

BAB II

PUSTAKA PENDUKUNG

2.1 Bahan Bakar Nabati

Ketersediaan energi fosil yang semakin langka menyebabkan prioritas mengarah kepada penggunaan energi asal tanaman. Energi asal tanaman ini disebut sebagai bahan bakar nabati. Bahan bakar nabati merupakan bahan bakar yang dapat diperbaharui (*renewable*). Besarnya jumlah konsumsi minyak bumi saat ini menyebabkan ketersediaan energi fosil menjadi semakin langka. Untuk mengatasi masalah tersebut, maka diperlukan berbagai macam sumber energi alternatif dan teknologi untuk mengganti/mengurangi peranan minyak bumi sebagai sumber energi, baik dari bahan bakar fosil itu sendiri, seperti batubara dan gas bumi, maupun dari sumber energi terbarukan seperti panas bumi, dan sumber energi hayati.

Bahan bakar nabati asal tanaman perkebunan tersedia cukup beragam, sehingga potensinya sangat besar untuk dimanfaatkan oleh masyarakat luas sebagai alternatif pengganti bahan bakar minyak. Keuntungan dari penggunaan bahan bakar nabati adalah bahan bakar nabati merupakan bahan bakar yang ramah lingkungan. Gas rumah kaca yang disebabkan oleh bahan bakar fosil, seperti CO₂ ketika dilepaskan di atmosfer, keberadaannya akan menghalangi panas yang akan meninggalkan bumi sehingga akan meningkatkan temperatur di bumi. Bila hal ini terjadi, maka akan terjadi perubahan iklim yang akan mempengaruhi kualitas kehidupan di lingkungan kita. Pembakaran bahan bakar nabati sebenarnya juga

menghasilkan CO₂, tetapi CO₂ yang dihasilkan akan distabilisasi dengan diserap kembali oleh tumbuhan, sehingga tidak ada penimbunan CO₂ dalam atmosfer dan keberadaannya terus seimbang (Agung P, N. 2008).

Penelitian tentang bahan bakar alternatif dari bahan minyak nabati pada saat ini telah banyak dilakukan. Jenis minyak nabati yang dikaji pada umumnya sesuai dengan ketersediaannya di negara tersebut. Bahan bakar nabati terdiri dari beberapa macam. Salah satu dari bahan bakar nabati yang sedang dikembangkan pada saat ini adalah biodiesel.

2.2 Pengertian Biodiesel

Biodiesel termasuk ke dalam bahan bakar nabati. Biodiesel merupakan bahan bakar yang terdiri dari mono-alkil ester dari asam lemak rantai panjang yang berasal dari minyak nabati melalui suatu proses transesterifikasi. Penelitian mengenai bahan bakar alternatif dari bahan minyak nabati termasuk biodiesel telah banyak dilakukan. Krisis energi dan isu lingkungan mendorong penemuan dan penggunaan bahan bakar alternatif yang terbarukan dan ramah lingkungan (*environmental friendly fuels*) atau bahan bakar bersih (*clean fuels*).

Biodiesel merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan, tidak memiliki efek terhadap kesehatan yang dapat dipakai sebagai bahan bakar kendaraan bermotor. Biodiesel memiliki sifat *biodegradable*, dapat menurunkan emisi bila dibandingkan dengan minyak diesel. Bahan bakar diesel dikehendaki relatif mudah terbakar sendiri (tanpa harus dipicu dengan letikan api busi) jika disemprotkan ke dalam udara panas bertekanan. Tolak ukur dari sifat ini

adalah bilangan setana. n-setana (suatu hidrokarbon berantai lurus) sangat mudah terbakar sendiri dan diberi nilai bilangan setana 100.

Biodiesel terbuat dari minyak nabati yang berasal dari sumber daya yang dapat diperbaharui. Beberapa bahan baku untuk pembuatan biodiesel antara lain kelapa sawit, kedelai, bunga matahari, jarak pagar, tebu, dan beberapa jenis tumbuhan lainnya. Dari beberapa bahan baku tersebut, di Indonesia yang memiliki prospek untuk diolah menjadi biodiesel, salah satunya adalah tanaman kelapa sawit. Sebagai tanaman industri, kelapa sawit telah tersebar hampir di seluruh wilayah Indonesia (Rahayu, M).

