

## PERBAIKAN KONVERSI REAKSI MELALUI PENINGKATAN TRANSFER MASSA DAN PENGGUNAAN PELARUT FLUORINET

Suprpto<sup>\*)</sup>

### Abstrak

*Pada penelitian ini, perbaikan konversi reaksi dipelajari dalam sistem reaksi gas-cair oksidasi dimetil benzen. Peningkatan transfer massa dari kedua reaktan dievaluasi kaitannya dengan perbaikan konversi reaksi. Demikian juga penggunaan pelarut organik Fluorinet dipelajari pengaruhnya terhadap peningkatan konversi reaksi. Penelitian secara eksperimental dilakukan didalam reaktor berpengaduk mekanis pada tekanan atmosferik dan suhu 25°C untuk oksidasi dimetil benzen (DMB) menggunakan ozon sebagai oksidator. Kedua reaktan gas (DMB dan ozon) dimasukkan secara terpisah dan kontinyu kedalam reaktor skala laboratorium berdiameter 100 mm dan tinggi 250 mm. Untuk memperoleh peningkatan perpindahan massa, digunakan dua jenis pengaduk berbeda untuk dibandingkan hasilnya terhadap harga koefisien perpindahan massa dan konversi reaksi, putaran pengaduk dioperasikan dari 0-2000 rpm. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa konversi reaksi dapat dinaikkan melalui peningkatan transfer massa. Jika pada saat digunakan pengaduk 4 blades berdiameter 4 cm diperoleh konversi maksimum sebesar 49%, maka dengan pengaduk 6 blades diameter 6 cm diperoleh konversi lebih tinggi yaitu sebesar 86%. Dalam hal penggunaan pelarut Fluorinet, konversi reaksi meningkat hingga mencapai sebesar 62% sehingga terjadi peningkatan sebesar 24% bila dibandingkan dalam sistem aqueous.*

**Kata kunci:** ozon, transfer massa, reaktor berpengaduk, konversi, fluorinet

### Pendahuluan

Reaksi oksidasi dimetil benzen (DMB) menjadi kajian menarik karena merupakan reaksi dua fasa gas-cair. Menurut US-EPA, DMB merupakan komponen gas buang berbahaya industri yang dapat merusak DNA. Beberapa peneliti seperti Suprpto (2001), Altway dkk (1999), Beltran dkk (1993), dan Falcon dkk (1993) telah menggunakan ozon sebagai oksidator untuk dekomposisi DMB atau senyawa aromatik lainnya karena ozon mempunyai kemampuan oksidasi lebih besar dari  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{HClO}$ , maupun  $\text{H}_2\text{O}_2$  dilihat berdasarkan harga potensial oksidasinya.

Dalam mempelajari reaksi oksidasi dimetil benzen dengan ozon, kajian aspek perpindahan massa gas-cair dari reaktan belum banyak diteliti dan dibicarakan oleh peneliti terdahulu. Penelitian terdahulu kebanyakan menitikberatkan pada masalah oksidasi senyawa organik dalam fasa cair (larutan) dimana ozon yang digunakan berada dalam fasa cair. Padahal, senyawa DMB pada hakekatnya berada dalam fasa gas sebagai komponen gas buang industri.

Namun demikian, hambatan reaksi karena persoalan perpindahan massa gas-cair dari ozon telah dilaporkan oleh Legube (1983) kaitannya dengan oksidasi larutan senyawa aromatik, demikian juga oleh Singer dan Gurol (1983). Hal yang sama ditemukan oleh Gurol dan Vatisitas (1987) serta

Beltran dkk. (1993). Legube (1983), melakukan penelitian tentang oksidasi senyawa aromatik dalam sistem kontinyu; kontinyu untuk gas ozon dan batch untuk fasa cair (larutan organik). Singer dan Gurol menggunakan sistem yang sama dengan Legube (1983), perbedaan terletak pada senyawa organik yang digunakan yaitu fenol (fasa cair). Beltran (1993) dalam penelitian mengenai oksidasi fenol (fasa cair) dengan gas ozon menandakan bahwa selama reaksi berlangsung ternyata bahwa tidak ditemui adanya ozon larutan yang dianalisa. Hal yang sama telah dilaporkan oleh Gurol dan Vatisitas (1987) pada oksidasi fenol menggunakan gas ozon.

