

EKSTRAKSI ASAM SITRAT DAN ASAM OKSALAT : PENGARUH KONSENTRASI SOLUT TERHADAP KOEFSISIEN DISTRIBUSI

Mega Kasmiyatun

Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Untag Semarang.
Jl. Pawiyatan Luhur, Bendan Dhuwur, Semarang, phone (0248310920)

Abstract

Generally, liquid waste of citric acid industry containing a highly citric acid, oxalic acid, due to precipitation process of calcium citrate less completely. Liquid-liquid extraction process is this one alternative that used to recover citric acid and oxalic acid, either in the product separation process from the fermentor or the treatment of its liquid waste. This investigation has carried out the study of the extraction of citric acid and oxalic acid used trioctyl-amine as extracting power with dodecane and hexanol as solvents. The ratio of them is 15 : 70 : 15, respectively. Extraction in various solute concentrations used a separating funnel that it was shaken with using an automatic shaker, which adjusted on specific velocity during 2,5 hours. The raffinate and extract were separated by separating funnel, then they were analyzed both concentration of citric acid and oxalic acid using a high performance liquid chromatography (HPLC). The results of the research show that the more solute concentration in the diluent, more both the percent of separation and distribution coefficient, either cytric acid or oxalic acid extractions. The value of the distribution coefficient and percent of separation resulted from citric acid extraction are 6,16 and 93,90%, at the solvent and diluent ratio of 2,5: 1, whereas oxalic acid gave values of 22,20 and 97,49%, respectively, at the solvent and dilue nt ratio of 2 : 1.

Key-words : extraction, citric acid, distribution coefficient, oxalic acid, trioctyl amine.

Abstrak

Limbah cair pabrik asam sitrat pada umumnya mengandung asam sitrat, asam oksalat, cukup tinggi akibat proses pengendapan calcium sitrat yang kurang sempurna. Proses ekstraksi cair-cair adalah salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk pengambilan kembali asam sitrat dan asam oksalat, baik pada proses pemisahan produk yang keluar dari fermentor maupun pada proses pengolahan limbah cairnya. Pada penelitian ini telah dilakukan pengkajian tentang ekstraksi asam sitrat dan asam oksalat dengan menggunakan trioctylamine sebagai *extracting power* dengan pelarut dodecane dan hexanol, dengan perbandingan berat 15 : 70 : 15. Ekstraksi pada berbagai konsentrasi solut dilakukan pada corong pemisah, yang penggojokannya dilakukan dengan bantuan *automatic shaker* yang di set pada kecepatan tertentu selama 2,5 jam. Rafinat dan ekstrak dipisahkan dengan corong pemisah, selanjutnya dianalisis kadar asam sitrat maupun asam oksalat dengan menggunakan HPLC. Hasil penelitian menunjukkan bahwa makin besar konsentrasi solute dalam diluen, makin besar koefisien distribusi dan persentase pemisahan baik untuk ekstraksi asam sitrat maupun asam oksalat. Pada ekstraksi asam sitrat menghasilkan koefisien distribusi dan persentase pemisahan yang terbesar berturut-turut 6,16 dan 93,90% pada perbandingan solven dan diluen 2,5 : 1 sedang untuk ekstraksi asam oksalat sebesar 22,20 dan 97,49% pada perbandingan solven dan diluen 2 : 1.

Kata kunci: ekstraksi, asam sitrat, koefisien distribusi, asam oksalat, troctylamine.

1. PENDAHULUAN

Perkembangan agroindustri di Indonesia maupun negara-negara dikawasan Asia berlangsung cukup pesat, karena kawasan ini merupakan negara agraris yang kaya dengan aneka ragam tumbuhan hayati sebagai sumber bahan bakunya. Hampir semua agroindustri menghasilkan limbah cukup besar yang mengandung berbagai senyawa, di mana limbahnya seringkali dibuang langsung ke perairan sehingga mengakibatkan pencemaran.

Salah satu contoh industri agro adalah industri asam sitrat yang menggunakan bahan baku tapioka, dimana melalui proses fermentasi akan dihasilkan asam sitrat sebagai produk utama, dan asam oksalat sebagai produk ikutan akibat reaksi samping yang terjadi. Proses fermentasi menghasilkan produk keluar fermentor mengandung 14 % asam sitrat, yang selanjutnya dipisahkan asam oksalatnya dengan cara diendapkan sebagai calsium sitrat sebelum dikonversi kembali menjadi asam sitrat. Akibat proses pengendapan yang kurang sempurna maka akan dihasilkan limbah yang mengandung asam sitrat, asam oksalat, COD, dan BOD cukup tinggi, yang pengolahan limbahnya lazim menggunakan cara biologi.

