

Pusat Pengajian Kejuruteraan Bahan dan Sumber Mineral

**KEGUNAAN KARBON TERAKTIF DAN RESIN
DALAM MERAWAT AIR SISA MENGGUNAKAN
KAEDAH KOLUM**

Oleh

CHEN CHEE SIUNG (60245)

Penyelia: Dr. Norlia Baharun

Disertasi ini diserahkan untuk memenuhi sebahagian syarat keperluan bagi Ijazah Sarjana
Muda Kejuruteraan dengan Kepujian (Kejuruteraan Sumber Mineral)

Universiti Sains Malaysia

Februari 2004

PENGHARGAAN

Sekalung budi dan ribuan terima kasih ditujukan kepada penyelia projek tahun akhir saya, iaitu Dr. Norlia Baharun. Tanpa bantuan beliau, saya tidak dapat menyiapkan projek saya. Tunjuk ajar dan bimbingan beliau akan saya ingati selama-lamanya.

Tidak terlupa juga peranan Pn. Fong dan Mahani Mohammad dalam menyiapkan projek ini. Mereka telah berusaha untuk memberi penjelasan dan melakukan analisis AAS (spektrometri penyerapan atom) untuk saya. Di samping itu, saya juga ingin mengucapkan terima kasih kepada Encik Rashid yang melakukan analisis SEM.

Akhir sekali, saya ingin merakamkan ribuan terima kasih kepada juruteknik-juruteknik yang pernah menghulurkan bantuan kepada saya dan juga rakan seperjuangan saya yang membantu saya secara langsung ataupun tidak langsung.

KANDUNGAN

Tajuk	i
Penghargaan	ii
Kandungan	iii
Senarai Jadual	v
Senarai Rajah	vi
Abstract	viii
Abstrak	x

BAB 1 Pengenalan

1.1 Latar Belakang Kajian	1
1.2 Identifikasi Masalah	3
1.3 Kepentingan Kajian	5
1.4 Objektif Dan Skop Kajian	6

BAB 2 Sorotan Literatur

2.1 Pengenalan Kepada Proses Pembuatan Sarung Tangan	7
2.2 Pengenalan Kepada Proses Penukar Ion	14
2.3 Jenis-jenis Penukar Ion	15
2.4 Ciri-ciri Bagi Resin Penukar Ion	16
2.5 Jenis Utama Penukar Ion	22
2.6 Karbon Teraktif	24
2.7 Proses Penjerapan Oleh Karbon Teraktif	27
2.8 Penggunaan Resin Dan Karbon Teraktif Dalam Merawat Air Sisa	29
2.9 Isoterma Penjerapan Karbon Teraktif	31

BAB 3 Bahan Dan Methodologi

3.1 Ciri-ciri Resin IRC 718 Dan Karbon Teraktif Versatec	33
3.2 Penyediaan Kolum Resin IRC 718	35
3.3 Tatacara Penjerapan Karbon Teraktif	
3.3.1 Penjerapan Larutan Sintetik Kuprum Oleh Karbon Teraktif Versatec	36
3.3.2 Penjerapan Larutan Sintetik Zink Oleh Karbon Teraktif Versatec	37
3.3.3 Penjerapan Air Sisa Oleh Karbon Teraktif Versatec	38

3.4	Tatacara Penjerapan Resin IRC 718	
3.4.1	Penjerapan Larutan Sintetik Kuprum Oleh Resin IRC 718	39
3.4.2	Penjerapan Larutan Sintetik Zink Oleh Resin IRC 718	40
3.4.3	Penjerapan Air Sisa Oleh Resin IRC 718	41
3.5	Tatacara Penjerapan Dengan Kombinasi Karbon Teraktif Dan Resin	42
3.6	Tatacara Isotherma Penjerapan	
3.6.1	Penjerapan Larutan Sintetik Zink Oleh Resin IRC 718 Menggunakan Proses Kelompok (Batch Process)	43
3.6.2	Penjerapan Larutan Sintetik Zink Secara Proses Kelompok Olah Karbon Teraktif	44
3.6.3	Penjerapan Larutan Sintetik Kuprum Secara Proses Kelompok Oleh Resin IRC 718	45
3.6.4	Penjerapan Larutan Sintetik Kuprum Secara Proses Kelompok Oleh Karbon Teraktif	46

BAB 4 Keputusan Dan Perbincangan

4.1	Keberkesanan Karbon Teraktif Dalam Penjerapan Cu Dari Larutan Sintetik	47
4.2	Penjerapan Larutan Sintetik Zink Oleh Karbon Teraktif Versatec	51
4.3	Penjerapan Air Sisa (Kandungan Zink) Oleh Karbon Teraktif	55
4.4	Penjerapan Larutan Sintetik Kuprum Oleh Resin IRC 718	60
4.5	Penjerapan Larutan Sintetik Zink Oleh Resin IRC 718	64
4.6	Penjerapan Air Sisa (Kandungan Zink) Oleh Resin IRC 718	67
4.7	Proses Perawatan Air Sisa Secara Berperingkat --- Menggunakan Resin IRC 718 Dan Karbon Teraktif Versatec	72
4.8	Penjerapan Larutan Sintetik Zink Oleh Resin IRC 718 Menggunakan Proses Kelompok (Batch Process)	77
4.9	Penjerapan Larutan Sintetik Zink Secara Proses Kelompok Oleh Karbon Teraktif	80
4.10	Penjerapan Larutan Sintetik Kuprum Secara Proses Kelompok Oleh Resin IRC 718	83
4.11	Penjerapan Larutan Sintetik Kuprum Secara Proses Kelompok Oleh Karbon Teraktif	86

BAB 5 Kesimpulan		89
-------------------------	--	----

Rujukan		93
----------------	--	----

Lampiran		
Lampiran A Piawaian Kualiti Air Malaysia		95

Senarai Jadual

Jadual 2.1	Aspek Alam Sekitar Yang Penting	12
Jadual 2.2	Senarai Beberapa Jenis Resin Penukar Ion Dan Kegunaannya Dalam Pengolahan Larutan Yang Mengandungi Logam	22
Jadual 3.1	Spesifikasi Resin IRC 718	33
Jadual 3.2	Kememilihan Resin IRC 718 Relatif Kepada Kalsium	33
Jadual 3.3	Spesifikasi Karbon Teraktif Versatec	34
Jadual 4.1	Kepekatan Cu Dalam Larutan Sintetik Selepas Penjerapan Karbon Teraktif	47
Jadual 4.2	Kepekatan Zink Dalam Larutan Sintetik Selepas Penjerapan Karbon Teraktif	51
Jadual 4.3	Kepekatan Zink Dalam Larutan Air Sisa Selepas Penjerapan Karbon Teraktif	55
Jadual 4.4	Perolehan Zink Daripada Karbon Teraktif Selepas Proses Penjerapan	56
Jadual 4.5	Kepekatan Kuprum Dalam Larutan Air Sisa Selepas Penjerapan Resin	60
Jadual 4.6	Kepekatan Zink Dalam Larutan Sintetik Selepas Penjerapan Resin	64
Jadual 4.7	Kepekatan Zink Dalam Larutan Air Sisa Selepas Penjerapan Resin IRC 718	67
Jadual 4.8	Perolehan Zink Daripada Resin IRC 718 Selepas Proses Penjerapan	68
Jadual 4.9	Kepekatan Zink Dalam Larutan Air Sisa Selepas Penjerapan Resin Dan Karbon Teraktif	72
Jadual 4.10	Perolehan Zink Selepas Proses Penjerapan	73
Jadual 4.11	Kepekatan Zink Dalam Larutan Sintetik Selepas Penjerapan Resin	77
Jadual 4.12	Kepekatan Zink Dalam Larutan Sintetik Selepas Penjerapan Karbon Teraktif	80
Jadual 4.13	Kepekatan Kuprum Dalam Larutan Sintetik Selepas Penjerapan Resin	83
Jadual 4.14	Kepekatan Kuprum Selepas Penjerapan Karbon Teraktif	86

