

SIMULASI MENGGUNAKAN ASPEN HYSYS UNTUK PEMBUATAN BIODIESEL DARI ASAM PALMITAT MELALUI *REACTIVE DISTILLATION*

YUNIA ROSSA, GILANG RAMADHAN S., MAYA R. MUSADI

Program Studi Teknik Kimia, FTI, Institut Teknologi Nasional Bandung
Jl. PH.H. Mustofa No. 23, Bandung 40124 Indonesia
Email: yuniarossa88@mhs.itenas.ac.id

ABSTRAK

Pembuatan biodiesel dapat disimulasikan pada software Aspen HYSYS. Simulasi pembuatan biodiesel ini menggunakan proses reactive distillation dengan jumlah tahap sebanyak 9 tahap. Tahap 1 adalah distilasi dan tahap 2 - 9 adalah reaksi. Umpan adalah asam palmitat yang merupakan asam lemak bebas tertinggi dalam CPO off grade dan katalis H_2SO_4 dimasukkan melalui tahap ke 2 dan metanol pada tahap 9. Tekanan reboiler dan kondesor masing-masing sebesar 10 MPa dan 7 MPa. Fluid package yang digunakan ialah NRTL dan reaksi irreversible dengan nilai $A = 305$ dan $E = 30400$ kJ/kmol. Asam palmitat dan H_2SO_4 diumpangkan pada temperatur $300^\circ C$ dan tekanan 11 MPa, sedangkan metanol dengan kemurnian 99,98% pada temperatur $270^\circ C$ dan tekanan 11 MPa. Pada simulasi ini, ditinjau pengaruh rasio refluks dan reboiler heat duty (RHD) pada kemurnian biodiesel yang diperoleh. Adapun variasi yang digunakan, yaitu rasio refluks sebesar 1,5, 2, dan 2,5 dan RHD sebesar 7.000 kW, 8.500 kW, 10.000 kW, dan 11.500 kW.

Kata kunci: *Asam palmitat, Aspen HYSYS, biodiesel, CPO off grade, esterifikasi, reactive distillation (RD)*

ABSTRACT

Biodiesel production can be simulated using Aspen HYSYS software. This simulation using reactive distillation process with total number stage is 9 stages where first stage for distillation and stages 2-9 are the reaction stage. Palmitic acid which is the highest free fatty acid in CPO off grade and H_2SO_4 catalyst are fed through the 2nd stage and methanol which is fed through the 9th stage. Reboiler and condensor pressures are 10 MPa and 7 MPa. The fluid package used is NRTL and used irreversible reaction with value of $A = 305$ and $E = 30400$ kJ/kmol. The temperature and pressure of palmitic acid and H_2SO_4 are $300^\circ C$ and 11 MPa, while methanol (purity 99,98%) is $270^\circ C$ and 11 MPa. In this simulation, reviewed the effect of reflux ratio and reboiler heat duty (RHD) on the purity of biodiesel. The variation used is the reflux ratio of 1,5, 2, and 2,5, and RHD with values of 7.000 kW, 8.500 kW, 10.000 kW, and 11.500 kW.

Keywords: *Palmitic Acid, Aspen HYSYS, biodiesel, CPO off grade, esterification, reactive distillation (RD)*

1. PENDAHULUAN

Penggunaan energi yang semakin banyak seiring dengan berkembangnya penduduk dan industri membuat energi yang tersedia menjadi krisis. Penggunaan energi yang sebagian besar berasal dari minyak bumi akan menjadi krisis karena berasal dari sumber yang tidak dapat diperbaharui. Oleh sebab itu perlu ditemukannya sumber pengganti lainnya yang dapat diperbaharui salah satunya yaitu biodiesel. Biodiesel memiliki kelebihan dibandingkan dengan bahan bakar konvensional diantaranya yaitu memiliki gas buang yang lebih rendah sehingga lebih aman untuk lingkungan dan lebih mudah terurai.