Proses ekstraksi cair-cair adalah salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk pengambilan kembali asam sitrat dan asam oksalat pada industri asam sitrat baik pada proses pemisahan produk yang keluar dari fermentor maupun pada proses pengolahan limbah cairnya. Untuk mengetahui apakah proses ekstraksi lebih layak dibanding proses yang sudah dipakai selama ini, maka diperlukan pengkajian yang lebih mendalam. Pengkajian tersebut meliputi pemilihan solven yang sesuai, studi parameter-parameter ekstraksi yang berguna untuk perancangan peralatan ekstraksi maupun analisis ekonominya.

Parameter penting dalam ekstraksi cair-cair meliputi : koefisien distribusi, selektivitas solven, dan perbandingan solven/umpan. Ekstraksi menggunakan solven konvensional seperti alkohol, eter, dan keton adalah tidak efisien apabila diterapkan pada larutan yang kadar asam karboksilatnya rendah (seperti asam sitrat dan oksalat) karena memberikan koefisien distribusi yang kecil (Jos, 2005). Disamping itu solven tersebut (terutama alkohol) mempunyai kelarutan yang cukup besar dalam air sehingga kurang cocok bila dipakai sebagai ekstrak dalam pengolahan limbah cair. Senyawa amine terutama tertier lebih cocok dipakai sebagai *extracting power* untuk pengikat asam-asam karboksilat karena dapat membentuk formasi asam-amin kompleks sehingga dapat meningkatkan harga koefisien distribusi.

Kelemahan solven amine ini adalah tidak ekonomis apabila dipakai sebagai solven tunggal karena harganya sangat mahal dan mempunyai viskositas yang tinggi. Oleh karena itu perlu dikaji pemakaian solven campuran yang harganya jauh lebih murah namun tetap memberikan harga koefisien distribusi yang besar.

Beberapa penelitian tentang parameter ekstraksi dengan menggunakan solven amine dari jenis tri-octylamine (TOA) telah banyak dilakukan. Marinova *dkk.* (2004) melakukan penelitian tentang pengambilan asam tartrat dari limbah industri anggur dengan menggunakan solven TOA, tributylphosphate (TBP) dan decanol, dodecane sebagai solven campuran pada berbagai perbandingan. Penelitian lain juga telah dilakukan seperti : penentuan koefisien partisi dari ekstraksi asam sitrat, asam asetat dan asam oksalat dengan menggunakan *extracting power* TOA dan berbagai solven : toluene, methylisobutylketone, chloroform (Kirsch *dkk.*, 1997; Kirsch dan Maurer, 1997; 1998a; 1998b; Schunk *dkk.*, 2004); pemungutan kembali (recovery) asam tartrat dengan TOA dalam diluen biner (Yankov *dkk.*, 1999); kajian pengaruh asam-asam anorganik dan garam-garam natrium (Ingale dan Mahajani, 1996); kajian pH (Tomovska *dkk.*, 1999; Choudhury *dkk.*, 1998; Hong, 2005). Pengaruh solven TOA, di(2-ethylhexyl) phosphoric acid dan xylene pada ekstraksi asam laktat serta pengaruh komposisi fase organik dan temperatur telah diteliti oleh Juang dan Huang (1997); sedangkan campuran ekstrak TOA, Aliquat 336 dan 1-decanol dikaji oleh Kyuchoukov *dkk.* (2001). Qin *dkk.* (2001) melaporkan hasil penelitiannya tentang ekstraksi asam oksalat dengan menggunakan solven TOA dan mengusulkan bentuk mekanismenya.

Dari berbagai penelitian yang telah disebutkan terdahulu menunjukkan bahwa ekstraksi asam sitrat dan oksalat dengan menggunakan amine sebagai *extracting power* yang dilarutkan pada berbagai solven belum banyak dikaji terutama pengaruh konsentrasi solute dalam diluen, terhadap koefisien distribusi.

Makalah ini akan membahas tentang pengaruh konsentrasi solute terhadap koefisien distribusi pada ekstraksi asam sitrat dan asam oksalat dengan menggunakan *extracting power* tri-octylamine (TOA) dan solven campuran dodecane dan hexanol.