Khusus mengenai reaksi oksidasi DMB dengan gas ozon, Suprpto (2001) dan Altway dkk (1999) menemukan bahwa fenomena hambatan perpindahan massa dari kedua reaktan gas memegang peran penting selama reaksi berlangsung. Seperti yang ditandakan oleh Suprpto (2001) dan Altway dkk (1999) bahwa konversi reaksi terhadap DMB dan ozon naik dengan kenaikan kecepatan pengadukan, hal ini menunjukkan bahwa dalam reaksi oksidasi dimetil benzen terdapat fenomena hambatan perpindahan massa. Pengamatan menunjukkan bahwa konversi reaksi (dimetil benzen dan ozon) naik terhadap kenaikan kecepatan pengadukan sehingga persoalan perpindahan massa gas-cair terjadi pada kedua jenis reaktan tersebut, lebih spesifik disebutkan bahwa hambatan perpindahan massa ozon lebih

<sup>\*)</sup> Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, ITS, Surabaya

dominan dari pada hambatan perpindahan massa dimetil benzen dalam perspektif perpindahan massa gas-cair sistim reaksi oksidasi dimetil benzen.

Oleh sebab itu, berbasis pada penelitian Suprpto (2001) dan Altway dkk (1999) dikembangkan penelitian lanjutan dalam upaya meningkatkan perpindahan massa kedua reaktif tersebut untuk dilihat pengaruhnya terhadap peningkatan konversi reaksi dalam sistim reaksi gas-cair oksidasi dimetil benzen menggunakan ozon. Dalam kaitan ini digunakan sistim pengadukan yang lebih baik dengan mengganti jenis pengaduk yang mempunyai kinerja lebih baik dibandingkan jenis pengaduk yang dipakai sebelumnya.

Selain itu, dalam perspektif menaikkan konversi reaksi maka digunakan pelarut organik Fluorinet. Fluorinet adalah sebuah nama dagang dari Fluorocarbon77 (FC77). Pelarut Fluorinet dalam penelitian ini digunakan sebagai pengganti air dimana air telah digunakan para peneliti sebelumnya sebagai pelarut dalam sistim reaksi yang sama yaitu oksidasi dimetil benzen. Penggunaan pelarut ini dalam ozonisasi hidrokarbon telah dilakukan oleh Bhattacharyya dkk (1991) untuk meningkatkan kelarutan dari ozon. Fluorinet banyak digunakan dalam bidang medis karena stabilitas kimia yang baik (Obraztsov dkk, 1993; Popovitz-Biro dkk, 1994). Fluorinet mempunyai titik didih 97°C, dan density 1,8 (density air=1), tidak larut dalam air. Pelarut organik yang digunakan ini diharapkan dapat melarutkan dimetil benzen dan ozon lebih besar bila dibandingkan dengan dalam air sehingga dapat meningkatkan harga konversi reaksi.

## Bahan Dan Metode Penelitian

### Peralatan dan Bahan

Peralatan penelitian yang digunakan terdiri dari sebuah reaktor berpengaduk mekanis, sebuah unit penghasil ozon (ozoniser), dan sebuah unit penghasil gas dimetil benzen (DMB Gasifier) seperti terlihat secara skematis pada Gambar 1. Reaktor berpengaduk terbuat dari gelas, beserta kelengkapan dan dimensinya diberikan pada Tabel 1. Untuk menjaga stabilitas suhu reaktor, reaktor dilengkapi dengan dinding ganda sebagai

lewatan air dari bak thermostatik. Reaktor ini juga dilengkapi dengan 6 buah baffel diletakkan pada dinding dalam reaktor, dan sistim pengadukan mekanik terdiri dari motor pengaduk dan pengaduk *mobile 4 blades* berdiameter 4 cm atau *mobile 6 blades* berdiameter 6 cm. Ozon dihasilkan dari

ozoniser "Trailigaz Labo 76" dengan oksigen sebagai *feed gas*. Gas DMB dihasilkan dari DMB Gasifier dimana udara dilewatkan kedalam dua buah tangki seri berisi cairan DMB (kemurnian 99,9% dari Aldrich Chimie). Unit DMB Gasifier dilengkapi dengan sebuah bak thermostatik untuk mengatur dan mengontrol suhu, dan sebuah sirkuit aliran udara dengan pengatur laju alir udara.

