

PEMISAHAN AMIL ALKOHOL DARI LIMBAH CAIR LUTTER WASHER

Ani Purwanti

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Sains & Teknologi AKPRIND
Jl. Kalisahak No. 28, Kompleks Balapan, Tromol Pos 45, Yogyakarta 55222
E-mail: ani4wanti@gmail.com

ABSTRACT

Fusel oil is a side product of ethanol manufacturing process through the fermentation of molasses. Sometimes, fusel oil is accidentally mixed with liquid waste from the bottom of alcohol rectifying column. This mixture is called litter washer. Fusel oil contains isoamyl alcohol, n-amyl alcohol, and other alcohols. Isoamyl alcohol is the raw material of organic ester. Further processing is required to increase the economic value of fusel oil, such as the separation of components by distillation. In this study, the composition of isoamyl alcohol and n-amyl alcohol in the residue in the distillation process as a function of distillation time in a packing column was evaluated. An artificial waste litter washer was used as a raw materials in this experiment. The processes were conducted using a distillation column with a cylindrical dan spherical glass packing materials. Lutter washer was distilled with total reflux until the equilibrium temperature was reached, then the data of the experiment was taken during 180 minutes at the condition of reflux at 5/5 (5 minutes distillate was returned to the tower and 5 minutes distillate was collected). The composition of the distillation residue were evaluated at interval time of 30 minutes. The same processes were evaluated using different heights of packing materials. The data show that the highest composition of isoamyl alcohol and n-amyl alcohol are 21.99% and 3.70% of the 15 mL total residue, respectively. It is obtained in the distillation process that used the packing materials with ball shape, the column with 85 cm of height and 3.5 cm of diameter.

Keywords : Fusel Oil, Distillation, Isoamyl Alcohol, N-Amyl Alcohol.

1. PENDAHULUAN

Pabrik - pabrik gula di Indonesia menghasilkan produk samping berupa tetes (molase) yang dapat diolah lebih lanjut menjadi alkohol dengan jalan fermentasi. Selain itu, dihasilkan hasil samping berupa minyak fusel. Minyak fusel ini penggunaannya masih terbatas sebagai pelarut zat pembentuk lapisan pelindung (Trihadi, 2007; Susanty, 2002).

Tetes dapat diolah menjadi produk yang berupa alkohol dan spiritus dengan beberapa proses, antara lain pemasakan tetes, peragian, serta proses penyulingan. Proses penyulingan dilakukan di dalam beberapa menara distilasi menggunakan uap panas bersuhu 393K, kolom tersebut diantaranya adalah kolom rektifiser. Dari bagian tengah kolom

rektifikasi ini biasanya dihasilkan minyak fusel. Di pabrik etanol yang menggunakan proses distilasi kontinyu, jika konsentrasi etanol yang tinggi maka minyak fusel (campuran alkohol tinggi) yang dihasilkan kurang volatil daripada etanol. Dan jika etanol yang dihasilkan mempunyai konsentrasi rendah, maka minyak fusel yang dihasilkan lebih volatil dari etanol. Minyak fusel cenderung dihasilkan di dalam kolom rektifikasi, lebih tepatnya pada suatu kondisi dimana konsentrasi etanol sekitar 40-47% volume (kira-kira pada suhu 85-92⁰C). Jika zona proses berada di atas atau di bawah kondisi tersebut, maka rasio minyak fusel yang dihasilkan terhadap etanol rendah. Banyaknya minyak fusel yang dihasilkan dari kolom rektifikasi alkohol tergantung dari proses fermentasi serta kondisi proses distilasi yang dilakukan. Hal ini

mengakibatkan variasi jumlah minyak fusel yang dihasilkan, yaitu berkisar antara 1 - 11 liter pada proses produksi 1000 liter alkohol (Ananta, 2007; Patil et. al., 2002).

Dari beberapa proses distilasi, terkadang dari bagian bawah kolom rektifikasi alkohol, terdapat juga kandungan minyak fusel yang bercampur dengan limbah cair. Limbah cair ini merupakan air bebas alkohol yang sering disebut dengan *lutter washer* (Anantha, 2007). Sebanyak lima liter minyak fusel dapat diperoleh ketika proses distilasi memproduksi 100 liter etil alkohol (Sulaiman and Gasmelseed, 2000).