Koefisien Distribusi

Koefisien distribusi atau koefisien partisi (*partition coefficient*), K didefinisikan sebagai perbandingan antara fraksi berat solute dalam fase

ekstrak, $(x_C)_E$ dibagi dengan fraksi berat solute dalam fase rafinat, $(x_C)_R$ pada keadaan kesetimbangan.

$$K = \frac{(x_C)_E}{(x_C)_R} \quad (1)$$

Koefisien distribusi dapat juga dinyatakan dalam fraksi mole

$$K^o = \frac{y^o}{x^o} \quad (2)$$

dimana: x^o, y^o masing-masing adalah fraksi mol solut dalam fase rafinat dan fase ekstrak.

Aspek termodinamika dan kinetika

Dalam sistem cairan-cairan terner semua komponen (komponen A, B dan C) terdapat pada kedua fase cairan, baik fase ekstrak maupun fase rafinat. Pada kondisi kesetimbangan aktifitas A^* dari setiap komponen adalah sama pada kedua fase, yang didefinisikan sebagai berikut :

$$A_r^o = \gamma_r x^o = A_e^o = \gamma_e y^o \quad (3)$$

dimana : A^o adalah Aktifitas solut; γ : Koefisien aktifitas solut; r dan e menunjukkan fase rafinat dan fase ekstrak; Dari persamaan (2) dan (3) didapat koefisien distribusi dalam *term* koefisien aktifitas sebagai berikut :

$$K^o = \frac{y^o}{x^o} = \frac{\gamma_r}{\gamma_e} \quad (4)$$

Koefisien aktifitas γ didefinisikan sebagai kecenderungan suatu komponen untuk menyimpang dari keadaan idealnya yang ditunjukkan oleh penyimpangan relatif terhadap Hukum Raoult dalam kesetimbangan uap-cair. Hukum Raoult yang dimodifikasi ditunjukkan oleh persamaan berikut :

$$y_i P = x_i \gamma_i P_i \quad (5)$$

Dimana : y_i dan x_i berturut-turut adalah fraksi komponen volatil dalam fase uap dan cairan; γ_i adalah koefisien aktifitas; P_i dan P masing-masing adalah tekanan uap komponen volatil dan tekanan total sistem. Apabila harga $\gamma = 1$, disebut larutan ideal, artinya tidak ada penyimpangan

terhadap Hukum Raoult, atau penyimpangannya sama dengan nol. Sebaliknya apabila $\gamma > 1$ disebut penyimpangannya positif, sedangkan apabila $\gamma < 1$ menunjukkan penyimpangannya negatif.

Dalam ekstraksi dikehendaki bahwa interaksi solut dan solven dalam fase ekstrak menunjukkan penyimpangan negatif terhadap Hukum Raoult. Atau dengan kata lain harga koefisien aktifitasnya (γ_e) lebih kecil dari satu. Sebaliknya dalam fase rafinat, diinginkan interaksinya menunjukkan penyimpangan positif, atau harga γ_r lebih besar dari satu. Akibatnya apabila harga-harga koefisien aktifitas tersebut dimasukkan ke dalam persamaan (5), maka akan menghasilkan koefisien distribusi yang besar. Penyimpangan negative dari Hukum Raoult akan meningkatkan koefisien distribusi, namun juga menyebabkan terbentuknya *azeotrop* dengan *maximum boiling point*. Konsep ini dapat digunakan untuk metode penjarangan solven-solven yang cocok untuk suatu operasi ekstraksi tertentu.