Jadual 5.1	Penjerapan Dan Perolehan Logam Menggunakan 3 Unit Operasi Yang Berbeza	91
------------	--	----

Senarai Rajah

Rajah 2.1	Carta alir untuk proses pembuatan sarung tangan	9
Rajah 2.2	Carta alir untuk proses “Quality Assurance”	10
Rajah 2.3	Kandungan kelembapan berubah dengan pemautesilangan	16
Rajah 2.4	Hubungan antara kadar alir dengan saiz partikel	21
Rajah 3.1	Rumusan eksperimen-eksperimen yang dijalankan	34
Rajah 4.1	Prestasi penjerapan Cu oleh karbon teraktif melawan kitaran	48
Rajah 4.2	Fotomikrograf SEM karbon teraktif sebelum penjerapan (x 17)	48
Rajah 4.3	Fotomikrograf SEM karbon teraktif selepas penjerapan Cu (x 500)	49
Rajah 4.4	Prestasi penjerapan zink oleh karbon teraktif melawan kitaran	52
Rajah 4.5	Fotomikrograf SEM karbon teraktif selepas penjerapan zink	52
Rajah 4.6	Prestasi penjerapan zink dari air sisa oleh karbon teraktif melawan kitaran	57
Rajah 4.7	Perolehan zink bagi karbon teraktif Versatec	57
Rajah 4.8	Prestasi penjerapan Cu oleh resin melawan kitaran	61
Rajah 4.9	Fotomikrograf SEM resin selepas penjerapan Cu (x 4.98K)	61
Rajah 4.10	Prestasi penjerapan zink oleh resin melawan kitaran	65
Rajah 4.11	Fotomikrograf SEM resin selepas penjerapan zink (x 2.46K)	65
Rajah 4.12	Prestasi penjerapan zink dari air sisa oleh resin melawan kitaran	68
Rajah 4.13	Perolehan zink bagi resin IRC 718	69
Rajah 4.14	Prestasi penjerapan zink oleh karbon teraktif dan resin melawan kitaran	73
Rajah 4.15	Perolehan zink bagi resin IRC 718 dan karbon teraktif Versatec	74

Rajah 4.16 Penjerapan zink oleh resin IRC 718 (batch test)	78
Rajah 4.17 Prestasi penjerapan zink oleh karbon teraktif melawan masa kontak	81
Rajah 4.18 Prestasi penjerapan Cu oleh resin IRC 718 melawan masa kontak	84
Rajah 4.19 Prestasi penjerapan Cu oleh karbon teraktif melawan masa kontak	87

ABSTRACT

“Usage of activated carbon and resin for wastewater treatment using column method”

This project deals with the heavy metal removal using activated carbon and resin. The system comprises of 3 operation units: activated carbon column, resin column and the combination of activated carbon and resin column.

The manufacturing industry generates wastewater that is hazardous to the environment and living organism. Thus, the objective of the project is to develop an effective method to reduce the heavy metal content in the wastewater. The prime objective of this research is to investigate the role and efficiency of both activated carbon type “Versatec” and resin IRC 718. The source of wastewater which consists of zinc as waste by products is obtained from a glove manufacturing industry in Penang. Parameters that will be emphasized in this research are retention time, mass of activated carbon / resin, height of column and also pH.

There are altogether 11 experiments that have been carried out to determine the adsorption effectiveness between activated carbon and resin on 2 different heavy metals: zinc and copper. From the research, resin IRC 718 showed the better adsorption than the activated carbon type “Versatec”. It is also clear that the adsorption of zinc by resin and activated carbon is much better compared to copper. The adsorption percentage on zinc and copper using resin IRC 718 ranges from 93.83% to 98.96%. On the other hand, adsorption by activated carbon Versatec shows a lower percentage, ranging from 79.72% to 89.45%. Experiment conducted with a combination of resin and activated carbon in a

column showed 100% adsorption compared with the single unit using resin or activated carbon.

Adsorption isotherm studies is also being carried out to determine the adsorptive capability of zinc and copper. A comparison is made of the adsorption capabilities of the commercial activated carbon and ion exchange resin.

On conclusion, the resin and activated carbon play an important role in heavy metal adsorption from the wastewater.

ABSTRAK

Projek ini melibatkan penyingkiran logam berat menggunakan karbon teraktif dan resin. Sistem ini melibatkan 3 unit operasi iaitu kolum karbon teraktif, kolum resin penukaran ion serta kombinasi kolum karbon teraktif dan resin.

Industri pembuatan menghasilkan air sisa yang berbahaya kepada alam sekitar dan organisma hidup. Dengan itu, objektif projek ini adalah untuk menghasilkan penyelesaian yang efektif untuk mengurangkan kandungan logam berat dalam air sisa, dengan menggunakan karbon teraktif jenis “Versatec” dan resin IRC 718. Sumber air sisa yang mengandungi zink ini diperolehi daripada kilang penghasilan sarung tangan di Pulau Pinang. Parameter-parameter yang dititikberatkan dalam kajian ini adalah masa retensi, jisim karbon teraktif / resin, ketinggian kolum dan juga pH.

Sebanyak 11 eksperimen dijalankan untuk menentukan keefektifan penjerapan antara karbon teraktif dan resin ke atas 2 jenis logam berat yang berbeza, iaitu zink dan kuprum. Daripada kajian, resin IRC 718 menunjukkan penjerapan yang lebih baik berbanding dengan karbon teraktif “Versatec”. Adalah jelas bahawa penjerapan zink oleh resin dan karbon teraktif adalah lebih baik daripada kuprum. Keputusan menunjukkan peratusan penjerapan oleh zink dan kuprum ke atas resin IRC 718 berjulat dari 93.83% hingga 98.96%. Selain itu, peratusan penjerapan oleh karbon teraktif Versatec mempamerkan nilai yang lebih rendah, iaitu antara 79.72% hingga 89.45%. Tambahan pula, eksperimen yang melibatkan kombinasi resin dan karbon teraktif dalam kolum juga dijalankan. Analisis

AAS menunjukkan penjerapan adalah 100% berbanding dengan unit yang menggunakan resin atau karbon teraktif.

Dengan meninjau sudut lain pula, eksperimen isoterma penjerapan juga dijalankan untuk menentukan penjerapan zink dan kuprum. Tambahan pula, perbandingan keupayaan penjerapan antara karbon teraktif dan resin dijalankan.

Kesimpulannya, resin dan karbon teraktif memainkan peranan yang penting dalam penjerapan logam berat daripada air sisa.