Pada umumnya, minyak fusel terdiri dari isobutil alkohol, isoamil alkohol, amil alkohol, propanol, dan etanol. Dari suatu penelitian, minyak fusel merupakan campuran dari beberapa senyawa alkohol antara lain aktif amil alkohol, isoamil alkohol, isobutanol, air, dan etanol, dengan komposisi masing - masing sebesar 0,12 w/w, 0,56 w/w, 0,07 w/w, 0,15 w/w, dan 0,09 w/w. Selain itu, minyak fusel juga mengandung senyawa alkohol yang lain yang mempunyai nilai ekonomi yang tinggi antara lain metanol, propanol, butanol, pentanol, dan n-amil alkohol (Ananta, 2007; Ferreira et. al., 2013).

Penggunaan isoamil alkohol atau 3-metil-1-butanol salah satunya adalah untuk membuat ester organik. Senyawa ester dapat digunakan untuk bahan pemberi rasa maupun sebagai pelarut. Produksi ester dari isoamil alkohol salah satunya dapat dilakukan secara enzimatis dan biasanya menggunakan isoamil alkohol murni (Dormo et. al., 2004). Mengingat kegunaannya perlu diupayakan pencarian sumber isoamil alkohol, diantaranya dari minyak fusel. Agar dapat digunakan lebih luas dan untuk meningkatkan nilai ekonomis dari minyak fusel, maka minyak fusel ini perlu diolah lebih lanjut yaitu dengan melakukan pemurnian minyak fusel untuk mengambil isoamil alkohol.

Sampai saat ini masih belum ada proses yang baik untuk dapat memisahkan minyak

fusel dari *lutter washer* dan juga untuk mengambil komponen isoamil alkohol sebagai komponen alkohol dari *lutter washer*. Salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk melakukan pemisahan komponen dari *lutter washer* maupun proses pengambilan isoamil alkohol dari campuran minyak fusel adalah proses distilasi (Sulaiman and Gasmelseed, 2000). Dari proses distilasi secara *batch* dapat diperoleh komposisi hasil distilasi sebagai fungsi dari waktu distilasi. Karena masih sedikitnya data penelitian untuk pemisahan minyak fusel dari *lutter washer* maka saat ini masih perlu dilakukan penelitian yang menggunakan proses distilasi untuk mengevaluasi kesetimbangan proses distilasi *lutter washer* pada suatu rentang waktu tertentu dengan kolom distilasi isian secara *batch* dengan melakukan evaluasi pengaruh tinggi bahan isian dan juga bentuk bahan isian (*packing*) di dalam kolom distilasi.

Sulaiman and Gasmelseed (2000), telah melakukan penelitian yang bertujuan mendesain suatu kolom distilasi untuk mengambil amil, butil, propil, dan juga etil alkohol dari minyak fusel. Dalam penelitian ini dilakukan perhitungan manual yang kemudian diikuti dengan program simulasi menggunakan HYSYS. Dari hasil kalkulasi yang dilakukan diperoleh hasil yang memuaskan, yaitu diameter kolom distilasi sebesar 3,7 m, tinggi kolom sebesar 13,8 m, dan jumlah *stage* teoritis kolom distilasi sebanyak 20. Penelitian yang menggunakan simulasi komputer dalam mencari alternatif pemurnian minyak fusel dengan mempertimbangkan biaya yang diperlukan pertahun juga telah dilakukan oleh Ferreira et. al. (2013). Dari simulasi yang dilakukan diperoleh pemisahan yang baik memberikan jumlah alkohol (isoamil alkohol) terambil sebanyak 99,53%.

Terdapat penelitian yang lain mengenai pemurnian minyak fusel. Kandungan air dalam minyak fusel yang masih besar (70% berat/berat) dikurangi dengan peralatan mikropori secara *batch*. Minyak fusel dengan

