

## PULP TERIRADIASI SEBAGAI BAHAN RAYON VISKOSA YANG RAMAH LINGKUNGAN

**Gatot Trimulyadi Rekso dan Adjat Sudradjat**

*Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi (PAIR) - BATAN*

*Jl. Lebak Bulus Raya No 49, Jakarta 12070*

*E-mail: gatot2811@yahoo.com*

*Diterima: 12 Januari 2016*

*Diperbaiki: 1 Maret 2016*

*Disetujui: 1 April 2016*

### ABSTRAK

#### **PULP TERIRADIASI SEBAGAI BAHAN RAYON VISKOSA YANG RAMAH LINGKUNGAN.**

Telah dilakukan penelitian pembuatan rayon viskosa ramah lingkungan dengan teknik iradiasi. Tujuan penelitian ini adalah membuat serat rayon dari pulp yang di iradiasi, agar proses xantasi mempergunakan larutan CS<sub>2</sub> dengan konsentrasinya yang lebih rendah. Pulp yang digunakan bentuk lembaran dan iradiasi menggunakan mesin berkas elektron 2 MeV dengan dosis 3 kGy, 5 kGy, 10 kGy, 15 kGy dan 20 kGy. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pulp yang diiradiasi dapat dibuat rayon viskosa dengan konsentrasi larutan xantasi CS<sub>2</sub> sebesar 20%(v/v) dan 25% (v/v). Dosis iradiasi sampai dengan 10 kGy menghasilkan serat rayon yang memenuhi rayon standar dengan bertambahnya dosis iradiasi dari 3 kGy sampai 10 kGy akan menurunkan sifat fisik serat rayon yang dihasilkan. Dosis iradiasi terbaik untuk pembuatan serat rayon adalah pulp yang di iradiasi dengan dosis 5 kGy.

**Kata kunci:** Pulp, Iradiasi, Rayon Viskosa, Ramah lingkungan

### ABSTRAK

#### **PULP IRRADIATION FOR THE PREPARATION OF ENVIRONMENTAL FRIENDLY VISCOSE**

**RAYON.** The research on preparation of viscose rayon which environmental friendly processes by irradiation technique was carried out. The aim of the research is to prepare of viscose rayon with lower concentration of CS<sub>2</sub>. The pulp were used in the sheet form. The irradiation was done by using electron beam machine 2, 0 MeV at the doses of 3, 5, 10, 15 and 20 kGy. The results show that viscose rayon could be prepared by using of irradiated pulp with concentration of CS<sub>2</sub> 20% (v/v) and 25 % (v/v). The irradiation dose of pulp up to 10 kGy produced of rayon fiber which follows the requirement of standard for rayon fiber. The result also shown that by increasing irradiation dose from 3 kGy to 10 kGy, the physical properties of rayon fibers decreased. Therefore the best irradiation dose of the pulp for viscose rayon preparations was 5 kGy.

**Keywords:** Pulp, Irradiated, Viscose rayon, Environmental friendly

### PENDAHULUAN

Bertambah majunya masyarakat dari suatu bangsa, maka berkembang sektor industrinya, hal ini sebagai konsekuensi logis dari keberhasilan Pembangunan Nasional di segala bidang. Akan tetapi yang perlu diantisipasi segera adalah berkembangnya industri harus di ikuti dengan penggunaan bahan baku lokal yang ramah lingkungan. Sampai saat ini industri tekstil di Indonesia masih dapat bertahan, namun bahan bakunya kebanyakan masih impor antara lain kapas. Oleh karena itu harus dipikirkan

tersedianya salah satu bahan baku untuk industri tekstil, yaitu serat rayon.

Kenyataan yang ada sekarang ada beberapa industri yang memproduksi bahan dasar serat rayon tidak berproduksi lagi, ditolak masyarakat karena mencemari lingkungan. Hal ini kurang menguntungkan bagi kestabilan industri tekstil karena harus mengimpor dari luar, sehingga menimbulkan ketergantungan akan bahan baku dari negara lain. Terganggunya industri tekstil ini dapat melumpuhkan industri garment yang

merupakan salah satu primadona ekspor. Sedangkan Indonesia adalah negara tropis yang memiliki kayu yang jumlahnya berlimpah untuk bahan pulp yang selanjutnya dapat diproses menjadi rayon viskosa.

