

ISBN 978-979-3558-23-3

**PROSIDING SEMINAR ILMIAH HASIL
PENELITIAN TAHUN 2009**

APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI

Jakarta, 02 Desember 2010



**BADAN TENAGA NUKLIR NASIONAL
PUSAT APLIKASI TEKNOLOGI ISOTOP DAN RADIASI
JAKARTA 2011**

- ISBN 978-979-3558-23-3
- Penyunting :
1. Prof. Dr. Ir. Mugiono - PATIR-BATAN
 2. Prof. Ir. Sugiarto - PATIR-BATAN
 3. Prof. Ir. A. Nasroh Kuswadi, M.Sc - PATIR-BATAN
 4. Dra. Rahayuningsih Chosdu, MM - PATIR-BATAN
 5. Dr. Paston Sidauruk - PATIR-BATAN
 6. Dr. Hendig Winarno, M.Sc. - PATIR-BATAN
 7. Dr. Ir. Sobrizal - PATIR-BATAN
 8. Ir. Suharyono, M.Rur.Sci - PATIR-BATAN
 9. Prof. Dr. Ir. Abd. Latief Toleng - UNHAS
 10. Dr. Nelly Dhevita Leswara - UI

APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI
05 Desember 2010

SEMINAR ILMIAH HASIL PENELITIAN APLIKASI ISOTOP DAN RADIASI (2009 : JAKARTA), Prosiding seminar ilmiah hasil penelitian aplikasi isotop dan radiasi, Jakarta, 2 Desember 2010 / Penyunting, Mugiono ... (*et al.*) -- Jakarta : Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi, 2011.

i, 451 hal.; ill.; tab.; 30 cm

ISBN 978-979-3558-23-3

I. Isotop - Seminar I. Judul II. Badan Tenaga Nuklir Nasional III. Mugiono

541.388

Alamat : Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi
Jl. Lebak Bulus Raya No. 49
Kotak Pos 7002 JKSKL
Jakarta 12440
Telp. : 021-7690709
Fax. : 021-7691607
021-7513270
E-mail : patir@batan.go.id
sroji@batan.go.id
Home page : <http://www.batan.go.id/patir>

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa dimana atas berkat dan rahmat Nyalah maka Prosiding Seminar Ilmiah Hasil Penelitian Aplikasi Isotop dan Radiasi tahun 2009 Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi, Badan Tenaga Nuklir Nasional dapat diselesaikan.

Pada kesempatan ini perkenankanlah kami menginformasikan kepada masyarakat tentang hasil kegiatan penelitian PATIR-BATAN berupa buku "Prosiding Seminar Ilmiah Hasil Penelitian Aplikasi Isotop dan Radiasi, tahun 2009", Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi, Badan Tanaga Nuklir Nasional (2011).

Penyusun menyampaikan permintaan maaf apabila pada penerbitan ini, masih banyak hal yang kurang sempurna, untuk itu kami sangat mengharapkan saran perbaikan. Tidak lupa pula penyusun juga menyampaikan terima kasih kepada para penulis dan semua pihak yang telah membantu dalam persiapan maupun pelaksanaan penerbitan buku Prosiding tersebut.

Jakarta, 7 Februari 2011

Penyusun,

DAFTAR ISI

Pengantar.....	i
Daftar Isi	iii

Bidang Pertanian

Pemuliaan tanaman padi untuk mendapatkan varietas unggul nasional dan hibrida; observasi dan uji daya hasil pendahuluan galur mutan asal iradiasi ki 237 dan ki 432 SOBRIZAL, CARKUM, NANA SUPRIATNA, YULIDAR, WINDA PUSPITASARI.....	1
Uji daya hasil dan respon terhadap serangan jamur <i>aspergillus flavus</i> pada galur mutan kacang tanah PARNO DAN SIHONO	7
Uji adaptasi, uji ketahanan terhadap penyakit dan hama penting serta analisis nutrisi galur-galur mutan harapan kedelai umur sedang dan genjah berukuran biji besar HARRY IS MULYANA, ARWIN, TARMIZI DAN MASRIZAL	13
Pemurnian dan pendeskripsian sifat agronomi mutan padi rendah kandungan asam fitat ARWIN, AZRI KUSUMA DEWI, YULIDAR DAN WINDA PUSPITASARI.....	29
Perbaikan genetik tanaman kacang hijau toleran cekaman abiotik (kekeringan) dan biotik melalui teknik mutasi dan bioteknologi YULIASTI, SIHONO DAN SISWOYO	37
Pembentukan populasi dasar padi hitam dengan teknik mutasi SHERLY RAHAYU, MUGIONO, HAMBALI, DAN YULIDAR	45
Peningkatan keragaman genetik bawang merah (<i>allium ascalonicum</i> l.) melalui pemuliaan mutasi ISMIYATI SUTARTO DAN MARINA YUNIAWATI	53
Perbaikan sifat tanaman obat <i>artemisia cina</i> dengan sinar gamma ARYANTI, ULFA TAMIN DAN MARINA YUNIAWATI	61
Observasi galur mutan tanaman jarak pagar (<i>jatropha curcas</i> l.) generasi m1v5 pada tahun ketiga ITA DWIMAHYANI , SASANTI WIDIARSIH, WINDA PUSPITASARI DAN YULIDAR	67

Observasi, seleksi dan uji daya hasil lanjut galur mutan tanaman kapas (<i>Gossypium hirsutum</i> .L) dengan teknik mutasi LILIK HARSANTI, ITA DWIMAHYANI, TARMIZI, SISWOYO DAN HAMDANI	75
Perbaikan varietas padi sawah dengan teknik mutasi MUGIONO, SHERLY RAHAYU, HAMALI, YULIDAR	85
Pengujian ketahanan galur-galur mutan sorgum terhadap lahan masam SOERANTO HUMAN, SIHONO, PARNO DAN TARMIZI.....	93
Perbaikan varietas padi lokal dan padi gogodengan teknik pemuliaan mutasi : uji daya hasil, serta seleksi galur mutan padi lokal dan padi gogo AZRI KUSUMA DEWI, MUGIONO, HAMBALI, YULIDAR DAN SUTISNA.....	103
Optimalisasi pemupukan padi sawah hasil litbang batan dengan teknik nuklir HARYANTO	115
Budidaya padi sawah dengan sistem sri dan bahan organik pupuk kandang SETIYO HADI WALUYO	125
Produksi Azofert (Reformulasi Azora) ANIA CITRARESMINI, SRI HARTI S., HALIMAH, ANASTASIA D.....	135
Penghematan pupuk dalam sistem pergiliran tanaman di lahan kering/ tadah hujan IDAWATI DAN HARYANTO.....	143
Uji terap dan uji toksisitas formulasi penglepasan terkendali (fpt) insektisida dimehypo terhadap serangga yang diinokulasikan pada tanaman padi SOFNIE M.CHAIRUL, HENDARSIH, DAN A.N. KUSWADI.....	153
Uji virulensi isolat <i>beauveria bassiana</i> (balsamo) vuill. (deuteromycotina: hyphomycetes) terhadap hama sayuran (lanjutan) MURNI INDARWATMI, A.N. KUSWADI, DAN INDAH A. NASUTION....	165
Perbaikan kualitas lalat buah <i>bactrocera carambolae</i> (drew & hancock) (diptera = tephritidae) mandul untuk pengendalian dengan teknik serangga mandul INDAH ARASTUTI NASUTION, MURNI INDARWATMI DAN A. NASROH KUSWADI.....	173
Uji kandungan nutrisi sorgum fermentasi untuk mengetahui kemampuannya sebagai pakan ruminansia secara <i>in vitro</i> LYDIA ANDINI, W. TEGUH S., DAN EDY IRAWAN K.....	181

