

## Pengaruh Isian Jenis Bola Kaca terhadap Dinamika Tetes dan Koefisien Pindah Massa Ekstraksi Cair-Cair dalam Kolom Isian

Agus Mirwan<sup>1</sup>, Doni Rahmat Wicakso<sup>1</sup>

**Abstract :** Solvent extraction or Liquid-liquid extraction in packed column is a process of liquid phase separation in which a liquid solution (the feed) is contacted with an immiscible or nearly immiscible liquid (solvent). Mass transfer process occurs as effect of contact between continuous phase from above and dispersed phase from underside column. With existence of packing in column, that caused interfacial area to become bigger and residence time more and older so that improvement of mass transfer process. The aim of this research is to study drop dynamics or movement behavior of drop and mass transfer liquid-liquid extraction in packed column deputizing with overall mass transfer coefficient based on packing type of sphere. Drop shows different behavior at different packing type and height in column. The behavior will be caused changing in number of drop and drop size distribution along size column. Observation of drop behavior is done by using length square column transparent so that visually drop dynamics can be observed and recorded at every segment of column height using digital camera. This research will be done by packing type of sphere and varying flow rate of the dispersed phase to know behavior of drop. Besides this research will also be done observation of mass transfer rate from continuous phase to dispersed phase poured in the form of overall mass transfer coefficient. The research will be done by using water – MEK (methyl ethyl ketone) – n-hexane system. The result of this research for packing type of sphere shows that more and more big dispersed phase flow rate and height from under side column (distributor), hence drop is more and more small with number of which more and more many. This caused significant increase on overall mass transfer coefficient.

---

*Key words : drop distribution, packing, mass transfer*

---

### PENDAHULUAN

Salah satu proses pemisahan yang terkenal dan banyak digunakan dalam industri kimia adalah proses ekstraksi. Ekstraksi *solvent* atau yang lebih dikenal dengan ekstraksi cair-cair merupakan proses pemisahan fasa cair yang memanfaatkan perbedaan kelarutan zat yang akan dipisahkan antara larutan asal dan pelarut pengeksrak (*solvent*).

Prinsip dasar dari ekstraksi cair-cair ini melibatkan pengontakan suatu larutan dengan pelarut (*solvent*) lain yang tidak saling melarut (*immisible*) dengan pelarut asal yang mempunyai densitas yang berbeda sehingga akan terbentuk dua fasa beberapa saat setelah penambahan *solvent*. Dalam proses pengontakan yang terjadi dalam kolom isian, salah satu cairan didispersikan dalam bentuk tetesan ke dalam cairan pendispersi tetesan yang disebut dengan fasa kontinyu. Ekstraksi cair-cair dalam kolom isian memiliki beberapa

keunggulan jika dibandingkan dalam kolom kosong. Keunggulan tersebut antara lain dapat mempertahankan tetesan dalam ukuran yang kecil dan adanya turbulensi yang tinggi akibat tetesan bergerak disela-sela isian dan aliran fasa kontinyu yang mengalir dari atas ke bawah kolom isian. Hal ini menjadikan tetesan memiliki luas permukaan kontak yang besar dan kemudahan berpindahnya senyawa terlarut dari salah satu cairan ke cairan lainnya.

Sebagai unit operasi pemisahan alternatif disamping distilasi dan adsorpsi, ekstraksi cair-cair dalam kolom isian ini pada kondisi tertentu memiliki beberapa kelebihan diantaranya dapat beroperasi pada kondisi ruang, dapat memisahkan sistem yang memiliki sensitivitas terhadap temperatur, dapat memisahkan sistem dengan perbedaan titik didih relatif kecil dan kebutuhan energinya juga relatif kecil. Aplikasi ekstraksi cair-cair ini telah banyak digunakan pada sektor industri diantaranya pada pemrosesan kembali bahan bakar nuklir, pemisahan logam-logam, pemisahan senyawa-senyawa aromatik pada

---

<sup>1</sup> Staf pengajar Fakultas Teknik Unlam Banjarmasin

industri petroleum, industri obat-obatan, petrokimia, pengolahan air limbah industri, *hydrometallurgy* dan industri makanan.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari perilaku/dinamika tetesan dan perpindahan massa yang diwakilkan dengan koefisien perpindahan massa keseluruhan yang terjadi pada ekstraksi cair-cair dalam kolom isian jenis bola kaca.

