



Metoda Ekstraksi Cair-Cair Sebagai Alternatif untuk Pembersihan Lingkungan Perairan dari Limbah Cair Industri Kelapa Sawit

Agus M.H Putranto

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Bengkulu, Indonesia

Diterima 23 Nopember 2011; Disetujui 27 Desember 2011

Abstrak - Telah dilakukan penelitian tentang pembersihan lingkungan perairan melalui metoda ekstraksi cair-cair dalam rangka mengurangi polusi lingkungan yang dihasilkan oleh limbah cair industri kelapa sawit, yang manfaatnya dapat sebagai bahan dasar industri makanan dan farmasi. Metode ini digunakan untuk mengekstraksi limbah cair yang mengandung gugus yang bersifat hidrofil dan lebih sukar menguap daripada air. Pada penelitian ini digunakan limbah model yang berisi 5 g/L dan 10 g/L asam butirat dalam larutannya. Penelitian dilakukan dalam berbagai konsentrasi pelarut mulai dari 30 % sampai 80 % volume TBF dan TEF sebagai pelarut utama dalam campuran dengan dodekana sebagai pelarut pendamping (*diluen*). Pengurangan massa jenis dan viskositas yang dimiliki pelarut utama, oleh adanya *diluen* akan sangat membantu dalam proses ekstraksi dan transfer massa. Diperoleh persentase asam terekstraksi dalam fasa organik dalam rasio pelarut secara volumetri, yaitu 53,34 % untuk pelarut TBF dan 52,78% untuk pelarut TEF masing-masing pada pada 80% v/v. Selanjutnya dari sifat ketidaklarutan dalam air dan kemampuan ekstraksinya, TBF dan TEF, belum dapat dipromosikan sebagai ekstrakstan untuk penggunaan dalam industri kelapa sawit, dikarenakan tidak semua asam butirat yang ada di dalam limbah cair tersebut dapat terekstrak.

Kata Kunci: ekstraksi cair-cair; asam butirat; pengekstraksi TBF dan TEF; perlindungan lingkungan dan polusi perairan

1. Pendahuluan

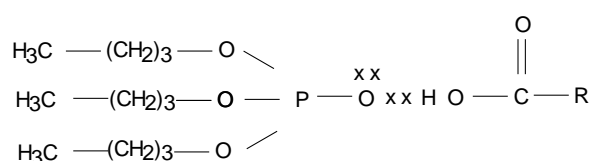
Industri pengolahan kelapa sawit dalam produksinya menghasilkan asam-asam lemak yang larut dan tidak larut dalam air. Asam stearat, asam palmitat, asam linoleat, dan asam oleat merupakan asam-asam lemak tidak bebas yang tidak larut di dalam air dan persentasenya cukup besar, sehingga asam-asam tersebut dapat dipisahkan dengan mudah yang sekaligus menjadi produksi utama. Sedangkan asam lemak bebas dengan rantai karbon pendek sebagai produksi tambahan dengan persentase kecil yang kebanyakan larut di dalam air, sehingga sulit untuk dipisahkan. Hal ini yang biasanya diabaikan dan langsung dibuang sebagai limbah cair, sehingga mencemari lingkungan perairan. Maka dalam penelitian ini asam- asam karboksilat tersebut akan dipisahkan dari limbah cairnya, agar tidak mencemari lingkungan dan nantinya dapat dimurnikan untuk dijual lagi, sehingga dapat mengurangi biaya operasional penanganan limbahnya. Penelitian ini digunakan limbah model dengan variasi persentase volume (v/v) pelarut organo fosfor

terhadap diluennya mulai dari 30% sampai 80% (v/v). Sedangkan perbandingan volume antara fasa organik (pelarut organik + diluen) dengan fasa airnya (larutan asam butirat dalam air) adalah 1 : 1. Campuran fasa organik dengan fasa air kemudian dikocok selama 3 jam sebagai proses kontak ekstraksinya, kemudian didiamkan selama 2 jam untuk penyempurnaan proses pemisahannya. Kemudian dianalisa pada fasa airnya untuk mengetahui kemampuan ekstraksi dari masing-masing pelarut organiknya.