2.3 Bahan Baku Pembuatan Biodiesel

Salah satu tanaman yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku biodiesel adalah tanaman kelapa sawit. Minyak kelapa sawit sangat berpotensi sebagai bahan baku biodiesel dan bagi Indonesia sebagai negara penghasil CPO (*Crude Palm Oil*) terbesar dunia, mempunyai peluang untuk menghasilkan bahan bakar biodiesel. Tujuan utama adalah bagaimana kita dapat memanfaatkan sumber yang melimpah di Indonesia menjadi lebih bermanfaat. Jika hal ini dilaksanakan, maka selain dapat mengendalikan produksi sawit di saat panen besar, keuntungan lainnya adalah mengurangi impor minyak diesel yang menyita cadangan devisa negara (Haryanto, B. 2002).

Kelapa sawit dapat tumbuh dengan baik pada daerah beriklim tropis dengan curah hujan 2000 mm/tahun dan kisaran suhu 22°C-32°C (Ketaren, S. 2005). Luas perkebunan kelapa sawit di Indonesia tahun 1996 mencapai 2 juta Ha

dengan produksi CPO hampir 5 juta ton. Pada tahun 2010 luas perkebunan kelapa sawit direncanakan akan mencapai 7 juta Ha, dengan produksi CPO lebih dari 12 juta ton.

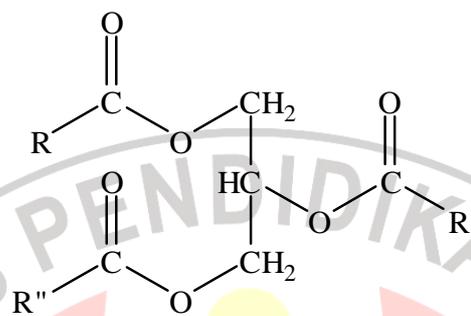
Kelapa sawit adalah salah satu palma yang menghasilkan minyak nabati, yang lebih dikenal dengan sebutan *palm oil*. Minyak yang diperoleh dari tumbuhan merupakan bentuk bahan bakar alternatif yang menjanjikan dan dapat diperbaharui. Artinya bahan bakar ini akan selalu bisa diproduksi, tidak seperti bahan bakar minyak bumi yang suatu saat akan habis. Tidak seperti produk minyak bumi, minyak dari tumbuhan lebih mudah diuraikan, tidak beracun, dan dibuat dari sesuatu yang dapat tumbuh lagi. Bila digunakan sebagai bahan bakar, minyak ini menghasilkan hanya sedikit gas yang memberi efek rumah kaca bila dibandingkan dengan bahan bakar minyak bumi.

Minyak kelapa sawit diperoleh dari pengolahan buah kelapa sawit (*Elaeis guinensis* JACQ). Secara garis besar buah kelapa sawit terdiri dari serabut buah (*pericarp*) dan inti (*kernel*). Serabut buah kelapa sawit terdiri dari tiga lapis yaitu lapisan luar atau kulit buah yang disebut *pericarp*, lapisan sebelah dalam disebut *mesocarp* atau pulp dan lapisan paling dalam disebut *endocarp*. Inti kelapa sawit terdiri dari lapisan kulit biji (*testa*), endosperm dan embrio. *Mesocarp* mengandung kadar minyak rata-rata sebanyak 56%, inti (*kernel*) mengandung minyak sebesar 44%, dan *endocarp* tidak mengandung minyak (Pasaribu, N).

Minyak kelapa sawit seperti umumnya minyak nabati lainnya adalah merupakan senyawa yang tidak larut dalam air. Komponen penyusun minyak

kelapa sawit yang utama adalah trigliserida dan non trigliserida (Pasaribu, N).

Struktur molekul trigliserida ditunjukkan oleh Gambar 2.1 berikut ini.



