

PENGARUH PUTARAN MEMBRAN TERHADAP UNJUK KERJA RDMM PADA PEMURNIAN SODIUM LIGNOSULFONAT BERBASIS SERBUK GERGAJI

Syamsu Herman

Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Riau

Abstrak

Tujuan jangka panjang penelitian ini adalah menghasilkan senyawa sodium lignosulfonat (SLS) kemurnian tinggi berbasis limbah serbuk gergaji yang dapat dipakai sebagai material pembentuk komposit polielektrolit membran (PEM) menggantikan Nafion[®] pada teknologi Direct Methanol Fuel Cell (DMFC). Dengan demikian akan memperbesar kandungan komponen lokal Indonesia pada teknologi tersebut.

Penelitian diawali dengan penyiapan SLS dengan cara hidrolisis dan sulfonasi (simultan) serbuk gergaji kayu kulim dalam reaktor bertekanan menggunakan pelarut sodium bisulfit (NaHSO_3). SLS ini diumpangkan kedalam reaktor RDMM yang dilengkapi dengan membran TCA. Unjuk kerja RDMM dilihat dari fluk permeat yang diperoleh pada variasi putaran membran (0; 65; 100; 160; 200 rpm)

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi operasi optimal (fluks besar) terjadi pada putaran membran 160 rpm.

Kata kunci: RDMM, SLS, TCA,

PENDAHULUAN

Sodium lignosulfonat (SLS) merupakan senyawa lignin atau degradasinya yang mengalami sulfonasi dan penyisipan ion sodium. Senyawa ini dikenal sebagai bahan surfaktan (dispersan), emulsifier, *binder agent*, aditiv *water reducing admixture*, resin penukar ion, pereaksi untuk urea formaldehid, fenol, furan, epoksida, uretan, serta sejumlah kegunaan lain (Fengel, 1995). Dalam beberapa penelitian terbaru disebutkan bahwa senyawa SLS dapat dipergunakan sebagai aditif untuk memberikan sifat *bio-active* dan *bio-compatibility* pada polimer komposit polyolefin (Cazacu, 2004), sebagai material proteksi korosi baja (Vagin, 2006), dan bahan antioksidan (Vinardell, 2008).

Dalam bentuk yang lebih murni senyawa SLS juga memiliki kegunaan sebagai komponen pembentuk material komposit polielektrolit membran (PEM) yang direkomendasi menggantikan material Nafion[®] pada teknologi *direct methanol fuel cell* (DMFC) untuk menghasilkan listrik dari metanol (Zhang (2006), Torras (2007)). Teknologi DMFC memiliki prospek cerah, dan dewasa ini telah mulai diaplikasikan pada

kendaraan transportasi bertenaga listrik, hal ini karena potensi polusi udara dan suara minimal serta metanol dapat diproduksi dari bahan nabati (*renewable energy*).

Senyawa SLS dapat disintesis dari limbah serbuk gergaji atau limbah biomassa lain menggunakan pelarut sodium bi-sulfit maupun sodium sulfit dalam reaktor bertekanan (Amri, 2007; Amri, 2008a; Amri, 2008b; Amri, 2008c). Meskipun demikian kemurnian produk SLS yang diperoleh (SLS lokal) masih rendah yaitu antara 30-41% dibanding SLS komersial yang mencapai kemurnian 80%. Untuk itu perlu dipikirkan usaha meningkatkan kemurnian SLS lokal ini agar dapat bersaing dengan SLS komersial namun dengan tetap memperhatikan faktor biaya produksi.

Teknologi ultrafiltrasi dipandang sebagai teknologi yang prospektif untuk pemurnian lignosulfonat. Penelitian ultrafiltrasi lignosulfonat menggunakan modul membran hollow fiber dan modul tubular telah dilakukan, meskipun masih terdapat kendala, terutama masalah fouling dan polarisasi konsentrasi (Bhattacharyaa, 2005).

