berbeda, konsentrasi asam sulfat memberikan pengaruh yang besar terhadap ukuran partikel NCC yang dihasilkan. Dari hasil analisa TEM diketahui bahwa ukuran diameter partikel nanokristal selulosa dari hasil hidrolisa asam sulfat (H_2SO_4) dengan konsentrasi 45%, 55%, dan 65% berturut-turut adalah 57,62 nm; 28,43 nm; dan 82,61 nm, perbedaan ukuran ini memberikan dampak yang besar terhadap nilai kekuatan tarik ketika pengisi nanokristal tersebut dibebankan pada produk lateks karet alam. Pada Gambar 2 dapat dianalisa bahwa nilai kekuatan tarik paling tinggi terjadi pada produk lateks karet alam dengan pembebanan pengisi nanokristal selulosa dari hasil hidrolisa asam sulfat (H_2SO_4) konsentrasi 65% dengan ukuran diameter rata-rata nanokristal selulosa sebesar 82,61 nm. Sedangkan untuk nilai kekuatan tarik terendah terjadi pada produk lateks karet alam dengan pembebanan pengisi nanokristal selulosa dari hasil hidrolisa asam sulfat (H_2SO_4) konsentrasi 45% dengan ukuran diameter rata-rata nanokristal selulosa sebesar 57,62 nm. Peningkatan jumlah pembebanan pengisi pada produk lateks karet alam akan memberikan nilai kekuatan tarik yang semakin besar, namun ukuran diameter partikel nanokristal selulosa yang terlalu kecil dapat mengurangi nilai kekuatan tarik, hal ini dikarenakan ukuran partikel nano kristal selulosa yang terlalu kecil tidak dapat berfungsi secara maksimal untuk menahan sebagian besar gaya yang bekerja pada produk film lateks karet alam. Kekuatan tarik juga berhubungan dengan sambung silang yang

berpengaruh besar terhadap sifat-sifat pada lateks karet alam. Meningkatnya densitas sambung silang, maka ikatan sambung silang yang akan menopang lateks karet alam juga akan semakin banyak sehingga film menjadi lebih tahan terhadap deformasi. Dalam hal ini, semakin tinggi densitas sambung silang maka kekuatan tarik akan semakin tinggi. Namun, ketika densitas sambung silang melewati titik tertentu kekuatan tarik akan menurun [4]. Selain itu, penambahan nanokristal selulosa sebagai pengisi juga memiliki kemampuan untuk mengikat dan tersebar secara merata dalam matriks yang kemudian akan memperbesar luas bidang kontak antara keduanya sehingga dapat meningkatkan kekuatan mekanik produk lateks karet alam [11].

Kesimpulan

Hasil hidrolisa asam sulfat dengan konsentrasi 45%, 55%, dan 65% menghasilkan NCC berturut-turut sebanyak 0,849 g; 1,824 g; dan 0,681 g. Hasil maksimal diperoleh pada konsentrasi asam sulfat 55%. Nilai kekuatan tarik terbesar diperoleh pada pembebanan NCC sebanyak 6 bsk dari hasil hidrolisa asam sulfat dengan konsentrasi 65% di mana nilai yang diperoleh adalah sebesar 18,2 MPa

Daftar Pustaka

[1] A. Achyar, S. E. Gumbira, TunTeja, Irawadi, S. Illahi, Z. Alim, Mas'ud, Suharto, Honggokusumo, Proses Produksi Lateks Karet Alam Berprotein Rendah untuk Bahan Baku Siklisasi Karet Alam dalam Fasa Lateks, *Jurnal Inovasi*, 6 (2) (2007), p. 101-110.

[2] D. Prasetyawati, Putri, Pemanfaatan Kulit Jagung dan Tongkol Jagung (*Zea mays*) sebagai Bahan Dasar Pembuatan Kertas Seni dengan Penambahan Natrium Hidroksida (NaOH) dan Pewarna Alami, *Skripsi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta, 2015.*

[3] Ekanantari, Outlook Karet, Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal, 2015, p. 68.

[4] F. Leroy, F. Milani, G. E. Milani, R. Deterre, Mechanistic modeling of reversion phenomenon in sulphur cured natural rubber vulcanization kinetics, *Polymer Testing*, 32 (2013), p. 1052-1063.