Salah satu sumber bahan baku biodiesel adalah CPO *off grade*. Pengolahan CPO *off grade* menjadi biodiesel meliputi beberapa proses, salah satunya reaksi pembentukan biodiesel dan pemurnian produk. Kedua proses tersebut dapat dilakukan dalam satu proses yaitu proses *Reactive Distillation* (RD). *Reactive distillation* merupakan suatu unit operasi yang mengintegrasikan unit reaksi dan distilasi dalam satu kesatuan. Pada unit ini terdapat beberapa tahap, yaitu tahap reaksi dan tahap pemisahan (Lukacs, 2011). Proses ini memiliki keunggulan dibandingkan dengan proses konvensional yaitu hanya memerlukan satu kolom untuk dapat melakukan proses reaksi dan pemurnian. Proses *reactive distillation* memiliki keunggulan dibandingkan dengan proses konvensional, yaitu nilai konversi yang lebih tinggi, menghindari azeotrop, mengurangi produk samping, biaya investasi yang lebih murah, dan penggunaan energi yang lebih hemat (Shah & Shah, 2015).

Pembuatan biodiesel dari CPO *off grade* harus melalui tahap reaksi esterifikasi hal tersebut dikarenakan CPO *off grade* memiliki tingkat kandungan asam lemak bebas lebih dari 5%. Proses pembuatan biodiesel yang mengandung asam lemak bebas lebih dari 2% harus melalui 2 tahap yaitu reaksi esterifikasi dan reaksi transesterifikasi. Reaksi esterifikasi bertujuan untuk menurunkan kandungan asam lemak bebas sampai dibawah 2%, jika kandungan asam lemak bebas pada bahan baku memiliki kadar lebih dari 2% maka akan terjadi pembentukan sabun pada proses reaksi transesterifikasi (Santoso, 2019). Kandungan asam lemak yang paling tinggi dalam CPO *off grade* adalah asam palmitat, dimana kandungannya mencapai 45,7% (Bahadi, 2016). Berikut persamaan reaksi esterifikasi untuk bahan baku asam palmitat:



Pada dasarnya reaksi esterifikasi merupakan reaksi bolak-balik (*reversible*), tetapi jika metanol yang diumpankan berlebih maka reaksi akan cenderung bergeser ke sebelah kanan (produk) yang membuat reaksi menjadi searah (*reversible*). Dalam simulasi Aspen HYSYS pembuatan biodiesel dari CPO *off grade* menggunakan *reactive distillation*, terdapat kinetika reaksi yang digunakan sebagai berikut:

$$k = A e^{-E_a/RT} \quad (1)$$

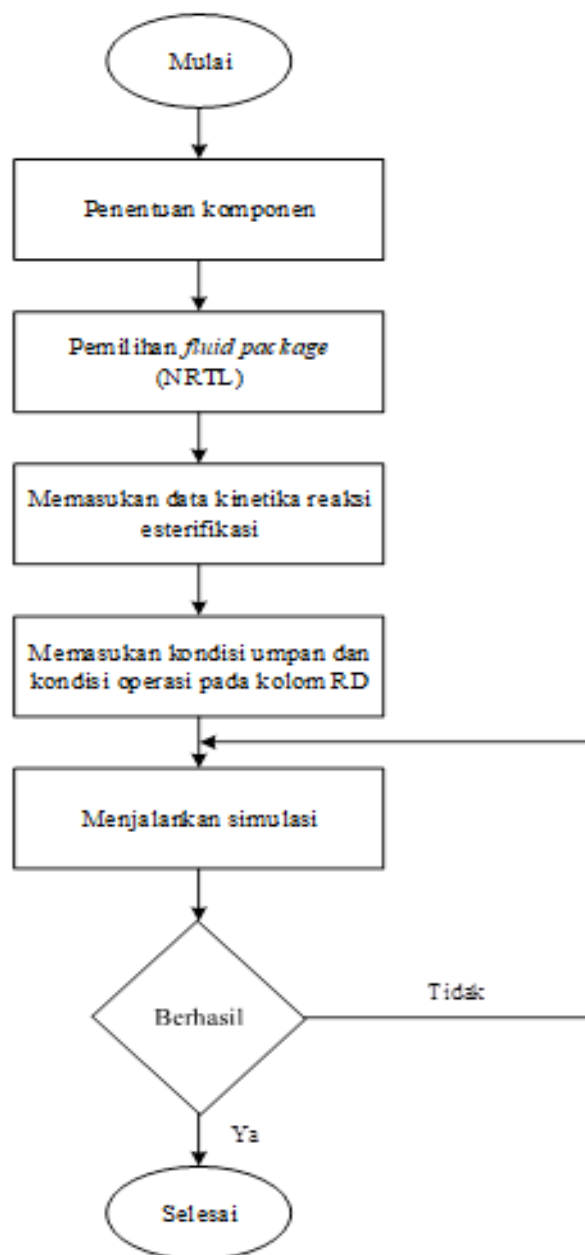
Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Satriana (Satriana & Supardan, 2008) dan timnya, kinetika reaksi untuk reaksi CPO *off grade* dan metanol dengan katalis H_2SO_4 diperoleh nilai *frequency factor* (A) dan energi aktivasi (E_a) masing-masing sebesar 305 dan 30,4 kJ/mol.