Zat cair dan zat padat berbeda dengan gas, dimana perbedaannya adalah, pada molekul-molekul zat cair atau zat padat terjadi ikatan yang sangat kuat antar molekulnya. Untuk memperoleh larutan, suatu solven harus mengalahkan ikatan yang kuat pada solut sehingga molekul-molekul solven mendapatkan tempat. Sebaliknya pada saat yang bersamaan molekul-molekul solven itu sendiri harus dapat dipisahkan satu dengan lainnya oleh molekul-molekul solut. Fenomena ini terjadi kalau gaya tarik menarik antara molekul kedua komponen tersebut adalah sama. Jika gaya tarik menarik cukup berbeda, maka molekul-molekul yang gaya tarik menariknya lebih kuat akan terikat bersama dan memisahkan diri dari molekul-molekul yang gaya tarik menariknya lebih lemah, di mana hasilnya adalah cairan yang tidak dapat tercampur homogen (*immiscible liquids*). Minyak dan air tidak dapat bercampur sebab gaya tarik menarik antar molekul-molekul air lebih kuat dibanding gaya tarik menarik molekul-molekul minyak sendiri, sehingga tidak ada kesempatan bagi molekul-molekul minyak berada diantara molekul-molekul air. Gaya-gaya ikat antar molekul-molekul tersebut disebut **gaya van der Waals** yang sesungguhnya disebabkan adanya interaksi elektromagnetik (interaksi polar) antar molekul yaitu : gaya polar (*polar forces*), gaya dispersi (*dispersion force*) dan gaya ikatan hidrogen (*hydrogen bonding forces*).

II. BAHAN DAN METODE

2.1. Bahan-bahan Kimia

Bahan-bahan kimia yang dipakai semua-nya p.a. (pro analysis) dimana diperoleh dari supplier tanpa perlakuan lebih lanjut, meliputi : asam sitrat (minimal 99%, Merck) dan asam oksalat (99,5%, Merck) sebagai solute; trioctylamine (93,0%, Merck) sebagai *extracting power*; dodecane (minimal 99,0%, Merck), dan hexanol (minimal 98,0%, Merck).

2.2. Penetapan Variable

Variable yang berubah :

Konsentrasi asam sitrat dalam diluen: 500, 1400, 5000, 10.000, dan 15.000 ppm. Respons: Harga koefisien distribusi (K), persentase solute yang terpisah.

Konsentrasi asam oksalat dalam diluen: 500, 1600, 5000, 10.000, dan 15.000 ppm. Respons: Koefisien distribusi (K), persentase solute yang terpisah.

Variabel tetap adalah : Temperatur = 30 °C, tekanan 1 atm, perbandingan berat *extracting power* (TOA): dodecane : hexane = 15 : 70 : 15. Perbandingan berat solven : diluen = 2,5 : 1 (untuk ekstraksi asam sitrat) dan 2 : 1 (untuk ekstraksi asam oksalat). Respons : Harga koefisien distribusi (K) dan persentase solute yang terpisah.

2.3. Cara Percobaan

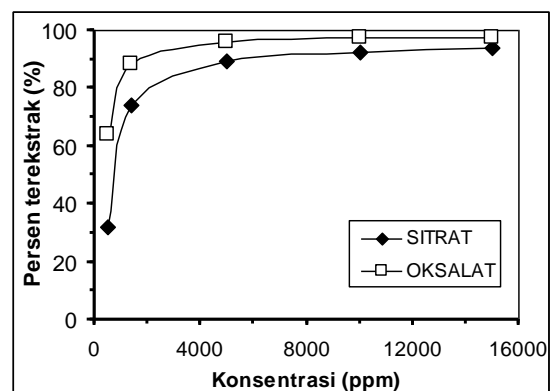
Larutan asam sitrat (asam sitrat sebagai solut dan air sebagai diluen) dengan konsentrasi bervariasi (seperti bab 2.2) ditambah solven campuran (TOA + dodecane + hexanol) dengan perbandingan berat 2,5 : 1 dalam sebuah corong pemisah sebagai alat pengontak (*extractor*). Campuran diaduk dalam suatu alat penggoyang (*electronic shaker*) pada kondisi normal (30 °C, 1 atm) dengan kecepatan tertentu selama 2,5 jam. Waktu pengadukan ini sudah cukup untuk proses keseimbangan antar fase, sebab setelah 2 jam saja kadar asam di masing-masing fase sudah stabil atau tidak berubah lagi. Campuran kemudian didiamkan selama 1 jam untuk memberi kesempatan kedua fase ekstrak dan rafinat terpisah sempurna. Setelah kedua fase dipisahkan, selanjutnya masing masing fase dilakukan analisis kadar solutnya dengan

menggunakan HPLC (*High Performance Liquid Chromatography*), di mana hasilnya adalah konsentrasi asam sitrat pada fase ekstrak maupun pada fase rafinat, sehingga dapat dihitung koefisien distribusinya. HPLC terdiri dari Liquid Chromatograph LC 20 AT, UV-Vis detector SPD 20A, kolom tipe VP-ODS 250Lx4.6 ukuran 4.6 mmΦ x 250 mm; Alat dioperasikan pada constant flow 0.8 ml/menit dan tekanan 78 psia; column oven dipertahankan pada suhu 30 °C; panjang gelombang UV-Vis detector $\lambda = 210$ nm. Larutan eluen menggunakan H₂SO₄ 0.005 M dan Metanol p.a. dengan perbandingan 9:1. Percobaan diulangi untuk solut asam oksalat dengan konsentrasi yang bervariasi sesuai dengan bab 2.2, dan selanjutnya dilakukan analisis diskriptif.

