REPUBLIK INDONESIA
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

SERTIFIKAT PATEN

Menteri Hukum dan Hak Asasi Manusia atas nama Negara Republik Indonesia berdasarkan Undang-Undang Nomor 13 Tahun 2016 tentang Paten, memberikan hak atas Paten kepada:

Nama dan Alamat Pemegang Paten	: UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG Gd. H Lantai 1, Kampus Unnes, Sekaran, Gunungpati, Semarang 50229 INDONESIA
Untuk Invensi dengan Judul	: PERALATAN YANG DIGUNAKAN UNTUK DAN PROSES PRODUKSI BIODIESEL DENGAN *REACTIVE DISTILLATION*
Inventor	: Ratna Dewi Kusumaningtyas Arief Budiman
Tanggal Penerimaan	: 27 November 2015
Nomor Paten	: IDP000050708
Tanggal Pemberian	: 12 April 2018

Perlindungan Paten untuk invensi tersebut diberikan untuk selama 20 tahun terhitung sejak Tanggal Penerimaan (Pasal 22 Undang-Undang Nomor 13 Tahun 2016 tentang Paten).

Sertifikat Paten ini dilampiri dengan deskripsi, klaim, abstrak dan gambar (jika ada) dari invensi yang tidak terpisahkan dari sertifikat ini.

a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL

Dr. Freddy Harris, S.H., LL.M., ACCS.
NIP. 196611181994031001

(12) PATEN INDONESIA

(19) DIREKTORAT JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL

(11) IDP000050708 B

(45) 12 April 2018

(51) Klasifikasi IPC[8] : C 07C 7/04, C 11C 3/00

(21) No. Permohonan Paten : P00201507855

(22) Tanggal Penerimaan: 27 November 2015

(30) Data Prioritas :
(31) Nomor (32) Tanggal (33) Negara

(43) Tanggal Pengumuman: 27 Januari 2017

(56) Dokumen Pembanding:
US-2007/277430-A1 (06-12-2007) (Jackman John P., et al)
EP-2154226-A1 (17-02-2010) Dimian Elexandre C., et al)
P-00201100100 (11-02-2011) (LPPM UNTAG)
US-2011/023353-A1 (03-02-2011) (Ciciulla Joe)

(71) Nama dan Alamat yang Mengajukan Permohonan Paten :
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
Gd. H Lantai 1, Kampus Unnes, Sekaran,
Gunungpati, Semarang 50229
INDONESIA

(72) Nama Inventor :
Ratna Dewi Kusumaningtyas, ID
Arief Budiman, ID

Pemeriksa Paten : Ir. Aribudhi Nugroho Suyono, M.IPL.

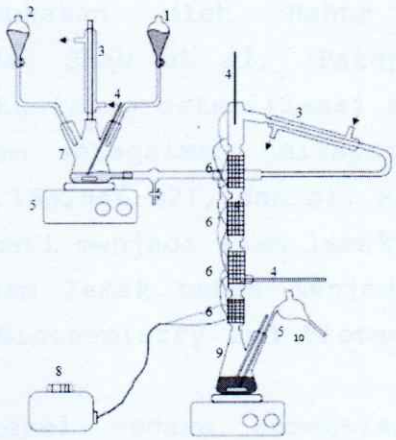
Jumlah Klaim : 5

(54) Judul Invensi : PERALATAN YANG DIGUNAKAN UNTUK DAN PROSES PRODUKSI BIODIESEL DENGAN *REACTIVE DISTILLATION*

(57) Abstrak :

Invensi ini terkait dengan penerapan kolom *reactive distillation* yang dilengkapi dengan *pre-mixer* sebagai unit multifungsi reaktor sekaligus pemisah untuk produksi biodiesel secara kontinyu melalui jalur esterifikasi asam lemak bebas pada minyak nabati. *Pre-mixer* memiliki fungsi untuk meningkatkan pencampuran bahan baku dan meningkatkan konversi reaksi. Bahan baku yang digunakan pada invensi ini adalah minyak jarak pagar yang memiliki kadar asam lemak bebas yang tinggi. Dapat pula digunakan bahan baku dari campuran minyak non-pangan yang memiliki kadar asam lemak tinggi, salah satu komposisi campuran yang disarankan adalah campuran minyak non-pangan berupa minyak jarak - minyak nyamplung - minyak jelantah.