Inovasi pakan komplit terhadap fermentasi rumen, pencernaan dan penambahan berat badan pada ternak domba SUHARYONO, C. E. KUSUMANINGRUM, T. WAHYONO DAN D. ANSORI.....	189
Budidaya ikan air tawar yang diberi pakan stimulan dengan pemanfaatan teknik nuklir. ADRIA PM.....	195
Daun <i>tithonia diversifolia</i> , sebagai penyusun pakan komplit ternak Ruminansia Secara <i>In-Vitro</i> FIRSONI.....	201
Respon imun <i>brucella abortus</i> untuk pengembangan vaksin iradiasi brucellosis BOKY JEANNE TUASIKAL, TRI HANDAYANI, TOTTI TJIPTOSUMIRAT.....	209
Uji lapang terbatas bahan vaksin fasciolosis untuk ternak ruminansia TRI HANDAYANI, BOKY JEANNE TUASIKAL, T. TJIPTOSUMIRAT.....	219
Bidang Proses Radiasi	
Uji coba produksi tulang xenograf radiasi untuk pemakaian periodontal BASRIL ABBAS.....	229
Sintesis dan kharakterisasi <i>injectable</i> komposit hidroksiapatit –pvp-kitosan dengan iradiasi berkas elektron sebagai graft tulang sintetik DARMAWAN DARWIS, LELY H., YESSY WARASTUTI DAN FARAH NURLIDAR.....	239
Sintesis iradiasi komposit tricalcium fosfat (tcp)- kitosan untuk graft tulang dan karakterisasi sifat fisiko-kimianya ERIZAL, A.SUDRAJAT, DEWI S.P.	245
Metode rt-pcr (<i>reverse transcription-polymerase chain reaction</i>) dan hibridisasi dot blot dengan pelacak berlabel ³² p untuk deteksi hcv (<i>hepatitis c virus</i>). LINA, M.R.....	253
Uji praklinis simplisia mahkota dewa (<i>phaleria macrocarpa</i> (scheff) boerl.) radiopasteurisasi sebagai antidiabetes pada tikus NIKHAM DAN RAHAYUNINGSIH CHOSDU	261

Pengaruh radiopasteurisasi pada simplisia kulit batang mahkota dewa (<i>phaleria macrocarpa (scheff) boerl.</i>) terhadap aktivitas anti kanker (lanjutan) ERMIN KATRIN, SUSANTO DAN HENDIG WINARNO	269
Pembuatan membran elektrolit dengan teknologi proses radiasi untuk direct methanol fuel cell (dmfc) AMBYAH SULIWARNO	279
Formulasi peningkat indeks viskositas minyak lumas sintetis MERI SUHARTINI, RAHMAWATI, I MADE SUMARTI KARDHA HERWINARNI, DEVI LISTINA P	287
Tinjauan membran serat berongga polisulfon untuk hemodialisis KRISNA LUMBAN RAJA, DEWI SEKAR P, NUNUNG, DAN OKTAVIANI	297
Degradasi lignoselulosa serbuk kayu menggunakan radiasi berkas elektron SUGIARTO DANU, DARSONO, MADE SUMARTI KARDHA, DAN MARSONGKO	313
Efektivitas khitosan iradiasi sebagai bahan pengawet makanan GATOT TRIMULYADI REKSO	321
Pengaruh ekstrak rendang iradiasi dosis tinggi terhadap kapasitas antioksidan, proliferasi limfosit dan hemolisis eritrosit manusia ZUBAIDAH IRAWATI ¹ , KAMALITA PERTIWI ² , DAN FRANSISKA RUNGKAT-ZAKARIA ²	329
Cemaran awal dan dekontaminasi bakteri patogen pada sayuran hidroponik dengan iradiasi gamma. HARSOJO.....	341
Aplikasi teknik radiasi dalam penanganan jamur kering IDRUS KADIR DAN HARSOJO	349
Bidang Kebumihan dan Lingkungan	
Teknik nuklir untuk penelitian reservoir dan aliran dua fasa pada lapangan panasbumi lahendong, sulawesi utara DJIJONO, ABIDIN, ALIP, RASI P.	363
Aplikasi dan pengembangan teknologi isotop dan radiasi dalam pengelolaan sumberdaya air di banten DJIJONO, ABIDIN, PASTON, SATRIO, BUNGKUS P, RASI P	377

Formulasi konsentrat pupuk organik hayati berbasiskompos radiasi NANA MULYANA, DADANG SUDRAJAT, ENDRAWANTO WIDAYAT,	401
Pengembangan metode pengujian toxin paralytic shellfish poisoning sebagai saxitoxin dengan teknik nuklir WINARTI ANDAYANI , AGUSTIN SUMARTONO DAN BOKY JEANNE TUASIKAL.....	413
Instrumental analisis pengaktifan neutron (inaa) sedimen pesisir pltu suralaya; identifikasi polutan ALI ARMAN, YULIZON MENRY, SURIPTO, DARMAN DAN HARIYONO	421
Studi interkoneksi sungai bawah tanah di bribin – baron, di daerah karst gunung kidul WIBAGIYO, PASTON S. SATRIO.....	431
Studi kinetika karakterisasi biodegradasi bahan organik dari bagase tebu dan limbah nanas TRI RETNO D.L, DADANG SUDRAJAT, NANA MULYANA DAN ARIF ADHARI	441

TINJAUAN MEMBRAN SERAT BERONGGA POLISULFON UNTUK HEMODIALISIS

Krisna Lumban Raja, Dewi Sekar P, Nunung, dan Oktaviani

Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi- BATAN
Jl. Lebak Bulus Raya No. 49, Pasar Jumat, Jakarta Selatan
Telp.021-7690709; Fax: 021-7691607

ABSTRAK

TINJAUAN MEMBRAN SERAT BERONGGA POLISULFON UNTUK HEMODIALISIS. Telah dipelajari melalui tinjauan pustaka polisulfon (PSf) sebagai membran serat berongga (*hollow fiber*) untuk pencuci darah. Pembahasan perihal membran mencakup definisi, secara khusus mengenai membran sintetik, tipe, struktur, kimia permukaan, morfologi, bentuk dan geometri aliran, serta modul membran serat berongga. Dilakukan juga pembahasan mengenai bahan Polisulfon yang mencakup definisi dan struktur, sifat kimia dan fisika serta aplikasinya. Pembahasan mengenai hemodialisis mencakup definisi dialisis, prinsip kerja membran hemodialisis serta skema sistim hemodialisis.