[5] F. Zuhra, Karet, Universitas Sumatera Utara, Medan, Karya Ilmiah, 2006.

[6] H. Suryanto, Selulosa Nanofiber, <https://www.researchgate.net/publication>

/316066673_SELULOSA_NANOFIBER2017.

[7] J. Harianja, Wesly, N. Idiawati, Rudiyanasyah, Optimasi Jenis dan Konsentrasi Asam Pada Hidrolisis Selulosa Dalam Tongkol Jagung, *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 4 (4) (2015), p. 66-71.

[8] K. Anwar, Pengaruh Konsentrasi Ekstrak Berbagai Jenis Asam Tumbuhan Sebagai Penggumpal Lateks Untuk Meningkatkan Mutu Karet, *Skripsi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Malang, 2016.*

[9] M. B. Sulasri, B. P. Malino, Lapanporo 1, Penentuan Kadar Kering Karet (K3) dan Pengukuran Konstanta Diel, *Jurnal Prisma Fisika*, 11 (1) (2014), p. 11-14.

[10] M. E. Shofiyanto, Hidrolisa Tongkol Jagung oleh Bakteri Selulolitik Untuk Produksi Bioetanol dalam Kultur Campuran, *Skripsi, Fakultas Teknologi Pertanian IPB, Bogor, 2008.*

[11] M. F. Rosa, E. S. Medeiros, J. A. Malmonge, K. S. Gregorski, D. F. Wood, L. H. C. Mattoso, G. Glenn, W. J. Orts, S. H. Imam, Cellulose nanowhiskers from coconut husk fibers: effect of preparation conditions on their thermal and morphological behavior. *Carbohydrate Polymers*, 81 (1) (2010), p. 83-92.

[12] M. Muhammad, A. W. Dwi, S. Harini, K. Triyana, Fabrikasi Nanofiber Komposit Nanoselulosa/PVA dengan Metode Electrospinning, *Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Prosiding Pertemuan Ilmiah XVIII HFI Jateng dan DIY, Yogyakarta, 2014. p. 62-65.*

[13] M. Wang, Z. Xiuchun, H. Zhifei, L. Zou, Z. N. Ning, Bioderived rubber-cellulose nanocrystal composites with tunable water-responsive adaptive mechanical behavior, *Beijing Advanced Innovation Center for Soft Matter Science and Engineering*, 9 (1) (2017), p. 6482-6487.

[14] N. Evandani, Sintesis Nanoselulosa dari Tongkol Jagung dengan Perlakuan Hidrolisis Kimia dan Homogenasi, *Skripsi, Fakultas Teknologi Pertanian. Institut Pertanian Bogor, Bogor, 2012.*

[15] N. Lani, S. N. Ngadi, A. Johari., M. Jusoh, Isolation characterization and application of nanocellulose from oil palm empty fruit bunch fiber as nanocomposites, *J. of Nanomaterial*, (2014), p. 1-9.

[16] O. Isdin, Nanoscience in nature: cellulose nanocrystals. *Surg*, 3 (2) (2010), p. 2-3.

- [17] S. Sekhon, Food nanotechnology-an overview, *J of Nanotechnology Science and Applications*, 7 (2010), p 1-15.
- [18] S. Mushlihah, Y. Trihadiningrum, Produksi Bioetanol dai Limbah Tongkol Jagung Sebagai Energi Alternatif Terbarukan, Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi XVIII, Surabaya, (2013), p. 1-8.
- [19] V. Oktavia, E. Suroso, T. P. Utomo, Strategi Optimalisasi Bahan Baku Lateks Pada Industri Karet Jenis *Ribbed Smoked Sheet* (RSS). *Jurnal Teknologi Industri dan Hasil Pertanian*, 19 (2) (2014), p. 179-193.
- [20] Sylvia, N., Meriatna dan Haslina, Kinetika Hidrolisa Kulit Pisang Kepok Menjadi Glukosa Menggunakan Katalis Asam Klorida, *Jurnal Teknologi Kimia UNIMAL*, 4 (2) (2015), p. 51-65.