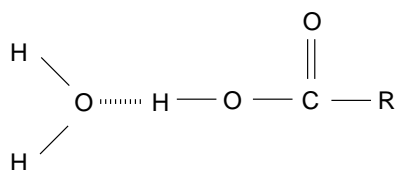
Ekstraksi cair-cair (*Liquid-Liquid Extraction (LLE)*) adalah sistem pemisahan secara kimia-fisika dimana zat yang akan diekstraksi, dalam hal ini asam-asam karboksilat atau asam-asam lemak bebas yang larut dalam fasa air, dipisahkan dari fasa airnya dengan menggunakan pelarut organik, yang tidak larut dalam fasa air, secara kontak langsung baik kontinyu maupun diskontinyu [2]. Konsentrasi asam yang larut dalam fasa air maksimum adalah 3%, semakin encer konsentrasi asam yang terlarut dalam fasa air proses ekstraksi akan semakin mudah.

Sistem ekstraksi cair-cair dengan menggunakan pelarut organik seperti pemakaian pelarut organo phosphor seperti, tributylfosfat (TBF), triethylfosfat (TEF), dan pemakaian amine tersier rantai panjang, misalnya triisooktilamin (TIOA), trialkilamin (TAA) [14, 6, 10]. Mengingat pemakaian pelarut secara konvensional seperti alkohol, ketone, dan eter hanya menghasilkan koefisien partisi rendah, ditambah lagi pelarut tersebut banyak larut di dalam air, sehingga akan sangat merugikan [7]

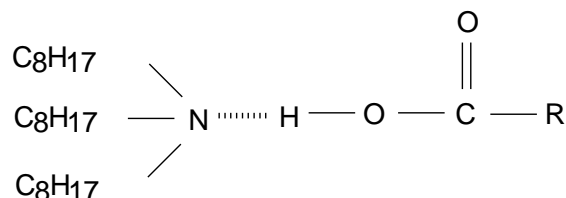
TBF dengan rumus $(C_4H_9O)_3PO$ memiliki sifat kimia-fisika antara lain viskositas yang tinggi ($\mu=3,56$ m.Pa.s pada $25^\circ C$) dan massa jenis mendekati satu ($\rho=0,98$ Kg.dm⁻³ pada $25^\circ C$). Kedua sifat ini akan sangat menyulitkan dalam proses ekstraksi karena akan sukar untuk pemisahan fasa organik dan fasa airnya, maka untuk mengoptimalkan proses ekstraksi perlu digunakan pelarut organik tambahan sebagai diluen yang berfungsi untuk mempermudah proses pemisahan tersebut. Dodekana dengan rumus $CH_3(CH_2)_{10}CH_3$ yang dipilih sebagai diluen dalam penelitian ini didasarkan pada sifatnya yang inert dan tidak larut dalam air, sehingga tidak merugikan karena kelarutannya dalam fasa air [7].



Gambar 1: Reaksi antara TBF/ TEF dengan asam Karboksilat



Gambar 2: Ikatan hidrogen antara molekul air dengan asam karboksilat



Gambar 3: Reaksi ikatan TIOA/ TAA dengan asam karboksilat

Pada Gambar 1 terlihat dalam ikatan fosfor–oksigen sebagai gugus fosforil berfungsi sebagai basa Lewis

yang lebih kuat daripada ikatan karbon–oksigen pada pemakaian pelarut konvensional, mengakibatkan peningkatan koefisien partisi pada pemisahan asam karboksilat dari fasa airnya [3, 4, 13]. Pemakaian diluen akan lebih sinergis dengan pelarut utama dalam hal ini TBF, apabila menggunakan diluen yang bersifat polar, walaupun memiliki daya ekstraksi lebih, namun kebanyakan diluen yang polar lebih banyak larut dalam air, sehingga akan merugikan proses ekstraksinya [12].