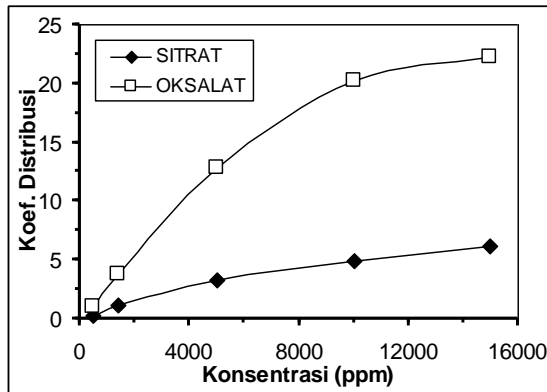
III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 1 menunjukkan pengaruh konsentrasi solut (baik asam sitrat dan asam oksalat dalam diluen) terhadap parameter solut yang terekstrak, dengan solven campuran TOA-dodecane-hexanol, sedangkan pengaruhnya terhadap koefisien distribusinya ditunjukkan pada Gambar 2.

Pengaruh konsentrasi solut terhadap jumlah solut yang terekstrak dan koefisien distribusi, baik untuk asam sitrat maupun asam oksalat menunjukkan bahwa makin tinggi konsentrasi solut dalam diluen makin besar pula persentase solut yang terekstrak dan koefisien distribusi. Pada berbagai konsentrasi berapapun persentase solut yang terekstrak maupun koefisien distribusi asam oksalat selalu lebih tinggi daripada asam sitrat. Konsentrasi solut (baik asam sitrat maupun asam oksalat) di bawah 2000 ppm, perubahan konsentrasi sangat berpengaruh terhadap persentase solut yang



Gambar 1. Pengaruh konsentrasi asam sitrat dan asam oksalat terhadap persentase solute yang terekstrak . Untuk asam sitrat, perbandingan solven dan diluen = 2.5 : 1; untuk asam oksalat = 2 : 1.



Gambar 2. Pengaruh konsentrasi asam sitrat dan asam oksalat terhadap koefisien distribusi. Untuk asam sitrat, perbandingan solven dan diluen = 2.5 : 1; untuk asam oksalat = 2 : 1.

terekstrak (Gambar 1), sebaliknya pada konsentrasi 5000 ppm ke atas, pengaruh tersebut tidak begitu berarti. Pada konsentrasi 15.000 ppm, persentase asam sitrat maupun asam oksalat yang dapat terekstrak masing-masing adalah 94% dan 98%. Sebaliknya pada konsentrasi 5000 ppm ke atas koefisien distribusi asam sitrat dan asam oksalat menunjukkan perbedaan yang signifikan. Sebagai contoh pada konsentrasi solute 15.000 ppm, koefisien distribusi asam sitrat dan asam oksalat menunjukkan harga berturut turut adalah 6,1 dan 22,2 (Gambar 2).

Konsentrasi solut dalam diluen memang berpengaruh pada banyaknya solut yang terekstrak. Konsentrasi solut yang semakin tinggi berarti menunjukkan jumlah mol solut semakin besar, akibatnya senyawa *acid-solvent* yang terbentuk juga besar, yang sesungguhnya adalah solut yang terambil pada fase ekstrak. Demikian berlaku hal sebaliknya yaitu apabila konsentrasi solut rendah. Terbentuknya senyawa *acid-solvent* pada perbandingan solven dan diluen yang tetap, tentu ada batasnya biarpun konsentrasi solut diperbesar, oleh sebab itu pada larutan solut yang konsentrasinya lebih besar dari 2000 ppm, pengaruhnya tidak begitu signifikan lagi. Dengan perkataan lain, persentase solut yang terekstrak sudah relatif tetap (konstan). Koefisien distribusi ekstraksi asam sitrat selalu lebih kecil dibanding dengan asam oksalat pada konsentrasi solut yang sama. Hasil ini selaras dengan penelitian ekstraksi asam-asam organik dengan menggunakan solven campuran TOA dan chloroform yang dilakukan oleh Kirsch dan Maurer (1998), di mana menyimpulkan bahwa asam yang lebih kuat lebih