BAB 1

Pengenalan

1.1 Latar Belakang Kajian

Penggunaan resin dan karbon teraktif dalam perawatan air sisa telah dijalankan pada abad ke-19. Moses dan Aristotle menemui fenomena penukaran ion di mana air masin dapat ditukar kepada air yang manis. Selepas itu, Tompson (1850) dan Way (1850) melaporkan bahawa apabila pasir dirawat dengan larutan ammonium karbonat, ammonium akan terserap dan kalsium akan dilepaskan. Ini kemudian dibuktikan oleh Erichorn (1828) bahawa penyerapan ion daripada tanah oleh tanah liat adalah proses yang berbalik.

Karbon teraktif pula mula digunakan pada tahun 1785. Pada tahun 1880, W.S.David telah mempatenkan satu proses, iaitu perolehan emas daripada larutan pregnan pengklorinan. Bahan asas seperti tempurung kelapa, gentian kelapa sawit dan kayu akan menghasilkan karbon teraktif. Tong dan Hamzah (1989) telah mendapati bahawa gentian kelapa sawit boleh digunakan untuk menghasilkan karbon teraktif.

Pada abad ke-20, Bolto menyatakan bahawa proses penukaran ion merupakan kaedah yang sesuai untuk menghasilkan air tulen, tetapi bukannya menuliskan bahan buangan. Meenakshi Goyal et al. (2000) telah menjalankan eksperimen untuk menyingkirkan kuprum daripada larutan akuas menggunakan karbon teraktif. Oleh

sebab mempunyai luas permukaan yang besar, struktur mikroporos dan darjah reaktiviti permukaan yang tinggi, karbon teraktif sesuai digunakan untuk proses penjerapan kuprum daripada air sisa.

Dengan meninjau sudut lain pula, aplikasi karbon teraktif dalam perawatan air sisa menggunakan proses hidrometalurgi, seperti perolehan emas daripada larutan sianida (Dean) adalah lebih baik jika dibandingkan dengan penukaran ion. Karbon teraktif telah menunjukkan sifat penjerapan yang amat berkesan terhadap kadmium, kromium, zink dan kuprum dalam air sisa (Argo).

Di samping itu, Kamarudin Hussin et al. telah menjalankan eksperimen untuk menyingkirkan sianida dengan menggunakan resin Amberlite IRA 400 dan Duolite A147. Keputusan telah menunjukkan resin penukar ion ini merupakan kaedah alternatif yang boleh merawat sianida dan membenarkan perolehan sianida dengan asid cair.

Secara kesimpulannya, proses penukaran ion merupakan kaedah yang paling sesuai dalam merawat air sisa. Oleh sebab terdapat pelbagai aplikasi yang sangat luas dan bahan penukar ion yang banyak, pemilihan resin dan karbon teraktif yang paling sesuai adalah sukar. Maka adalah penting untuk menjalankan eksperimen pemilihan resin dan karbon teraktif yang sesuai untuk mendapatkan keputusan yang optimum.

1.2 Identifikasi Masalah

Demi merealisasikan wawasan 2020, banyak kilang pembuatan yang berteknologi tinggi telah didirikan seperti cendawan tumbuh selepas hujan. Oleh itu, tidak dapat dinafikan bahawa kewujudan industri-industri ini telah memajukan ekonomi negara dengan menggalakkan pelaburan negara asing. Akan tetapi, kesan negatif yang amat buruk ialah pencemaran. Ia ditakrifkan sebagai kemasukan oleh manusia bahan-bahan atau tenaga ke dalam persekitaran yang boleh mendatangkan bahaya kepada kesihatan manusia, sumber-sumber hidupan dan sistem ekologi.

Kemasukan bahan-bahan yang berbahaya ke dalam ekosistem kita telah membawa banyak kesan negatif ke atas kesihatan manusia, hasil pertanian dan juga ekosistem semulajadi. Antara pencemaran yang paling serius dihadapi oleh Malaysia ialah pencemaran air. Maka, keperluan untuk sistem-sistem perawatan air sisa yang lebih cekap dan berkesan meningkat secara mendadak (Retana Kanluen dan Sultan I. Amer, 2001). Sumber kontaminasi termasuklah sisa-sisa dari penghasilan bahan kimia industri, operasi penyaduran logam dan penggunaan racun serangga dalam pertanian. Kandungan air sisa ini mesti disingkirkan atau diminimakan ke tahap yang boleh diterima sebelum disalurkan keluar daripada kawasan operasi ke persekitaran. Kaedah perawatan air sisa boleh dibahagikan kepada 3 kelas utama, iaitu secara fizikal, kimia dan biologi. Namun demikian, 2 kaedah yang kerap digunakan ialah kaedah kimia dan biologi, ataupun gabungan kedua-duanya.

Dalam projek akhir tahun ini, air sisa yang mengandungi logam berat zink diperolehi

daripada sebuah kilang membuat sarung tangan. Pengenalan ringkas terhadap proses pembuatan sarung tangan telah dihuraikan dalam seksyen 2.1. Kajian ditumpukan kepada penggunaan resin dan karbon teraktif dalam merawat air sisa yang mengandungi zink dan larutan sintetik kuprum. Kajian ini melibatkan unit operasi kolum mini resin, kolum mini karbon teraktif dan juga kolum mini kombinasi resin dan karbon teraktif. Faktor-faktor seperti pH, saiz karbon teraktif, berat resin dan karbon teraktif, halaju aliran dan sebagainya telah dititikberatkan untuk memberi gambaran yang kasar terhadap parameter-parameter ini yang boleh mempengaruhi kejituan keputusan.

1.3 Kepentingan Kajian

Sektor pembuatan di Malaysia menghasilkan air sisa yang berlainan yang melibatkan bahan kimia. Malaysia Environmental Quality report (1999) melaporkan bahawa setiap industri menghadapi masalah pembuangan yang berlainan dan mempunyai titik fokus rawatan yang berlainan.

Kepentingan kajian ini adalah untuk memberikan gambaran yang lebih menyeluruh terhadap proses perawatan air sisa menggunakan resin dan karbon teraktif. Parameter-parameter yang mempengaruhi keputusan eksperimen juga dibincangkan dan rekabentuk eksperimen ini boleh diubahsuaikan demi menyempurnakan eksperimen ini.

Di samping itu, harus diingatkan bahawa tujuan eksperimen ini ialah untuk meminimalkan logam berat yang terdapat dalam air sisa, iaitu zink dengan menggunakan resin dan karbon teraktif. Maka adalah penting untuk mengkaji sifat-sifat yang ada pada resin dan karbon teraktif, lalu mendapatkan rekabentuk yang paling sesuai untuk menjalankan eksperimen ini.

Dengan meninjau sudut lain pula, kekurangan konsep untuk pemeliharaan alam sekitar memburukkan lagi proses pencemaran. Bahan kimia yang berbahaya dibuangkan sesuka hati ke dalam sungai yang mengakibatkan organisma hidup terancam. Inilah masanya untuk mengurangkan dos bahan pencemar dalam sungai dengan mengaplikasikan proses penjerapan logam berat menggunakan resin dan karbon teraktif.