Pada Gambar 2 terlihat ikatan hidrogen yang terjadi antara molekul air dengan asam karboksilatnya. Ikatan hidrogen yang terjadi dapat dipatahkan oleh adanya gugus fosforil dari TBF, karena ikatan antara atom O dengan atom P pada TBF lebih elektronegatif daripada ikatan hidrogen antara atom H dan O pada fasa air. Sehingga, akan terjadi reaksi penarikan molekul asam oleh gugus fosforil pada TBF seperti pada Gambar 1. Triisooktilamine (TIOA) dengan rumus $(C_8H_{17})_3N$ memiliki sifat kimia-fisika antara lain, viskositas yang tinggi ($\mu=15$ mPa.s pada $20^\circ C$) dan massa jenis ($\rho=0,816$ Kg/dm⁻³ pada $20^\circ C$). Seperti keterangan diatas, selisih massa jenis yang baik untuk memudahkan proses pemisahan antara fasa organik dan fasa air adalah ($\Delta\rho \geq 0,1$ Kg.dm⁻³). Faktor ini akan memfasilitasi proses pengendapan dan stabilitas antar fasa. Seperti halnya pada TBF, pemakaian TIOA pun masih memerlukan diluent. Sebab formasi ikatan asam karboksilat-amina (seperti terlihat pada Gambar 3) akan sangat dipengaruhi jenis diluen yang dipergunakan.

Pada Gambar 3 terlihat ikatan antara asam karboksilat dengan TIOA. Seperti halnya pada TBF, maka adanya pasangan elektron bebas (*lone pair electron*) pada atom nitrogen akan mampu mematahkan ikatan hidrogen antara atom O dan H seperti pada Gambar 1. Sehingga, akan terbentuk ikatan antara asam karboksilat dengan TIOA seperti pada Gambar 3. Apalagi dengan adanya diluen akan menyebabkan gugus amine lebih bersifat basa dan akan menstabilkan pasangan ion yang terbentuk dalam fasa organiknya [12]. Selanjutnya, karena kekuatan ekstraksi dari pelarut ini merupakan ikatan basa- amina, maka amina tersier merupakan pilihan yang tepat sebagai pelarut organiknya daripada amina primer dan sekunder. Apalagi sifat dari amina primer dan sekunder yang larut dalam air, serta amina sekunder akan membentuk amida pada pencucian pelarut dengan sistem destilasi. Hal ini

hanya akan menaikkan biaya produksinya. Polaritas diluen akan sangat berpengaruh pada proses ekstraksinya, semakin polar diluen yang dipergunakan akan semakin besar daya pemisahannya [9]. Dalam penelitian ini akan digunakan 1-oktanol sebagai diluent yang sudah terbukti dapat meningkatkan daya ekstraksi dari amina tersier. Disamping itu komposisi campuran (pelarut-diluen) juga akan sangat mempengaruhi daya ekstraksinya.

Analog dengan sifat kimia-fisika dari jenis pelarut organo fosfor, maka pada penelitian telah dibandingkan kemampuan ekstraksinya antara Tributylfosfat (TBF) dengan Triethylfosfat (TEF). Sedangkan untuk penelitian tahap kedua, akan dipergunakan jenis pelarut organik amina rantai panjang, akan dibandingkan kemampuan ekstraksinya antara Triisooktilamina (TIOA) dengan Trialkilamina (TAA). Dari hasil penelitian sebelumnya, pada ekstraksi limbah cair industri gula tebu menunjukkan bahwa, besarnya konsentrasi asam karboksilat dalam fasa air akan mempengaruhi harga koefisien partisinya (Putranto, 2000). Dalam penelitian ini diterapkan untuk mengekstraksi larutan model dari asam butirat yang larut dalam limbah cair industri kelapa sawit, pada konsentrasi 5 g/L (0,5%) dan 10 g/L (1%). Hal ini masih berada dibawah kemampuan maksimum ekstraksi cair-cair, yaitu sebesar 3% (b/v). Penelitian dengan menggunakan pelarut jenis organo fosfor dan amina tersier rantai panjang, telah berhasil mengekstraksi asam laktat, asam malat dan asam sitrat, adalah merupakan asam-asam mono, di, dan tri karboksilat. Kemampuan ekstraksi dari kedua jenis pelarut tersebut (TBF dan TIOA) akan meningkat seiring dengan kenaikan konsentrasinya pada campuran antara pelarut utama dan pendamping, hal ini juga akan dilihat pada pemakaian pelarut TEF + diluent dan TAA + diluent.