Bhattacharyaa menguji beberapa membran untuk pemurnian kalsium lignosulfonat (CaLS) dengan sistem ultrafiltrasi-diafiltrasi. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa *regenerated cellulose (RC) membran* memberikan unjuk kerja yang terbaik khususnya ketahanan terhadap *fouling* daripada membran polisulfon dan polietersulfon. Weis (2005) mempelajari pengaruh morfologi, hidropobisitas dan muatan permukaan membran terhadap unjuk kerja sistem ultrafiltrasi pada proses pemekatan CaLS. Weis menerangkan bahwa fouling yang terjadi terutama disebabkan oleh faktor hidrophobisitas. Membran yang bersifat hidrofob cenderung lebih mudah terkena fouling dari pada membran hidrofil.

Berbagai metode untuk meminimalisir fouling dan fenomena polarisasi konsentrasi pada proses ultrafiltrasi makromolekul telah dilakukan, perkembangan yang relatif baru dan efektif adalah penggunaan modul disk membran berputar (*rotating disk membrane module*) (Sangita (2006), Mostefa (2006)). Mereka umumnya menyebutkan bahwa efek turbulensi dan *shear rate* disekitar permukaan flat membran signifikan menurunkan polarisasi konsentrasi dan fouling, sehingga dapat memperbaiki unjuk kerja proses secara keseluruhan.

Berdasarkan kajian literatur di atas, penulis telah mencoba membuat alat untuk memurnikan senyawa sodium lignosulfonat (modul disk membran berputar) dari bahan stainless, yang dilengkapi membran dari bahan selulosa asetat (TCA). Namun untuk

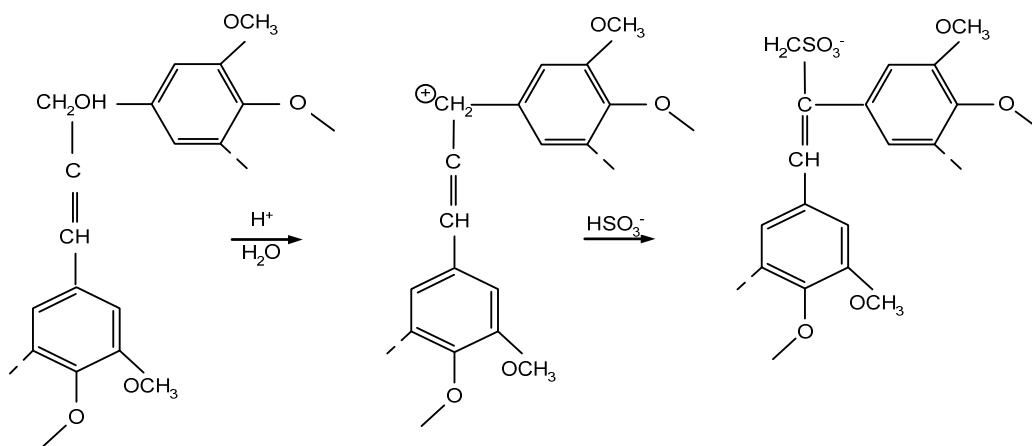
aplikasinya, perlu dilihat unjuk kerja dari alat tersebut. Salah satu variabel proses yang berhubungan dengan fouling yang terjadi adalah putaran dari disk membran.

Tujuan khusus penelitian ini adalah melihat unjuk kerja alat *RDMM* pada berbagai kecepatan putar disk membran pada pemurnian SLS yang berasal dari serbuk gergaji.

Tinjauan Pustaka

Proses Produksi SLS Pada Pabrik Pulpung Sulfit Arbiso

Secara komersial produksi SLS mengandalkan produk samping pabrik pulp sulfit Arbiso. Dalam proses ini, lignin alam dipecah dan dilepaskan (delignifikasi) dari serat menjadi molekul-molekul yang lebih kecil. Pada dasarnya tipe reaksi yang berperan dalam delignifikasi pada proses tersebut adalah reaksi hidrolisis oleh H^+ dan sulfonasi oleh HSO_3^- (Gambar 1). Reaksi hidrolisis memecah ikatan-ikatan eter antara unit-unit fenil propana menghasilkan gugus-gugus hidroksil fenol bebas, sedangkan reaksi sulfonasi menghasilkan gugus-gugus asam sulfonat hidrofil dalam polimer lignin hidrofob. Kedua reaksi ini menaikkan hidrofilitas lignin sehingga lebih mudah larut (Fengel, 1995).