1.4 Objektif Dan Skop Kajian

Sejumlah 11 eksperimen dijalankan dalam projek tahun akhir ini dan diharapkan akan memberi satu gambaran yang jelas terhadap proses perawatan air sisa yang mengandungi logam berat. Dalam eksperimen-eksperimen ini, penjerapan adalah melalui kolum dan 2 jenis bahan digunakan sebagai agen penjerapan, iaitu resin IRC 718 dan karbon teraktif Versatec.

Sumber air sisa adalah daripada kilang membuat sarung tangan. Air sisa ini hanya mengandungi zink. Maka eksperimen ini bertujuan untuk mengkaji keberkesanan resin dan karbon teraktif untuk menyerap zink daripada air sisa. Pada masa yang sama, larutan sintetik zink dan larutan sintetik kuprum juga digunakan dalam eksperimen sebagai perbandingan pretasi penjerapan resin dan karbon teraktif.

Antara eksperimen-eksperimen yang dijalankan ialah penjerapan kuprum oleh resin dan karbon teraktif, penjerapan zink oleh resin dan karbon teraktif dan juga penjerapan air sisa oleh resin dan karbon teraktif. Sebagai perbandingan keberkesanan penjerapan, eksperimen yang menggabungkan kedua-dua resin dan karbon teraktif dalam merawat air sisa juga dijalankan. Akhir sekali ialah eksperimen mengenai isoterma penjerapan di mana larutan sintetik kuprum dan zink dimasukkan ke dalam kelalang kon yang mengandungi sejumlah resin atau karbon teraktif dan digaul untuk beberapa jam.

BAB 2

SOROTAN LITERATUR

2.1 Pengenalan Kepada Proses Pembuatan Sarung Tangan

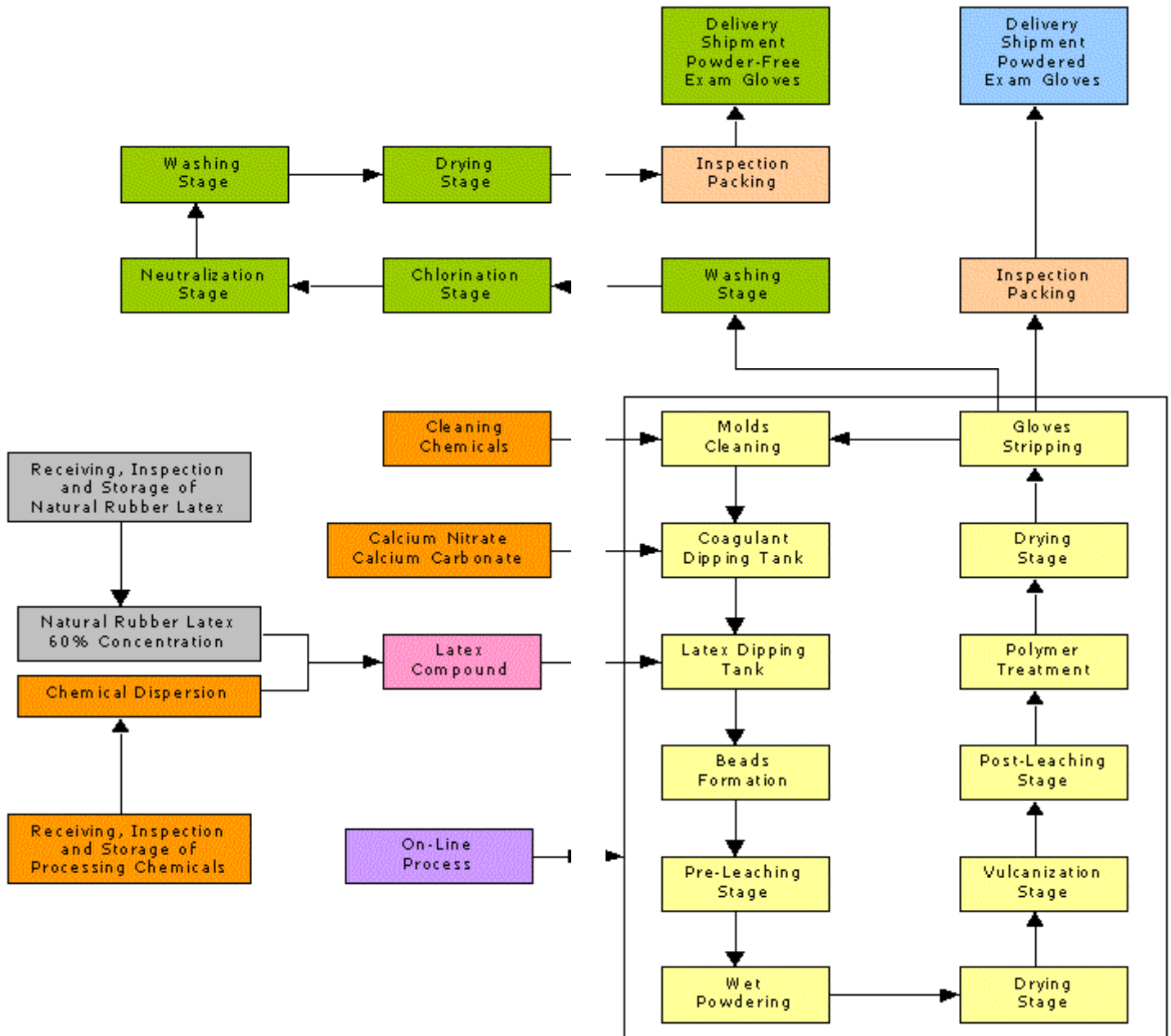
Bahan mentah yang digunakan dalam pembuatan sarung tangan ialah lateks getah semulajadi dengan kandungan 60% getah kering. Komposisi lateks disediakan dengan menambahkan bahan kimia kepada lateks dalam satu operasi kelompok. Bahan penambah ini termasuklah “fatty acid soap” yang berperanan sebagai pengimbang (stabilizer), sulfur (agen pemaatsilangan), “zinc dibutyldithiocarbamate” berfungsi sebagai “accelerator”, “zinc oxide” sebagai bahan pengaktif, “alkylated phenols” sebagai agen pengoksidaan dan titanium dioksida sebagai pigmen. Selepas bercampur dengan bahan kimia ini, lateks ditinggalkan selama 1 hari.

Dalam proses pembuatan sarung tangan, acuan seramik yang dipanaskan dimasukkan dalam slurri kalsium nitrat dan kalsium karbonat. Apabila acuan telah dikeringkan, ia dimasukkan ke dalam kompaun lateks. Kalsium nitrat pada acuan menyebabkan kompaun lateks membeku dan menghasilkan bentuk sarung tangan. Di samping itu, kalsium karbonat berfungsi sebagai agen “anti-tack barrier” antara getah dengan acuan untuk memudahkan penanggalan sarung tangan yang siap.