2. METODOLOGI

Pada simulasi ini dilakukan beberapa tahap – tahap yang meliputi penentuan komponen yang akan digunakan, penentuan *fluid package* yang digunakan, memasukan data reaksi, dan pengaturan set kondisi umpan dan kondisi kolom *reactive distillation*. Pada simulasi ini

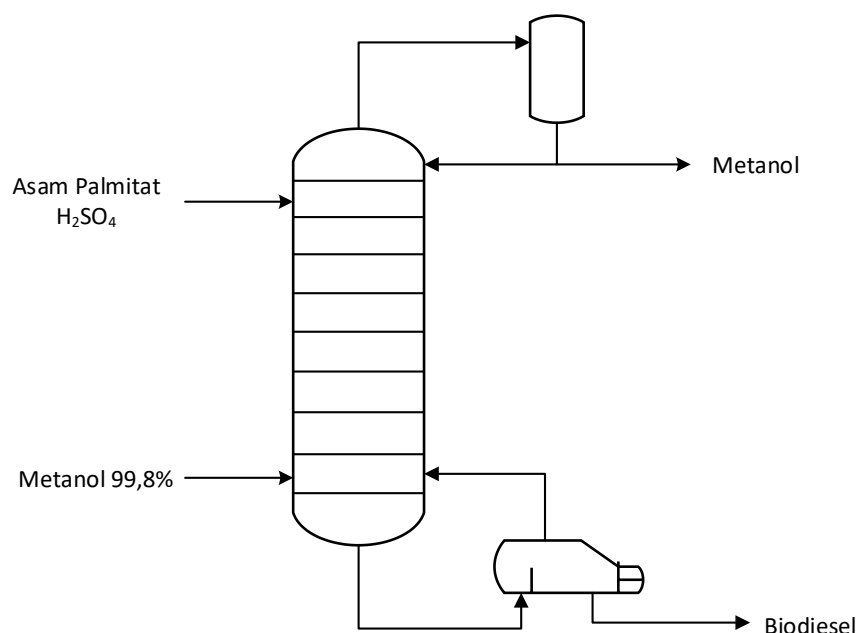
Simulasi Menggunakan Aspen HYSYS Untuk Pembuatan Biodiesel Dari Asam Palmitat Melalui *Reactive Distillation*

komponen yang akan digunakan ialah methanol, asam palmitat, H₂O, dan metil palmitat. *Fluid package* yang digunakan ialah NRTL, persamaan NRTL dipilih karena dapat digunakan untuk kondisi kesetimbangan uap-cair pada sistem biner ataupun multikomponen pada bahan petrokimia (Aspen Tech, 2005). Proses simulasi ini dapat dilihat pada **Gambar 1**. Reaksi yang berlangsung pada simulasi ini ialah reaksi kinetik irreversibel dengan nilai $A = 305$ dan nilai $E_a = 30400$ kJ/kmol. Variabel yang digunakan pada simulasi ini ialah rasio refluks dan *reboiler heat duty* (RHD). Rasio refluks yang digunakan ialah 1,5, 2, dan 2,5. RHD yang digunakan ialah 7000 kW, 8500 kW, 10.000 kW, dan 11.500 kW. Kondisi kolom *reactive distillation* (RD) memiliki jumlah tahap 9, tahap 1 merupakan tahap pemisahan dan tahap reaksi berlangsung pada tahap 2-9. Refluks yang digunakan ialah refluks total. Kondisi umpan metanol masuk melalui tahap 9 memiliki temperatur 270°C dan bertekanan 11 MPa, umpan asam palmitat dan katalis H₂SO₄ masuk melalui tahap 2 memiliki temperatur 300°C dan bertekanan 11 MPa. Tekanan di *reboiler* sebesar 10 MPa dan tekanan pada kondensor sebesar 7 MPa.