Gambar 2.1 Struktur molekul trigliserida

Minyak kelapa, sebagai salah satu jenis minyak goreng mempunyai komposisi yang didominasi oleh asam lemak jenuh (90% - 92%) sedangkan minyak kelapa sawit mempunyai komposisi yang berimbang. Dengan kandungan asam lemak jenuh yang tinggi, minyak kelapa dan minyak kelapa sawit mempunyai keunggulan, yaitu lebih stabil dan tidak mudah teroksidasi pada suhu tinggi (Gunawan, S. 2008). Rata-rata komposisi asam lemak yang terdapat pada minyak kelapa sawit diperlihatkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Komposisi Asam Lemak pada Minyak Kelapa Sawit dan Minyak Inti Kelapa Sawit

Asam Lemak	Minyak Kelapa Sawit (%)	Minyak Inti Sawit (%)
Asam kaprilat	-	3 – 4
Asam kaproat	-	3 - 7
Asam laurat	-	46 – 52
Asam miristat	1,1 – 2,5	14 – 17
Asam palmitat	40 – 46	6,5 – 9
Asam stearat	3,6 – 4,7	1 – 2,5
Asam oleat	39 – 45	13 - 19
Asam linoleat	7 – 11	0,5 - 2

Sumber: Ketaren, S. 2005

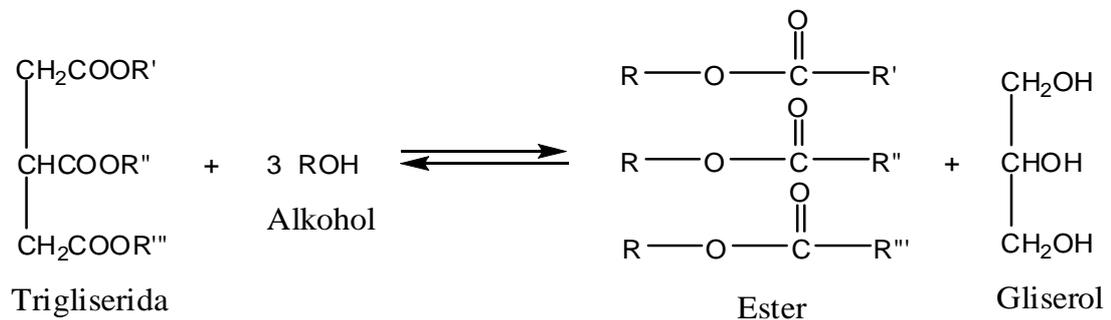
Asam lemak yang merupakan rantai hidrokarbon, yang setiap atom karbonnya mengikat satu atau dua atom hidrogen, kecuali atom karbon terminal mengikat tiga atom hidrogen, sedangkan atom karbon terminal lainnya mengikat gugus karboksil. Asam lemak yang pada rantai hidrokarbonnya terdapat ikatan rangkap disebut asam lemak tak jenuh, dan apabila tidak terdapat ikatan rangkap pada rantai hidrokarbonnya, disebut dengan asam lemak jenuh. (Pasaribu, N).

Berdasarkan kegunaannya, minyak nabati terbagi menjadi dua golongan. Pertama, minyak nabati yang dapat digunakan dalam industri pangan (*edible oils*) dan dikenal dengan nama minyak goreng meliputi minyak kelapa, minyak kelapa sawit, minyak zaitun, minyak kedelai, minyak kanola dan sebagainya. Kedua, minyak yang digunakan dalam industri non pangan (*non edible oils*) misalnya minyak kayu putih, minyak jarak, dan minyak intaran (Gunawan, S. 2008).

Minyak goreng adalah minyak yang berasal dari lemak tumbuhan yang dimurnikan dan berbentuk cair dalam suhu kamar dan biasanya dihasilkan dari tanaman seperti kelapa, biji-bijian, kacang-kacangan, jagung, kedelai, dan kanola. Minyak goreng merupakan hasil akhir (*refined oils*) dari sebuah proses pemurnian minyak nabati dan terdiri dari beragam jenis senyawa trigliserida. Senyawa trigliserida inilah yang berperan penting dalam proses pembuatan biodiesel. Proses pembuatan biodiesel dari trigliserida dapat dilakukan dengan reaksi transesterifikasi dan reaksi hidrogenasi katalitik.