Adapun katalis yang digunakan adalah katalis heterogen berupa asam lewis timah (II) klorida. Kolom *reactive distillation* berupa kaca bahan isian dengan diameter 5 cm dengan tinggi 120 cm. Bahan isian berupa *raschig ring* dari kaca. Proses produksi biodiesel suhu kolom yang tetap (60°). Adapun katalis timah (II) divariasikan padakonsentrasi tertentu (3, 5, 10, dan 15% gr katalis/gr)dan rasio molar metanol-asam lemak bebas divariasikan pada perbandingan 1:15, 1:30, 1:60.Proses yang optimal dengan ini dihasilkan pada proses yang dijalankan pada suhu 60°C pada rasio molar reaktan 1:60 dan konsentrasi katalis 5% berat erat minyak, dan konversi yang dihasilkan 90%. Konversi tersebut relatif ajeg untuk kisaran waktu proses yang berbeda-beda dapat dikatakan bahwa proses kontinyu dengan *reactive distillation* ini bersifat *steady state.*



Deskripsi

PERALATAN YANG DIGUNAKAN UNTUK DAN PROSES PRODUKSI BIODIESEL DENGAN *REACTIVE DISTILLATION*

Bidang Teknik Invensi

Invensi ini secara umum berhubungan dengan proses produksi biodiesel secara kontinyu dengan teknologi reactive distillation. Secara khusus, teknologi reactive distillation ini diterapkan pada proses produksi biodiesel melalui jalur reaksi esterifikasi asam lemak bebas pada minyak nabati dengan bantuan katalis heterogen timah (II) klorida. Secara lebih spesifik, bahan baku yang lebih disukai untuk proses ini adalah minyak nabati non-pangan yang murah dan berkualitas rendah (yaitu memiliki kadar asam lemak bebas yang tinggi di atas 9,4%).

Latar Belakang Invensi

Biodiesel merupakan salah satu sumber energi alternatif terbarukan yang prospektif. Biodiesel dapat disintesis dari minyak nabati. Adapun proses pembuatan biodiesel dari minyak nabati pada umumnya dilakukan melalui tiga rute dasar berikut ini: a) Reaksi transesterifikasi minyak berkatalis basa sebagaimana dikemukakan oleh Hanna (Patent nomer US 2003/0032826 A1) dan Shah *et al.* (Patent nomer US 8,540,881 B1), b). Reaksi satu tahap esterifikasi minyak dengan methanol dengan katalis asam sebagaimana dilaporkan oleh Yan *et al.* (Patent nomer US 8,163,946 B2), dan c). Reaksi dua tahap, yaitu konversi minyak nabati menjadi asam lemak bebasnya, dilanjutkan dengan konversi asam lemak bebas menjadi biodiesel (Kusdiana and Saka, Applied Biochemistry and Biotechnology 113-116: 781-791, 2004).

Produksi biodiesel secara komersial umumnya dijalankan melalui reaksi transesterifikasi antara trigliserida yang terkandung dalam minyak nabati maupun lemak hewani dengan

alkohol rantai pendek dalam reaktor *batch* dengan bantuan katalis yang banyak digunakan adalah basa homogen seperti NaOH atau KOH sebagaimana dikemukakan oleh Ciciulla, Patent nomer US 2011/0023353 A1. Metode transesterifikasi memiliki banyak kelemahan, yaitu tidak dapat diterapkan untuk bahan baku minyak yang memiliki kandungan asam lemak bebas di atas 2% karena akan menyebabkan terjadinya reaksi samping berupa reaksi penyabunan yang menurunkan *yield* biodiesel (Atadashi *et al.*, Renew. Energy, 36(2), 437-443, 2011).

Permasalahan lain yang muncul pada proses produksi biodiesel adalah jenis reaktor yang digunakan. Umumnya produksi biodiesel dilakukan dalam reaktor tangki berpengaduk yang beroperasi secara *batch* atau kontinyu. Produk yang dihasilkan kemudian dipisahkan dalam unit-unit pemisah untuk mendapatkan biodiesel dengan kemurnian tinggi. Hal ini menyebabkan tingginya biaya produksi yang terkait dengan biaya pemisahan, energi, maupun waktu.