Katakunci: membran, serat berongga, polisulfon, hemodialisis.

ABSTRACT

REVIEW OF POLYSULFONE HOLLOW FIBER MEMBRANE FOR HEMODIALYSIS. This has been reviewed through literature of polysulfone hollow fiber membrane for hemodialysis purposes. The discussion in regard to the membrane includes the definition, specifically the synthetic membrane, the type, structure, morphology, shape and geometry flow as well as the hollow fiber membrane module. Also being discussed were polysulfone materials including its definition, structure, chemical and physical properties, as well as its applications. The discussion of hemodialysis including definition of dialysis, principles of hemodialysis membrane and the schematic diagram of a typical hemodialysis system.

Keywords: membrane, hollow fiber, polysulfone, hemodialysis.

PENDAHULUAN

Dalam penelitian tinjauan pustaka mempelajari materi *gradient* hasil pencampuran dua macam polimer dengan metode dekomposisi spinodal, yaitu penelitian tahun 2008, telah diperoleh informasi bahwa aplikasi materi tersebut adalah membran serat berongga polisulfon untuk hemodialisis. Membran tersebut dibahas dalam makalah ini yang merupakan hasil penelitian semester I tahun 2009.

Dekomposisi spinodal adalah suatu metode, yang olehnya suatu campuran material dua atau lebih, dapat berpisah untuk membentuk *domain* dengan konsentrasi bervariasi. Mekanisme spinodal bermanfaat didiskusikan bila dibahas dalam konteks kurva energi bebas. Pembahasan mengenai materi *gradient* dengan dekomposisi spinodal ditulis dalam sebuah makalah yang merupakan Laporan Tehnis Penelitian tahun 2008.

Pencampuran dua macam polimer Polisulfon (PSf) dan Polivinilpyrolidon (PVP) menggunakan metode dekomposisi spinodal menghasilkan materi *gradient* yaitu materi dengan morfologi permukaan bertebing dan berlereng. Materi dengan morfologi seperti itu diaplikasikan untuk membuat membran hemodialisis. Membran PSf-PVP selain kompatibel terhadap tubuh

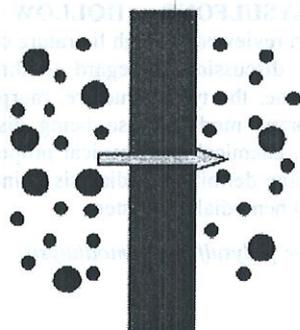
manusia pula mempunyai sifat yang memuaskan dibandingkan membran hemodialisis lain.

Maksud penelitian ini adalah hendak mempelajari membran PSf-PVP yang mempunyai sifat tersebut di atas. Untuk itu penelitian ini mempelajari apakah membran, khususnya membran sintetik PSf, bagaimana sifat bahan PSf dan cara kerja membran hemodialisis, karena aplikasi membran PSf-PVP adalah untuk hemodialisis.

MEMBRAN

Membran adalah selaput atau lembaran tipis bahan yang melakukan penghalangan selektif (semipermeabel) di antara dua fasa dan tetap tidak dapat ditembus oleh partikel-partikel, molekul-molekul, atau zat-zat kimia khusus manakala terbuka terhadap aksi gaya pendorong. Beberapa komponen diijinkan oleh membran untuk masuk ke dalam aliran *permeate* (yaitu bagian dari campuran yang melewati membran), sementara sisanya yang lain tertahan oleh membran dan berakumulasi dalam aliran *retentant* (yaitu bagian dari campuran yang tidak melewati membran).

Secara umum membran dapat diklasifikasi ke dalam tiga grup: inorganik, polimerik, dan membran biologik. Ketiga tipe membran ini sangat berbeda baik struktur maupun fungsinya.



Gambar 1: Skema membran pengeluaran berdasarkan ukuran

Membran sintetik

Membran sintetik disebut juga membran artifisial, adalah membran yang biasanya dibuat untuk maksud pemisahan dalam laboratorium atau dalam industri. Membran sintetik telah banyak digunakan dengan cukup berhasil untuk proses industri dalam skala kecil maupun besar sejak pertengahan abad ke dua puluh. Variasi membran sintetik yang telah dikenal cukup luas. Penggunaan paling banyak secara komersial dari membran sintetik dalam industri pemisahan adalah terbuat dari struktur polimer. Mereka dapat diklasifikasi berdasarkan permukaan kimia, struktur bagian terbesarnya (*bulk*), morfologi, dan metoda produksinya. Sifat-sifat kimia dan fisika membran sintetik dan partikel-partikel yang dipisahkan demikian juga pemilihan gaya pendorongnya mendefinisikan proses pemisahan suatu membran tertentu. Gaya pendorong yang paling umum digunakan pada proses membran dalam industri adalah tekanan dan konsentrasi *gradient* (curam). Karena itu proses membran tersebut disebut filtrasi. Membran sintetik untuk

proses pemisahan dapat mempunyai geometri dan konfigurasi aliran yang berbeda. Mereka dapat pula dikategorikan menurut aplikasinya dan rezim pemisahannya. Salah satu proses pemisahan membran sintetik adalah dialisis.

Tipe membran sintetik

Membran sintetik dapat dibuat dari sangat banyak bahan yang berbeda. Ia dapat dibuat dari bahan organik seperti polimer dan cairan maupun dari bahan anorganik. Membran cairan mengacu kepada membran sintetik yang terbuat dari bahan tidak kaku. Salah satu tipe membran cairan yang dapat ditemui dalam industri adalah membran serat berongga yang mengandung cairan. Membran cairan sedang dipelajari luas namun mempunyai aplikasi komersil yang terbatas.

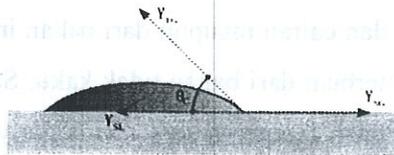
Membran polimerik menggiring pasar industri membran pemisahan karena mereka sangat bersaing dalam daya guna dan harga. Tersedia banyak polimer, namun memilih polimer untuk membran bukan hal yang mudah. Suatu polimer harus memiliki karakteristik yang tepat untuk aplikasi yang diharapkan. Polimer tersebut kadang harus memberikan daya gabung untuk merekat yang rendah untuk molekul terpisah (seperti dalam kasus aplikasi bioteknologi) dan harus bertahan dalam kondisi pembersihan yang berat. Ia harus cocok dengan teknologi pembuatan membran. Polimer tersebut harus menjadi pembentuk membran yang pantas untuk kekakuan rantai, interaksi rantai, stereoregularitas, dan polaritas gugus fungsinya. Polimer tersebut dapat membentuk struktur amorf dan semikristal (dapat pula memiliki temperatur transisi gelas yang berbeda), yang mempengaruhi karakteristik hasil membran. Polimer tersebut harus mudah diperoleh dan berharga murah untuk memenuhi kriteria biaya murah proses membran pemisahan. Banyak polimer membran digrafting, dibuat menurut modifikasi, atau diproduksi sebagai kopolimer untuk memperbaiki sifat-sifat mereka. Salah satu dari polimer yang paling umum dalam membran sintetik adalah Polisulfon (PSf).