Diharapkan dari penelitian ini diperoleh persentase asam butirat terekstraksi. Sehingga, didapatkan komposisi pelarut dan konsentrasi yang tepat, dengan demikian akan dapat menghemat biaya produksi dan memberi salah satu solusi dalam penanganan limbah cair industri gula tebu.

Mekanisme reaksi yang terjadi pada TBF, dengan adanya pasangan elektron bebas pada atom oksigen akan mampu mematahkan ikatan hidrogen antara atom O dan H seperti pada Gambar 1. Sehingga, akan terbentuk ikatan antara asam karboksilat dengan TBF seperti pada mekanisme

reaksi diatas. Apalagi dengan adanya diluen akan menyebabkan gugus fosfor lebih bersifat aktif dan akan menstabilkan pasangan ion yang terbentuk dalam fasa organiknya [12]. Selanjutnya, karena kekuatan ekstraksi dari pelarut ini merupakan ikatan antara atom oksigen yang diperkuat dengan adanya atom fosfor, maka dengan mudah akan dapat mematahkan ikatan hidrogen antara asam butirat dengan air. Apalagi dengan keberadaan rantai karbon yang terikat oleh fosfor, akan lebih meningkatkan sifat kepolaran pelarut tersebut [9].

2. Metode Penelitian

Sesuai dengan batasan konsentrasi dalam sistem ekstraksi cair-cair, asam butirat yang dipergunakan dalam penelitian ini tidak melebihi 3%. Penelitian ini menggunakan konsentrasi 0,5% dan 1% dengan asumsi, semakin kecil konsentrasinya akan mempermudah proses pemisahannya, yaitu dengan melarutkan 5 gram/liter air dan 10 gram/liter air untuk tiap-tiap asam butirat yang dipergunakan. Adapun asam butirat yang digunakan dalam proses ekstraksi ini adalah asam karboksilat yang mengandung satu gugus karboksilat (-COOH).

Untuk mendapatkan harga koefisien partisi yang besar, sebaiknya dipergunakan pelarut sebanyak mungkin, Namun, karena perhitungan sifat viskositas dan besarnya massa jenis dari pelarut jenis organo fosfor dalam hal ini adalah TBF dan TEF, akan dicampur dengan diluennya dengan komposisi persentase (v/v) mulai dari 30% sampai dengan 80% volume. Sedangkan untuk memfasilitasi secara hidrodinamik proses ekstraksinya, perlu ditambahkan sedikit pelarut pendamping (*diluen*), dodekana. Perbandingan jumlah volume antara pelarut/solvent pada fasa organik dengan zat terlarut/dilute pada fasa cairnya adalah 1 : 1.

Secara garis besar jalannya penelitian ini dapat dibagi dalam dua tahap yaitu, tahap pertama ekstraksi dengan menggunakan pelarut Organo fosfor, TBF dengan diluen dodekana dan tahap berikutnya adalah tahap ekstraksi dengan menggunakan pelarut TEF dengan diluent dodekana.

Proses Ekstraksi dengan Pelarut TBF + Dodekana

- 50 mL campuran pelarut (TBF) dan diluen (dodekana) ditambah dengan 50 mL larutan yang berisi asam butirat dalam air, dimasukkan dalam corong pemisah 250 mL dikocok secara kontinyu selama 3 jam dengan mesin pengocok otomatis. Kemudian didiamkan campuran diatas agar terjadi keseimbangan dan distribusi pemisahan selama 1–2 jam. Selanjutnya pisahkan fasa cair dengan fasa organikya.
- Ditimbang 10 gram fasa cair kemudian dititras dengan larutan 0,01 N, 0,1 N atau 1N NaOH dengan menggunakan phenolphthaleine (PP) sebagai indikatornya. Sebagai langkah awal penentuan kemampuan ekstraksi, sebelum analisa dengan HPLC. Kemudian diencerkan fasa cair diatas hingga 100 kali, disiapkan untuk dianalisis dengan HPLC. Dengan jumlah volume yang sama untuk dipersiapkan analisa dengan IR. Hal yang sama juga dilakukan untuk proses ekstraksi pelarut TEF + Dodekana.