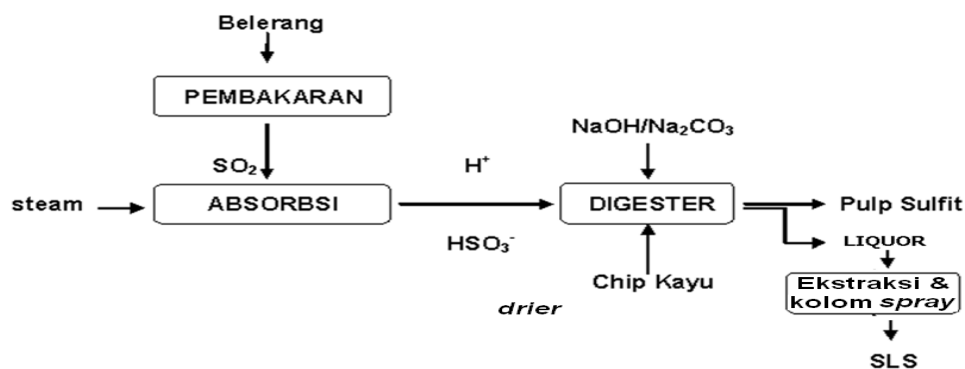
Gambar 1. Reaksi antara lignin dengan cairan pensulfonat yang mengandung bahan pereaksi aktif H^+ (hidrolisa) dan HSO_3^- (sulfonasi).

Bahan pereaksi aktif HSO_3^- dan H^+ berada dalam kesetimbangan dengan H_2SO_3 , HSO_3^{2-} dan SO_2 terlarut. Bahan-bahan tersebut diperoleh dari proses penyiapan larutan pemasak yang diawali dengan pembakaran belerang menjadi gas SO_2 dan menyerapnya dengan air dan basa pada kolom absorpsi gas-cair ber-*packing*. Sejumlah basa $NaOH$ atau

Na_2CO_3 dibutuhkan untuk menetralkan dan mengikat asam-asam liginosulfonat dan produk-produk degradasi asam dan senyawa lain yang terbentuk dalam reaksi-reaksi samping. Pengikatan ini dimaksudkan juga untuk menghambat reaksi kondensasi yang dapat menyebabkan lignin kembali bergabung dengan struktur selulosa (Fengel, 1995). Pengikatan asam-asam liginosulfonat oleh ion sodium menghasilkan senyawa sodium liginosulfonat (SLS) yang memiliki karakter polidispersi/surfaktan akibat terdapatnya gugus hidrofilik dan lipofilik dalam satu molekul yang sama.

Adanya gugus-gugus senyawa utama yang berperan dalam pembentukan sodium liginosulfonat pada proses Arbiso inilah yang memberikan ide pada penulis untuk mencoba menggunakan senyawa sodium bi-sulfit (NaHSO_3) ataupun sodium sulfit (Na_2SO_3) dalam mensintesis sodium liginosulfonat secara langsung dari berbagai serbuk limbah biomassa.

Selanjutnya dalam proses Arbiso, pemurnian SLS yang diperoleh dilakukan dengan sistem ekstraksi menggunakan ethyl asetat dengan perbandingan 1:1 terhadap jumlah liquor, yang selanjutnya diikuti proses penguapan dalam menara pengering semprot (*spray dryer*). Sistem semacam ini dirasa cukup rumit dan mahal bila dikaitkan dengan produksi dalam skala kecil oleh masyarakat, sehingga perlu dicari solusi alternatif metode pemurnian yang lebih murah, sederhana dan efektif.