2.4 Proses Pembuatan Biodiesel

Trigliserida merupakan komponen yang terdapat dalam minyak nabati. Trigliserida inilah yang dijadikan sebagai bahan baku dalam pembuatan biodiesel. Proses pembuatan biodiesel dapat dilakukan melalui suatu proses kimia, yaitu reaksi transesterifikasi dan reaksi hidrogenasi katalitik. Reaksi transesterifikasi adalah reaksi antara minyak nabati atau lemak hewan dengan alkohol menggunakan suatu katalis sehingga dihasilkan suatu ester asam lemak dan gliserol. Reaksi transesterifikasi minyak nabati diperlihatkan pada Gambar 2.2 berikut ini.

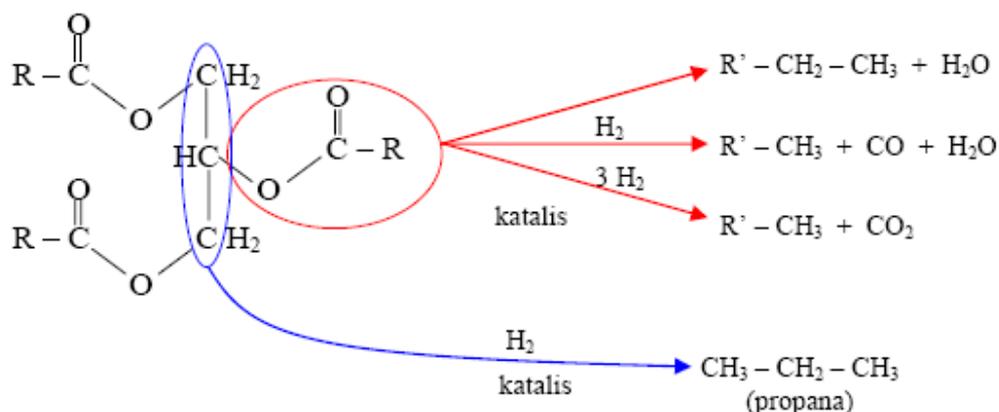


Gambar 2.2 Reaksi Transesterifikasi Minyak Nabati

Pada reaksi transesterifikasi ini, ester baru akan terbentuk. Katalis yang biasa digunakan adalah katalis basa, yaitu NaOH dan alkohol yang digunakan pada umumnya adalah metanol, karena harga metanol lebih murah.

Selain reaksi transesterifikasi, digunakan pula proses hidrogenasi katalitik. Proses hidrogenasi minyak nabati adalah suatu proses pengolahan minyak atau lemak dengan jalan menambahkan hidrogen pada ikatan rangkap dari asam lemak. Adanya penambahan hidrogen pada ikatan rangkap minyak atau lemak dengan bantuan katalisator akan mengakibatkan kenaikan titik cair. Pemanasan akan mempercepat jalannya reaksi hidrogenasi. Juga penambahan tekanan dan kemurnian gas hidrogen yang dipergunakan akan menaikkan kecepatan reaksi proses hidrogenasi (Ketaren, S. 2005).

Reaksi hidrogenasi minyak nabati (trigliserida) dengan menggunakan katalis diperlihatkan pada Gambar 2.3 berikut ini.



Gambar 2.3 Jalur Reaksi Konversi Trigliserida menjadi Alkana

Sumber: Linnaila.2005

Hidrokarbon yang menghubungkan ketiga buah ester asam lemak pada trigliserida akan mengalami hidrogenasi menjadi propana, sedangkan rantai karbon yang membentuk gliserida akan dihidrogenasi menjadi alkana yang sesuai dengan jumlah karbon yang terkandung didalamnya (Hardian, R. 2008).