3. Hasil dan Pembahasan

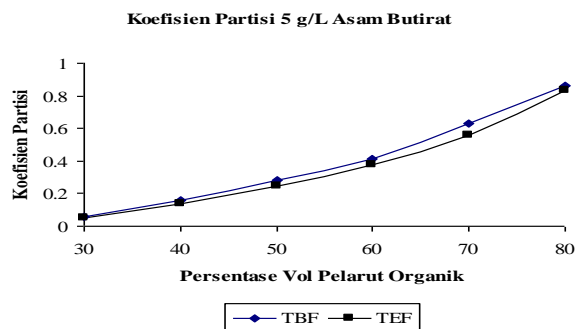
Kandungan gugus fosforil yang merupakan ikatan antara oksigen dan fosfor dalam TBF maupun TEF, berfungsi sebagai basa lewis, adalah merupakan ekstrakstan yang lebih kuat daripada ekstrakstan yang mengandung gugus karbonil maupun hidroksil, sehingga dapat mengikat asam butirat dalam limbah cair dari industri kelapa sawit. Dalam hal ini hanya asam-asam karboksilat yang tidak terdesosiasi saja yang dapat diikat oleh pelarut organo fosfor seperti TBF dan TEF. Namun karena karakteristik TBF dan TEF sebagai pelarut memiliki kelemahan, antara lain memiliki kelarutan yang lebih banyak, maka keberadaan pelarut pendamping (diluen) sangat diperlukan untuk meningkatkan daya ekstraksinya. Persyaratan diluen yang baik adalah memiliki harga viskositas dan massa jenis yang rendah serta bersifat polar. Sehingga dapat mempermudah transfer asam-asam organik dari fasa air ke fasa organik, yang dapat dibuktikan dengan kenaikan koefisien partisinya. Namun, kebanyakan diluen polar banyak yang larut dalam air, maka hal ini sangat merugikan, karena proses produksinya menjadi tidak ekonomis. Sehingga penggunaan diluen dalam penelitian ini tetap menggunakan Dodekana, dengan pertimbangan diluen ini merupakan hidrokarbon alifatik yang inert dan tidak larut dalam air.

Transfer asam-asam karboksilat dari fasa air ke fasa organik sangat dipengaruhi oleh kekuatan asamnya, untuk asam-asam poli karboksilat besarnya koefisien partisi sangat tergantung dari harga derajat desosiasi pertamanya. Sedangkan untuk asam butirat yang merupakan asam lemah mono karboksilat, mengandung gugus fungsional lebih sedikit daripada asam polikarboksilat dan pH inisial lebih kecil dari pKA-nya, maka asam ini lebih mudah ditarik oleh pelarutnya [6, 7, 9].

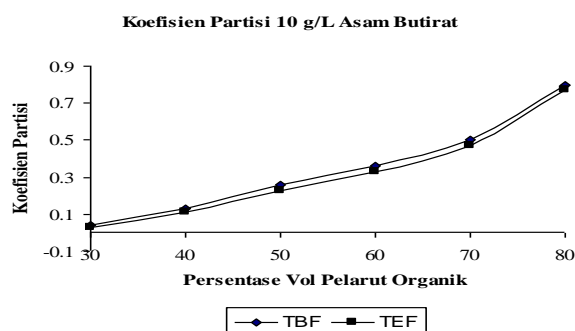
Dari hasil penelitian nampak bahwa semakin tinggi persentase volume TBF dan TEF akan semakin meningkatkan harga koefisien partisinya. Hal ini bisa diterima, dikarenakan semakin besar konsentrasi ekstrakstan akan menaikkan daya ekstraksinya. Namun, perlu diingat bahwa, semakin besar konsentrasi pelarut TBF dan TEF, akan meningkatkan pula viskositas pelarut pada organikya dan kelarutan dari pelarut tersebut dalam fasa airnya. Hal ini akan berakibat pada proses dekantasi antara fasa organik dan fasa air akan makin sulit terpisah, yang akhirnya akan menambah waktu dekantasi menjadi lebih lama. Dilain pihak dengan menaikkan volume pelarut, akan meningkatkan biaya operasionalnya, sehingga akan merugikan pihak industri sebagai pengolah limbah. Untuk itu dalam penelitian ini dibatasi dengan penggunaan pelarut TBF dan TEF hingga maksimum 80% v/v.