Teknologi iradiasi untuk memodifikasi bahan polimer untuk keperluan industri telah banyak dikembangkan oleh negara maju seperti Jepang, Amerika dan Jerman. Sebagai contoh di Jerman telah dikembangkan penggunaan mesin berkas elektron sebagai sumber radiasi untuk memodifikasi pulp untuk bahan dasar serat rayon [1].

Hasilnya menunjukkan dengan penggunaan iradiasi dapat menyingkat tahapan proses serta pengurangan bahan kimia sehingga lebih ekonomis dan mengurangi pencemaran bahan kimia terhadap lingkungan. Selain itu daya tembus radiasi relatif tinggi maka pemutusan rantai selulosa terbentuk secara merata, sehingga akan diperoleh distribusi bobot molekul dan derajat polimerisasi yang homogen [2]. Homogennya distribusi derajat polimerisasi akan diperoleh viskosa yang homogen dan stabil dan akan menghasilkan serat yang lebih unggul, terutama sifat fisiknya [3].

Iradiasi mempengaruhi sistim kristalinitas dari selulosa, dengan rusaknya fasa kristalin, sehingga fasa amorf pada selulosa lebih dominan dibandingkan fasa kristalin, dengan lebih pendeknya dan menurunnya sifat kristalinitas dari selulosa, konsentrasi bahan kimia pada pembuatan rayon viskosa dapat dikurangi.

Pada proses pembuatan serat rayon ada satu tahapan proses yaitu tahap pembuatan viskosa yang merupakan turunan selulosa yang dapat larut dalam NaOH encer. Pembuatan viskosa ini dilakukan dalam reaktor yang dinamakan *Xanthator* menggunakan bahan kimia CS<sub>2</sub> sekitar 34-38 % dan suhu reaksi 30 °C selama 120 menit [1,4].

Penggunaan CS<sub>2</sub> dengan konsentrasi tinggi menimbulkan masalah lingkungan terutama pencemaran udara dan pencemaran air sungai yang dapat menimbulkan iritasi pada kulit [2]. Mempergunakan teknologi radiasi, pulp yang di iradiasi terlebih dahulu dengan mesin berkas elektron dapat mengurangi penggunaan CS<sub>2</sub>. Jadi pemakaian radiasi untuk memodifikasi pulp yang hendak diproses menjadi serat rayon, agar pemakaian bahan kimia yang berbahaya serendah mungkin.

## METODE PERCOBAAN

### Bahan

Penelitian ini mempergunakan bahan baku pulp dari kayu *Eucalyptus sp* yang diperoleh dari Balai Besar Pulp dan Kertas (BBPK), Bandung. Iradiasi menggunakan mesin berkas elektron 2MeV, 10mA dengan variasi dosis iradiasi 3 kGy, 5 kGy, 10 kGy, 15 kGy dan 20 kGy.

Hasil analisis kimia pulp yang digunakan untuk penelitian ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil analisis pulp.

No	Sifat Pulp	Nilai
1.	Selulosa alfa	91(%)
2.	Kelarutan dalam :	
	- 10 % NaOH	< 10 (%)
	- 18 % NaOH	< 7 (%)
3.	Brightness (°G)	92
4.	Swelling factor	3 – 4
5.	Kappa Number	< 2

## Cara Kerja

### Pembuatan Selulosa Alkali

Alkali selulosa dibuat dengan sistem pembuburan, pulp tersebut direndam dalam larutan NaOH 18%(b/v) dengan perbandingan pulp dan larutan sebesar 1 : 40, diaduk selama 15 menit kemudian disimpan selama 60 menit pada suhu ±24 °C. Untuk kontrol (tanpa iradiasi) dilakukan proses pengeraman (*aging*) selama 20 jam pada suhu 20 °C dan pulp yang diiradiasi tidak dilakukan proses pengeraman.

### Pembuatan Viskosa

Pembuatan viskosa dilakukan dalam alat pereaksi *Xanthator* yang dilengkapi dengan termostat dan manometer vakum. Untuk kontrol kondisi sama dengan pembuatan rayon regular, dengan penambahan 37%(v/v) CS<sub>2</sub>, sedangkan untuk pulp yang di iradiasi CS<sub>2</sub> yang ditambahkan sebesar 20%(v/v) dan 25%(v/v).