mudah diekstraksi oleh solven amine. Asam sitrat merupakan asam yang lebih lemah dibanding dengan asam oksalat, di mana diketahui dari konstanta disosiasi asam sitrat jauh lebih rendah dibanding asam oksalat. Asam sitrat dalam diluen mengalami disosiasi 3 tahap, sedangkan pada asam oksalat hanya terjadi 2 tahap disosiasi. Harga konstanta disosiasi asam sitrat sebesar $K_{as1} = 7.1 \times 10^{-4}$; $K_{as2} = 1.7 \times 10^{-5}$; dan $K_{as3} = 3.9 \times 10^{-7}$, sedangkan harga konstanta disosiasi asam oksalat sebesar $K_{ao1} = 5.9 \times 10^{-2}$ dan $K_{ao2} = 6.5 \times 10^{-5}$.

Konsekuensi dari hasil asam-asam yang terekstrak seperti yang telah disebutkan, pasti berhubungan dengan parameter ekstraksi yaitu salah satunya adalah koefisien distribusi (K), di mana K asam oksalat lebih besar daripada K asam sitrat, pada segala perbandingan solven dan diluen (Gambar 1 dan 3). Berdasarkan persamaan (12) dan (21) menyebutkan bahwa koefisien distribusi adalah perbandingan konsentrasi asam (dalam bentuk apapun) di dalam fase ekstrak (\bar{C}_A) dibagi konsentrasi asam (dalam bentuk apapun) di dalam fase rafinat (C_A). Konsentrasi asam dalam fase ekstrak adalah konsentrasi senyawa kompleks yang terbentuk yaitu *acid-solvent*, sedangkan konsentrasi asam dalam fase rafinat meliputi sisa asam yang tidak terekstrak dan asam-asam hasil disosiasi pada masing-masing tahap. Jadi C_A tergantung pada jenis atau kekuatan asam yang mempengaruhi banyaknya tahap disosiasi. Pada umumnya makin lemah suatu asam, maka makin banyak tahap disosiasinya sehingga harga C_A makin besar. Asam sitrat merupakan asam lemah, di mana mengalami 3 tahap disosiasi sehingga koefisien distribusinya mengikuti persamaan (21), sedang asam oksalat yang lebih kuat daripada asam sitrat hanya terjadi 2 tahap disosiasi, maka mengikuti persamaan (12). Akibatnya C_A asam sitrat jauh lebih besar dibanding C_A asam oksalat. Hal tersebut menyebabkan koefisien distribusi asam sitrat lebih kecil dibanding koefisien distribusi asam oksalat.

IV. KESIMPULAN

Konsentrasi solut dalam diluen sangat berpengaruh terhadap persentase solut yang terekstrak dan koefisien distribusi. Makin besar konsentrasi solute dalam diluen, makin besar pula persentase pemisahan dan koefisien distribusi, dan sebaliknya. Pada konsentrasi masing-masing solut dalam diluen 15.000 ppm, koefisien distribusi dan

persentase pemisahan yang dapat dicapai berturut-turut untuk ekstraksi asam sitrat 6,162 dan 93,90%, sedang asam oksalat sebesar 22,2 dan 97,49%.