Dari hasil penelitian nampak bahwa besarnya koefisien partisi dari kedua konsentrasi asam butirat meningkat seiring dengan bertambahnya volume pelarut organik dalam campuran pelarut dengan diluent (dodekana). Kenaikan tersebut merambat secara linier sesuai dengan pertambahan jumlah volume pelarutnya. Yaitu, mulai dari 0,06 untuk 5 g/L asam butirat dengan pelarut TBF, 0,05 untuk 5 g/L asam butirat dengan pelarut TEF dan 0,04 untuk 10 g/L asam butirat dengan pelarut TBF dan 0,03 untuk 10 g/L asam butirat dengan pelarut TEF pada 30% v/v campuran pelarut organik hingga 0,86 untuk asam butirat 5g/L asam butirat dengan pelarut TBF dan 0,77 untuk 10 g/L asam butirat dengan pelarut TEF pada 80% v/v campuran pelarut organikya. Apabila ditinjau dari jumlah gugus karboksilat yang dimiliki oleh asam butirat, maka asam ini adalah asam dengan satu gugus karboksilat. Sedangkan apabila ditinjau dari panjang rantai karbon yang terikat pada masing-masing pelarut organikya (TBF dan TEF), disini tampak bahwa semakin panjang rantai

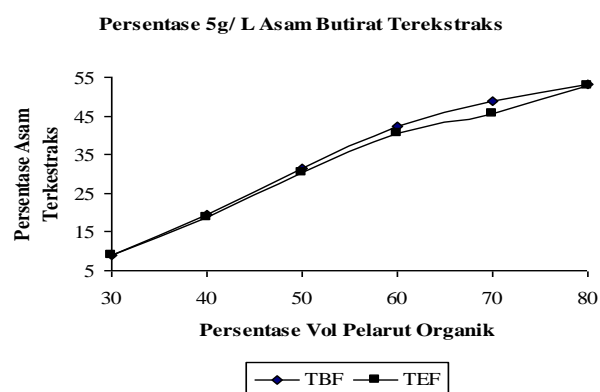
karbon, akan semakin kuat memutus ikatan hidrogen antara asam butirat dengan air. Hal ini dapat dimengerti bahwa dengan bertambahnya rantai karbon akan meningkatkan kepolaran pelarutnya. Sehingga akan dapat meningkatkan reaktivitas gugus fosforilnya dan akhirnya akan menghasilkan koefisien partisi yang lebih besar.



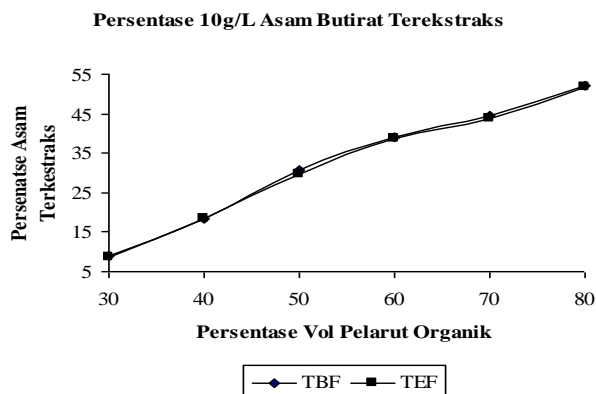
Gambar 4: Koefisien Partisi Asam Butirat 5 g/L Antara Pelarut TBF dan TEF