Tabel 1. Dimensi Reaktor dan Kelengkapannya

Reaktor, diameter	100 mm
tinggi	250 mm
Baffel (6 buah), panjang	120 mm
lebar	10 mm
Pengaduk, diameter	50 mm
lebar	10 mm

### Kondisi Operasi Penelitian

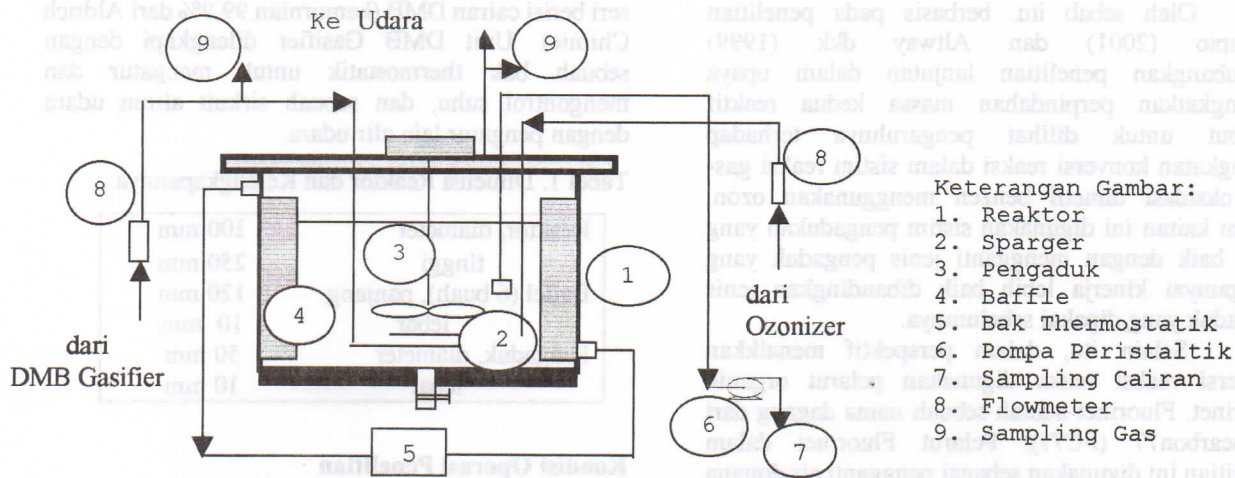
Pada Tabel 2 diberikan kondisi operasi dan prosedur penelitian. Mula-mula reaktor diisi dengan 1 liter air. Dengan dua sistim pemasukan (input) gas terpisah, maka dialirkan kedalam reaktor disatu sisi udara mengandung DMB dan disisi lain oksigen murni, masing-masing dengan laju alir 31 liter/jam dan 32 liter/jam. Sistim pengadukan dan pengaturan suhu diatur sesuai dengan harga yang ditetapkan. Konsentrasi DMB dalam fasa gas pada kondisi masuk dan keluar reaktor dianalisa secara teratur menggunakan kromatografi gas. Jika konsentrasi DMB terukur telah stabil, ozoniser mulai dioperasikan sehingga mulai saat itu reaksi oksidasi telah dimulai. Analisa fasa gas dilakukan dari waktu ke waktu, diamati perubahan yang terjadi. Jika regim pseudo-stasioner tercapai untuk DMB fasa gas, pada saat tersebut percobaan dihentikan.

Tabel 2. Kondisi Operasi Penelitian

Suhu	25°C
Tekanan	Atmosfir
Laju alir molar ozon	48,3 mmol/jam
Putaran pengaduk	0 – 2000 rpm
Jenis pengaduk	Mobile 6 blades Kemiringan 45°

### Analisa DMB dan Ozon Dalam Fasa Gas

Analisa fasa gas didasarkan pada pengukuran laju alir molar dimetil benzen pada kondisi masuk dan keluar reaktor. Untuk analisa tersebut digunakan sebuah kromatografi fasa gas (GC) Varian model



Gambar 1. Skema Peralatan Penelitian

940 yang dilengkapi dengan detektor FID. Pengukuran ini bertujuan untuk menentukan harga konversi reaksi dimetil benzen dalam fase gas. Analisa fasa gas juga dilakukan untuk ozon, dalam hal ini digunakan metode iodometri. Konversi reaksi dihitung menurut persamaan berikut,

$$X = \frac{\text{laju molar masuk} - \text{laju molar keluar}}{\text{laju molar masuk}} \times 100\% \quad (1)$$