Kimia permukaan

Salah satu dari sifat kritis membran sintetik adalah kimianya. Kimia membran sintetik biasanya mengacu kepada alamiah kimia dan komposisi permukaannya dalam kontak dengan aliran proses pemisahan. Alamiah kimia dari permukaan membran dapat cukup berbeda dari komposisi bagian besarnya (*bulk*). Perbedaan ini dapat dihasilkan dari penyekatan bahan pada suatu tingkat fabrikasi membran, atau oleh suatu modifikasi setelah pembentukan permukaan yang diharapkan. Kimia permukaan membran menciptakan sifat yang sangat penting seperti hidrophilik atau hidrophobik (berhubungan dengan energi bebas permukaan), kehadiran muatan ionik, membran tahan panas atau tahan bahan kimia, daya gabung rekat untuk partikel-partikel dalam larutan, dan biokompatibilitas (dalam kasus bioseparasi). Hidrophilik dan hidrophobik permukaan membran dapat dinyatakan dalam hal sudut kontak air (cairan) θ . Permukaan membran hidrophilik

mempunyai sudut kontak dalam daerah $0^\circ < \theta < 90^\circ$ (mendekati 0°), dimana bahan hidrophobik mempunyai θ dalam daerah $90^\circ < \theta < 180^\circ$.

Sudut kontak ditentukan dengan menyelesaikan persamaan Young untuk keseimbangan gaya antar permukaan. Pada keseimbangan, tiga tekanan antar permukaan berkaitan pada antar permukaan padat/gas (γ_{SG}), padat/cairan (γ_{SL}), dan cairan/gas (γ_{LG}) adalah saling mengimbangi.



Gambar 2: Sudut kontak setetes cairan membasahi sebuah permukaan padat kaku.

$$\text{Persamaan Young: } \gamma_{LG} \cdot \cos\theta + \gamma_{SL} = \gamma_{SG}.$$

Konsekuensi dari besarnya sudut kontak dikenal sebagai fenomena *wetting* (pembasahan), yang sangat penting untuk mengkarakterisasi sifat penggangguan (pori) kapiler. Derajat pembasahan permukaan membran ditentukan oleh sudut kontak. Permukaan dengan sudut kontak lebih kecil mempunyai sifat pembasahan lebih baik ($\theta=0^\circ$ - pembasahan sempurna). Dalam beberapa kasus cairan bertekanan permukaan rendah seperti alkohol atau larutan surfaktan digunakan untuk meningkatkan pembasahan permukaan membran yang tidak bisa basah. Energi bebas permukaan membran (dan hidrophilik/hidrophobik yang terkait) mempunyai implikasinya pada adsorpsi partikel membran atau fenomena *fouling* (pencemaran). Hidrophilisitas permukaan lebih tinggi dalam sebagian besar kasus proses membran pemisahan (secara khusus bioseparasi) berkaitan dengan pencemaran yang lebih rendah. Pencemaran membran sintetik mengurangi penampilan membran. Konsekuensinya, berbagai macam tehnik membersihkan membran terus dikembangkan. Kadang pencemaran tidak dapat kembali sendiri, dan membran perlu diganti.

Morfologi membran sintetik

Membran sintetik dapat pula dikategorikan menurut struktur (morfologi). Tiga tipe membran sintetik yang biasa digunakan dalam industri pemisahan: membran padat, membran keropos, dan membran asimetris. Membran padat dan keropos berbeda satu sama lain berdasarkan ukuran molekul yang dipisahkannya. Membran padat biasanya suatu lapisan tipis material padat digunakan dalam proses pemisahan molekul-molekul kecil (biasanya dalam fasa gas atau cair).

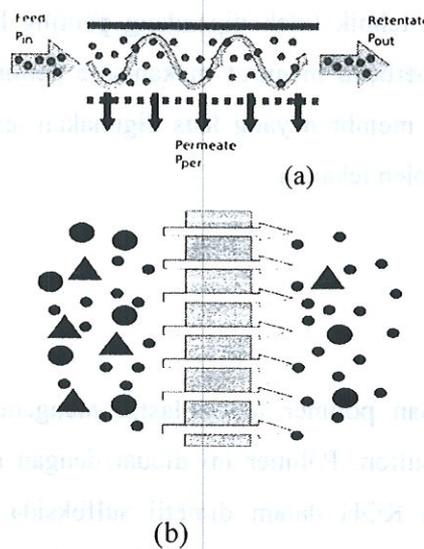
Membran keropos dimaksudkan pada pemisahan dari molekul-molekul yang lebih besar seperti partikel koloid padat, biomolekul besar (protein, DNA, RNA) dan sel dari penyaringan media. Membran keropos ditemukan pada aplikasi mikrofiltrasi, ultrafiltrasi, dan dialisis. Lihat Gambar (3) di halaman belakang.

Terdapat beberapa kontroversi dalam mendefinisikan pori membran. Kebanyakan teori yang

biasa digunakan mengasumsikan suatu pori silinder untuk penyederhanaan. Model ini mengasumsikan bahwa pori-pori mempunyai bentuk paralel, kapiler silinder tak berpotongan. Namun dalam kenyataannya tipe berpori adalah suatu jaringan acak dari struktur berbentuk tak beraturan dengan ukuran berbeda-beda.

Bentuk dan geometri aliran membran

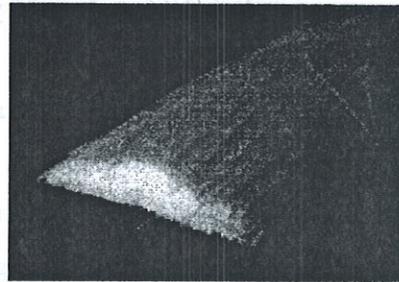
Terdapat dua konfigurasi utama aliran proses membran: filtrasi *cross flow* (filtrasi aliran silang) dan filtrasi *dead-end*. Dalam filtrasi aliran silang, aliran yang dimasukkan adalah tangensial terhadap permukaan membran, *retentant* dipindahkan dari sisi yang sama menjauh ke aliran bawah, sementara aliran *permeate* dijalankan pada sisi lain. Dalam filtrasi *dead-end* arah aliran cairan tegak lurus permukaan membran. Kedua macam geometri aliran memberikan keuntungan dan kerugian. Membran *dead-end* relatif mudah dibuat oleh pabrik sehingga mengurangi ongkos proses pemisahan. Proses pemisahan membran *dead-end* mudah untuk dilaksanakan dan prosesnya biasanya lebih murah daripada filtrasi membran aliran silang. Proses filtrasi *dead-end* biasanya proses tipe *batch* (sekumpulan) di mana larutan yang akan disaring dimuatkan (atau dimasukkan secara perlahan) ke dalam alat membran, yang kemudian memperkenankan jalan lintasan beberapa partikel menjadi sasaran gaya penggerak. Kerugian utama filtrasi *dead-end* adalah pencemaran membran yang luas dan polarisasi konsentrasi. Pencemaran yang terbentuk biasanya lebih cepat pada gaya penggerak yang lebih tinggi. Pencemaran membran dan penyimpanan partikel dalam larutan yang dimasukkan, juga membentuk *gradient* konsentrasi dan aliran balik partikel (polarisasi konsentrasi). Peralatan aliran tangensial lebih intensip harga dan kerjanya, tapi mereka tidak rentan terhadap pencemaran karena efek menyapu dan laju gesek yang tinggi dari berlalunya aliran. Salah satu peralatan membran sintesis yang paling digunakan adalah serat berongga.