Karena adanya permasalahan di atas, perlu diajukan inovasi teknologi produksi biodiesel yang dapat mengintegrasikan reaksi dan pemisahan dalam satu unit proses, sekaligus dapat diterapkan untuk bahan baku minyak dengan kadar asam lemak bebas yang tinggi. Oleh karena itu, untuk meningkatkan efisiensi pada skala komersial, pada invensi ini diajukan teknologi produksi biodiesel secara kontinyu yang berorientasi pada penerapan reaktor multi fungsi, yaitu satu unit alat proses yang mengintegrasikan reaksi kimia dan pemisahan secara in situ. Salah satu jenis reaktor multi fungsi yang sesuai untuk digunakan pada produksi skala besar adalah *Reactive distillation* RD). *Reactive distillation* adalah proses hibrida yang mengkombinasikan distilasi dan reaksi dalam satu unit kolom. Reaktan diubah menjadi produk pada zona reaksi dan secara simultan dilakukan pemisahan produk serta pengembalian sisa reaktan ke zona reaksi secara konstan. Hal ini akan meningkatkan konversi reaktan pada reaksi yang dibatasi oleh keseimbangan. Invensi terkait penerapan teknik *reactive distillation* dilaporkan oleh Dimian dan Rothenberg (Patent nomer EP 2 154 226 A1), yaitu digunakan untuk reaksi asam lemak

bebas menjadi fatty ester. Akan tetapi, sistem *reactive distillation* yang dikemukakan tersebut tidak secara spesifik dirancangan untuk produksi biodiesel dari minyak nabati.

Adapun invensi sebelumnya terkait dengan aplikasi reactive distillation untuk produksi biodiesel dikemukakan oleh Jackam *et al.* (US 8,088,183 B2). Paten ini mendeskripsikan penggunaan teknologi *reactive distillation* untuk memurnikan biodiesel. Pada invensi ini, produksi biodiesel dilaksanakan secara dua tahap. Tahap pertama adalah transesterifikasi trigliserida dengan alkohol dalam suatu reaktor. Biodiesel (*fatty acid alkyl ester*) yang dihasilkan pada tahap ini selanjutnya dialirkan ke dalam kolom *reactive distillation* untuk memisahkan biodiesel dari gliserol dan sisa alkohol, dan secara simultan mereaksikan gliserol dengan asam lemak bebas untuk menghasilkan gliserida. Invensi tersebut menerapkan sistem *reactive distillation* sebagai unit tambahan untuk pemurnian biodiesel.

Model konfigurasi reactive distillation yang diajukan oleh Dimian dan Rotherberg (Patent nomer EP 2 154 226 A1)serta Jackam *et al.* (US 8,088,183 B2) memiliki kelemahan yaitu umpan masuk kolom tidak dicampur terlebih dahulu dengan di dalam *pre-mixing* sehingga ada kemungkinan tidak sempurnanya kontak dan reaksi antar reaktan di dalam kolom. Kedua kolom tersebut juga merupakan jenis *tray-column*. Jenis *tray-column* tidak ekonomis untuk proses skala kecil sehingga perlu dikembangkan jenis kolom bahan isian yang dapat digunakan pada operasi kapasitas kecil maupun besar.

Karena adanya permasalahan yang muncul dalam produksi biodiesel dan menimbang patent yang ada terkait dengan masalah ini, maka kebaruan yang akan diajukan pada invensi yang akan diajukan ini adalah aplikasi kolom *reactive distillation* yang dilengkapi dengan *pre-mixer* sebagai unit utama produksi biodiesel. Kolom reactive-distillation yang dilengkapi dengan *pre-mixer* bersifat multifungsi, yaitu sebagai reaktor sekaligus unit pemisahan dalam produksi biodiesel. Kolom *reactive distillation* ini secara spesifik akan diterapkan untuk produksi biodiesel dengan bahan baku minyak nabati yang murah, berkualitas rendah, dan memiliki kadar asam lemak bebas yang

tinggi. Oleh karena itu, rute reaksi yang dipilih untuk sintesi biodiesel adalah jalur esterifikasi asam lemak bebas pada minyak nabati denganb menggunakan metanol dan berbantuan katalis asam heterogen. Katalis heterogen yang dipilih adalah katalis asam lewis padat timah (II) klorida, yang bersifat mudah larut dalam metanol namun mudah diendapkan kembali. Secara singkat, invensi yang diajukan adalah penerapan teknologi *reactive distillation* untuk produksi biodiesel secara kontinyu melalui esterifikasi asam lemak bebas pada minyak nabati dengan metanol menggunakan katalis timah (II) klorida.