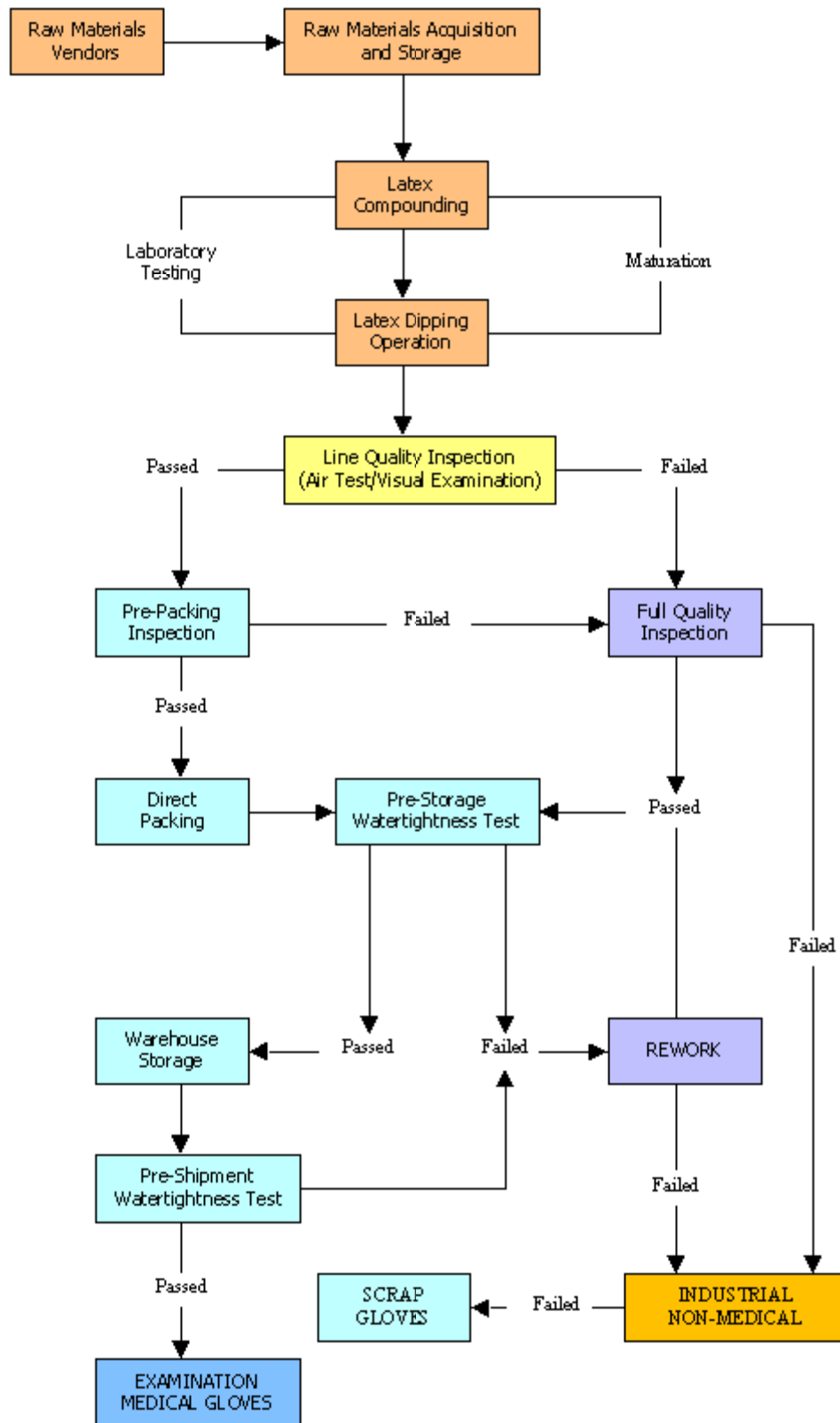
Pelarutlesapan dengan air digunakan untuk menanggalkan bahan yang larut air yang disadur ke atas sarung tangan yang baru terbentuk. Dalam kes yang berbeza, pelarutlesapan pasca (post leaching) telah ditambah untuk mengurangkan protein

pengestrakan air pada permukaan sarung tangan. Efluen daripada tangki pelarutlesapan merupakan salah satu punca pencemaran air. Air sisa daripada kilang sarung tangan dirawat dalam loji perawatan efluen, melibatkan proses pengentalan kimia, proses anaerobik dan proses enap cemar. Sludge kimia yang mengandungi zink dihasilkan.

Piawai efluen untuk sesuatu kilang sarung tangan ialah kepekatan zink yang dihasilkan ialah 1ppm atau 1mg/l dan keperluan oksigen kimia (Chemical Oxygen Demand) kurang daripada 50mg/l atau 50ppm. Rajah 2.1 dan Rajah 2.2 menunjukkan alir untuk pembuatan sarung tangan dan juga “quality assurance”.



Rajah 2.1: Carta alir untuk proses pembuatan sarung tangan



Rajah 2.2: Carta alir untuk proses “quality assurance”

Setiap kilang pembuatan tentunya akan menghasilkan air sisa yang berbahaya. Begitu juga dengan kilang pembuatan sarung tangan. Industri sarung tangan di Malaysia bergantung kepada getah asli, bahan kimia tak organik dan organologam sebagai bahan mentah. Selain itu, ia juga melibatkan penggunaan air dan tenaga yang banyak. Sumber tenaga berasal daripada pemanasan elektrik, gas asli dan juga wap. Sisa buangan daripada industri sarung tangan terdiri dari air kotor dan mengandungi bahan kimia dan juga lateks yang tidak diperlukan. Secara keseluruhannya, antara aspek alam sekitar yang penting dan harus diberi perhatian yang sepenuhnya adalah seperti berikut:

Jadual 2.1: Aspek alam sekitar yang penting

Produk / Aktiviti	Aspek alam sekitar	Kesan
Sarung tangan getah	<ul style="list-style-type: none"> • Pembuangan sarung tangan yang rosak, di mana ia tidak memenuhi kualiti 	<ul style="list-style-type: none"> • Kontaminasi tanah dan air permukaan • Berlaku juga pencemaran udara melalui pembakaran terbuka
“Latex compounding”	<ul style="list-style-type: none"> • Penambahan bahan kimia seperti agen penstabil, pigmen dan sebagainya semasa proses penghasilan sarung tangan • Campuran ammonia semasa pembuatan sarung tangan • Penambahan serbuk sulfur dalam sarung tangan • Pembersihan campuran lateks dan tangki simpanan menghasilkan sisa cecair bahaya yang mengandungi kepekatan zink yang tinggi 	<ul style="list-style-type: none"> • Kontaminasi tanah dan air • Pencemaran air • Masalah kesihatan kepada pekerja
Proses pelarutlesapan sarung tangan dengan air	<ul style="list-style-type: none"> • Discas daripada efluen daripada tangki pelarutlesapan menghasilkan sisa cecair yang mengandungi kepekatan zink yang tinggi 	<ul style="list-style-type: none"> • Pencemaran air

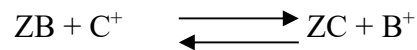
Kenapa kita menggunakan sarung tangan? Inilah soalan yang kerap didengar tetapi sukar untuk dijelaskan. Sebab yang paling penting ialah dari segi kesihatan. Penggunaan sarung tangan membolehkan kita mengelakkan diri daripada jangkitan mikroorganisma, terutamanya virus HIV. Sarung tangan yang diperbuat daripada getah asli merupakan halangan yang paling efektif terhadap jangkitan virus.