Gambar 1 Diagram Alir Simulasi Pembuatan Biodiesel pada Aspen HYSYS

Skema pembuatan biodiesel dalam simulasi menggunakan Aspen HYSYS ialah sebagai berikut:



Gambar 2 Skema Pembuatan Biodiesel dari Asam Palmitat

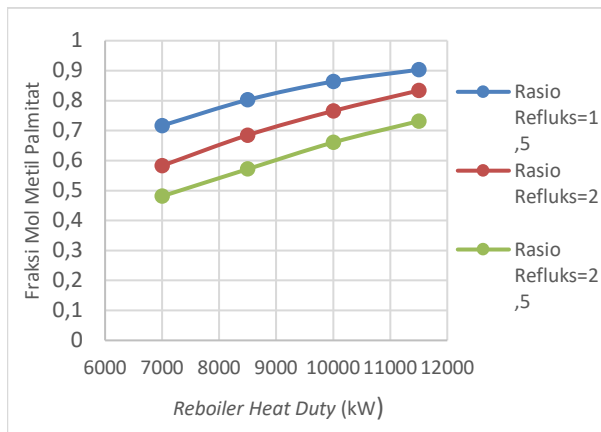
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Simulasi pembuatan biodiesel menggunakan Aspen HYSYS merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk mempermudah dalam memecahkan suatu permasalahan dalam proses produksi biodiesel. Berdasarkan simulasi menggunakan Aspen HYSYS, proses *reactive distillation* (RD) dapat diaplikasikan untuk memproduksi biodiesel dari asam palmitat. Pada simulasi ini, variabel yang digunakan yaitu *reboiler heat duty* (RHD) sebesar 7000 kW, 8500 kW, 10.000 kW, dan 11.500 kW, dan rasio refluks 1,5, 2, dan 2,5. Jumlah tahap yang digunakan sebanyak 9 tahap dimana tahap 1 merupakan tahap distilasi dan tahap 2 hingga 9 merupakan tahap reaksi, tahap dihitung dari atas ke bawah. Umpan asam palmitat masuk melalui tahap 2 dan metanol masuk dari tahap 9.

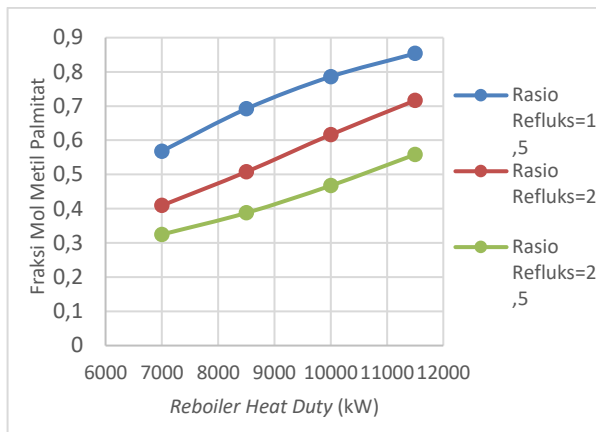
3.1 Pengaruh *Reboiler Heat Duty* Terhadap Kemurnian Produk

Salah satu faktor yang memengaruhi kemurnian produk biodiesel adalah *reboiler heat duty* (RHD). Berikut hasil yang diperoleh untuk pengaruh RHD terhadap kemurnian:

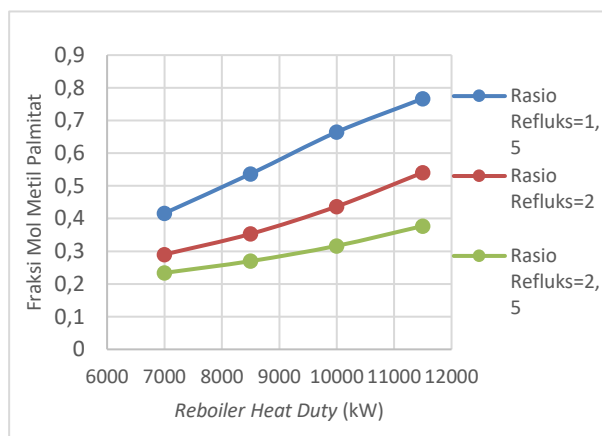
Simulasi Menggunakan Aspen HYSYS Untuk Pembuatan Biodiesel Dari Asam Palmitat Melalui *Reactive Distillation*