Gambar 5: Koefisien Partisi Asam Butirat 10 g/L Antara Pelarut TBF dan TEF



Gambar 6: Persentase Asam Butirat (5g/L) Terekestraks Oleh Pelarut



Gambar 7: Persentase Asam Butirat (10g/L) Terekestraks Oleh Pelarut Organik

Dari Gambar 4 dan 5 nampak bahwa kenaikan harga koefisien partisi bertambah seiring dengan pertambahan persentase volume pelarut organik. Hal ini dapat dimengerti dikarenakan dengan meningkatnya persentase pelarut organiknya (TBF & TEF) akan menaikkan daya ekstraksinya. Besarnya koefisien partisi merupakan salah satu indikator dari kemampuan pelarut tersebut dalam memisahkan polutan (asam butirat) dari fasa air ke fasa organiknya. Sehingga linieritas yang terjadi pada kenaikan harga koefisien partisi, akan menggambarkan pula linieritas kenaikan kemampuan ekstraksi dari pelarut tersebut. Namun, perbedaan besarnya koefisien partisi, baik untuk konsentrasi 5 g/L maupun 10 g/L asam butirat untuk pelarut TBF dan TEF sangat sedikit, bahkan hampir sama. Hal ini dikarenakan perbedaan panjangnya rantai karbon antara TBE dengan TEF tidak begitu besar yaitu antara empat rantai karbon dan dua rantai karbon yang terikat pada pelarut organik tersebut. Sedangkan apabila dilihat dari perbedaan besarnya koefisien partisi antara asam butirat dengan konsentrasi 5 g/L dan 10 g/L, maka asam butirat dengan konsentrasi 5 g/L harga koefisien partisinya selalu lebih besar. Kecenderungan ini sesuai dengan pendapat Coeure *et al* (1965), semakin encer/ kecil konsentrasi asam yang terlarut dalam fasa air proses ekstraksi akan semakin mudah.

Dari Gambar 6 dan 7 nampak pula bahwa, terjadi linieritas kemampuan ekstraksi mulai dari 30% v/v sampai dengan 80% v/v baik untuk pelarut TBF maupun TEF. Peningkatan kemampuan ekstraksi ini seiring dengan peningkatan jumlah/ volume pelarut organiknya. Hal ini menunjukkan bahwa peran pelarut pendamping tidak begitu besar, bahkan semakin sedikit jumlah diluen daya

ekstraksi pelarutnya semakin baik. Sedangkan perbedaan konsentrasi pada asam butirat, antara 5 g/L dan 10 g/L nampak bahwa kemampuan ekstraksi pelarut akan lebih baik pada polutan dengan konsentrasi yang lebih kecil/encer. Apabila ditinjau dari jumlah gugus karboksilatnya, maka asam butirat memiliki gugus karboksilat tunggal/lebih sedikit daripada asam-asam karboksilat lainnya. Hal ini sesuai dengan sifat dari asam bahwa pH inisial asam lebih kecil dari pKa-nya, berarti asam tersebut memiliki Harga pKa kecil. Semakin kecil harga pKa akan semakin lemah asamnya, yang berarti sulit terion dalam larutan, sehingga menyebabkan asam dalam posisi sedikit atau tidak terdesosiasi. Dalam sistem ekstraksi cair-cair, maka asam yang terekstraksi adalah asam yang dalam posisi tidak terdesosiasi. Namun secara garis besar dapat dilihat bahwa dengan peningkatan jumlah pelarut organo fosfor akan meningkatkan jumlah asam yang terekstraksi. Peningkatan kemampuan ekstraksi linier dengan peningkatan konsentrasi TBF dan TEF dalam komposisi antara pelarut dengan diluennya. Tidak terdapat perbedaan yang berarti pada penggunaan pelarut organik antara TBF dan TEF untuk mengekstraksi asam butirat, dikarenakan hanya selisih dua rantai karbon saja. Namun demikian TBF sedikit lebih unggul dalam kemampuan ekstraksinya, karena terdiri dari empat buah rantai karbon dibandingkan dengan TEF yang hanya memiliki dua rantai karbon saja.