Dalam industri pembuatan sarung tangan, lateks merupakan istilah yang penting. Lateks getah asli diperolehi daripada pokok "*Hevea brasiliensis*". Lateks ini adalah cecair berwarna susu yang terdiri daripada 30 – 40% partikel hidrokarbon getah yang terampai dalam serum dengan komponen minor yang lain yang hanya mengandungi beberapa peratus sahaja, iaitu protein, lipid, karbohidrat dan gula. Komponen yang tertinggal pula ialah air.

Kegunaan getah asli --- merupakan bahan mentah dalam pembuatan tayar, paip, kasut, komponen kereta, barangan domestik dan juga sarung tangan. Akan tetapi, masalah yang dihadapi dalam industri yang menggunakan getah asli sebagai bahan mentah ialah kekurangan getah asli dan saingan daripada getah sintetik dari negara jiran seperti Thailand dan Indonesia. Oleh sebab itu, Institut Penyelidikan Getah Malaysia (RRIM) sedang berusaha dalam menangani masalah ini untuk memelihara kepentingan para pengusaha tempatan. Dengan erti kata yang lain, hak konsumen terjamin kerana harga barangan tidak akan menjadi terlalu tinggi.

2.2 Pengenalan Kepada Proses Penukar Ion

Proses penukar ion ditakrifkan sebagai proses tindak balas kimia berbalik di antara penukar ion pepejal dan larutan akuas di mana ion-ion akan bertukar ganti antara fasa pepejal dan fasa cecair. Satu bahan penukar ion boleh menukarkan sama ada kation atau anion dan dinamakan sebagai zat penukar kation dan zat penukar anion masing-masing. Ion-ion mobil yang bertukarganti ini dinamakan ion-ion “counter”. Apabila penukar ion kationik (ZB) bertindakbalas dengan larutan akuas yang mengandungi ion C^+ , proses penukaran antara ion “counter” berlaku dan suatu keseimbangan terbina melalui persamaan berikut:



Sejauhmana penukaran ini berlaku dalam tindakbalas yang ditunjukkan bergantung kepada koefisien taburan D_B :

$$D_B = \frac{\text{Milliekuivalen bagi ion } C^+ \text{ bagi satu gram zat penukar ion}}{\text{Milliekuivalen bagi ion } C^+ \text{ bagi satu milliliter larutan akuas.}}$$

Nilai D_B ini ditentukan daripada eksperimen dengan mengambil satu berat tertentu zat penukar ion itu bersentuhan dengan isipadu tertentu satu larutan akuas (dalam kolum).

Nilai D_B yang tinggi menunjukkan bahawa zat penukar mempunyai afiniti yang tinggi terhadap ion C^+ .

Terdapat 2 langkah utama yang terlibat dalam proses penukar ion, iaitu:

- (a) penjerapan --- larutan yang mengandungi ion logam dialirkan melalui kolum resin. Ion logam dari fasa akuas akan memasuki fasa pepejal resin.
- (b) Elusi --- mengalirkan isipadu kecil larutan yang bersesuaian untuk menanggalkan ion logam sepenuhnya dari resin.

2.3 Jenis-jenis Penukar Ion

Bahan penukar ion adalah sama ada tak organik dan organik. Contoh bahan tak organik ialah aluminosilikat, $\text{Al}[\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2]_n \cdot \text{H}_2\text{O}$ dan fluoroapatit $[\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot \text{Ca}_2\text{F}]$ di mana aluminosilikat ialah kationik dan fluoroapatit ialah anionik. Penukar tak organik boleh didapati secara semulajadi ataupun disediakan secara sintetik. Arang sulphonated, peat atau lignit mengandungi kumpulan asid sulfonik ($-\text{SO}_3\text{H}$) dan kumpulan fenolik ($-\text{OH}$) adalah bahan organik pertama yang merupakan penukar ion kationik. Akan tetapi, penukar ini telah digantikan dengan polimer organik sintetik yang dikenali sebagai resin. Resin organik sintetik yang ada di pasaran sekarang ialah:

- Resin penukar kation asid lemah ($\text{R}-\text{COOH}$) dan asid kuat ($\text{R}-\text{SO}_3\text{A}$).
- Resin penukar anion bes lemah $[\text{R}-\text{CH}_2\text{N}(\text{CH}_3)_2]$ dan bes kuat $[\text{R}-\text{CH}_2\text{N}^+(\text{CH}_3)_3]$.

Resin asid dan bes kuat terion dengan sempurna manakala resin asid dan bes lemah terion separa sahaja. Resin asid dan bes lemah tidak sesuai digunakan untuk larutan yang mengandungi $\text{pH} < 4$ dan > 5 .

Sifat-sifat yang harus ada pada resin:

- I. Resin harus tahan lasak.
- II. Mempunyai ketahanan terhadap penguraian kimia, tidak mudah pecah atau berubah bentuk secara fizikalnya.
- III. Mempunyai keterlarutan dalam air yang amat rendah.
- IV. Memiliki kuantiti ion boleh-tukar yang amat besar.

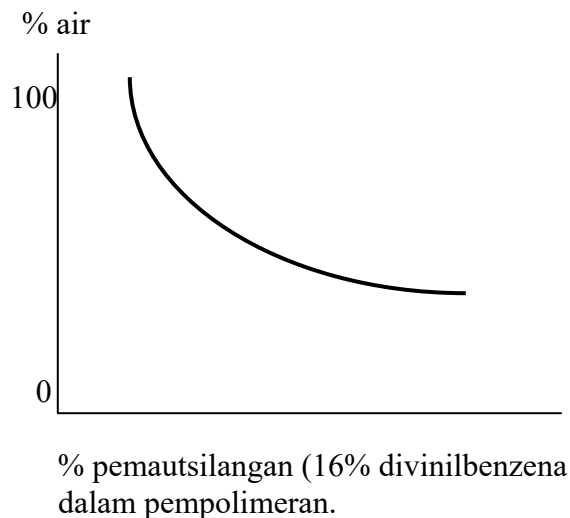
2.4 Ciri-ciri Bagi Resin Penukar Ion

(1) Pemautilangan

Amaun pemautilangan bergantung kepada nisbah monomer-monomer berlainan yang digunakan dalam langkah pempolimeran. Julat praktikalnya adalah antara 4% hingga 16%. Resin dengan pemautilangan yang rendah biasanya berair. Pertukaran dimensi bergantung kepada ion yang diikat. Sifat-sifat yang berkaitrapat dengan pemautilangan ialah:

(i) Kandungan kelembapan

Ciri fizikal resin penukar ion yang akan bertukar apabila berlaku penukaran di dalam pemautilangan adalah kandungan kelembapan. Sebagai contoh, kumpulan asid sulfonik menarik air dan air ini terikat dengan kuat dalam partikel resin. Di samping itu, kumpulan ammonium kuartenari dalam resin anion juga bersifat sedemikian. Rajah 2.3 menunjukkan plot perubahan kandungan kelembapan dengan perubahan dalam pemautilangan:



Rajah 2.3: Kandungan kelembapan berubah dengan pemautilangan

(ii) Kadar keseimbangan

Tindak balas penukar ion adalah proses yang berbalik dengan keadaan keseimbangan yang berbeza bagi ion yang berlainan. Pemautesilangan mempunyai pengaruh yang kuat terhadap masa yang diperlukan untuk sesuatu ion untuk mencapai keseimbangan. Sesuatu resin penukar ion yang tinggi pemautesilangannya mempunyai rintangan yang lebih banyak terhadap resapan bagi pelbagai ion. Dengan itu, masa yang diperlukan untuk mencapai keseimbangan adalah lebih lama. Kelazimannya, semakin besar sesuatu ion atau molekul yang meresap dalam partikel penukar ion ataupun semakin tinggi darjah pemautesilangan bagi polimer, masa yang lebih lama diperlukan untuk mencapai keadaan keseimbangan.