DAFTAR PUSTAKA

- Burrell, H. (1968). The Challenge of the Solubility Parameter Concept. *Journal of Paint Technol.* 40: No. 520
- Burke, J. (1984). Solubility Parameters: Theory and Application. *The AIC Book and Paper Group Annual*. Volume 3. Craig Jensen Editor. 13-58.
- Choudhury, B., Basha, A., Swaminathan, T. (1998). Study of lactic acid extraction with higher molecular weight aliphatic amines. *J. Chem. Tech. Biotechnol.* 72: 111.
- Hong, K.Y. and Hong, W.H. (2005). Removal of acetic acid from aqueous solutions containing succinic acid and acetic acid by tri-n-octylamine. *Sep. Purif. Technol.* 42: 151
- Ingale, M.N. and Mahajani, V.V. (1996). Recovery of carboxylic acids, C2-C6, from an aqueous waste stream using tributylphosphate (TBP): Effect of presence of inorganic acids and their sodium salts. *Separations Technology*. 6: 1-7.
- Jos, B. (2005). Ekstraksi Asam tartrat dan asam Malat: Pengaruh Tri (6-methyl heptyl) Amin Sebagai Extracting Power dalam Berbagai Solven Terhadap Koefisien Distribusi. *Reaktor*. Vol.
- Juang, R-S., Huang, R-H. (1997). Equilibrium studies on reactive extraction of lactic acid with an amine extractant. *Chem. Eng. J.* 65: 47.
- Kirsch, T., Ziegenfu, H., and Maurer, G. (1997). Distribution of citric, acetic and oxalic acids between water and organic solutions of tri-n-octylamine. *Fluid phase Equilib.* 129: 235-266.
- Kirsch, T. and Maurer, G. (1997). Distribution of citric, acetic and oxalic acid between water and organic solutions of tri-n-octylamine. Part I. Organic solvent toluene. *Fluid phase Equilib.* 131: 213-231.
- Kirsch, T. and Maurer, G. (1998a). Distribution of binary mixtures of citric acetic and oxalic acid between water and organic solutions of tri-n-octylamine. Part II. Organic solvent methylisobutylketone. *Fluid phase Equilib.* 142: 215-230.
- Kirsch, T. and Maurer, G. (1998b). Distribution of binary mixtures of citric acetic and oxalic acid between water and organic solutions of tri-n-octylamine. Part III. Organic solvent chloroform. *Fluid phase Equilib.* 146: 297-313.
- Kyuchoukov, G., Marinova, M., Molinier, J., Albet, J. and Malmay, G. (2001). Extraction of lactic acid by means of a mixed extractant. *Ind. Eng. Chem. Res.* 40: 5635.
- Malmay, G., Albet, J., Putranto, A., Hanine, H. and Moliner, J. (1998). Measurement of partition coefficients of carboxylic acids between water and triisooctylamine dissolved in various diluents. *J. Chem. Eng. Data.* 43: 849.
- Marinova, M., Kyuchoukov, G., Albet, J., Moliner, J. and Malmay, G. (2004). Separation of tartaric and lactic acids by means of solvent extraction. *Sep. Purif. Technol.* 37: 199-207.
- Morrison, R.T. and Boyd, R.N. (1992). *Organic Chemistry*. 6th.ed. Englewood Clift, New Jersey: Prentice Hall.
- Perry, R.H. and Green, D. (1984). *Perry's Chemical Engineers Handbook*. 6th ed. Mc Graw Hill Book Co. New York.
- Poposka, F.A., Nikolovski, K., Tomovska, R. (1998). Kinetics, mechanism and mathematical modeling of extraction of citric acid with isodecanol/ n-paraffins solutions of trioctylamine. *Chem. Eng. Sci.* 53: 3227-3237.
- Poposka, F.A., Prokhazka, J., Tomovska, R., Nikolovski, K. and Grizo, A. (2000). Extraction of tartaric acid from aqueous solutions with tri-iso-octylamine: Equilibrium and kinetics. *Chem. Eng. Sci.* 55: 1591.
- Qin, W., Cao, Y., Luo, X., Liu, G. and Dai, Y. (2001). Extraction Mechanism and behavior of oxalic acid by trioctylamine. *Sep. Purif. Technol.* 24: 297.
- Robbins, L.A. (1980). Liquid-Liquid Extraction. In: Perry, R.H., Green, D. *Perry's Chemical Engineers Handbook*. 6th ed. Mc Graw Hill Book Co. New York.
- Schunk, A., Menert, A., and Maurer, G. (2004). On the influence of some inorganic salts on the partitioning of citric acid between water and organic solutions of tri-n-octylamine. Part I: Methyl isobutyl ketone as organic solvent.
- Tomovska, R., Poposka, F.A., Heyberger, A. and Prochazka, J. (1999). PH dependence of tartaric acid extraction. *Chem. Biochem. Eng.* 13: 185.
- Wade, L.G. (1999). *Organic Chemistry*. New Jersey: Prentice Hall.
- Yankov, D., Moliner, J., Kyuchoukov, G. (1999). Extraction of Tartaric acid by trioctylamine. *Bulg. Chem. Comm.* 31: 446.



SEMINAR REKAYASA KIMIA DAN PROSES, 4-5 Agustus 2010
ISSN : 1411-4216