Berbeda dengan reaksi transesterifikasi, reaksi hidrogenasi katalitik ini tidak menghasilkan produk samping. Selain itu produk reaksi hidrogenasi katalitik berupa alkana rantai lurus dari $n-C_{15}$ hingga $n-C_{18}$. Oleh karena itu, biodiesel yang dihasilkan dari proses hidrogenasi mempunyai bilangan setana yang tinggi, dapat mencapai nilai di atas 98 (super setana).

Proses hidrogenasi katalitik ini dilakukan dengan bantuan suatu katalis dan berlangsung pada tekanan dan temperatur yang relatif tinggi. Katalisator untuk proses hidrogenasi adalah platina, paladium, dan nikel. Tetapi nikel merupakan

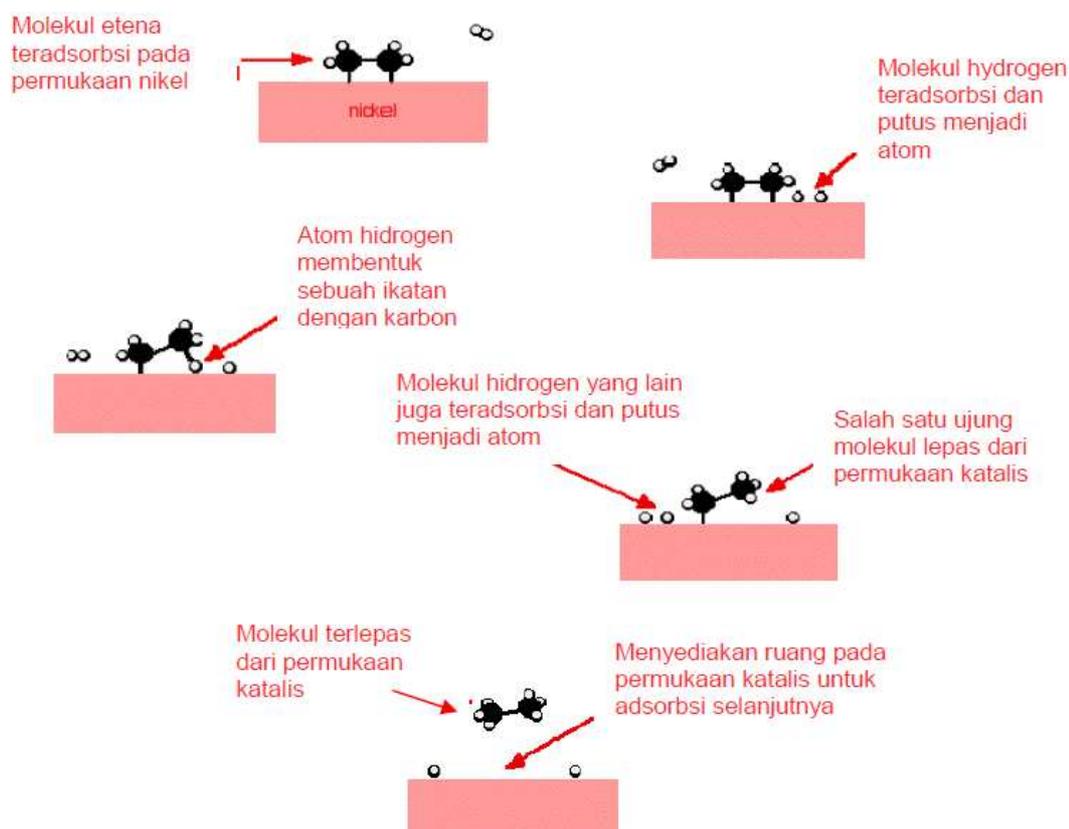
katalis yang sering digunakan dalam proses hidrogenasi, sedangkan paladium dan platina jarang dipergunakan. Hal ini disebabkan nikel lebih ekonomis dan lebih efisien daripada logam lainnya (Ketaren, S. 2005).