kadar air yang rendah kemudian diambil isoamil alkohol dengan cara distilasi dan dapat menghasilkan kemurnian sebesar 99,7% (volume/volume) (Guvenc, *et.al*, 2007). Perbedaan hasil isoamil alkohol ini salah satunya disebabkan karena komposisi minyak fusel sebagai bahan yang diproses tidak sama. Di dalam Patil *et. al.* (2002) dituliskan bahwa pengambilan amil alkohol 98% dari minyak fusel dapat dilakukan dengan proses *batch* dengan menggunakan air sebagai bahan pemisah.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan data komposisi hasil proses distilasi yaitu komposisi distilat dan residu sebagai fungsi waktu proses distilasi untuk mengambil isoamil alkohol dari *lutter washer*. Evaluasi dilakukan untuk tinggi kolom bahan isian yang berbeda dan bentuk bahan isian yang berbeda dengan menggunakan perbandingan refluks tertentu. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat untuk meningkatkan pemanfaatan limbah *lutter washer* dan juga dapat menambah penelitian tentang proses pemisahan menggunakan distilasi.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Minyak fusel merupakan cairan yang relatif kental dengan warna kemerahan dan bau yang tidak sedap. Fermentasi merupakan suatu proses biologi yang kompleks dalam proses produksi alkohol. Bahan yang dihasilkan selama proses fermentasi gula tidak hanya etanol sebagai produk utama, tetapi juga dihasilkan beberapa macam alkohol tingkat tinggi. Pembentukan alkohol (minyak fusel) merupakan hasil aktivitas normal dari fermentasi oleh yeast (Sulaiman and Gasmelseed, 2000). Beberapa faktor yang menentukan proses pembentukan alkohol (minyak fusel) antara lain:

1. Bahan - bahan seperti amonium sulfat dan urea yang ditambahkan saat proses fermentasi berubah menjadi asam amino. Keberadaan asam ini menjadi faktor utama dalam produksi alkohol-alkohol sebagai minyak fusel.

2. Semakin rendah pH maka pembentukan minyak fusel semakin banyak.
3. Suhu fermentasi, semakin tinggi suhu akan memproduksi alkohol fusel dengan jumlah yang semakin banyak.

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk mencari alternatif penggunaan minyak fusel. Minyak fusel sebagai cairan yang sedikit berminyak dapat digunakan sebagai solvent, bahan pencegah pembentukan buih, dan juga sebagai bahan bakar penyuplai energi. Amil alkohol sebagai salah satu komponen alkohol yang terdapat dalam minyak fusel merupakan bahan kimia (*fine chemical*) dengan nilai yang tinggi. Begitu juga dengan ester dari asam asetat dan asam butirat (komponen minyak fusel) dapat digunakan dalam bahan penambah rasa dan bahan pewangi. Untuk mendapatkan komponen alkohol dengan kemurnian tinggi dari minyak fusel dapat dilakukan pemisahan menggunakan proses distilasi. Penanganan minyak fusel ini tidaklah sulit; pemisahan yang dilakukan hanya menggunakan proses distilasi sederhana dengan mempertimbangkan sifat - sifat fisika dan kimia dari minyak fusel (Sulaiman and Gasmelseed, 2000).

Distilasi merupakan cara yang umum digunakan untuk pemisahan cairan homogen. Pemisahan dilakukan berdasarkan perbedaan titik didih dan volatilitas dari komponen penyusun dalam cairan tersebut, dengan cara menguapkan komponen yang volatil. Jika terdapat cairan yang terdiri dari beberapa komponen dipanaskan, maka akan terbentuk uap dengan kandungan komponen volatil yang lebih banyak apabila dibandingkan dengan cairan yang tertinggal / yang tidak teruapkan. Dan jika uap yang dihasilkan tersebut didinginkan, maka bahan yang mempunyai titik didih yang lebih tinggi akan cenderung untuk dapat mudah mengembun dibandingkan dengan komponen dengan titik didih lebih rendah (Permatasari dkk., 2015).

Proses distilasi secara umum dapat terdiri dari dua macam, yaitu distilasi *batch*

dan distilasi kontinyu. Pada proses distilasi *batch*, umpan dimasukkan ke dalam bejana dan tidak ada lagi bahan yang ditambahkan ke dalamnya selama proses distilasi berlangsung. Sedangkan pada distilasi kontinyu, umpan secara terus menerus dialirkan ke dalam menara sampai diperoleh suatu kondisi yang tunak (*steady state*). Pada distilasi *batch*, komposisi komponen di bejana dengan titik didih lebih tinggi makin lama makin besar. Proses distilasi *batch* ini banyak digunakan dalam bidang farmasi dan juga proses pemurnian minyak atsiri / minyak esensial. Proses *batch* lebih fleksibel dibandingkan dengan proses kontinyu, terutama apabila konsentrasi umpan berubah-ubah. Dalam proses ini, pemisahan campuran yang terdiri dari n komponen dapat dilakukan pada satu kolom dengan menggunakan beberapa tangki produk. Sedangkan kekurangan distilasi *batch* adalah terjadinya perubahan konsentrasi umpan yang terus menerus dan juga terdapat dinamika kolom yang kompleks (Permatasari dkk., 2015; Kreul et.al., 1999).

3. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian dengan proses distilasi untuk mempelajari pengambilan komponen isoamil alkohol dari limbah buatan *lutter washer*. Limbah buatan (*lutter washer*) mempunyai komposisi campuran sebagai berikut :

1. Isoamil alkohol (3,223 % vol.).
2. N-amyl alkohol (0,7 % vol.).
3. Isobutanol (0,462 % vol.).
4. N-butanol (0,039 % vol.).
5. 2-propanol (0,08 % vol.).
6. Etanol (0,959 % vol.).
7. Metanol (0,003 % vol.).
8. Air (96,335 % vol.).

Sedangkan peralatan yang digunakan berupa kolom kaca dengan diameter 3,5cm sebagai kolom distilasi. Kolom tersebut mempunyai ketinggian yang dapat divariasikan (45 cm, 55 cm, 65 cm, 75 cm, dan 85 cm). Bahan isian yang digunakan

berupa bahan isian kaca dengan bentuk bola yang disusun di dalam kolom dengan *bulk density* sebesar 118,6 gram/mL dan juga bahan isian silinder kaca dengan *bulk density* sebesar 43,2 gram/mL. Kompor pemanas digunakan sebagai pemanas reboiler dan proses pengembunan distilat menggunakan pendingin bola sebagai kondenser.

Adapun tahap - tahap yang dilakukan dalam penelitian ini adalah proses persiapan bahan baku, proses distilasi, dan proses analisa komposisi hasil distilasi. Proses persiapan bahan baku dilakukan untuk mempersiapkan limbah *lutter washer* buatan. Kemudian dilanjutkan dengan proses distilasi untuk mendapatkan profil konsentrasi distilat dan residu sebagai fungsi waktu distilasi.

Proses distilasi dilakukan dengan perbandingan refluks 5/5, yaitu selama lima menit kondensat dimasukkan ke dalam menara dan lima menit kondensat ditampung sebagai hasil. Proses distilasi untuk mengambil amil alkohol dalam residu limbah dilakukan selama waktu 180 menit. Sebanyak 300 mL limbah dimasukkan ke dalam labu untuk didistilasi. Proses distilasi dimulai dengan memanaskan campuran dengan kondisi refluks total hingga dicapai kondisi temperatur distilat dan residu yang konstan. Setelah suhu konstan kemudian distilat diambil selama 5 menit, kemudian dikembalikan lagi ke menara selama 5 menit, begitu seterusnya sampai waktu distilasi 180 menit. Residu yang dihasilkan pada proses distilasi kemudian dianalisis untuk mengetahui komposisi hasilnya. Proses distilasi juga dilakukan untuk variasi ketinggian kolom bahan isian dan variasi bentuk bahan isian yang digunakan.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengaruh Ketinggian Tumpukan Bahan Isian terhadap Komposisi Isoamil Alkohol dan n-amil Alkohol di Residu

Dari hasil proses distilasi *lutter washer* yang dilakukan dengan menggunakan

kondisi refluks 5/5 (5 menit distilat dikembalikan ke menara distilasi dan 5 menit distilat ditampung) dengan menggunakan kolom distilasi yang diisi dengan bahan isian kaca yang berbentuk silinder berongga diperoleh data hubungan antara konsentrasi isoamil alkohol dan n-amil alkohol di dalam larutan residu (produk bawah) proses distilasi dengan suhu larutan di dalam reboiler dan suhu destilat pada berbagai ketinggian tumpukan bahan isian di kolom distilasi yaitu 45 cm, 55 cm, 65 cm, 75 cm, dan 85 cm seperti dicantumkan pada Tabel 1 dan Tabel 2 sebagai berikut.