Gambar 4 : Geometri filtrasi aliran silang (a). Geometri filtrasi *dead-end* (b)

Modul membran serat berongga

Modul serat berongga dibuat dari sekumpulan serat yang menyangga sendiri dengan lapisan pemisah berupa kulit yang padat, dan matriks yang lebih terbuka untuk menolong menahan tekanan *gradient* dan menegakkan keutuhan struktur. Modul serat berongga dapat menampung hingga 10.000 serat berdiameter dari 200 μm hingga 2500 μm . Kegunaan utama dari modul serat berongga adalah luas permukaan yang sangat besar dalam sebuah volume tertutup, meningkatkan efisiensi proses pemisahan.



(a)



(b)

Gambar 5 : Membran serat berongga (a) Modul membran serat berongga (b)

Proses pemisahan membran mempunyai peran yang sangat penting dalam industri pemisahan. Meskipun demikian ia secara tehnik tidak dipandang penting hingga pertengahan tahun 1970. Proses pemisahan membran berbeda menurut mekanisme pemisahan dan ukuran partikel yang dipisahkan. Proses pemisahan membran yang luas digunakan termasuk dialisis. Proses ini tidak mengubah fasa. Ia digerakkan oleh tekanan.

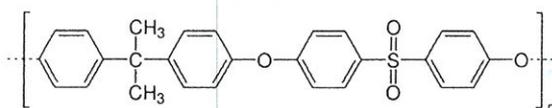
POLISULFON

Definisi dan struktur kimia

Polisulfon adalah turunan polimer termoplastik mengandung aryl-SO₂-aryl menjadikan mereka masuk dalam gugus sulfon. Polimer ini dibuat dengan mereaksikan bifenol A dan 4,4-diklorodifenil sulfon dengan KOH dalam dimetil sulfoksida pada suhu 130° sampai 140°. Polisulfon dikenalkan pada tahun 1965 oleh Union Carbide. Karena biaya bahan mentah dan pemrosesan yang tinggi, polisulfon digunakan dalam penggunaan yang khusus dan sering

digunakan sebagai pengganti dari polikarbonat.

Struktur kimia polisulfon mengandung cincin benzen (unit phenilen) yang terhubung oleh tiga gugus kimia yang berbeda yakni gugus sulfon, ikatan eter, dan gugus isopropiliden. Lihat Gambar 6.



Gambar 6: Struktur kimia Polisulfon (PSf)

Sifat fisik dan kimia serta aplikasinya

Polisulfon bersifat kaku, mempunyai karakter sifat mekanik yang tinggi yaitu ketahanan tumbukan, sehingga direkomendasi penggunaannya pada tekanan tinggi.

Polimer ini mempunyai temperatur leleh yang tertinggi dibanding termoplastik yang lain (yakni mempertahankan sifatnya antara -100°C dan +150°C), Ketahanannya pada suhu tinggi menjadikannya penting sebagai bahan tahan api, tanpa mempertimbangkan kekuatannya karena biasanya hal ini merupakan hasil tambahan zat tahan api.

Polimer ini mempunyai sifat listrik yang bagus, transparan, dan sifat pemadam-sendiri. Polisulfon digunakan sebagai dielektrik dalam kapasitor. Polisulfon mempunyai stabilitas dimensi yang tinggi (*low creep* – bergerak pelan rendah). Perubahan ukuran ketika dipaparkan pada air mendidih atau +150°C udara atau uap turun di bawah 0.1%. Perubahan temperatur gelas adalah 185°C.

Polisulfon sangat tahan terhadap asam mineral, basa dan elektrolit dalam pH antara 2-13. Juga tahan terhadap pengoksidator, sehingga dapat dibersihkan dengan pemutih. Juga tahan terhadap surfaktan dan minyak hidrokarbon. Polimer ini stabil dalam larutan asam dan basa dan pelarut non polar; tetapi larut dalam diklorometan dan metilpirolidon, tidak tahan terhadap pelarut organik polar rendah (contoh keton dan hidrokarbon khlorinat), dan aromatik hidrokarbon.

Stabilitas hidrolisis yang tinggi menjadikan penggunaannya dalam aplikasi medis yang membutuhkan sterilisasi autoclave dan uap. Tetapi, mempunyai ketahanan yang rendah terhadap beberapa pelarut dan tidak tahan terhadap cuaca. Ketahanan terhadap cuaca ini dapat ditingkatkan dengan menambahkan materi lain ke dalam polimer.

Polisulfon dapat diproses dengan *extrusion* dan *injection molding*. Tingkat ketahanan gelas 22% mempunyai gabungan sifat kristalin dan amorf, sedangkan tingkat 40% dapat bertahan terhadap tekanan modulus sampai 11 GPa (1,6 juta psi). Tingkat temperatur penangkal panas yang lebih tinggi berguna dalam penggunaan elektronik seperti paparan terhadap fase uap atau temperatur *soldering* infra merah.

Polisulfon dapat dibuat dengan mudah dalam bentuk membran, dengan sifat dan ukuran pori

terkontrol yang dapat ditiru (*reproducible*). Membran seperti ini dapat digunakan dalam aplikasi seperti hemodialisis, daur ulang limbah air, proses makanan dan minuman dan pemisahan gas. Polimer ini juga digunakan dalam industri otomotif dan elektronik. Polisulfon dapat dikuatkan dengan serat gelas. Material komposit yang dihasilkan mempunyai kekuatan *tensile* dua kali dan modulusnya meningkat tiga kali. Polisulfon juga digunakan sebagai kopolimer.

HEMODIALISIS

Dialisis

Dialisis adalah proses pemisahan elemen-elemen dalam larutan dengan difusi melalui membran semipermeabel (pemindahan larutan dengan cara difusi) menggunakan *gradient* konsentrasi. Dalam dunia kedokteran, dialisis berasal dari bahasa latin "*dialysis*" yang berarti disolusi, "*dia*" berarti melalui dan "*lisis*" berarti menghilangkan .

Dialisis terutama digunakan untuk menggantikan ginjal yang tidak berfungsi lagi karena gagal ginjal (terapi penggantian fungsi ginjal). Dialisis merupakan proses yang penting untuk mengeluarkan hasil akhir metabolisme nitrogen (urea, kreatinin, asam urat), dan untuk memenuhi berkurangnya bikarbonat dari metabolik keasaman (*metabolic acidosis*) dikaitkan dengan kegagalan ginjal pada manusia.

Pada saat sehat, ginjal menjaga kesetimbangan air dan mineral di dalam tubuh. Mineral tersebut adalah natrium, kalium, klorida, kalsium, fosfor, magnesium, dan sulfat. Ginjal mengeluarkannya dari dalam tubuh setelah berikatan dengan ion hidrogen melalui metabolisme harian. Ginjal juga berfungsi sebagai bagian dari sistim endokrin yang menghasilkan eritropoitein dan 1,25- dihidroksikolkalsiferol (kalsitriol).