2.5 Katalis dan Material Pendukung

Katalis ialah zat yang mengambil bagian dalam reaksi kimia dan mempercepatnya, tetapi ia sendiri tidak mengalami perubahan kimia yang permanen (Oxtoby, D.W. 2001). Hampir semua proses kimia di industri menggunakan katalis. Katalis dapat digolongkan sebagai katalis homogen dan katalis heterogen. Katalis homogen adalah katalis yang berada dalam fasa yang sama dengan molekul pereaksi. Katalis heterogen berada dalam fasa berbeda dengan pereaksi, biasanya dalam bentuk padatan. Katalis yang biasa digunakan dalam proses hidrogenasi trigliserida adalah katalis heterogen, karena akan memudahkan dalam proses pemisahannya dan mudah untuk diregenerasi (Moulijn, J.A., *et al.* 2001).

Katalis biasanya terdiri dari dua atau lebih komponen yang mendukung dan satu atau lebih fasa aktif (*active phase*). Fasa aktif merupakan suatu tahap yang prinsipnya bertanggung jawab atas aktivitas katalis. Fasa pendukung merupakan pengemban untuk fasa aktif (Moulijn, J.A., *et al.* 2001). Pengemban ini biasa disebut sebagai material pendukung. Zat yang biasa digunakan sebagai material pendukung adalah silika atau alumina, karena memiliki pori yang cukup merata pada permukaannya.

Mekanisme katalisis dalam reaksi hidrogenasi terhadap ikatan rangkap pada etena:



Gambar 2.4 Mekanisme Katalisis Heterogen Pada Reaksi Hidrogenasi Ikatan Rangkap Pada Etena

Sumber: Clark, 2005

Logam-logam golongan transisi (misalnya logam Ni) secara langsung dapat berfungsi sebagai katalis tanpa diimpregnasikan terlebih dahulu pada material pendukung, tetapi hal tersebut memiliki kelemahan, diantaranya luas permukaan yang relatif kecil, dan selama proses katalitik dapat terjadi penggumpalan. Pada material pendukung, logam-logam tersebut akan

didistribusikan secara merata pada permukaan material pendukung, sehingga menambah luas permukaan spesifik sistem katalis secara keseluruhan (Trisunaryanti, Wega., dkk. 2005).

Umumnya katalis yang digunakan pada reaksi hidrogenasi yang baru (*fresh catalyst*) dibuat dalam bentuk oksidanya. Bentuk aktif dari katalis adalah bentuk metal sulfida, sehingga untuk mengaktifkan katalis yang berbentuk metal oksida tersebut, maka dilakukan proses sulfidasi. Proses sulfidasi adalah proses injeksi *sulfiding agent* ke dalam sistem reaktor sehingga bentuk metal oksida dari katalis akan bereaksi dengan senyawa sulfida dan berubah menjadi bentuk metal sulfida.