**Hasil Dan Pembahasan**

**Peningkatan Perpindahan Massa Gas-Liquid**

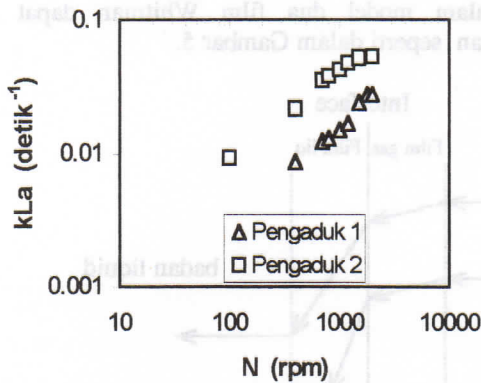
Hambatan perpindahan massa gas-cair dapat dikurangi dengan cara menaikkan diffusifitas dari reaktif. Berkaitan dengan tujuan menaikkan diffusifitas, pada penelitian ini dilakukan dengan memerankan fungsi pengadukan yaitu mengganti jenis pengaduk yang digunakan semula dengan jenis pengaduk yang lebih baik kaitannya dengan fungsi pengadukan. Jenis pengaduk baru (kedua) yang digunakan adalah pengaduk *mobile six blades* dengan kemiringan 45 derajat dan berdiameter 6 cm; pengaduk lama (pertama) adalah *mobile 4 blades* berdiameter 4 cm.

Pengukuran koefisien perpindahan massa gas-cair dilakukan terhadap penggunaan jenis pengaduk kedua yang berkinerja lebih baik, hasil yang diperoleh dibandingkan dengan hasil pengukuran koefisien perpindahan massa berdasarkan penggunaan jenis pengaduk pertama. Metode penelitian dan cara pengukuran koefisien perpindahan massa gas-cair kLa dengan metode

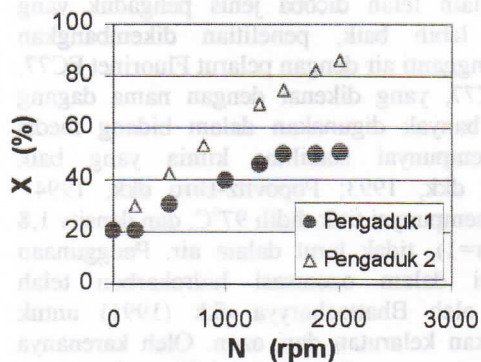
dinamik mengikuti metode yang telah diterapkan oleh Suprpto (1995).

Pada Gambar 2 ditampilkan hasil pengukuran kLa dengan menggunakan kedua jenis pengaduk. Pada kecepatan putaran pengaduk (N) yang sama, kLa yang didapat dengan menggunakan jenis pengaduk kedua menunjukkan harga lebih besar dibandingkan dengan harga kLa yang diperoleh dengan pengaduk jenis pertama. Pada penggunaan pengaduk jenis kedua maka diffusi reaktan gas kedalam fasa cair menjadi naik sehingga hambatan perpindahan massa reaktan gas-cair menjadi berkurang. Dengan demikian, hasil pengamatan yang diperoleh ini dapat lebih memperjelas adanya kenaikan perpindahan massa gas-cair pada sistim yang dipelajari.

Penggunaan pengaduk jenis kedua juga dievaluasi terhadap konversi reaksi dan dibandingkan dengan konversi reaksi yang didapat karena pengaduk jenis pertama. Kondisi operasi penelitian diterapkan seperti yang diterapkan Suprpto (2001). Hasil percobaan terhadap konversi reaksi DMB dalam regim stationer untuk kedua pengaduk ditunjukkan pada Gambar 3. Gambar tersebut memperlihatkan bahwa konversi reaksi DMB naik dengan kenaikan putaran pengaduk, dan dengan pengaduk jenis kedua didapat konversi reaksi DMB lebih tinggi bila dibandingkan dengan harga konversi reaksi karena penggunaan jenis pengaduk pertama. Kenaikan konversi ini mempunyai korelasi dengan kenaikan transfer massa dari reaktan.



Gambar 2. kLa sebagai fungsi N untuk kedua jenis pengaduk



Gambar 3. Konversi reaksi sebagai fungsi N untuk kedua jenis pengaduk

**Pengaruh Laju Alir Gas**

Laju alir gas juga dipelajari pengaruhnya terhadap reaksi oksidasi dimetil benzen. Penelitian dilakukan dengan cara sebagai berikut. Laju alir udara sebagai gas carrier yang akan membawa dimetil benzen dan laju alir oksigen sebagai gas carrier ozon ditetapkan seperti percobaan sebelumnya yaitu masing-masing sebesar 31 liter/jam dan 32 liter/jam. Untuk melakukan variasi laju alir gas, maka selain dua buah aliran gas yang telah ada yang dimasukkan secara terpisah kedalam reaktor, maka dimasukkan aliran ketiga dari aliran udara sebagai aliran udara tambahan; aliran ketiga ini juga dimasukkan kedalam reaktor secara terpisah dengan kedua aliran gas lainnya. Laju alir udara tambahan tersebut secara eksperimen divariasi dari 0 sampai 120 liter/jam. Hasil penelitian disajikan dalam Tabel 3.

Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa konversi reaksi dimetil benzen turun dengan kenaikan laju alir udara tambahan, hal ini terjadi karena semakin tinggi laju alir gas maka waktu tinggal kedua reaktif semakin kecil didalam reaktor sehingga konversi reaksi semakin rendah. Untuk menerangkan lebih rinci fenomena diatas, berikut ini diberikan hipotesanya. Diasumsikan bahwa hambatan perpindahan massa gas-cair sisi gas adalah sama, sehingga hambatan perpindahan massa global akan tergantung pada kelarutan gas dalam air.

Altway dkk (1999) menyatakan bahwa ozon sangat sedikit larut dalam air bila dibandingkan dengan dimetil benzen; pada suhu 25°C kelarutan DMB dan ozon dalam air masing-masing sebesar 60,48 mg/l dan 7,69 mg/l. Berdasarkan harga kelarutan ini diperkirakan transfer dimetil benzen kedalam cairan akan lebih cepat tercapai bila dibandingkan dengan transfer ozon. Dalam keadaan demikian dan jika gelembung ozon serta udara (baik murni atau mengandung dimetil benzen) tidak saling bertemu dalam cairan, maka reaksi oksidasi antara DMB dengan ozon akan terjadi pada surface atau pada batas gelembung ozon.

Tabel 3. Pengaruh laju alir gas terhadap konversi reaksi DMB

Qg tambahan (liter/jam)	X <sub>DMB</sub> (%)
0	51
15	44
30	33
44	27
63	21
90	15
120	10

Berdasarkan hipotesa diatas maka laju alir total udara meninggalkan interface gas-cair akan keluar dengan konsentrasi dimetil benzen sebesar C<sub>g,o</sub> sedang ozon mempunyai konsentrasi nol atau sangat kecil. Disamping itu, jika konsentrasi rata-rata dimetil benzen terukur pada laju alir total keluar reaktor sebesar C<sub>g,s</sub> maka dapat ditulis neraca massa seperti berikut,

$$(Q_1 + Q_3) C_{g,o} = (Q_1 + Q_2 + Q_3) C_{g,s} \tag{2}$$

dengan Q<sub>1</sub>, Q<sub>2</sub>, Q<sub>3</sub> masing-masing adalah laju alir udara pembawa dimetil benzen, laju alir ozon, dan laju alir udara tambahan.

Dalam regim stasionair untuk fasa gas dan cair, flux transfer dimetil benzen dapat ditulis,

$$\Phi = Q_1 C_{g,o} - (Q_1 + Q_3) C_{g,s} = (K_1 S_1 + K_3 S_3) (C_{g,s} - H C_L) = k_{L2} S_2 C_L \tag{3}$$

Seperti yang disebutkan oleh Suprpto (2000), dari

hubungan  $\frac{1}{K_L} = \frac{1}{k_L} + \frac{1}{H \cdot k_G}$  didapat k<sub>G</sub> = 30

$k_L$  dan dengan memperhatikan harga konstanta Henry  $H$ , maka didapat  $k_L$  mempunyai harga berdekatan dengan  $K_L$ . Berdasarkan hal diatas, didapat persamaan:

$$\Phi = k_{L2}S_2 C_L = K_{L2}S_2 C_L = H K_2S_2 C_L \quad (4)$$

dengan:

$K_1, K_2, K_3$  adalah koefisien perpindahan massa gas-cair global sisi gas, masing-masing dari gelembung udara mengandung dimetil benzen, ozon, dan udara tambahan.  $S_1, S_2, S_3$  adalah luas permukaan kontak gas-cair untuk ketiga aliran gas,  $C_L$  adalah konsentrasi dimetil benzen dalam fasa cair.