Proses xantasi dilakukan pada suhu 30 °C, selama 120 menit. Selulosa *xantat* terbentuk kemudian dilarutkan dalam NaOH encer, selama 4 jam pada suhu 10 °C dan disaring dengan media saringan pada tekanan 1 atm dan ditentukan tetapan sumbat dari viskosa. Viskosa yang telah tersaring kemudian dimatangkan (*ripening*) selama 16 jam pada suhu 25 °C, sambil dihilangkan udaranya dengan jalan penghampaan.

### Pemilinan Viskosa

Pemilinan viskosa dilakukan dengan jalan menyemprotkan viskosa dalam larutan koagulasi melalui lubang-lubang *spinneret* yang berjumlah 50 lubang dan diameter 0,07 mm pada suhu 45 °C. Komposisi larutan pemilin adalah asam sulfat 120 g/L, seng sulfat 8 g/L dan natrium sulfat 300 g/L. Setelah pemilinan, serat diproses lebih lanjut dengan pencucian memakai air panas selama 5 menit, penghilangan belerang memakai larutan Na<sub>2</sub>S dengan konsentrasi 3 g/L selama 5 menit dan dilanjutkan pembilasan memakai air biasa. Hasil serat yang didapat ditentukan sifat fisiknya meliputi kekuatan dan mulur dalam keadaan basah dan kering.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Selulosa Alkali

Hasil alkalisasi pulp yang tanpa iradiasi dan yang diiradiasi dengan dosis 3 kGy, 5 kGy, 10 kGy, 15 kGy dan 20 kGy disajikan pada Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 2, pulp yang diiradiasi menunjukkan faktor peras yang lebih tinggi dan persentase selulosa yang lebih baik dibandingkan dengan tanpa iradiasi (0 kGy). Dengan meningkatnya faktor peras menunjukkan sifat selulosanya lebih baik dan mudah disaring sehingga persentasi selulosa juga

**Tabel 2.** Hasil analisis selulosa alkali dari pulp yang di iradiasi

No	Dosis Iradiasi (kGy)	Alkali Selulosa		
		Faktor Peras	NaOH (%)	Selulosa (%)
1.	0	2,97	15,48	31,75
2.	3	3,00	15,23	31,80
3.	5	3,02	14,44	32,05
4.	10	3,05	14,05	32,66
5.	15	3,08	13,73	33,34
6.	20	3,10	12,85	33,42

meningkat. Pada proses pencabikan selulosa alkali dari pulp yang di iradiasi mudah dibuka, hal ini karena iradiasi menurunkan sifat kristalinitas dari selulosa, sehingga ikatan hidrogen pada selulosa akan menurun [5-7].

### Xantasi dan Pelarutan Viskosa

Hasil analisis viskosa setelah proses xantasi dari pulp yang diiradiasi dan tanpa iradiasi pada berbagai konsentrasi CS<sub>2</sub> ditunjukkan oleh Tabel 3.

Dari beberapa sifat viskosa seperti tetapan sumbat, viskositas dari pulp dan nilai bilangan gamma nilainya menurun dengan naiknya dosis iradiasi, Hal ini karena selulosa pada pulp terdegradasi pada saat diiradiasi [8,9]. Tetapi sifat kematangan viskosa menaik dengan naiknya dosis iradiasi. Hasil selulosa untuk konsentrasi CS<sub>2</sub> 20% adalah sebesar 5,19% sampai 8,55% dan untuk konsentrasi 30% adalah 8,07% sampai 9,24% Pengaruh konsentrasi CS<sub>2</sub> pada tetapan sumbat, viskositas dan bilangan gamma, konsentrasi CS<sub>2</sub> 20% menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi 25% sebaliknya sifat kematangan konsentrasi CS<sub>2</sub> sebesar 20% menunjukkan nilai yang lebih rendah dibandingkan konsentrasi 25 %.