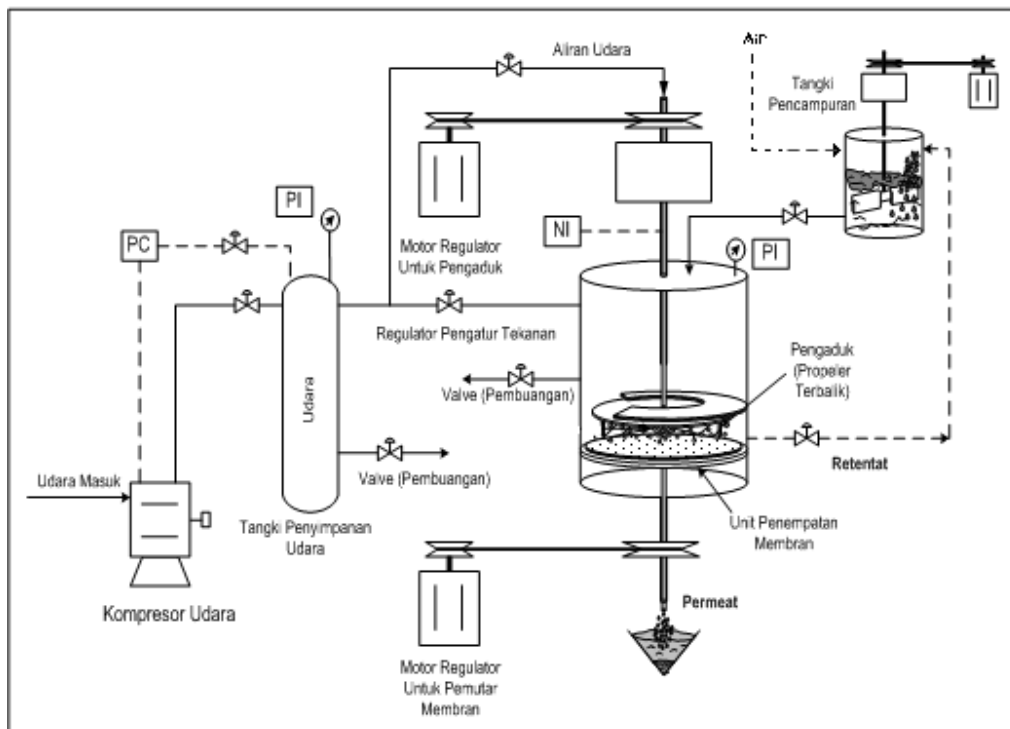
Gambar 2. Skema Proses Produksi SLS pada Pabrik Pulping Sulfit Arbiso

METODE PENELITIAN

Penelitian diawali dengan persiapan bahan dan peralatan. Bahan utama yang diperlukan sebagai umpan modul membran adalah berupa *black liquor* yang mengandung

SLS yang telah dipisahkan dari selulosa. *Black liquor* diperoleh dari proses pemasakan (hidrolisis dan sulfonasi) serbuk gergaji (kayu kulim) yang dilakukan dalam *autoklaf* menggunakan pelarut sodium bisulfit (pH 4,3), rasio serbuk gergaji: pelarut adalah 1:15 dan suhu 160°C (kenaikan suhu secara perlahan selama 3 jam dan dipertahankan pada suhu tetap 160°C selama 2 jam), diumpankan dalam RDMM (gambar 4).

Desain modul disk membran berputar pada penelitian ini diadopsi dan dimodifikasi dari Sangita (2006) dengan diameter efektif flat disk membran sebesar 3,8 cm seperti terlihat dalam Gambar 3. Sedangkan bahan membran yang digunakan adalah jenis *cellulose triacetate (CTA)* membrane dengan *molecular weight cut off (MWCO)* 5000.



Gambar 3. Gambar Rancangan Modul Disk Membran Berputar Sistem Diafiltrasi



Gabar 4: Rancangan alat RDMM

Berdasarkan siklus umpan, akan dilakukan percobaan dengan sistim penambahan air pada siklus retentat sedangkan permeat dikeluarkan (sistim diafiltrasi). Kecepatan aliran air yang ditambahkan harus sama dengan kecepatan aliran permeat sehingga tidak terjadi akumulasi volum cairan. Pengambilan data dilakukan dengan sistim *direct search* terhadap fluks sebagai fungsi waktu untuk setiap perubahan kecepatan putar disk membran, sedangkan pengaduk diam, tekanan umpan atmosferis, kecepatan putar membran divariasikan mulai dari 0 rpm, 65 rpm, 100 rpm, dan 160 rpm.