Gambar 3 Hasil Simulasi Pengaruh RHD pada Rasio Umpan 1:5



Gambar 4 Hasil Simulasi Pengaruh RHD pada Rasio Umpan 1:7

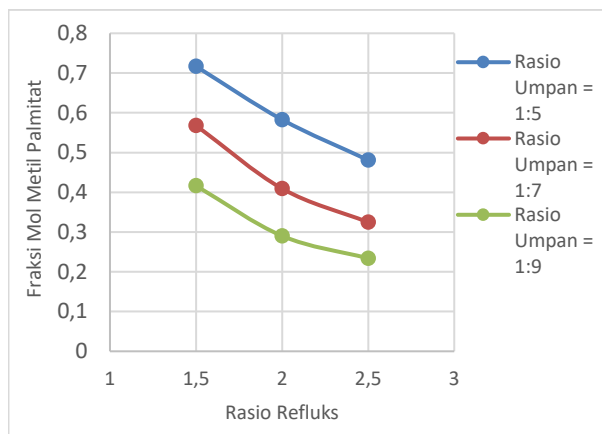


Gambar 5 Hasil Simulasi Pengaruh RHD pada Rasio Umpan 1:9

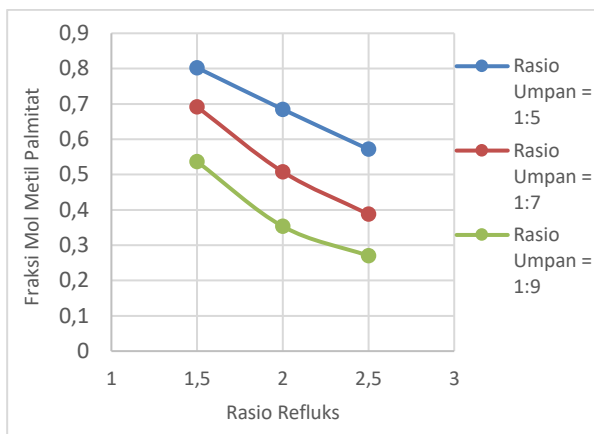
Berdasarkan **Gambar 3 – 5** terlihat bahwa semakin besar nilai *reboiler heat duty*, kemurnian produk biodiesel semakin tinggi. Hal ini disebabkan karena adanya perbedaan titik didih antara metil palmitat dengan metanol, titik didih metanol sebesar 64,5°C lebih rendah dibandingkan dengan Biodiesel (metil palmitat) yang memiliki titik didih sebesar 417°C. Jika panas yang diberikan di *reboiler* semakin tinggi tetapi tetap dibawah titik didih biodiesel maka metanol yang akan menguap sehingga semakin banyak metanol yang masuk kembali ke kolom *reactive distillation*. Oleh sebab itu, produk biodiesel yang berada di bottom akan semakin murni.

3.2 Pengaruh Rasio Refluks Terhadap Kemurnian Produk

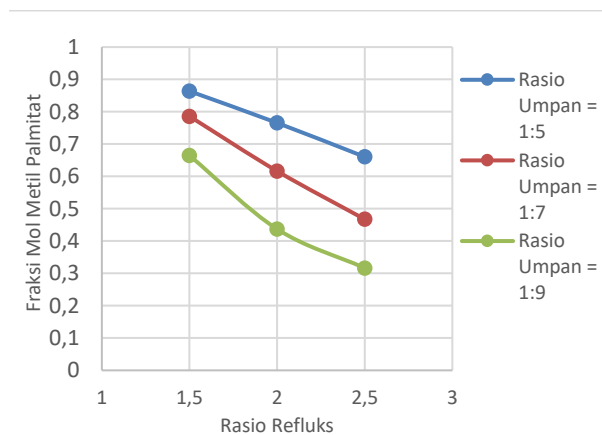
Faktor lain yang memengaruhi kemurnian produk ialah rasio refluks. **Gambar 6 – 9** merupakan hasil simulasi pengaruh rasio refluks terhadap kemurnian produk di *bottom*.