## KAJIAN TEORITIS

Pada proses pemisahan ekstraksi cair-cair yang terjadi dalam kolom isian, larutan umpan sebagai fasa kontinu dialirkan dari bagian atas kolom. Sedangkan pelarut pengeksrak sebagai fasa dispersi dialirkan dari bagian bawah kolom. Karena adanya perbedaan densitas di kedua cairan tersebut serta kedua cairan tidak saling melarut, maka salah satu cairan dapat membentuk tetesan dalam cairan lainnya sehingga terjadi kontak yang intim antara kedua cairan tersebut.

Tetesan yang bergerak naik di dalam kolom dapat mengalami peristiwa perpecahan dan/atau penggabungan antar tetesan. Peristiwa perpecahan terjadi akibat tetesan tersebut menabrak isian yang berada dalam kolom. Pecahnya tetesan dalam kolom sangat menguntungkan karena dapat meningkatkan luas bidang kontak antar cairan serta memperbesar waktu kontak antara kedua cairan dalam kolom.

Beberapa kemungkinan perilaku tetesan yang terjadi dalam kolom isian diantaranya adalah tetesan bergerak tanpa halangan melewati celah isian ; tetesan bergabung dengan bagian isian dan pecah menjadi dua tetesan yang lebih kecil ; tetesan bergabung dengan bagian isian tanpa disertai dengan pecahnya tetesan; tetesan terdistorsi pada saat melewati celah isian dan tetesan terjebak pada celah isian dan bergabung dengan tetesan berikutnya (Putranto, 2004). Dengan demikian maka ukuran tetes akan mengalami perubahan pada saat tetesan bergerak disela-sela bahan isian disepanjang kolom.

Perubahan ukuran tetesan senantiasa akan diikuti dengan perubahan jumlah tetesan pada ukuran tersebut. Perubahan ukuran dan jumlah tetesan menyebabkan luas kontak perpindahan massa antara fasa kontinu dan fasa dispersi berubah. Sehingga pada gilirannya akan menyebabkan perubahan harga koefisien

perpindahan massanya (Ariono dan Mirwan, 2008).

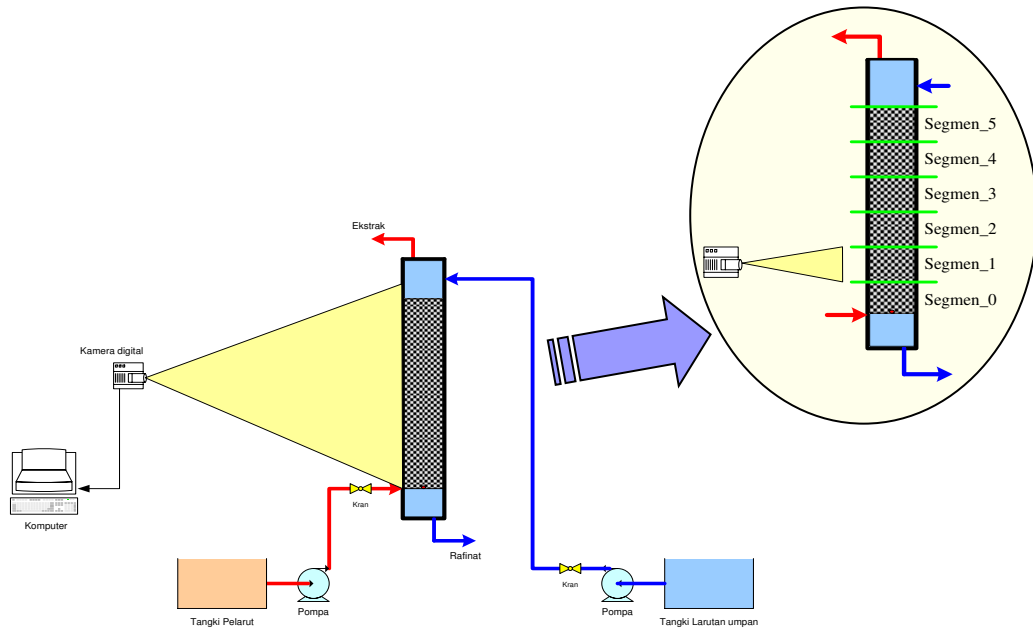
Seibert dan Fair (1988) menyatakan bahwa adanya isian menyebabkan perpindahan massa meningkat 2 sampai 3 kali bila dibandingkan dengan perpindahan massa dalam kolom kosong, misalnya kolom semprot; sifat sistem yang digunakan mempunyai pengaruh yang signifikan dan diameter tetesan merupakan fungsi laju alir dan jenis isian.