Dengan kegagalan fungsi ginjal dari sebab apapun terdapat banyak gangguan fisiologis. Hemostatis dari air dan mineral dan pengeluaran sisa metabolisme yang terikat dengan ion hidrogen, yang seharusnya berlangsung setiap hari, menjadi tidak mungkin terjadi lagi. Produk akhir dari metabolisme nitrogen yang bersifat racun bagi tubuh terakumulasi di dalam darah dan jaringan. Pada akhirnya, ginjal menjadi tidak dapat berfungsi sebagai organ endokrin yang berfungsi untuk menghasilkan eritropoitein dan 1,25- dihidroksikolkalsiferol (kalsitriol).

Dialisis digunakan untuk penderita gagal ginjal akut (gagal ginjal yang terjadi tiba-tiba tetapi bersifat sementara) dan penderita gagal ginjal kronis (kehilangan fungsi ginjal yang terjadi secara permanen, stadium lima). Gagal ginjal yang kronis adalah stadium akhir yang umum terjadi pada sakit ginjal. Pilihan untuk pasien yang sudah sampai pada tahap fungsi ginjal yang tidak baik lagi adalah pengobatan dengan dialisis (baik hemodialisis atau peritoneal dialisis, transplantasi ginjal atau kematian).

Prosedur dialisis mengeluarkan produk akhir hasil katabolisme nitrogen dan memperbaiki kekacauan yang terjadi pada konsentrasi garam, air dan asam-basa dalam tubuh yang terjadi karena

kegagalan fungsi ginjal. Dialisis merupakan pengobatan yang tidak sempurna dalam menggantikan fungsi ginjal karena tidak dapat memperbaiki fungsi endokrin dari ginjal. Dialisis menggantikan beberapa saja dari fungsi ginjal, yaitu difusi (mengeluarkan sisa metabolisme) dan ultrafiltrasi (mengeluarkan cairan).

Indikasi untuk memulai dialisis untuk pengobatan gagal ginjal kronis adalah berdasarkan pengalaman dan sangat bervariasi untuk masing-masing dokter. Beberapa memulai dialisis saat kecepatan penyaringan residu oleh ginjal (GFR) turun di bawah 10mL/menit/1,73m² luas permukaan tubuh (15mL/menit/1,73m² pada penderita diabetes). Sedangkan pada tempat pengobatan lainnya, dialisis dilakukan saat pasien kehilangan stamina untuk melakukan aktivitas dan pekerjaan sehari-hari. Sebagian besar menyetujui jika mengalami mual, muntah, anoreksia, kelelahan, berkurangnya sistem sensor dan mengalami tanda-tanda uremia (gesekan selaput jantung, edema paru-paru, metabolik yang bersifat asam, ketidak berdayaan kaki dan pinggang, *asterixis*) maka dialisis perlu dilaksanakan dengan segera.

Membran hemodialisis

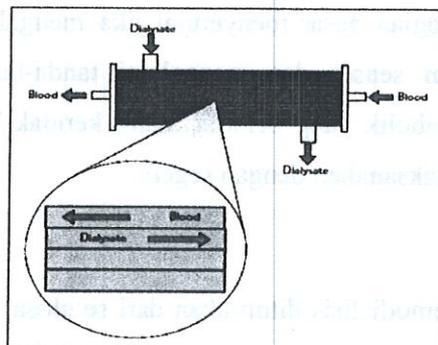
Kebanyakan membran hemodialisis diturunkan dari selulosa. Alat hemodialisis yang paling awal digunakan di klinik adalah terbuat dari kertas kaca selubung sosis. Nama-nama lain dari bahan-bahan ini termasuk *cupraphane*, *hemophan*, selulosa asam cuka. Mereka biasanya disterilkan dengan etilen oksida atau gamma radiasi oleh pengusaha pabrik. Mereka relatif keropos terhadap cairan dan zat terlarut tetapi tidak memperkenankan molekul lebih besar (albumin, vitamin B₁₂) untuk bebas lewat.

Ada beberapa pendapat bahwa membran *cupraphane* yang disterilkan dengan etilen oksida mempunyai akibat yang tinggi dan luas terhadap kesensitifan biologis (*biosensitization*), berarti pasien mempunyai kemungkinan mengalami reaksi alergi terhadap membran. Membran polisulfon, poliakrilonitril, dan polimetimetakrilat adalah lebih biokompatibel (cocok terhadap makhluk hidup manusia) dan lebih keropos (membran dengan fluks tinggi). Mereka hampir sering dibentuk menjadi serat berongga. Darah berjalan di dalam pusat serat ini dan dialisis beredar di sekitar luar serat tetapi dalam selubung plastik.

Air untuk dialisis harus memenuhi standar kimia kritis dan standar bakteri kritis. Ini terdaftar dalam Tabel 2. Sebelum hemodialisis boleh dijalankan, analisa air dilakukan. Air untuk hemodialisis secara umum mensyaratkan perlakuan osmosa balik dan penurunan ion untuk "memperbaiki" air. Mineral organik, khlorin, dan khloramin dikeluarkan dengan filtrasi arang. Kelebihan bakteri dalam air dapat menyebabkan reaksi yang menimbulkan panas. Sistem persediaan air yang dirawat dibentuk sehingga tidak ada hubungan *dead-end*. Sebab pengantar antiseptik (khlorin dan khloramin) telah dikeluarkan dalam perlakuan air, maka air cenderung mengembangkan suatu masalah bila kemacetan terjadi.

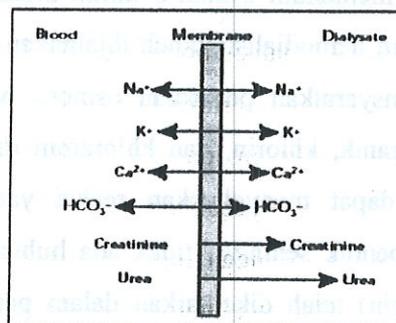
Prinsip kerja membran hemodialisis

Dialisis bekerja dengan prinsip difusi dari zat terlarut dan ultrafiltrasi dari cairan melalui membran semi-permeabel. Darah mengalir melalui satu sisi dari membran semi-permeabel dan dialisat atau cairan mengalir melalui sisi yang berlawanan. Zat terlarut dan cairan yang lebih kecil akan melewati membran. Darah mengalir pada satu arah dan dialisat mengalir pada arah yang berlawanan. Penghitung aliran dari darah dan dialisat memaksimalkan *gradient* konsentrasi dari zat terlarut antara darah dan dialisat, yang akan membantu mengeluarkan urea dan kreatinin lebih banyak lagi dari darah.