Uraian Singkat Invensi

Invensi yang diusulkan ini pada prinsipnya adalah penerapan kolom *reactive distillation* dengan *pre-mixer* sebagai unit multifungsi reaktor sekaligus pemisah untuk produksi biodiesel secara kontinyu melalui jalur esterifikasi asam lemak bebas pada minyak nabati. Bahan baku yang digunakan pada invensi ini adalah minyak jarak pagar yang memiliki kadar asam lemak bebas yang tinggi. Adapun katalis yang digunakan adalah katalis heterogen berupa asam lewis timah (II) klorida. Kolom *reactive distillation* berupa kolom kaca bahan isian dengan diameter 5 cm dengan tinggi 120 cm. Bahan isian berupa *raschig ring* dari kaca.

Proses produksi biodiesel dijalankan dengan prosedur sebagai berikut. Mula-mula katalis timah (II) klorida dilarutkan kedalam metanol dengan konsentrasi tertentu (3, 5, 10, dan 15% gr katalis/gr minyak). Selanjutnya larutan dimasukkan ke dalam *mixer tank* bersama dengan minyak jarak pagar. Kecepatan aliran umpan diatur berdasarkan perbandingan molar metanol-asam lemak bebas tertentu (1:15, 1:30, 1:60). Di dalam *mixer tank*, campuran akan mengalami pemanasan dan reaksi awal sebelum memasuki kolom. Setelah memasuki kolom, kedua reaktan akan turun ke dasar kolom secara pelan-pelan sambil bereaksi. Pada saat yang sama, sebagian metanol yang menguap akan naik ke puncak kolom kemudian melewati kondensor dan akan kembali ke kolom untuk bereaksi kembali dengan minyak. Setelah

campuran bereaksi di dalam kolom, campuran akan masuk ke dalam *reboiler* yang berada di bawah kolom. Pada proses ini, suhu mixer tank dan kolom reactive distillation dijaga tetap suhu 60°C.

Uraian Singkat Gambar

Untuk memudahkan pemahaman mengenai inti invensi ini, selanjutnya akan diuraikan perwujudan invensi melalui gambar terlampir. Gambar 1 adalah tampak depan dari rangkaian unit kolom *reactive distillation* yang dilengkapi dengan *pre-mixer* untuk produksi biodiesel.

Uraian Lengkap Invensi

Sebagaimana diuraikan pada latar belakang invensi, aplikasi kolom *reactive distillation* yang dilengkapi dengan *pre-mixer* untuk produksi biodiesel sebagai unit multifungsi reaktor sekaligus pemisahan merupakan inovasi yang dapat meningkatkan efisiensi proses, menghemat waktu produksi, dan menurunkan biaya yang terkait dengan *capital cost*, pemipaan dan instrumentasi, maupun kebutuhan energi. Proses dijalankan secara kontinyu sehingga sesuai untuk diaplikasikan pada produksi dengan kapasitas skala komersial. Pada invensi ini, kolom *reactive distillation* yang dilengkapi dengan *pre-mixer* digunakan untuk produksi biodiesel dari minyak jarak pagar yang memiliki kadar asam lemak bebas yang tinggi melalui jalur esterifikasi asam lemak bebas dengan metanol menggunakan katalis heterogen asam lewis berupa timah (II) klorida.

Konfigurasi alat selengkapnya disajikan pada Gambar 1. Rangkaian alat *reactive distillation* dilengkapi dengan tangki bahan baku minyak jarak pagar (1), tangki bahan baku metanol yang telah dicampurkan dengan katalis (2), tangki *pre-mixer* (7) yang dilengkapi dengan kondensor (3) dan indikator suhu (4), reboiler (9), dan pipa *output* (5).

Bahan baku minyak ditempatkan dalam tangki bahan baku minyak (1) dan bahan baku metanol yang telah dicampur dengan

katalis ditempatkan dalam tangki bahan baku metanol (1). Kedua tangki bahan baku dilengkapi dengan *katup* yang dipasang pada bagian bawah tangki bahan baku. *Katup* digunakan untuk mengatur kecepatan aliran umpan minyak dan metanol menuju tangki *pre-mixer* agar diperoleh komposisi pencampuran yang baik dalam *pre-mixer*.