Hal ini juga didukung oleh pernyataan Hashem dan El Bassuoni (2007) bahwa ukuran tetes yang kecil dan laju fasa dispersi dan fasa kontinu memberikan pengaruh yang signifikan terhadap perpindahan massa. Makalah ini menjelaskan perilaku tetes dalam kolom isian yang ditampilkan dalam bentuk kurva distribusi ukuran tetesan di sepanjang kolom isian pada berbagai laju alir fasa dispersi, fasa kontinu dan jenis isian serta koefisien perpindahan massa keseluruhan terhadap diameter rata-rata tetes.

## METODE

Pengamatan perilaku/dinamika tetesan dan penentuan nilai koefisien pindah massa yang diwakilkan dengan koefisien perpindahan massa keseluruhan dilakukan dalam kolom berpenampang persegi panjang (4,5x10 cm) yang tembus pandang. Model campuran yang digunakan adalah air – metil etil keton (MEK) – n-heksan, dimana MEK sebagai solut mula-mula berada dalam air kemudian diekstraksi dengan pelarut n-heksan. Jenis isian yang digunakan ialah bola kaca berdiameter 1 cm setinggi 60 cm. Pengamatan dilakukan pada tiga laju alir fasa dispersi yaitu: 0,14 mL/detik (Qd-1), 2,00 mL/detik (Qd-2), dan 4,27 mL/detik (Qd-3). Sedangkan fasa kontinu dianggap diam atau tidak mengalir (Qc-diam). Umpan yang diekstraksi mengandung MEK yang konsentrasinya 2 M.

Pengamatan dinamika tetes dalam kolom isian dilakukan secara visual dan direkam dengan menggunakan alat bantu perekam gambar berupa kamera digital. Pengamatan dinamika tetes dilakukan dengan membagi kolom dalam berbagai segmen ketinggian. Kolom dibagi menjadi enam segmen ketinggian, masing-masing segmen tingginya 10 cm. Hal ini dilakukan untuk mengetahui perubahan dinamika tetes dalam kolom (lihat Gambar 1).



**Gambar 1.** Perangkat Eksperimen Ekstraksi Cair-Cair Dalam Kolom Isian

Hasil rekaman gambar tetesan yang diperoleh kemudian dilakukan perhitungan jumlah dan ukuran atau diameter tetes berdasarkan metoda yang dikembangkan oleh Hamilton dan Pratt (1984). Metode tersebut adalah menggunakan skala milimeter yang diletakkan pada bagian tertentu di kolom. Dalam penelitian ini, perhitungan dilakukan dengan cara meletakkan *grid* skala milimeter pada gambar digital.

Tetes yang diamati dihitung luasannya kemudian dikonversikan ke bentuk bola yang proyeksinya memiliki luas yang sama dengan luasan tetesan yang teramati. Kemudian tetesan tersebut dikelompokkan berdasarkan rentang diameter tetesan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 berikut:

**Tabel 1.** Kelompok Diameter Tetes

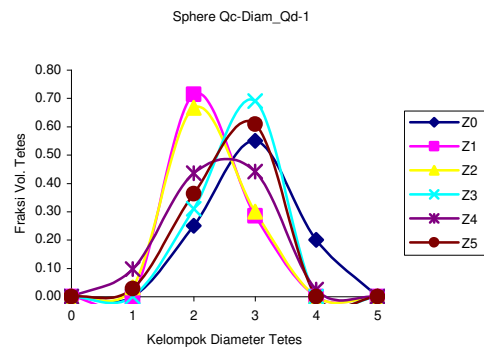
Kelompok Diameter	Rentang Tetes [mm]	Diameter
d0	≤ 0,50	
d1	0,50 – 1,49	
d2	1,50 – 2,49	
d3	2,50 – 3,49	
d4	3,50 – 4,49	
d5	≥ 4,50	