Gambar 7: Membran hemodialisis

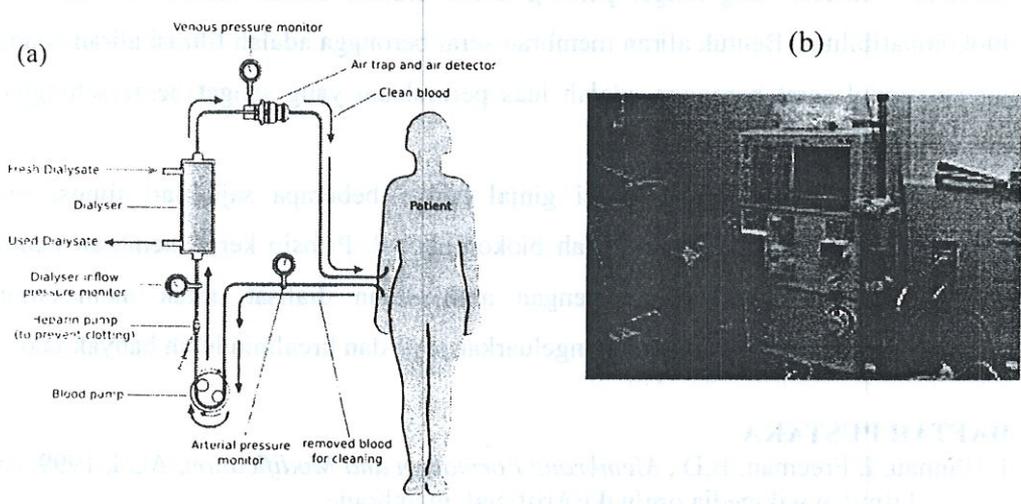
Konsentrasi zat terlarut (kalium, fosfor, dan urea) tidak diharapkan tinggi didalam darah, tetapi rendah atau tidak ada sama sekali dalam larutan dialisis dan penggantian dialisat secara konstan memastikan bahwa konsentrasi dari zat terlarut yang tidak diinginkan dapat dijaga agar tetap rendah pada sisi membran ini. Larutan dialisis mempunyai mineral seperti kalium dan kalsium yang konsentrasinya sama dengan konsentrasi pada darah yang sehat. Untuk zat terlarut lainnya, bikarbonat, konsentrasi larutan dialisis dibuat sedikit lebih tinggi dari konsentrasi pada darah normal agar terjadi difusi bikarbonat ke dalam darah, yang berfungsi sebagai buffer pH untuk menetralisasi metabolisme yang menghasilkan asam yang sering dialami oleh penderita gagal ginjal. Lihat Gambar 8. Konsentrasi komponen dari dialisat diresepkan oleh dokter ahli ginjal yang disesuaikan dengan kebutuhan masing-masing pasien.



Gambar 8: Fluks membran dalam dialisis. Jumlah lebih besar dari difusi sebagai hasil *gradient* ditunjukkan oleh perpindahan anak panah.

Skema sistim hemodialisis

Darah pasien dipompa melalui bilik dialiser, Gambar (9a), lalu dilewatkan pada membran semi-permeabel. Darah yang sudah bersih kemudian dikembalikan ke dalam tubuh. Ultrafiltrasi dapat terjadi dengan menaikkan tekanan hidrostatis menuju membran dialisis. Biasanya dilakukan dengan memberikan tekanan negatif pada bilik dialisis pada alat dialiser. *Gradient* tekanan ini menyebabkan air dan zat terlarut pindah dari darah menuju dialisis dan dapat mengeluarkan beberapa liter cairan yang berlebihan selama proses pengobatan yang berlangsung 3 sampai 5 jam.



Gambar 9: Skema Hemodialisis (a). Mesin hemodialisis (b)

Di AS, hemodialisis biasanya diberikan di pusat dialisis tiga kali seminggu. Akan tetapi pada tahun 2007, lebih dari dua ribu orang lebih sering melakukan dialisis di rumah yang disesuaikan dengan lamanya proses pengobatan. Penelitian telah memperlihatkan keuntungan dari melakukan dialisis 5 sampai 7 kali seminggu, selama 6 sampai 8 jam. Pengobatan yang lebih sering dan lebih lama ini sering dilakukan di rumah. Pada umumnya, menaikkan lamanya dan frekwensi pengobatan lebih menguntungkan secara klinis. Mesin hemodialisis Gambar 9 (b). Dalam hemodialisis, darah dari pasien diedarkan melalui membran sintetik yang secara fisik mempunyai sifat dan fungsi untuk melakukan hemodialisis dan kemudian dikembalikan ke pasien. Lihat Gambar 10. Sisi berlawanan membran tersebut dicuci dengan larutan elektrolit (dialisis) yang mengandung unsur-unsur pokok normal dari plasma air. Peralatannya memuat sebuah pompa darah untuk mengedarkan darah melalui sistim, pompa-pompa pengukur perbandingan yang mencampur larutan garam pekat dengan air dimurnikan oleh osmosa balik dan pengurangan ion untuk menghasilkan dialisis, suatu alat untuk mengeluarkan kelebihan cairan dari darah (ketidak cocokan dialisis aliran masuk dan aliran keluar ke ruang terpisah), dan serangkaian tekanan, konduktivitas, dan monitor

gelembung- gelembung udara dalam darah (yang tidak semestinya ada) untuk melindungi pasien. Dialisis dihangatkan menuju temperatur badan dengan suatu pemanas.

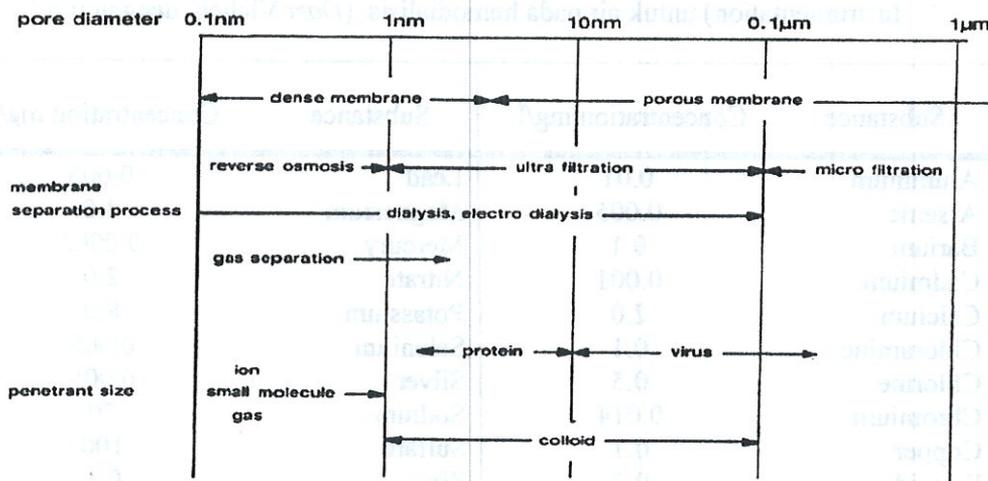
KESIMPULAN

Membran dari bahan polisulfon adalah membran sintesis yang dibuat untuk proses pemisahan dialisis. Tipe membran sintesis polisulfon adalah serat berongga dengan morfologi membran keropos yaitu pemisahan dari molekul-molekul yang lebih besar. Sifat permukaan kimia membran sintesis yang sangat penting untuk dialisis adalah hidrophilik dan hidrophobik serta biokompatibilitas. Bentuk aliran membran serat berongga adalah filtrasi aliran silang dan kegunaan utama modul serat berongga adalah luas permukaan yang sangat besar sehingga meningkatkan proses pemisahan.