Pre-mixer (7) dirancang untuk memberikan pencampuran yang baik antara minyak nabati dengan metanol. *Pre-mixer* berupa tangki kaca dilengkapi dengan *magnetic stirrer,* kondensor (3), indikator suhu (4) dan pemanas (5). *Pre-mixer* dilengkapi pula dengan pipa untuk mengalirkan produk *pre-mixer* ke dalam kolom *reactive distillation*. Pipa ini dilengkapi dengan *katup purging* untuk keperluan pembersihan dan perawatan alat proses.

Kolom *reactive distillation* berupa kolom kaca jenis bahan isian dengan diameter 5 cm dengan tinggi 120 cm (6). Bahan isian berupa *raschig ring* dari kaca. Setiap *bed* dari kolom bahan isian dihubungkan dengan pipa kaca yang memiliki diameter lebih kecil dari pada diameter utama kolom *reactive distillation*. Diameter yang mengecil ini digunakan untuk menahan bahan isian agar tetap stabil pada posisinya. Selain itu, perubahan ukuran pipa tersebut juga untuk mencegah terlepasnya bahan isian dari *bed* (terbawa uap ke atas) ketika terjadi kondisi kecepatan uap yang besar. Untuk menjaga suhu kolom, dilakukan pemanasan secara ajeg dengan powerstat (8). Kolom utama dilengkapi dengan kondensor total untuk memungut kembali sisa reaktan metanol (3) indikator suhu(4), *reboiler* (9), dan pemungut produk (10).

Proses produksi biodiesel dijalankan dengan metode dan prosedur sebagai berikut. Mula-mula bahan baku minyak jarak pagar ditempatkan di dalam tangki bahan baku minyak (1). Pada saat yang sama, katalis timah (II) klorida dilarutkan ke dalam metanol dengan konsentrasi tertentu (3, 5, 10, dan 15% gr katalis/gr minyak). Pencampuran metanol dengan timah (II) klorida dilakukan dengan menggunakan pengaduk kaca di dalam *beaker glass*. Campuran metanol-katalis ini diletakkan pada tangki bahan baku metanol (1). Kedua bahan baku dialirkan ke dalam *pre-mixer tank* (7) dengan kecepatan tertentu. Kecepatan

aliran umpan minyak dan metanol masing-masing diatur dengan menggunakan *katup* yang dipasang pada bagian bawah tangki umpan. Kecepatan umpan diatur berdasarkan perbandingan molar metanol-asam lemak bebas tertentu (1:15, 1:30, 1:60). Di dalam *pre-mixer tank* (7), campuran akan mengalami pemanasan hingga suhu 60°C dan terjadi reaksi awal sebelum memasuki kolom. Selanjutnya campuran yang keluar dari *pre-mixer* (7) ini dialirkan ke dalam kolom utama *reactive distillation* (6). Setelah memasuki kolom, kedua reaktan akan turun ke dasar kolom secara pelan-pelan sambil bereaksi. Suhu kolom dijaga tetap pada suhu 60°C. Pada saat yang sama, sebagian metanol yang menguap akan naik ke puncak kolom kemudian melewati kondensor (3) dan akan kembali ke kolom untuk bereaksi kembali dengan minyak. Setelah campuran bereaksi di dalam kolom, campuran akan masuk ke dalam *reboiler* (9) yang berada di bawah kolom.

Reboiler (9) berupa labu leher tiga yang dilengkapi dengan termometer, pemanas pelat dan pengaduk magnet. Sisa metanol yang ada di dalam *reboiler* akan diuapkan dan dikembalikan ke dalam kolom dengan cara kondensasi menggunakan kondensor pada puncak kolom (3), sedangkan metanol yang masih berada pada fase cair akan bereaksi dengan sisa minyak untuk mencapai kesempurnaan reaksi. Selanjutnya hasil reaksi (produk biodiesel) akan dipungut secara kontinyu dan ditampung dalam tangki produk. Pemisahan antara minyak hasil esterifikasi dan sisa reaktan dilakukan secara gravitasional. Proses yang optimal dengan teknologi ini dihasilkan pada proses yang dijalankan pada suhu 60°C pada rasio molar reaktan 1:60 dan konsentrasi katalis 5% berat katalis/berat minyak, dan konversi yang dihasilkan 90%. Konversi tersebut relatif *steady state* untuk kisaran waktu proses yang berbeda-beda sehingga dapat dikatakan bahwa proses kontinyu dengan *reactive distillation* ini bersifat *steady state*.