Tabel 1. Hubungan Antara Waktu dan Komposisi Isoamil Alkohol Pada Residu (%) Dalam Proses Distilasi Lutter Washer Pada Ketinggian Tumpukan Bahan Isian Sebesar 45 Cm, 55 Cm, 65 Cm, 75 Cm, dan 85 Cm

| No. | Waktu, menit | Komposisi Isoamil Alkohol pada Residu (%) | | | | |
|-----|--------------|---|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | Bahan Isian 45 cm | Bahan Isian 55 cm | Bahan Isian 65 cm | Bahan Isian 75 cm | Bahan Isian 85 cm |
| 1. | 0 | 3,20 | 3,20 | 3,20 | 3,20 | 3,20 |
| 2. | 30 | 3,36 | 3,67 | 4,20 | 4,56 | 4,89 |
| 3. | 60 | 3,67 | 4,46 | 5,64 | 6,22 | 6,34 |
| 4. | 90 | 4,12 | 4,94 | 6,96 | 7,66 | 8,06 |
| 5. | 120 | 4,57 | 5,73 | 7,78 | 9,15 | 10,06 |
| 6. | 150 | 5,34 | 7,00 | 8,08 | 11,04 | 11,92 |
| 7. | 180 | 6,41 | 9,38 | 11,80 | 14,00 | 19,63 |

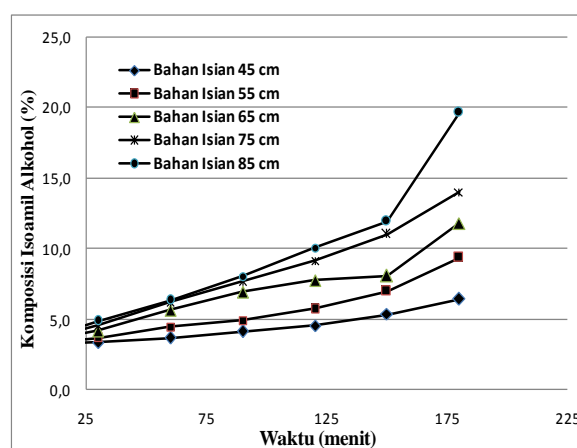
Tabel 2. Hubungan Antara Waktu dan Komposisi n-amil Alkohol Pada Residu (%) Dalam Proses Distilasi Lutter Washer Pada Ketinggian Tumpukan Bahan Isian Sebesar 45 cm, 55 cm, 65 cm, 75 cm, dan 85 cm

| No. | Waktu, menit | Komposisi n-amil Alkohol pada Residu (%) | | | | |
|-----|--------------|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | | Bahan Isian 45 cm | Bahan Isian 55 cm | Bahan Isian 65 cm | Bahan Isian 75 cm | Bahan Isian 85 cm |
| 1. | 0 | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,70 | 0,70 |
| 2. | 30 | 0,73 | 0,79 | 0,91 | 0,99 | 1,05 |
| 3. | 60 | 0,78 | 0,96 | 1,20 | 1,33 | 1,34 |
| 4. | 90 | 0,86 | 1,06 | 1,44 | 1,61 | 1,69 |
| 5. | 120 | 0,84 | 1,18 | 1,43 | 1,68 | 1,77 |
| 6. | 150 | 0,93 | 1,26 | 1,41 | 1,96 | 2,16 |
| 7. | 180 | 1,04 | 1,56 | 1,92 | 2,33 | 3,30 |

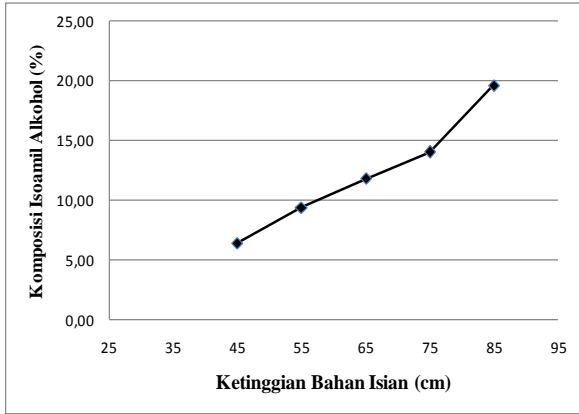
Dari data penelitian yang terlihat pada tabel 1, dapat diuraikan bahwa semakin lama

waktu distilasi yang dilakukan, maka komposisi isoamil alkohol yang diperoleh semakin besar, hal ini seperti terlihat pada gambar 1. Untuk kenaikan ketinggian bahan isian yang digunakan menyebabkan bertambahnya persentase isoamil alkohol yang didapatkan. Untuk proses dengan menggunakan tumpukan bahan isian sebesar 75 cm dan 85 cm memperlihatkan hasil dengan kecenderungan yang sama dengan proses menggunakan ketinggian tumpukan yang lebih rendah. Tetapi hasil komposisi isoamil alkohol yang didapatkan semakin banyak. Hal ini dapat dilihat pada gambar 2.