Setelah itu dilakukan pengukuran konsentrasi MEK dalam n-heksan di aliran masuk

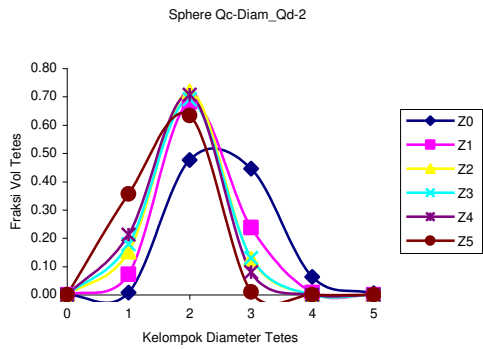
dan keluar kolom yang dianalisis dengan menggunakan *Gas Chromatography*.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

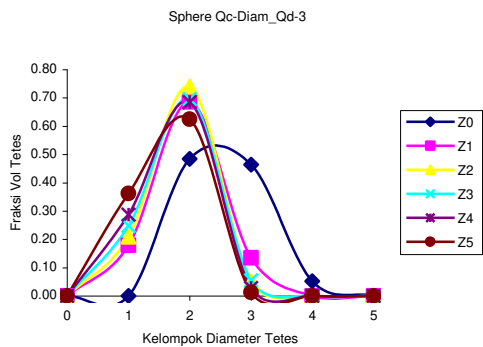
Pada tiap variasi pengamatan akan diperoleh 3 (tiga) kurva distribusi ukuran tetes yaitu untuk dimasing-masing segmen ketinggian yang dalam hal ini disimbolkan dengan Z0 hingga Z5. Segmen ketinggian paling bawah adalah Z0, segmen di atasnya adalah Z1 dan seterusnya hingga Z5. Dan 1 (satu) kurva koefisien perpindahan massa keseluruhan. Gambar 2 sampai dengan 4 merupakan hasil pengamatan dinamika tetes dalam kolom berisi bola kaca pada tiga variasi laju alir fasa dispersi.



**Gambar 2.** Distribusi Ukuran Tetes Isian Bola Kaca, pada (Qd-1).



**Gambar 3.** Distribusi Ukuran Tetes Isian Bola Kaca, pada (Qd-2).

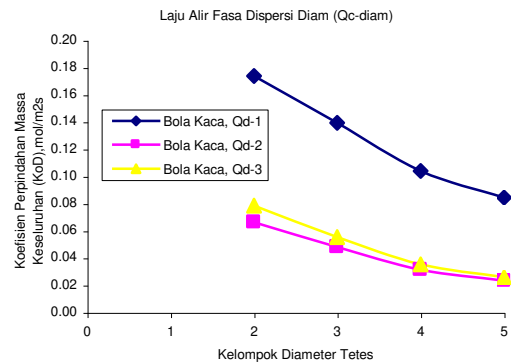


**Gambar 4.** Distribusi Ukuran Tetes Isian Bola Kaca, pada (Qd-3).

Gambar 2 sampai 4 menunjukkan bahwa pada rentang laju fasa dispersi yang diamati, tetesan cenderung mengecil dengan makin jauhnya dari nosel tempat tetesan terbentuk. Hal ini menunjukkan bahwa tetesan yang bergerak disela-sela isian bola kaca cenderung pecah, walaupun ada juga tetesan yang bergabung menjadi ukuran yang lebih besar. Namun jumlah tetesan yang pecah jauh lebih banyak dibandingkan dengan yang bergabung. Berdasarkan pengamatan visual, pecahnya tetesan disebabkan adanya gesekan antara permukaan isian dengan tetesan yang melintas disela-selanya sehingga tetesan pecah menjadi tetesan yang ukurannya lebih kecil. Kenaikan laju alir fasa dispersi memberi pengaruh makin kecilnya ukuran tetes, namun menuju ke kelompok diameter d2. Dalam hal ini, tetesan pada kelompok diameter d2 sulit mengalami peristiwa perpecahan. Pada kelompok d2, gesekan tetes dengan dinding isian makin berkurang sehingga sebagian besar tetes hanya melintas disela-sela isian tanpa ada perubahan ukuran yang berarti.