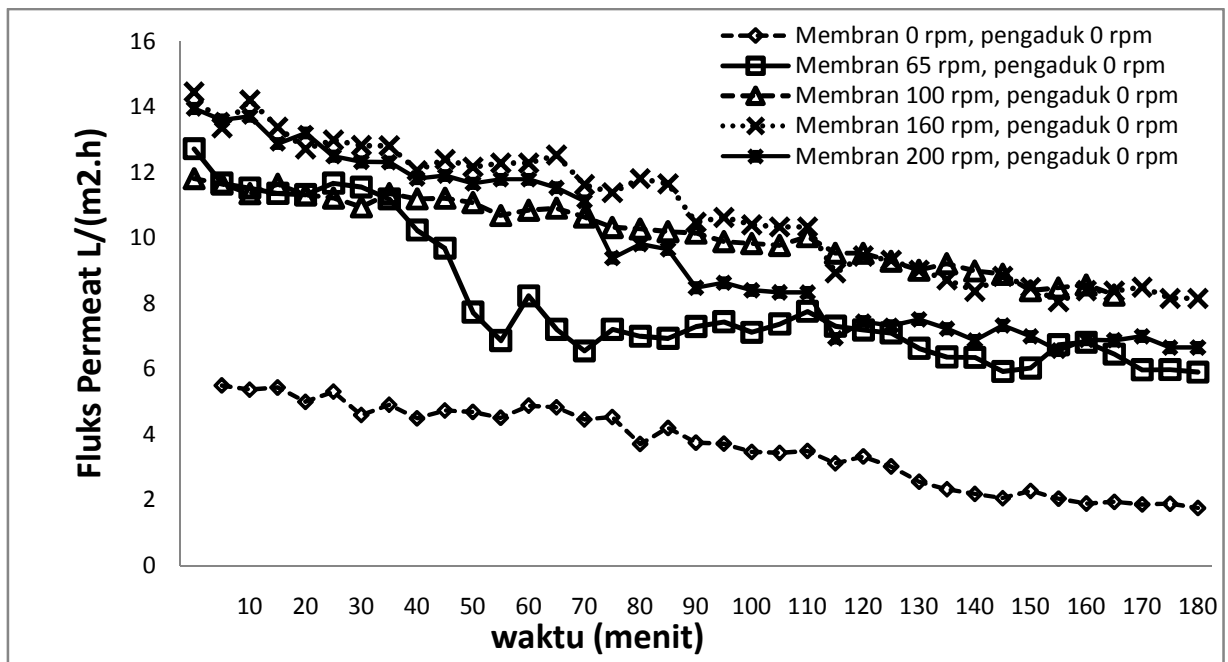
Dari karakteristik data fluks vs waktu yang diperoleh, akan diketahui pengaruh variabel dan keadaan optimal, dimana unjuk kerja yang terbaik diperlihatkan oleh gradien penurunan fluks yang rendah dan waktu operasi yang lama,

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Putaran Membran Terhadap Fluks Permeat

Pemutaran membran menyebabkan fluks permeat meningkat hingga mencapai dua kali lipat, seperti ditunjukkan pada Gambar 5. Semakin tinggi kecepatan putar membran maka fluks permeat semakin besar sampai pada kecepatan putar membran tertentu. Hal ini akibat dari selain adanya *shear rate*/gaya geser permukaan membran terhadap polarisasi konsentrasi/fouling, juga akibat adanya getaran membran yang meminimalisir penempelan fouling.

Berdasarkan kecepatan fouling, terlihat sepintas bahwa laju fouling tidak begitu signifikan berbeda antara membran yang diputar, kecuali pada data putaran membran 65 rpm, yang mengalami sedikit fluktuasi pada rentang waktu 30 menit hingga 70 menit operasi.