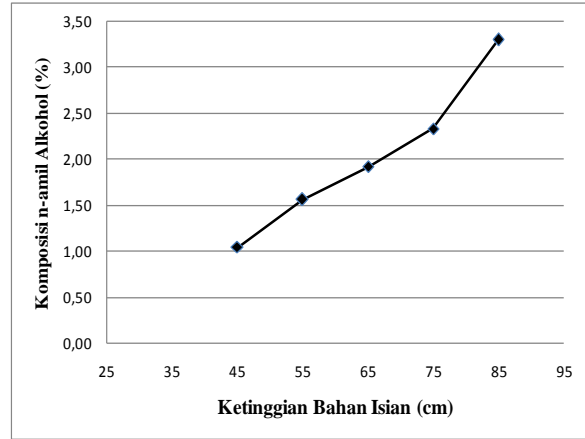
Dari tabel 2 terlihat bahwa komposisi n-amil alkohol yang didapatkan semakin lama proses distilasi akan semakin besar. Grafik hubungan antara waktu distilasi dengan komposisi n-amil alkohol dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 1. Grafik Hubungan Antara Komposisi Isoamil Alkohol Di Dalam Residu Hasil Distilasi Dengan Waktu Pada Berbagai Ketinggian Bahan Isian Jenis Silinder.



Gambar 2. Hubungan Antara Komposisi Isoamil Alkohol Di Reboiler Selama Proses Distilasi Pada Berbagai Ketinggian Bahan Isian Selama Waktu Proses 180 Menit.

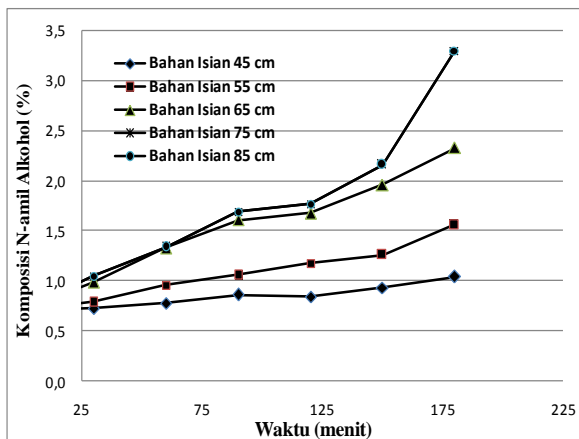


Gambar 4. Hubungan Antara Komposisi n-amil Alkohol Di Reboiler Selama Proses Distilasi Pada Berbagai Ketinggian Bahan Isian Selama Waktu Proses 180 Menit.

Penambahan ketinggian bahan isian menghasilkan komposisi n-amil alkohol yang semakin besar pada residu hasil distilasi seperti terlihat pada gambar 4. Apabila dibandingkan antara komposisi antara isoamil alkohol dan n-amil alkohol yang diperoleh pada residu hasil distilasi untuk berbagai ketinggian bahan isian yang digunakan, terlihat bahwa jumlah isoamil alkohol lebih banyak apabila dibandingkan dengan jumlah n-amil alkohol. Sehingga untuk proses pengolahan lebih lanjut dapat difokuskan pada pengambilan atau proses pemisahan isoamil alkohol dari residu tersebut.

4.2. Pengaruh Bentuk Bahan Isian terhadap Komposisi Isoamil Alkohol dan n-amil Alkohol di Residu

Hasil penelitian yang mempelajari pengaruh bentuk bahan isian yang digunakan dalam proses distilasi yaitu bahan isian kaca bentuk silinder dan bentuk bola dapat dilihat pada tabel 3 dan tabel 4. Dari data yang tercantum pada tabel 3 terlihat bahwa dengan menggunakan bahan isian yang mempunyai bentuk yang berbeda akan memberikan hasil yang berbeda. Terdapat peningkatan komposisi isoamil alkohol yang diperoleh pada penggunaan jenis bahan isian yang berbentuk bola, yaitu menjadi sebesar 21,99% dari total volume residu sebesar 15mL. Penggunaan bahan isian yang berbentuk bola memberikan dapat memberikan proses pemisahan yang lebih baik karena dapat memberikan suhu kesetimbangan yang lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan bahan isian kaca bentuk silinder.