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa :

1. Ekstraksi cair-cair adalah merupakan metode/ cara yang baik untuk memisahkan asam butirat dari limbah cair industri kelapa sawit, karena bernilai ekonomis dan dapat membersihkan perairan dari polusi lingkungan.
2. Semakin tinggi persentase volume TBF dan TEF dalam komposisi pelarut organo fosfor (TEF+Dodekan) akan dapat meningkatkan kemampuan ekstraksi terhadap asam butirat yang terkandung dalam limbah cair industri kelapa sawit, dengan kemampuan ekstraksi maksimum 53,34% pada konsentrasi 80%v/v TBF dan 52,78 pada 80% v/v TEF.
3. Pelarut TBF ternyata memiliki kemampuan ekstraksi lebih baik daripada TEF, walaupun selisihnya tidak terlampau besar, baik untuk konsentrasi asam butirat 5 g/L maupun 10 g/L dalam limbah cair industri

kelapa sawit. Hal ini sesuai dengan mekanisme reaksi dan sifat sebagai pelarut organiknya, yaitu semakin panjang rantai karbon akan meningkatkan daya ekstraksinya.

Daftar Pustaka

- [1] Achour, J., Malmay, G., Putranto, A., Molinier, J. 1994. *Liquid-liquid Equilibria of Lactic Acid between Water and Tris (6-methylheptyl)amine and Tributyl Phosphate in various Diluents*. J. Chem. Eng. Data. 39. 711-713
- [2] Coeure., Pierlas R., Frignet G. 1965. *In Extraction Liquid-Liquid*. Transfers Of Materials. 4-7
- [3] Duarte, M.M.L., Lozar J., Malmay G., Molinier J.. 1989. *J. Chem.Eng.Data*. 34, 43-45
- [4] Faizal, M. 1994. *Recupération et Separation des acides oxalique et formique par ExtractionLiquid-Liquid*. Thèse de Doctorat de l'Institut National Polytechnique de Toulouse
- [5] Harjo, R. 2007. *Hidrolisis Minyak kelapa sawit mentah dengan katalis HCl dan H-Zeolit*. Skripsi. Kimia-FMIPA-Unib
- [6] Juang, R.S., Huang, R.H. 1997. *J. Chem. Eng.* 65, 47-53
- [7] Kertes, A.S., King, C.J. 1986. *Biotechno. Bioeng.* 28, 269-282
- [8] King, C.J., Poole, L.J. 1991. *Regeneration of Carboxylic acid-amine extracts by back-extraction with anorganic solution of volatile amine*. Ind. Eng. Chem. Res. 30, 923-929
- [9] King, C. J. 1993. *Advance in separation techniques recovery of polar organics from aqueous solution*. 11th International Congres of Chemical Engineering. Chisa Praha. Paper. p1062
- [10] Kirsch, T., Maurer, G. 1993.. *J. Fluid. Phase. Equilibri*. 131, 213-231
- [11] Malmay, G., Albet, J., Putranto, A., Hafida, H., Molinier, J. 1998. *Measurement of Partition Coefficients of Carboxylic Acids between Water and Triisooctyl Amine Dissolved in Various Diluents*. J. Chem. Eng. Data. 43, 849-851
- [12] Malmay, G., Albet, J., Putranto, A., Hafida, H., Molinier, J. 2000. *Recovery of Aconitic and Lactic acids from simulated aqueous effluents of the sugarcane industry through liquid-liquid extraction*. J. Chem.Technol Biotechnol. 75, 1-5
- [13] Smagge, F. 1991. *Separation des acides tartrique et malique par extraction Liquid-liquid Valorisation et Depollution des effluents viti-vinicoles*. Thèse de Doctorat de l'Institut National Polytechnique de Toulouse
- [14] Tamada, J.A., King, C.J. 1990. *Ind. Eng. Chem. Res.* 29. 1327-1333
- [15] Wennersten, R. 1980. *Proc. Int. Solv. Ext Conf.* 2. Paper 80-83