Gambar 5: Pengaruh Putaran Disk Membran RDMM terhadap fluks permeat

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil-hasil yang telah diperoleh, maka dapat disimpulkan bahwa; putaran membran sangat berpengaruh terhadap fluks permeat dan tingkat kecepatan fouling, dimana unjuk kerja RDMM yang baik pada kecepatan putar 160 rpm

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih disampaikan kepada DIKTI dan Lembaga Penelitian Universitas Riau yang telah mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri, A., Zulfansyah, Fermi, M.I. (2008a). Sintesis sodium lignosulfonat dari limbah pelepah sawit menggunakan pelarut NaHSO_3 dengan metode sulfonasi langsung biomassa. *Jurnal Sain dan Teknologi*, 8(2), 61-69.
- Amri, A. and Yusnimar. (2008b). *Influence of Process Variable and Optimization On The Sodium Lignosulfonate Synthetis Using Response Surface Method-Central Composite Design (RSM-CCD)*. Proceeding of The Riau University (Indonesia) and University of Kebangsaan Malaysia (UNRI-UKM) International Science Seminar, Pekanbaru.

- Amri, A., Daud, S. and Izlansyah. (2008c). *Pemanfaatan limbah serbuk gergaji sebagai bahan baku pembuatan sodium lignosulfonat*. Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia – Teknologi Petro dan Oleokimia Indonesia, 2008, Pekanbaru, Indonesia.
- Amri, A., Zulfansyah, Panca S.U., Padil, Nasir, M. (2007). *Sintesis sodium lignosulfonat dari limbah tandan kosong sawit menggunakan NaHSO₃ dan aplikasinya sebagai water reducing admixture*. Prosiding Simposium Nasional Kimia Bahan Alam Indonesia ke 18, Pekanbaru, Riau, Indonesia.
- Bhattacharyaa, P.K., Todib, R.K., Tiwaria, M., Bhattacharjee, C., Bhattacharjee, S. and Dattac, S. (2005). Studies on ultrafiltration of spent sulfite liquor using various membranes for the recovery of lignosulphonates. *Desalination J.*, 174 (3), 87-96.
- Cazacu, G., Pascu, M.C., Profibre, L., Kowarski, A.I., Mihaes, M. and Vasile, C. (2004). Lignin role in a complex polyolefin blend. *Industrial Crops & Products*, 20, 61 - 69.
- Fengel, D. & Wegener, G. (1995). *Kayu: Kimia, ultra struktur dan reaksi-reaksi*. Terjemahan oleh Hardjono Sastrohamidjojo. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Mostefa, N.M., Akoum, O., Nedjihoui, M., Ding, L.H. and Jaffrin, M.Y. (2006). Comparison between rotating disk and vibratory membranes in the ultrafiltration of oil-in-water emulsions. *Desalination Journal*, 206, 494 – 498.
- Sangita, B., Ghosh, S., Datta, S. and Bhattacharjee, C. (2006). Studies on ultrafiltration of casein whey using a rotating disk module: effects of pH and membrane disk rotation. *Desalination Journal*, 195, 95 – 108.
- Torras, C., Zhang, X., García-Valls, R. and J. Benavente. (2007). Morphological, chemical surface and electrical characterizations of lignosulfonate-modified membranes. *Journal of Membrane Science*, Vol. 297, Issues 1-2, 130-140.
- Vinardell, M.P., Ugartondo, V. and Mitjans, M. (2008). Potential applications of antioxidant lignins from different sources. *Industrial Crops & Products*, Vol. 27, Issue 2, 220-223.
- Vagin, M.Y., Trashin, S.A. and Karyakin, A.A. (2006). Corrosion protection of steel by electropolymerized lignins. *Electrochemistry Communications*, Vol. 8, Issue 1, 60-64.
- Weis, A., Bird, M.R., Nystrom, M. and Wright, C. (2005). The influence of morphology, hydrophobicity and charge upon the long-term performance of ultrafiltration membranes fouled with spent sulphite liquor. *Desalination Journal*, 175, 73 – 85.
- Zhang, X., Glusen, A. and Valls, R.G. (2006). Porous lignosulfonate membranes for Direct Methanol Fuel Cells. *Journal of Membrane Science*, 276, 301 – 307.