Gambar 3. Grafik Hubungan Antara Komposisi n-amil Alkohol Di Dalam Residu Hasil Distilasi Dengan Waktu Pada Berbagai Ketinggian Bahan Isian Jenis Silinder.

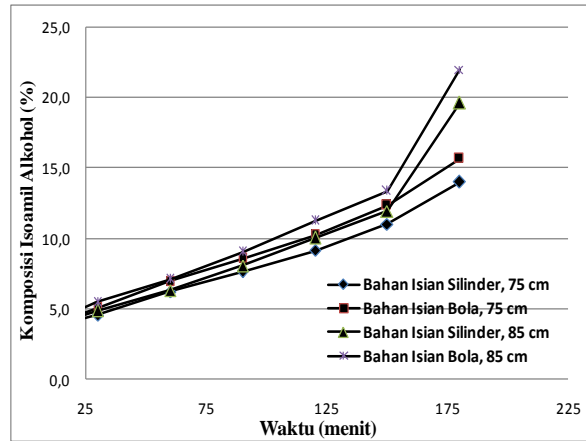
Tabel 3. Hubungan Antara Komposisi Isoamil Alkohol Di Residu Dalam Proses Distilasi Lutter Washer Dengan Menggunakan Jenis Bahan Isian Yang Berbeda

| No. | Waktu, menit | Komposisi Isoamil Alkohol di Residu (%) | | | |
|-----|--------------|---|-------------|---------------------------|-------------|
| | | Ketinggain Tumpukan 75 cm | | Ketinggain Tumpukan 85 cm | |
| | | Bentuk Silinder | Bentuk Bola | Bentuk Silinder | Bentuk Bola |
| | | 1. | 0 | 3,20 | 3,20 |
| 2. | 30 | 4,56 | 5,10 | 4,89 | 5,48 |
| 3. | 60 | 6,22 | 6,96 | 6,34 | 7,10 |
| 4. | 90 | 7,66 | 8,58 | 8,06 | 9,03 |
| 5. | 120 | 9,15 | 10,24 | 10,06 | 11,27 |
| 6. | 150 | 11,04 | 12,36 | 11,92 | 13,35 |
| 7. | 180 | 14,00 | 15,68 | 19,63 | 21,99 |

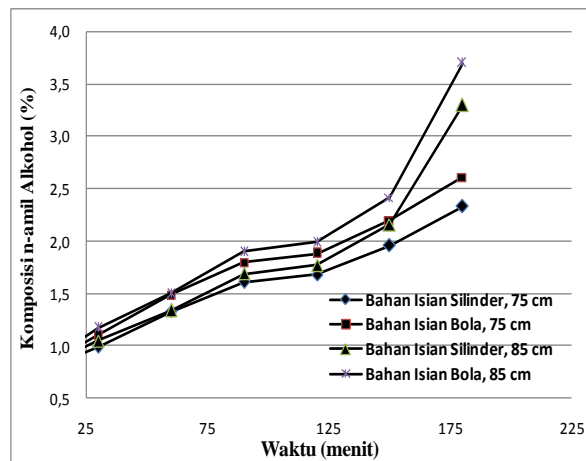
Tabel 4. Hubungan Antara Komposisi n-amil Alkohol Di Residu Dalam Distilasi Lutter Washer Memakai Bentuk Bahan Isian Yang Berbeda

| No. | Waktu, menit | Komposisi n-amil Alkohol di Residu (%) | | | |
|-----|--------------|--|-------------|---------------------------|-------------|
| | | Ketinggain Tumpukan 75 cm | | Ketinggain Tumpukan 85 cm | |
| | | Bentuk Silinder | Bentuk Bola | Bentuk Silinder | Bentuk Bola |
| | | 1. | 0 | 0,70 | 0,70 |
| 2. | 30 | 0,99 | 1,10 | 1,05 | 1,17 |
| 3. | 60 | 1,33 | 1,49 | 1,34 | 1,50 |
| 4. | 90 | 1,61 | 1,80 | 1,69 | 1,90 |
| 5. | 120 | 1,68 | 1,88 | 1,77 | 1,99 |
| 6. | 150 | 1,96 | 2,20 | 2,16 | 2,42 |
| 7. | 180 | 2,33 | 2,61 | 3,30 | 3,70 |