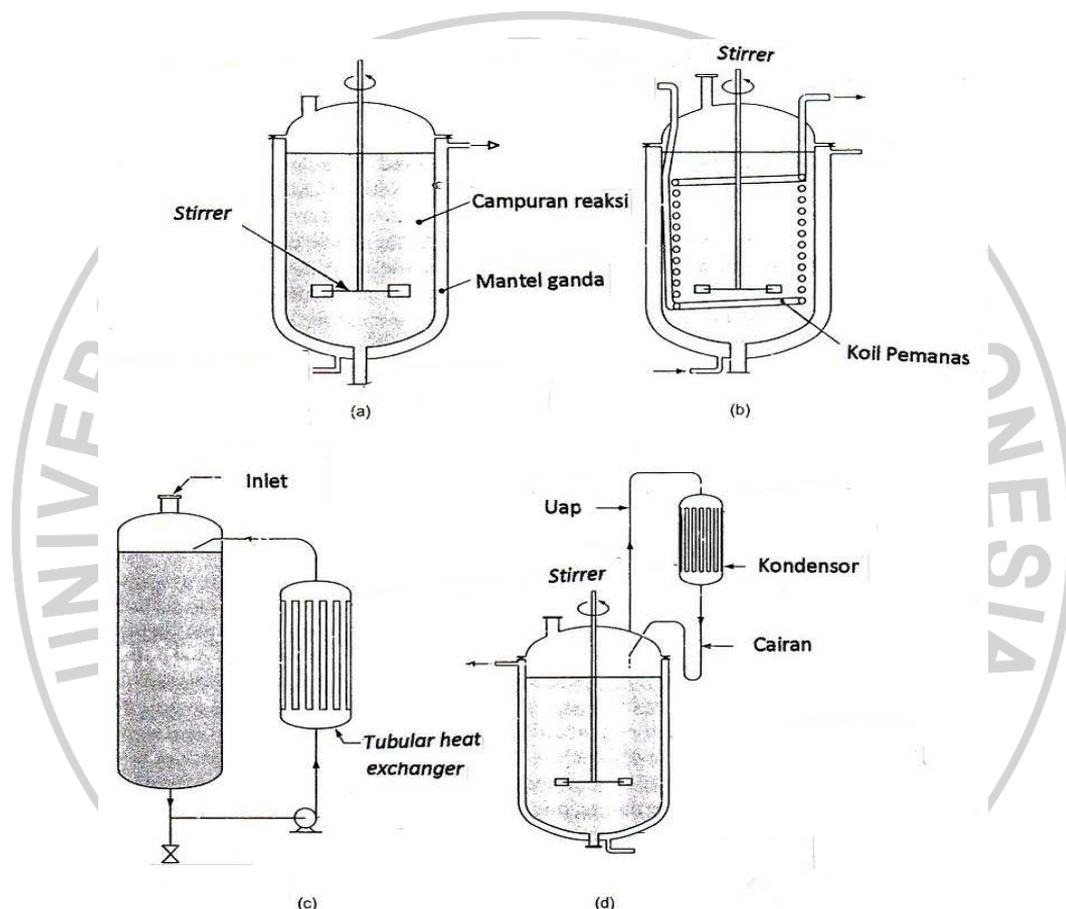
Proses hidrogenasi minyak nabati dengan menggunakan katalis ini dilakukan pada tekanan dan suhu yang tinggi, sehingga prosesnya dilakukan dalam suatu wadah, yaitu reaktor. Reaktor yang digunakan pada proses ini adalah reaktor tipe *batch*.

2.6 *Batch Reactor*

Tipe dari reaktor yang digunakan untuk berlangsungnya reaksi hidrogenasi katalitik ini adalah *batch reactor*. *Batch reactor* adalah jenis reaktor dengan sistem tertutup. Pada *batch reactor*, katalis dan pereaksi dimasukkan ke dalam badan reaktor dan direaksikan dengan suhu dan tekanan tertentu (C. Perego dan S. Peratello). Pada reaktor ini, selama berlangsungnya proses reaksi, tidak terjadi aliran zat-zat, baik dari luar reaktor ke dalam reaktor atau dari dalam reaktor ke luar reaktor., sehingga selama berlangsungnya reaksi tidak terjadi penambahan zat

atau pengurangan zat. Pencampuran yang baik penting untuk memberikan dispersi yang homogen dari semua spesi kimia dan untuk memastikan terjadinya transfer massa dan transfer panas yang baik antar fasa.

Beberapa tipe dari *batch reactor* diperlihatkan pada Gambar 2.5 berikut ini.



Sumber: Winterbottom, J.M. 1988

Gambar 2.5 (a) Reaktor *Batch* dengan Mantel Ganda, (b) Reaktor *Batch* dengan Mantel Ganda dan Pemanas Internal, (c) Reaktor *Batch* dengan Pemanas Eksternal, (d) Reaktor *Batch* dengan Kondensor.

Jenis-jenis reaksi yang dapat dilakukan dengan menggunakan *batch reactor* adalah nitrasi, sulfonasi, hidrogenasi, alkilasi dan polimerisasi (Winterbottom, J.M, 1988). Beberapa keuntungan dari penggunaan reaktor tipe *batch* adalah:

- Untuk reaksi gas, membutuhkan konsumsi gas yang lebih sedikit
- Dapat digunakan untuk memproduksi beberapa jenis produk (tidak hanya satu jenis produk)
- Waktu kontak antara zat-zat yang bereaksi lebih lama sehingga reaksi dapat berlangsung lebih efektif, karena tidak ada penambahan zat ke dalam reaktor atau pengurangan zat dari dalam reaktor