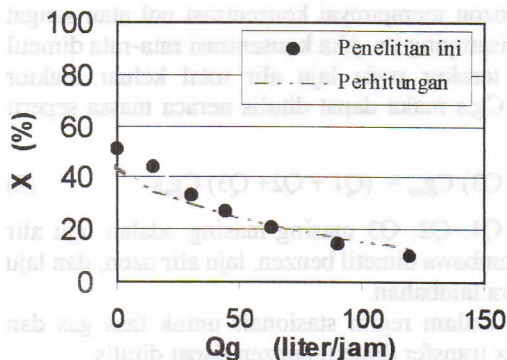
Berdasarkan persamaan-persamaan diatas, maka harga konversi reaksi dimetil benzen dapat ditulis sebagai,

$$X = \frac{\Phi}{Q_1 C_{g,i}} = \frac{1}{1 + (Q1 + Q3) \left( \frac{1}{K2S2} + \frac{1}{K1S1 + K3S3} \right)} \quad (5)$$

Pada persamaan 5 secara kualitatif dapat dikatakan bahwa konversi reaksi mempunyai relasi terbalik dengan  $Q3$ . Dari persamaan 5, pada saat  $Q3=0$ , maka  $K3S3=0$  sehingga konversi reaksi berharga 0,51. Kemudian dengan memasukkan harga  $Q1=31$  liter/jam, maka diperoleh harga  $\frac{1}{K2S2} + \frac{1}{K1S1} = 0,031$  jam/l, sehingga persamaan tersebut menjadi,

$$X^* = \frac{1}{1 + 0,031(Q1 + Q3)} \quad (6)$$

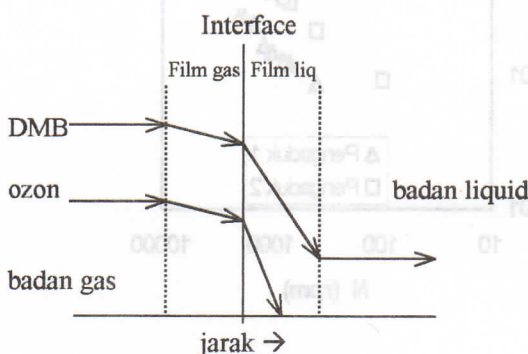
Pada Gambar 4 ditampilkan harga-harga konversi reaksi hasil penelitian ( $X$ ) diperbandingkan dengan konversi reaksi hasil perhitungan ( $X^*$ ) yang didapat dari persamaan 4.



Gambar 4. Konversi reaksi sebagai fungsi  $Q_g$  (hasil eksperimen dan perhitungan)

Secara keseluruhan didapat bahwa konversi reaksi hasil perhitungan cukup sesuai dengan konversi reaksi hasil eksperimen, sehingga hipotesa yang diajukan dapat dikatakan terjustifikasi. Oleh sebab itu, ensesi

reaksi antara dimetil benzen dan ozon terjadi pada interface antara gelembung ozon dan fasa cair dimana terkandung dimetil benzen, dan profil konsentrasi reaktan dalam model dua film Whitman dapat diilustrasikan seperti dalam Gambar 5.



Gambar 5. Profil Konsentrasi Reaktan

#### Penggunaan Pelarut Fluorinet Dalam Sistim Reaksi Gas-Cair Dimetil Benzen

Selain telah dicoba jenis pengaduk yang berkinerja lebih baik, penelitian dikembangkan dengan mengganti air dengan pelarut Fluorinet FC77. Pelarut FC77, yang dikenal dengan nama dagang Fluorinet, banyak digunakan dalam bidang medis karena mempunyai stabilitas kimia yang baik (Obraztsov dkk, 1993; Popovitz-Biro dkk, 1994). Fluorinet mempunyai titik didih 97°C, dan density 1,8 (density air=1), tidak larut dalam air. Penggunaan pelarut ini dalam ozonisasi hidrokarbon telah dilakukan oleh Bhattacharyya dkk (1991) untuk meningkatkan kelarutan dari ozon. Oleh karenanya pelarut Fluorinet yang digunakan ini diharapkan dapat meningkatkan kelarutan dimetil benzen maupun ozon bila dibandingkan dengan dalam air, sehingga bisa meningkatkan konversi reaksi.

Pada penelitian ini digunakan peralatan yang sama seperti pada saat penelitian menggunakan air sebagai pelarut. Untuk mengetahui kelarutan dimetil benzen dan ozon dalam pelarut Fluorinet, maka diadakan serangkaian percobaan absorpsi dimetil benzen maupun ozon dalam pelarut Fluorinet. Setelah sifat kelarutan diketahui, maka penelitian dilanjutkan dengan mempelajari reaksi ozonasi dimetil benzen dalam pelarut tersebut. Metodologi yang digunakan sama seperti pada saat mengukur kelarutan dimetil benzen dan ozon dalam air. Hasil pengukuran kelarutan dimetil benzen dalam pelarut Fluorinet dan dalam air pada 25°C masing-masing adalah 5852 mg/l dan 60,48 mg/l, sedangkan kelarutan ozon dalam pelarut Fluorinet dan dalam air pada 25°C masing-masing adalah 87,60 mg/l dan 7,69 mg/l. Pada kondisi itu, konsentrasi fasa gas dimetil benzen dan ozon masing-masing adalah 14 mg/l dan 3,53 mg/l.