Dari tabel 3 dan tabel 4 dapat dibuat grafik hubungan antara komposisi residu terhadap waktu distilasi untuk jenis bahan isian yang berbeda, seperti tercantum pada gambar 5 dan gambar 6. Dari gambar 5 tersebut terlihat bahwa pada proses distilasi yang dilakukan dari waktu 25 menit – 100 menit tidak terlalu terlihat perbedaan hasil yang diperoleh untuk proses dengan kedua macam bahan isian. Tetapi setelah waktu proses distilasi dilakukan di atas 100 menit, terlihat bahwa proses distilasi dengan menggunakan bahan isian bola memberikan hasil residu dengan komposisi isoamil alkohol yang lebih besar.



Gambar 3. Grafik Hubungan Antara Komposisi Isoamil Alkohol Dengan Waktu Pada Berbagai Jenis Dan Ketinggian Bahan Isian.



Gambar 4. Grafik Hubungan Antara Komposisi N-Amil Alkohol Dengan Waktu Pada Berbagai Jenis Dan Ketinggian Bahan Isian.

5. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah diperoleh dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Komposisi isoamil alkohol tertinggi sebesar 21,99% dari total residu sebesar 15 mL diperoleh pada proses distilasi dengan menggunakan bahan isian bola dengan ketinggian 85 cm dalam kolom distilasi berdiameter 3,5 cm.
2. Komposisi n-amil alkohol tertinggi sebesar 3,70% dari total residu sebesar 15 mL diperoleh pada proses distilasi dengan menggunakan bahan isian bola

dengan ketinggian 85 cm dalam kolom distilasi berdiameter 3,5 cm.

DAFTAR PUSTAKA

- Anantha, F, Proses Pengolahan Limbah di PG. Madukismo Yogyakarta, Program Studi Teknologi Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Katolik Soegijapranata, Semarang, 2007.
- Dormo, N., Belafi-Bako, K., Bartha, L., Ehrenstein, U., and Gubicza, L., *Manufacture of an Environmental-safe Biolubricant from Fusel Oil by Enzymatic Esterification in Solvent-free System*, Biochem. Eng. J., 21, 229, 2004.
- Ferreira, M.C., Meirelles, A.J.A., and Batista, E.A.C, *Study of the Fusel Oil Distillation Process*, Ind.Eng.Chem.Res., 52, 2336 – 2351, 2013.
- Guvenc, A., Kapucu, N., Kapucu, H., Aydogan, O., and Mehmetoglu, U., *Enzymatic Esterification of Isoamyl Alcohol obtained from Fusel Oil: Optimization by Response Surface Methodology*, Enzyme and Microbial Technology, 40, 778–785, 2007.
- Kreul, L.U., Gorak, A., and Barton, P.I., *Dynamic Rate Based Model for Multicomponent Batch Distillation*, AIChE Journal, Vol. 45, No. 9, pp. 1953-1962, 1999.
- Patil, A.G., Koolwal, S.M., Butala, H.D., *Fusel oil: Composition, Removal, and Potential Utilization*, Int Sugar J, 104(1238):51–8, 2002.
- Permatasari, R., Altway, A., dan Susianto, *Pemodelan dan Simulasi Distilasi Batch broth Fermentasi pada Tray Column dengan Serabut Woll*, Jurnal Teknik Kimia, Vol. 9, No. 2, hal. 44-49, 2015.
- Sulaiman, A.K. and Gasmelseed, G.A., *Design of Fusel Oil Separation Column using Hysys Program*, Sudan Engineering Society Journal, Vol. 56, No. 54, pp. 53-60, 2000.
- Susanty, I, *Unjuk Kerja Distilasi Alkohol mengandung Fusel Oil pada Menara Distilasi Packed Tower*, Laboratorium Teknologi Minyak Bumi, Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 2002.
- Trihadi, B, *Pengaruh Perbandingan Volume Zat Pereaksi terhadap Esterifikasi Asam Asetat dengan Fraksi dari Minyak Fusel*, Jurnal Gradien, Vol. 3, No. 1, hal. 222-225, 2007.