Dialisis untuk terapi fungsi ginjal hanya beberapa saja dari fungsi ginjal. Membran polisulfon untuk hemodialisis adalah biokompatibel. Prinsip kerja membran hemodialisis adalah arah aliran darah berlawanan dengan arah aliran dialisat untuk memaksimalkan gradient konsentrasi sehingga membantu mengeluarkan urea dan kreatinin lebih banyak lagi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Pinnau, I, Freeman, B.D., *Membrane Formation and Modification*, ACS, 1999. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Artificial_membrane
2. Osada, Y., Nakagawa, T., *Membrane Science and Technology*, New York: Marcel Dekker, Inc, 1992. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Artificial_membrane
3. Perry, R.H., Green D.H., *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, 7th edition, McGraw-Hill, 1997. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Artificial_membrane
4. Zeaman, Leos J., Zydney, Andrew L., *Microfiltration and Ultrafiltration*, Principles and Applications., New York: Marcel Dekker, Inc, 1996. Available: http://en.wikipedia.org/wiki/Artificial_membrane
5. David Parker, Jan Bussink, Hendrik T. van de Grampel, Gary W. Wheatley, Ernst-Ulrich Dorf, Edgar Ostlinning, Klaus Reinking, "Polymers, High-Temperature" in Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry 2002, Wiley-VCH: Weinheim. DOI: 10.1002/14356007.a21_449. Available: <http://en.wikipedia.org/wiki/Polysulfone>
6. http://www.usrds.org/2007/pdf/04_modalities_07.pdf USRDS TREATMENT MODALITIES
7. <http://www.homedialysis.org/learn/types/> Daily therapy study results compared
8. <http://en.wikipedia.org/wiki/Dialysis>
9. Robert W. Hamilton, "Principles of Dialysis: Diffusion , Convection, and Dialysis Machines". Available: <http://www.kidneyatlas.org/book5/adk5-01.ccc.QXD.pdf>



Gambar 3 : Daerah membran berdasarkan pemisahan

Tabel 1: Dialisis sebagai perawatan terhadap sakit ginjal stadium akhir

FUNGSI GINJAL DAN PATOFISIOLOGI KEGAGALAN GINJAL

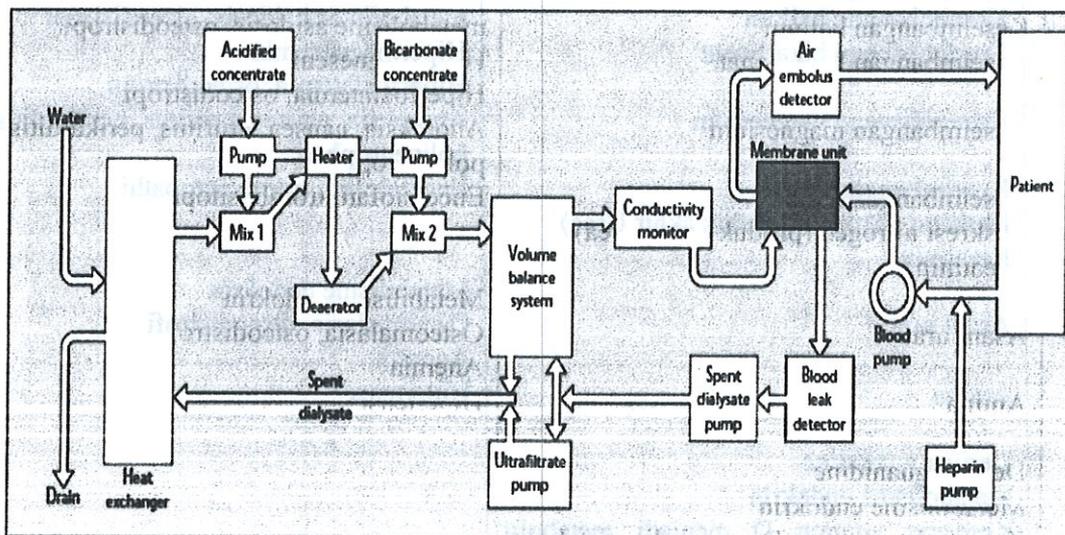
FUNGSI	DISFUNGSI
Garam, air dan keseimbangan asam-basa	Garam, air dan keseimbangan asam-basa
Keseimbangan air	retensi cairan dan kekurangan natrium
Keseimbangan natrium	Edema, jantung, hipertensi
Keseimbangan kalium	Hiperkalemia
Keseimbangan bikarbonat	metabolisme asidosis, osteodistropi
Keseimbangan magnesium	Hipermagnesemia
Keseimbangan fosfat	Hiperfosfatemia, osteodistropi
Ekskresi nitrogen (produk akhir Urea)	Anoreksia, nausea, pruritus, perikarditis
Kreatinin	polineurophati
Asam urat	Encefalofati, trombositopathi
Amina	Metabilisme endokrin
Derivat guanidine	Osteomalasia, osteodistrofi
Metabolisme endokrin	Anemia
Konversi vitamin D menjadi metabolit aktif	Hipertensi
Produksi eritropoeitein	
Renin	

Tabel 2. Standard bahan kimia AAMI (Association for the Advancement of Medical Instrumentation) untuk air pada hemodialisis. (Dari Vlcek; dengan ijin.)

Substance	Concentration mg/L	Substance	Concentration mg/L
Aluminum	0.01	Lead	0.005
Arsenic	0.005	Magnesium	4.0
Barium	0.1	Mercury	0.0002
Cadmium	0.001	Nitrate	2.0
Calcium	2.0	Potassium	8.0
Chloramine	0.1	Selenium	0.009
Chlorine	0.5	Silver	0.005
Chromium	0.014	Sodium	70
Copper	0.1	Sulfate	100
Fluoride	0.2	Zinc	0.1

Tabel 3. Standard bakteri AAMI (Association for the Advancement of Medical Instrumentation) untuk dialisis air dan dialisat yang disiapkan. (Dari Bland and Favero; dengan ijin.)

	Colony-forming units/mL
Dialysis water	<200
Prepared dialysate	<2000



Gambar 10: Skema sederhana suatu sistim hemodialisis

DISKUSI

MERI SUHARTINI

Membran dari anorganik bahan anorganik apa saja yang dapat digunakan untuk pembuatan membrane missal untuk dianalisis?

KRISNA L.R

Pertanyaan ini menarik karena menanyakan membrane dari bahan anorganik untuk aplikasi diakhiri.
Sayang sekali saya belum sempat menelusuri hal itu, sebab yang sudah saya telusuri barulah membrane organik (polimer) untuk dianalisis yaitu Polisulfon.

DIPICHI

DAFTAR ISI

1. PENDAHULUAN
2. METODE PENELITIAN
3. HASIL DAN PEMBAHASAN
4. PENUTUP

5. DAFTAR PUSTAKA
6. LAMPIRAN
7. PENYIMPULAN
8. SINGKATAN