Selain minyak jarak pagar, bahan baku yang dapat digunakan untuk proses produksi biodiesel dengan kolom *reactive distillation* yang dilengkapi dengan *pre-mixer* ini adalah minyak nabati campuran. Untuk bahan baku minyak campuran berupa minyak jarak, minyak nyamplung, dan minyak jelantah, maka komposisi

optimal bahan baku adalah campuran minyak dengan rasio volume minyak jarak: minyak nyamplung: minyak jelantah sebesar 37.3%: 37.7%:25%.

Klaim:

1. Suatu peralatan untuk memproduksi biodiesel dengan *reactive distillation* dilengkapi dengan *pre-mixer*, dengan konfigurasi alat berupa tangki bahan baku, tangki *pre-mixer*, dan kolom utama *reactive distillation*, dimana tangki bahan baku dilengkapi dengan *katup* untuk mengatur kecepatan aliran umpan, *pre-mixer* berupa tangki berbahan gelas yang dilengkapi dengan pemanas dan pengaduk magnetik, dan kolom *reactive distillation* berupa kolom kaca jenis bahan isian dengan diameter kolom 5 cm dengan tinggi 120 cm dan bahan isian kolom berupa *raschig ring* berbahan kaca dengan setiap *bed* dari kolom bahan isian dihubungkan dengan pipa kaca yang memiliki diameter lebih kecil dari pada diameter utama kolom *reactive distillation*.

2. Suatu metode produksi biodiesel secara kontinyu menggunakan peralatan dengan multifungsi *reactive distillation* yang dilengkapi dengan *pre-mixer* melalui jalur esterifikasi asam lemak bebas pada minyak nabati dengan metanol, menggunakan katalis heterogen timah (II) klorida, dilakukan melalui langkah-langkah sebagai berikut:
   a. Mula-mula memasukkan minyak nabati ke dalam tangki bahan baku minyak;
   b. Melarutkan katalis heterogen timah (II) klorida ke dalam metanol dengan konsentrasi tertentu (3, 5, 10, dan 15% gr katalis/gr minyak) dengan menggunakan pengaduk kaca di dalam *beaker glass*;
   c. Memasukkan larutan metanol dan katalis ke dalam tangki bahan baku metanol;
   d. Mengalirkan larutan metanol-katalis dan minyak jarak ke dalam *mixer tank* dengan kecepatan aliran tertentu, adapun pengaturan kecepatan aliran umpan dilakukan dengan menggunakan *katup* berdasarkan perbandingan molar metanol-asam lemak bebas tertentu (1:15, 1:30, 1:60);
   e. Memanaskan campuran di dalam *pre-mixer tank* tersebut hingga suhu tetap 60°C dan melakukan pencampuran yang baik

dengan pengadukan sehingga terjadi reaksi awal sebelum memasuki kolom;

f. Mengalirkan campuran dari *pre-mixer* tank ke dalam kolom *reactive distillation* sehingga kedua reaktan akan turun ke dasar kolom secara pelan-pelan sambil bereaksi, dan pada saat proses dijalankan, suhu kolom dijaga tetap pada suhu 60°C;

g. Pada saat terjadi proses reaksi di dalam kolom *reactive distillation*, sisa metanol yang tidak bereaksi akan menguap dan naik ke puncak kolom kemudian melewati kondensor dan akan kembali ke kolom untuk bereaksi kembali dengan minyak;

h. Setelah campuran bereaksi di dalam kolom, campuran akan masuk ke dalam *reboiler* yang berada di bawah kolom; *Reboiler* berupa labu leher tiga yang dilengkapi dengan termometer, pemanas plat dan pengaduk magnet;

i. Sisa metanol yang ada di dalam *reboiler* akan diuapkan dan dikembalikan ke dalam kolom, sedangkan metanol yang masih berada pada fase cair akan bereaksi dengan sisa minyak untuk mencapai kesempurnaan reaksi;

j. Hasil reaksi (produk biodiesel) di dalam reboiler akan dipungut secara kontinyu dan ditampung dalam tangki produk;