Gambar 5 menunjukkan bahwa adanya pengaruh laju alir fasa dispersi dan jenis isian terhadap laju perpindahan massa yang dinyatakan dengan koefisien perpindahan massa keseluruhan. Hal ini ditunjukkan koefisien perpindahan massa

yang besar terjadi pada kelompok ukuran diameter tetesan yang kecil. Sedangkan pada kelompok diameter tetesan yang makin besar menyebabkan harga koefisien perpindahan massa keseluruhannya mengecil. Pengecilan ukuran tetesan akan menghasilkan peningkatan harga koefisien perpindahan massa keseluruhannya, akibat makin tingginya turbulensi tetesan (Hashem dan Bassuoni, 2007).



**Gambar 5.** Hubungan koefisien perpindahan massa keseluruhan dengan kelompok diameter pada Qc-diam.

**KESIMPULAN**

Dari eksperimen yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan. Jenis isian bola kaca dan variasi laju alir fasa dispersi (Qd) memberikan pengaruh yang cukup signifikan terhadap perubahan bentuk ukuran diameter tetesan di tiap segmen ketinggian kolom. Ukuran diameter tetesan yang kecil dengan jumlah yang banyak menyebabkan kenaikan yang signifikan proses perpindahan massa yang dinyatakan dengan koefisien perpindahan massa keseluruhan.

**DAFTAR NOTASI**

- MEK = metil etil keton
- Qc = laju alir fasa kontinyu, ml/detik
- Qd = laju alir fasa dispersi, ml/detik

**DAFTAR PUSTAKA**

Ariono, D., Sasongko, D., Kusumo, P., (2006), *Dinamika Tetes Dalam Kolom Isian, Seminar Nasional Teknik Kimia Indonesia*, FPUO 14. 1 – 5.

- Ariono, D., Sasongko, D., Purwasasmita, M., Kusumo, P., (2008), Pengaruh Jenis Isian Terhadap Dinamika Tetes Fasa Dispersi Dalam Kolom Isian, *Seminar Nasional Rekayasa Kimia & Proses Universitas Diponegoro Semarang*, ISSN 1411 – 4216, K.085.
- Ariono, D., Mirwan, A., (2008), Dinamika Tetes dan Koefisien Pindah Massa Pada Ekstraksi Cair-Cair Dalam Kolom Isian, *Seminar Nasional Rekayasa Kimia & Proses Universitas Diponegoro Semarang*, ISSN 1411 – 4216, A.096.
- Hamilton, J. A., Pratt, H. R. C., (1984), Droplet Coalescence and Breakage in a Packed Liquid Extraction Column, *AIChE Journal*. Vol. 30, No. 30, 442 – 450.
- Hashem, M. A., El-Bassuoni, A. A., (2007), Drop Formation Mass Transfer Coefficients in Extraction Columns, *Theoretical Foundations of Chemical Engineering Journal*. Vol. 41, No. 5, 530 – 535.
- Kumar, A., Harland, S., (1996), Unified Correlations for Prediction of Drop Size in Liquid-Liquid Extraction Columns, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 35, 2682 – 2695.
- Laddha, G.S., Degaleesan, T.E., (1976), *Transport Phenomena in Liquid Extraction*, Tata Mc-Graw Hill Publishing Co. Ltd, New Delhi, 131 – 145.
- Nababan, R. F., (2006), *Penerapan Model HB-GFT Proses Ekstraksi Cair-Cair Sistem MEK – Air – n-Heksan Dalam Kolom Isian*, Laporan Tugas Akhir Penelitian, Institut Teknologi Bandung.
- Putranto, A. (2004), *Kajian Hidrodinamika Ekstraksi Cair-Cair Pada Kolom Isian*, Tesis Program Magister, Institut Teknologi Bandung.
- Seibert, A. F., Fair, J. R., (1988), Hydrodynamics and Mass Transfer in Spray and Packed Liquid-Liquid Extraction Columns, *Ind. Eng. Chem. Res.*, 27, 470 – 481.
- Slater, M. J., Baird, M. H. I., Liang, T. B., (1988), Drop Phase Mass Transfer Coefficients For Liquid-Liquid System And The Influence of Packing, *Chemical Engineering Science Journal*, Vol. 43, No. 2, 233 – 245.