(iii) Ringkasan kesan pemautesilangan

Kopolimer stirena yang mengandungi amaun divinilbenzena yang rendah (1 – 4%) disifatkan seperti yang berikut:

- (a) Darjah kebolehtelapan yang tinggi.
- (b) Kadar keseimbangan yang tinggi.
- (c) Pengurangan stabiliti fizikal.
- (d) Mengandungi amaun kelembapan yang besar.
- (e) Kapasiti yang lebih rendah dalam isipadu basah.
- (f) Kememilihan terhadap pelbagai ion berkurang, tetapi kemampuan untuk memuatkan ion yang lebih besar meningkat. Kopolimer stirena yang mengandungi amaun divinilbenzena yang tinggi (12 – 16%) mempamerkan sifat-sifat dalam arah yang bertentangan.

(2) Kapasiti

Definisi jumlah kapasiti bagi resin penukar ion ialah bilangan kumpulan ionogenik bagi suatu berat resin yang tertentu dalam sebutan milliekuivalen bagi setiap gram resin. Ia boleh ditakrifkan dalam istilah milliekuivalen per gram resin kering ataupun milliekuivalen per millimeter resin basah. Nilai bagi kapasiti resin adalah antara 3.0 hingga 5.0 meq per gram kering resin ataupun 1.0 hingga 1.8 meq per millimeter resin basah. Dalam kes resin asid kuat dan bes kuat, keberkesanan kapasiti penukaran dalam keadaan eksperimen yang sebenar adalah hampir dengan nilai pengiraan maksimum yang diterbitkan daripada definisi. Ini adalah kerana resin terion sepenuhnya dan nombor kumpulan ionogenik adalah sama dengan nombor ion “ counter” kebolehtukaran. Akan tetapi, kapasiti penukaran efektif bagi resin asid / bes lemah adalah jauh lebih rendah kerana tidak terion sepenuhnya dan bergantung kepada pH dan kepekatan ion awal larutan. Sebagai kesimpulannya, pemautilangan resin yang tinggi mempamerkan kapasiti penukaran yang baik untuk semua ion, tetapi tidak semestinya ion besar.

(3) Pengampulan (Swelling)

Apabila resin tersentuh dengan larutan akuas, amalan air yang tertentu akan memasuki fasa resin, lalu berkembang. Resin mempamerkan kecenderungan pengembangan yang tinggi dengan kriteria yang berikut: darjah pemautilangan yang rendah, kapasiti penukaran yang tinggi dan proses pengionan yang sempurna.

(4) Kememilihan

Kememilihan ditakrifkan sebagai kecenderungan resin untuk memilih ion yang wujud dalam larutan akuas yang mengandungi banyak ion. Ia berkaitan dengan resin dan ion yang hendak ditukargantikan. Faktor-faktor yang mempengaruhi kememilihan ialah:

- Kememilihan bergantung kepada valensi ion “counter” (bertentangan). Resin berkecenderungan untuk memilih ion bertentangan dengan valensi yang tinggi. Kecenderungan ini meningkat dengan meningkatnya pencairan larutan dan darjah pemautilangan resin. Contoh: $\text{Na}^+ \prec \text{Ca}^{2+} \prec \text{Al}^{3+} \prec \text{Th}^{4+}$
- Kememilihan bergantung kepada saiz ion bertentangan. Semakin besar saiz ion bertentangan, semakin tinggi pengembangan ion ataupun semakin besar tekanan pengembangan dalam resin. Oleh itu, resin akan memilih ion yang lebih kecil saiznya. Sebagai contoh, resin yang tersentuh dengan larutan yang mengandungi Li^+ dan Cs^+ , resin akan memilih ion Cs^+ kerana ia mempunyai isipadu ionik terhidrat yang lebih rendah. Contoh kememilihan ion alkali mengikut susunan adalah seperti berikut: $\text{Li}^+ \prec \text{H}^+ \prec \text{Na}^+ \prec \text{NH}_4^+ \prec \text{K}^+ \prec \text{Rb}^+ \prec \text{Cs}^+$. Manakala bagi ion bercas dua, saiz ion adalah faktor yang penting tetapi pelarutan garam yang tidak sempurna juga merupakan faktor yang memainkan peranan, iaitu $\text{Cd}^{2+} \prec \text{Be}^{2+} \prec \text{Mn}^{2+} \prec \text{Mg}^{2+} = \text{Zn}^{2+} \prec \text{Cu}^{2+} = \text{Ni}^{2+} \prec \text{Co}^{2+} \prec \text{Ca}^{2+} \prec \text{Sr}^{2+} \prec \text{Pb}^{2+} \prec \text{Ba}^{2+}$. Susunan kememilihan bagi penukar anion: $\text{Citrate}^{2-} \succ \text{SO}_4^{2-} \succ \text{oxalate} \succ \text{I}^- \succ \text{HSO}_4^{2-} \succ \text{NO}_3^- \succ \text{Br}^- \succ \text{CN}^- \succ \text{HSO}_3^- \succ \text{NO}_2^- \succ \text{Cl}^- \succ \text{HCO}_3^- \succ \text{H}_2\text{PO}_4^- \succ \text{farmate}^- \succ \text{acetate}^- \succ \text{F}^- \sim \text{OH}^-$ (data daripada Pecsok et al.,(1976) and Patterson (1970)).

- Saiz intrinsik pada ion bertentangan adalah faktor yang penting. Jika ion terlalu besar, ia tidak boleh memasuki liang resin dan akhirnya akan meninggalkan fasa resin.
- Interaksi spesifik bagi ion bertentangan dengan kumpulan ionik tetap memainkan peranan yang penting dalam penentuan kememilihan. Semakin kuat interaksi, semakin tinggi kememilihan. Bentuk interaksi ini adalah kovalen ataupun elektrostatik.