**Tabel 3.** Sifat viskosa dari pulp yang di iradiasi pada berbagai konsentrasi CS<sub>2</sub>.

No	Variasi		Viskosa					
	Dosis Iradiasi pulp (kGy)	CS <sub>2</sub> (%)	NaOH (%)	Selulosa (%)	Bilangan Gamma	Tetapan sumbat (kW)	Viskositas (detik)	Kematangan (mL)
1.	3	20	6,03	8,39	31,88	645	67,5	6,3
2.	5	20	5,93	8,18	26,01	208	60,7	7,8
3.	10	20	6,03	6,92	21,79	135	35,5	8,0
4.	15	20	5,63	5,19	17,39	Td	17,1	8,4
5.	20	20	5,32	8,55	16,40	Td	6,7	9,1
6.	3	25	5,97	8,90	28,74	118	56,0	7,9
7.	5	25	6,46	8,54	33,66	101	53,7	8,2
8.	10	25	6,42	9,24	32,02	77	41,5	8,6
9.	15	25	5,87	8,07	32,22	59	16,9	10,1
10.	20	25	5,80	8,09	24,66	Td	12,1	11,0
11.	Kontrol (0)	37	5,51	8,41	23,18	203	36,3	9,6

Keterangan : Td = Tidak bisa diukur karena terlalu encer

**Tabel 4.** Hasil pengukuran kekuatan serat rayon dari pulp yang di iradiasi pada berbagai dosis iradiasi.

No	Variasi		Kekuatan ( <i>Tenacity</i> ) (gr/d)		Mulur ( <i>Elongation</i> ) (%)	
	Dosis iradiasi pulp (kGy)	CS <sub>2</sub> (%)	Kering	Basah	Kering	Basah
1	3	20	2,75	2,32	16,7	18,4
2	5	20	2,65	1,98	17,3	18,8
3	10	20	2,47	0,96	17,8	20,2
4	15	20	1,32	0,85	19,8	22,1
5	20	20	0,96	0,72	22,5	24,8
6	3	25	2,82	2,35	15,2	17,2
7	5	25	2,74	2,03	15,5	17,8
8	10	25	2,32	1,19	16,8	18,6
9	15	25	1,75	1,08	17,2	21,7
10	20	25	1,35	0,75	18,5	24,2
11	0	34	2,86	2,57	15,3	18,3
Serat rayon standar (BBS)			2,2-3,5	0,5-2,2	15-20	17-30

Hasil pengukuran kekuatan serat rayon dari pulp yang di iradiasi pada berbagai dosis iradiasi ditunjukkan pada Tabel 4. Sifat mekanik dari viskosa yang di ukur adalah kekuatan dan mulur. Hasilnya menunjukkan kekuatan dari serat rayon menurun dengan meningkatnya dosis iradiasi, karena kandungan selulosa pada pulp mengalami degradasi sehingga rantai panjang selulosa akan lebih pendek [8-10]. Sebaliknya sifat mulurnya meningkat dengan meningkatnya dosis iradiasi, hal ini karena struktur rantai yang lebih pendek memudahkan molekul selulosa untuk bergerak [3,11,12]. Konsentrasi CS<sub>2</sub> mempengaruhi sifat kekuatan dan mulur dari serat rayon. Hal ini dikarenakan konsentrasi CS<sub>2</sub> mempengaruhi kelarutan di selulosa, bertambah besar konsentrasi CS<sub>2</sub> kelarutannya akan bertambah baik [13,14].

## KESIMPULAN

Serat rayon dapat dibuat dari pulp yang di iradiasi dengan menggunakan larutan xantasi CS<sub>2</sub> dengan konsentrasi sebesar 20%(v/v). Penggunaan pulp iradiasi dapat menurunkan penggunaan bahan kimia berbahaya CS<sub>2</sub> dari 37%(v/v) menjadi 20% (v/v). Dosis iradiasi terbaik untuk pembuatan serat rayon adalah 5 kGy, telah dapat menghasilkan serat rayon yang memenuhi rayon standar.

## UCAPAN TERIMAKASIH

Terimakasih kami ucapkan kepada rekan rekan dari Balai Besar Pulp dan Kertas Bandung dan di Instalasi Fasilitas Iradiasi, Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi yang banyak memberikan kontribusi dan dukungan sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar.