Berdasarkan harga-harga tersebut, maka harga konstanta Henry dapat dihitung dan memberikan hasil sebagai berikut: konstanta Henry dimetil benzen dalam pelarut Fluorinet dan dalam air masing-masing adalah sebesar 0,00241 dan 0,231, sedang konstanta Henry ozon dalam pelarut Fluorinet dan dalam air masing-masing adalah sebesar 0,408 dan 4,59.

Berdasarkan pengamatan dapat disimpulkan bahwa pelarut Fluorinet dapat meningkatkan kelarutan dimetil benzen maupun ozon. Namun, kenaikan kelarutan dimetil benzen didalam pelarut Fluorinet jauh lebih besar dibandingkan dengan kelarutan ozon; kelarutan ozon dalam pelarut Fluorinet meningkat sekitar 11 kali dibandingkan dalam air, sedang kelarutan dimetil benzen dalam Fluorinet meningkat hampir 97 kali lipat dibandingkan dalam air.

#### Evaluasi Penggunaan Pelarut Fluorinet Terhadap Konversi Reaksi

Evaluasi pelarut Fluorinet terhadap konversi reaksi diamati pada kondisi yang sama seperti yang diterapkan sebelumnya dan pada putaran pengaduk 1500 rpm. Hasil pengamatan konversi reaksi dimetil benzen untuk empat kali ulangan diberikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Konversi reaksi Dimetil Benzen (N=1500 rpm, pelarut Fluorinet)

Run ke	X <sub>DMB</sub> (%)
1	62
2	63
3	60
4	62

Suprpto (2001) melaporkan bahwa konversi reaksi dimetil benzen sebesar 49 % pada saat digunakan air sebagai pelarut pada kondisi yang sama dengan kondisi operasi penelitian ini. Jika dibandingkan dengan penggunaan pelarut Fluorinet maka terdapat peningkatan sekitar 24% terhadap konversi dalam sistim aqueous. Peningkatan harga konversi reaksi tersebut disebabkan oleh kenaikan kelarutan dari kedua reaktan dalam pelarut organik Fluorinet. Namun, kenaikan konversi reaksi tidak signifikan dengan peningkatan kelarutan kedua reaktan. Hal ini disebabkan karena rasio peningkatan kelarutan masing-masing reaktan tidak sama dalam sistim pelarut Fluorinet bila dibandingkan dengan dalam sistim pelarut air (aqueous). Oleh sebab itu, hambatan transfer dari ozon terjadi pula dalam sistim reaksi dalam pelarut Fluorinet seperti yang dipelajari sebelumnya dalam fasa aqueous.

Hasil penelitian ini secara garis besar memberikan informasi bahwa reaksi oksidasi terjadi dalam film liquid seperti yang telah dipelajari dalam fasa aqueous. Kenaikan konversi reaksi dimetil

benzen dari 49% menjadi 62% secara nyata hanya disebabkan oleh kenaikan flux transfer dari kedua reaktan. Memperhatikan harga konstanta Henry kedua reaktan (dimetil benzen dan ozon) dalam fasa aqueous diperoleh bahwa konstanta Henry ozon mempunyai harga sekitar 20 kali lebih besar daripada konstanta Henry dimetil benzen. Sedangkan dalam pelarut Fluorinet, konstanta Henry ozon mempunyai harga sekitar 170 kali lebih besar daripada konstanta Henry dimetil benzen. Hal ini lebih memperkuat keyakinan bahwa reaksi oksidasi dimetil benzen lebih cenderung dibatasi oleh hambatan perpindahan massa dari ozon.

#### Kesimpulan

Secara keseluruhan, hasil penelitian memberikan kesimpulan sebagai berikut:

1. Konversi reaksi masih dapat ditingkatkan dengan penggunaan pengaduk yang berkinerja lebih baik kaitannya dengan menaikkan difusi reaktan dalam fasa gas ke fasa cair. Penggunaan pengaduk 4 blades berdiameter 4 cm, konversi maksimum yang diperoleh sebesar 49%, sedang dengan pengaduk 6 blades diameter 6 cm diperoleh konversi lebih tinggi sebesar 86%.
2. Penggunaan pelarut Fluorinet pada suhu 25°C dapat meningkatkan kelarutan dimetil benzen sekitar 97 kali jika dibandingkan digunakan air sebagai pelarut pada kondisi yang sama. Demikian juga ozon, kelarutannya dapat meningkat sekitar 11 kali lebih besar dibandingkan dalam air. Pada oksidasi dimetil benzen dengan menggunakan pelarut Fluorinet, konversi reaksi dimetil meningkat hingga mencapai sebesar 62% sehingga terjadi peningkatan sebesar 24% bila dibandingkan dalam sistim aqueous.