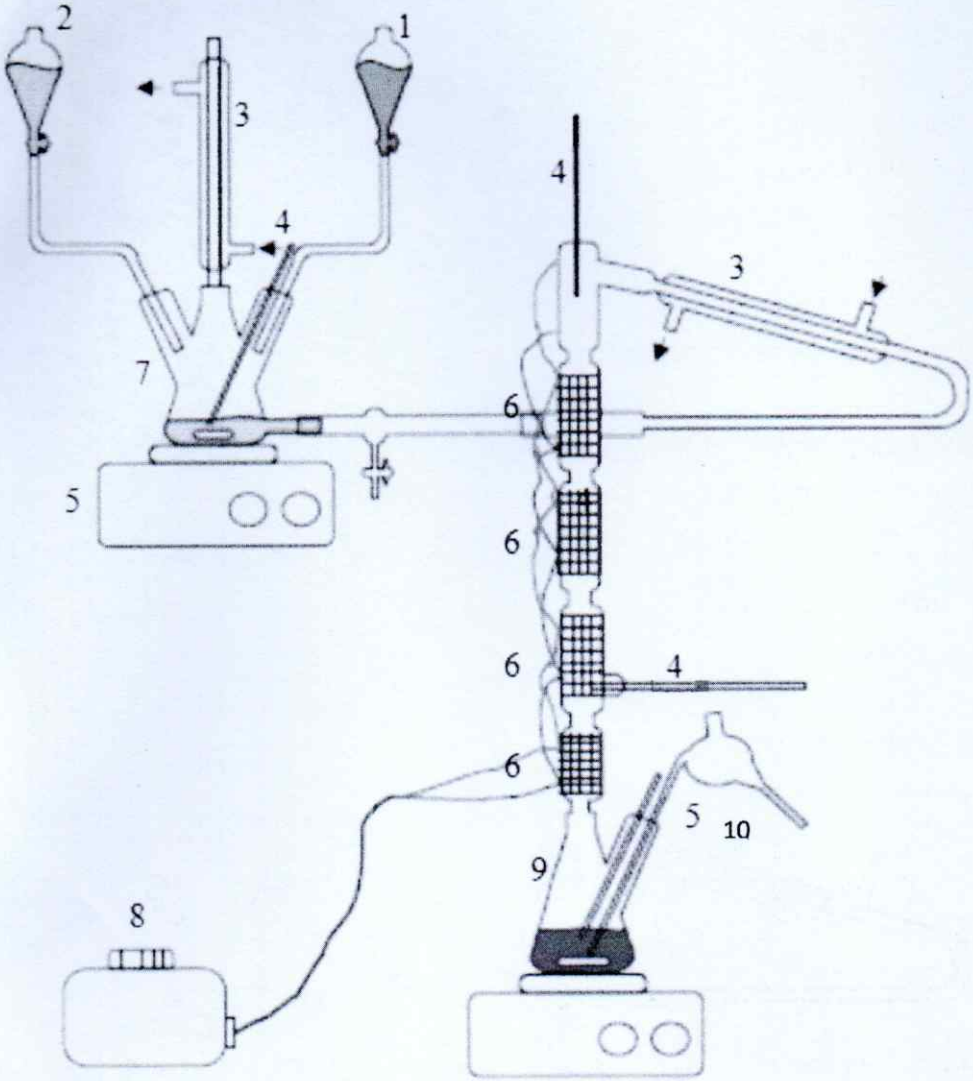
k. Memisahkan minyak hasil esterifikasi dan sisa reaktan dilakukan secara gravitasional.

3. Metode produksi biodiesel secara kontinyu menggunakan peralatan dengan multifungsi *reactive distillation* yang dilengkapi dengan *pre-mixer* sebagaimana diklaim dalam Klaim 2, dimana minyak nabati yang digunakan sebagai bahan baku lebih disukai dari jenis minyak nabati *non edible* yang memiliki kadar asam lemak bebas tinggi, minimal 9,4% , dan dapat berupa satu jenis minyak nabati atau campuran berbagai jenis minyak nabati.

4. Metode produksi biodiesel secara kontinyu menggunakan peralatan dengan multifungsi *reactive distillation* yang

dilengkapi dengan *pre-mixer* sebagaimana diklaim dalam Klaim 2, dimana katalis yang digunakan adalah katalis heterogen asam lewis timah (II) klorida, dengan konsentrasi katalis yang disarankan adalah 5%.

5. Metode produksi biodiesel secara kontinyu menggunakan peralatan dengan multifungsi *reactive distillation* yang dilengkapi dengan *pre-mixer* sebagaimana diklaim dalam Klaim 2, dimana rasio molar metanol dengan asam lemak bebas pada minyak nabati yang digunakan pada klaim 1 lebih disukai sebesar 1:60.



Gambar 1

1