## DAFTAR ACUAN

- [1]. Maurer S.A, Berne. "Electron Processing Technology-Uses and Benefits in Viscose Production". *Chemical Fibers International (CFI)*, vol. 46, pp.168-171, Jun. 1996.
- [2]. Sabharwal S. "Radiation Effect on Polymers". in *Proceeding Meeting Radiation Processing of Polysaccharides, Vietnam Atomic Energy Commission*". Jan. 2006, pp. 315-328.
- [3]. Desmet, G., Takacs, E., Wojnarovits, L., Borsa, J. "Cellulose Functionalization Via High-Energy Irradiation-Initiated Grafting of Glycidyl Methacrylate and Cyclodextrin Immobilization". *Radiat.Phys. Chem.*, vol. 80, pp.1358-1362. Dec. 2011.
- [4]. L.Yongfeng., D.Xiaoying., L.Zeguang, J.Wanda., L.Yixing. "Effect of Polymer in Situ Synthesized from Methyl Methacrylate and Styrene on the Morphology, Thermal Behavior, and Durability of Wood". *J. Appl. Polym. Sci.*, vol 128, pp. 13-20, Jun. 2013.
- [5]. F.Kačík., P.Šmíra., D.Kačíková., V.Vel'ková., A.Nasswetrová., and V.Vacek. "Chemical Alterations of Pine Wood Saccharides During Heat Sterilization". *Carbohydr. Polym.*, vol 117, pp. 681-686, March 2015.
- [6]. I.Santoni., E.Callone., A.Sandak., J.Sandak., S.Dirè. "Solid state NMR and IR Characterization of Wood Polymer Structure in Relation to Tree Provenance". *Carbohydrate Polym.*, vol 117, pp. 710-721, March 2015.
- [7]. S. Baccaro, M. Carewska, C. Casieri, A. Cemi, A. Lepore. "Structure Modifications and Interaction with Moisture in  $\gamma$ -Irradiated Pure Ccellulose by Thermal Analysis and Infrared Spectroscopy". *Polym. Degr. Stab.*, vol. 98, pp. 2005-2010, Oct. 2013.
- [8]. T.Schnabel., H.Huber., T.A.Grünewald., A.Petutschnigg. "Changes in Mechanical and Chemical Wood Properties by Electron Beam Irradiation", *Appl. Surf. Sci.*, vol. 332, pp. 704-708, March 2015.
- [9]. Dubey, K.A.,Pujari,P.K., Ramnani, S.P., Kadam, R.M., Sabharwal, S. "Microstructural Studies of Electron Beam-Irradiated Cellulose Pulp". *Radiat. Phys. Chem.*, vol. 69, no. 5, pp. 395-400, Apr. 2004
- [10]. Bouchard, J., Methot, M., Jordan, B. "The Effects of Ionizing Radiation on the Cellulose of Wood-Free Paper". *Cellulose*, vol.13, no. 5, pp. 601-610, 2006.
- [11]. Ensor, D., Nieh, W.L.-S. "INSCC Workshop on International Standards for Cellulose Nanomaterials". In *Proceedings of the 2012 TAPPI International Conference on Nanotechnology for Renewable Materials*, Montreal, QC, Canada, 4-7, June.2012, pp.412-420.
- [12]. Lavoine, N.; Desloges, I.; Dufresne, A.; Bras, J. "Microfibrillated Cellulose-Its Barrier Properties and Spplications in Cellulosic Materials: A Review". *Carbohydr. Polym.*, vol. 90, no.2, pp.735-764, Oct. 2012.
- [13]. Zhang, Qinghua, Maud Benoit, Karine De Oliveira Vigier, Joël Barrault, Gwenaëlle Jégou, Michel Philippe and François Jérôme. "Pretreatment of Microcrystalline Cellulose by Ultrasounds: Effect of Particle Size in the Heterogeneously-Catalyzed Hydrolysis of Cellulose to Glucose". *Green Chem.* vol 3, no. 4, pp. 963-969, April 2013.
- [14]. Pachuau, Laldusanga, C. Malsawmtluangi, Nirmal Kumar Nath, H. Ramdinsangi, David C. Vanlalfakawma, Shri Kant Tripathi. "Physicochemical and Functional Characterization of Microcrystalline Cellulose from Bamboo". *International Journal of PharmTech Research*, vol 5 ,pp. 61-71, Feb 2013.