#### Daftar Notasi

$\Phi$  = flux perpindahan massa (mol. liter<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup>)

#### Daftar Pustaka

- Altway. A., Suprpto, Djoko.H., 1999, "Rekayasa Dekomposisi Dimetil Benzen Dengan Ozon Dalam Reaktor Bifase Gas-Cair Berpengaduk", *Laporan Penelitian*, ADB Loan No.1253-INO.
- Bhattacharaya.D., Haeri.A. and Williams.M.E., 1991, Two Phase Ozonation of Selected Phenolic Compuondn in fluorocarbon-water System. 4<sup>th</sup> *World Congress Chem.Eng.*, Karlsruhe.
- Beltran.F.J., Kolaczkowski.S.T, Crittenden. B.D. and Rivas. F. J., 1993, "Degradation of Orthochlorophenol with Ozone with Water". *Trans.Ichem.E.*,71(Part B), hal.57-65.

Gurol.M.D. and Vatistas.R., 1987, "Oxidation of Phenolic Compounds by Ozone and Ozone + UV Radiation: A Comparative Study". *Wat.Res.*, 21 (8), hal.895-900.

Legube. B., 1983, "Contribution a l'etude de l'ozonation de Composes Aromatiques en Solution aqueuse", *Disertasi Doctorat es Science Physiques*, Universite de Poitiers, Perancis.

Pintar.A.and Levec.J., 1992, "Catalytic liquid-Phase Oxidation of Refractory Organics in Waste Water", *Chem. Eng.Sci.*, 47 (9-11), hal. 2395-2400.

Popovitz-Biro.R, Wang.J.L., Majewski.J., Shavit.E., Leiserowitz.L., and Lahav.M., 1994, "Induced Freezing of Supercooled Water into Ice by Self-Assembled Crystalline Monolayers of Amphiphilic Alcohols at the Air-water Interface". *J.Am.Chem.Soc.*, 116, hal. 1179-1191

Singer.P.C and Gurol.M.D., 1983, "Dynamics of Ozonation of Phenol. I. Experimental Observations". *Water Res.*,17, hal. 1163-1171.

Suprpto, 2001, "Rekayasa Dekomposisi Dimetil Benzen Dalam Reaktor Bifase Gas-cair Berpengaduk", *IPTEK*, 12 (1), Lembaga Penelitian ITS.

Suprpto, 2000, "Pengukuran Koefisien Perpindahan Massa Gas-Cair Dalam Reaktor Berpengaduk", *Laporan Penelitian* (Tidak Dipublikasikan), Penelitian Mandiri.

Suprpto, 1995, "Pengaruh Dinamika Oksigen Probe Dalam Penentuan Koefisien Transfer Massa Gas-Cair Sisi Cair". *IPTEK*, 6, Lembaga Penelitian ITS.

Tabel 4. Konversi reaktor Dimetil Benzen (N=1500 rpm) (Persen)

Konversi (%)	Waktu (menit)
62	1
63	2
60	3
62	4

Suprpto (2001) melaporkan bahwa konversi reaktor dimetil benzen sebesar 49% pada saat digunakan air sebagai pelarut pada kondisi yang sama dengan kondisi operasi penentuan im. Ito dibandingkan dengan penggunaan pelarut Fluorotri maka terdapat peningkatan sebesar 24% terhadap konversi dalam sistem apung. Peningkatan laju konversi reaktor tersebut disebabkan oleh kemampuan larutan dan kadar reaktan dalam pelarut organik. Fluorotri memiliki kemampuan konversi reaktor tidak signifikan dengan penggunaan larutan reaktor. Hal ini disebabkan karena reaktor penentuan reaktan masing-masing reaktan tidak sama dalam sistem pelarut Fluorotri ini dibandingkan dengan sistem pelarut air (aquous). Oleh sebab itu kemampuan reaktor dan oven terdapat pada dalam sistem reaktor dalam pelarut Fluorotri yang digunakan sebelumnya dalam sistem apung.

Hasil penelitian ini secara garis besar memberikan informasi bahwa reaktor oksidasi terdapat dalam film tipis report yang telah dipelajari dalam sistem apung. Reaktor konversi reaktor dimetil