(5) Saiz partikel

Saiz fizikal partikel resin dikawal semasa langkah pempolimeran. Ia memainkan peranan yang penting ke atas aliran cecair dan keberkesanan pemisahan sistem. Partikel yang kecil biasanya adalah lebih berkesan kerana mempunyai luas permukaan yang tinggi tetapi ini akan menyebabkan kehilangan turus (head losses) yang menambahkan kos tenaga. Ciri-ciri yang berkaitan dengan saiz partikel ialah seperti berikut:

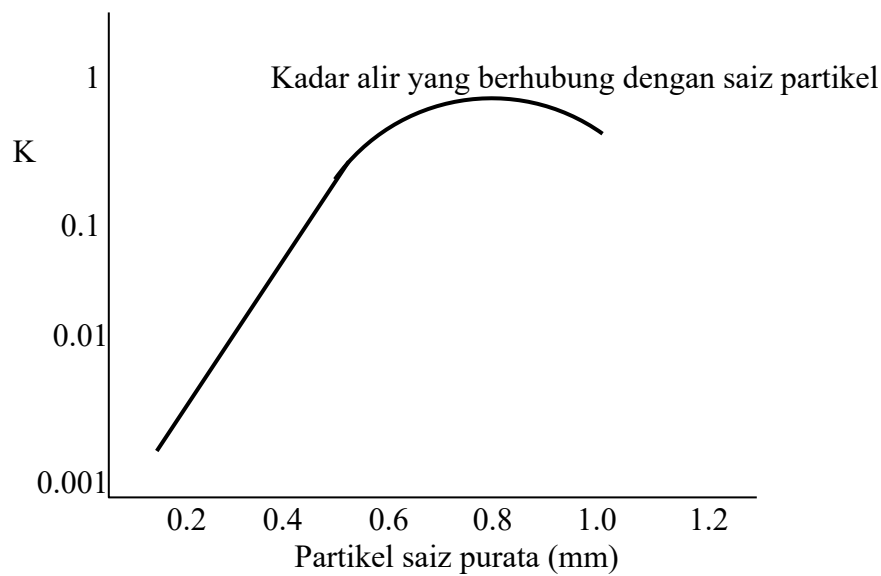
(i) Kadar keseimbangan

Saiz partikel dalam resin penukar ion mempengaruhi masa yang diperlukan untuk menghasilkan keadaan keseimbangan. Terdapat 2 jenis resapan yang mesti dipertimbangkan dalam ekuilibria penukar ion, iaitu resapan filem dan resapan dalaman. Resapan filem ialah pergerakan ion dari larutan sekeliling ke atas permukaan partikel resin penukar ion. Ia merupakan pengawalan tindakbalas di dalam larutan yang cair. Manakala resapan dalaman ialah pergerakan ion dari permukaan kepada bahagian dalaman sesuatu partikel penukar ion. Saiz partikel

yang halus mempunyai permukaan yang luas mempunyai permukaan yang luas bagi resapan filem dan juga mempunyai isipadu dalam yang kurang bagi resapan ion.

(ii) Kadar alir

Proses penukar ion biasanya dijalankan dalam kolum. Cecair mungkin diproses secara pengaliran ke atas atau pengaliran ke bawah melalui kolum. Partikel resin yang berbentuk sfera merintang / menghalang pengaliran cecair melalui atau mengeliling mereka. Saiz partikel yang lebih kecil menghasilkan rintangan yang lebih besar terhadap cecair. Rajag di bawah menghubungkan pengurangan kadar alir dengan berkurangnya saiz partikel



Rajah 2.4: Hubungan antara kadar alir dengan saiz partikel (daripada brochure resin Dowex)

(6) Ketumpatan resin

Penukar kation biasanya mempunyai ketumpatan kering yang lebih tinggi daripada penukar anion. Faktor-faktor seperti kapasiti pengampulan, darjah pemautilangan dan jenis ion bertentangan akan mempengaruhi ketumpatan basah resin.

(7) Keporosan

Kumpulan aktif permukaan dan kumpulan kapilari memainkan peranan dalam mencirikan penukar ion. Liang penukar ion boleh mempunyai saiz berlainan walaupun merupakan produk yang sama.

Jadual 2.2 menunjukkan senarai resin penukar ion dan kegunaannya dalam pengolahan larutan yang mengandungi logam:

Jadual 2.2: Senarai beberapa jenis resin penukar ion dan kegunaannya dalam pengolahan larutan yang mengandungi logam

Jenis penukar ion	Rohm & Hass Co. USA	Dow Chemical Co, USA	Diamond alkali Co, USA
Kation asid kuat	Amberlite 120	Dowex 30	Duolite C 25
Kation asid lemah	Amberlite 120	Dowex CCR - 1	Duolite CS – 100
Anion bes kuat	Amberlite 400 & Amberlite 410	Dowex 1 & Dowex 2	Duolite A – 42
Anion bes lemah	Amberlite 68 & Amberlite 45	Dowex 3	Duolite A – 42
Chelating resins	-	Dowex A - 1	-

2.5 Jenis Utama Penukar Ion

Penukar ion mempunyai 2 kumpulan utama iaitu penukar kation dan penukar anion. Menurut Helfferich (1962), penukar ion boleh dikatakan sebagai mempunyai parasit dengan ion lawan terapung di dalam liang matrik.

(a) Penukar anion

Molekulnya mengandungi amina, ammonium kuartenari atau radikel bes seperti NH_3OH yang boleh memuatkan anion organik atau mineral. Di samping itu, resin jenis ini juga mampu untuk bertukar dengan ion hidroksil (OH^-), klorida (Cl^-) atau sulfat (SO_4). Persamaan tindakbalas adalah seperti yang berikut:



(b) Penukar Kation

Molekulnya mengandung radikel asid seperti sulfonik (HSO_3), karbosilik (HCO_3) atau fenol dan boleh memuatkan kation organik atau mineral. Di samping itu, ia juga boleh ditukarkan dengan ion hidrogen, H^+ . Persamaan tindakbalas adalah seperti yang berikut:



Kinetik proses penukaran:

Langkah-langkah yang terlibat adalah seperti berikut:

- (a) Pengangkutan ion dari larutan pukal ke permukaan resin melalui sempadan lapisan cecair mengelilingi resin.
- (b) Resapan ion-ion masuk ke bahagian dalam resin.
- (c) Penukaran kimia di antara ion yang masuk dan ion saingan pada resin.
- (d) Resapan ion-ion yang keluar ke permukaan resin.
- (e) Resapan ion-ion tersebut ke dalam larutan pukal melalui sempadan lapisan cecair.

2.6 Karbon Teraktif

Ia merupakan satu bahan organik yang mengandungi karbon (struktur grafit). Secara komersial, karbon teraktif diperbuat daripada abu gergaji, kayu, arang gambut, lignit, kok petroleum, arang batu bituminous dan tempurung kelapa. Karbon teraktif yang terhasil daripada kayu dan tumbuhan berupaya menjerap ion-ion logam dengan lebih berkesan. Karbon teraktif daripada kok dan arang batu mempunyai keupayaan yang rendah dalam menjerap ion-ion logam. Karbon teraktif boleh disediakan dari bahan-bahan berkarbon dengan menggunakan sama ada kaedah fizikal atau kimia.

(a) Kaedah kimia

Bahan berkarbon ini dirawat dengan bahan kimia seperti $ZnCl_2$, H_2SO_4 dan KOH untuk mengehadkan pembentukan tar pada peringkat akhir penghasilan penjerap selepas proses pengkarbonan dan pencucian. Akan tetapi, kaedah ini tidak popular disebabkan oleh masalah alam sekitar dalam penggunaan bahan kimia.

(b) Kaedah fizikal

Ada 2 peringkat dalam penghasilan karbon teraktif melalui kaedah fizikal:

I. Pengkarbonan (pirolisis)

Bahan karbon dikeringkan melalui proses pengkarbonan tanpa udara. Pemanasan dijalankan pada $500^\circ C$ dengan kehadiran agen penyahhidrat. Agen ini bertujuan untuk menyingkirkan bahan meruap dan menghasilkan struktur berliang.

Antara ciri-ciri karbon teraktif ialah:

- Keras dan tahan las.
- Isipadu liang $0.7-0.8\text{cm}^2/\text{g}$.