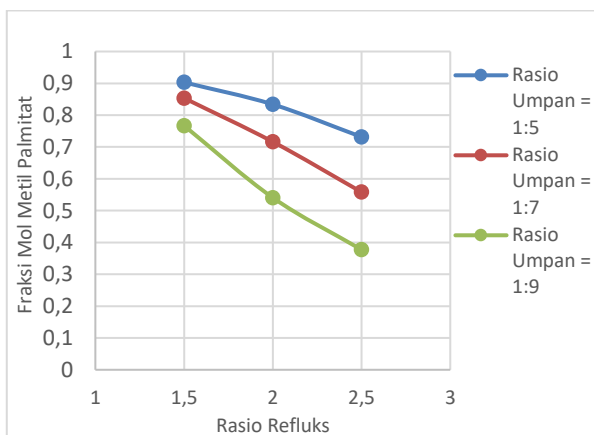
Gambar 6 Hasil Simulasi Pengaruh Rasio Refluks pada RHD 7.000 kW



Gambar 7 Hasil Simulasi Pengaruh Rasio Refluks pada RHD 8.500 kW



Gambar 8 Hasil Simulasi Pengaruh Rasio Refluks pada RHD 10.000 kW



Gambar 9 Hasil Simulasi Pengaruh Rasio Refluks pada RHD 11.500 kW

Hasil simulasi menunjukkan bahwa semakin besar rasio refluks maka kemurnian produk akan semakin rendah. Hal tersebut disebabkan karena produk biodiesel yang dihasilkan berada di daerah *bottom* bukan di daerah *distillate*. Rasio refluks merupakan perbandingan banyaknya *distillate* yang dikembalikan ke kolom. Jika produk berada di *distillate* maka semakin besar rasio refluks kemurnian produk akan semakin meningkat. Oleh karena produk biodiesel berada di *bottom*, maka untuk meningkatkan kemurnian produk ialah dengan cara memperkecil jumlah rasio refluks. Hal tersebut disebabkan apabila rasio refluks semakin besar maka metanol dan air yang berada di bagian *distillate* akan semakin banyak yang dikembalikan ke dalam kolom sehingga jumlah metanol atau air yang ada di *bottom* semakin besar sehingga kemurnian dari biodiesel akan semakin rendah.

4. KESIMPULAN

Pembuatan biodiesel dapat dilakukan dengan menggunakan proses *reactive distillation* dengan jumlah tahap 9 pada kondisi asam palmitat dan katalis H_2SO_4 masuk melalui tahap kedua dengan temperatur $300^\circ C$ tekanan 11 MPa dan metanol masuk melalui tahap ke 9 dengan

temperatur 270°C tekanan 11 MPa, jenis refluks yang digunakan ialah refluks total. Tekanan reboiler dan kondensor masing-masing 10 MPa dan 7 MPa. Kemurnian biodiesel yang dihasilkan berkisar antara 21% - 90. Semakin besar rasio refluks maka kemurnian produk dan fraksi mol biodiesel tiap tahap semakin menurun. Sedangkan semakin besar *reboiler heat duty* (RHD) maka kemurnian produk semakin besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Lukacs, T., dkk (2011). Feasibility of Batch Reactive Distillation with Equilibrium-Limited Consecutive Reactions in Rectifier, Stripper, or Middle-Vessel Column. *International Journal of Chemical Engineering*.
- Shah, B. H., & Shah, P. (2015). *Reactive Distillation In Process Industries*. Denmark: Researchgate.
- Santoso, A., dkk. (2019). *Methyl Ester Synthesis of Crude Oil Off Grade Using The K2O/Al2O3 Catalyst and Its Potential as Biodiesel*. Malang: Universitas Malang.
- Bahadi, M. A., dkk. (2016). Free Fatty Acids Separation From Malaysian High Free Fatty Acid Crude Palm Oil Using Molecular Distillation. *Malaysian Journal of Analytical Sciences*, 1042-1051.
- Satriana, & Supardan, M. D. (2008). Kinetoc Study of Esterification of Free Fatty Acid in Low Grade Crude Palm Oil using Sulfuric Acid. *ASEAN Journal of Chemical Engineering*, 1-8.
- Aspen Tech. (2005). *Simulation Basis*. USA: Aspen Technology Inc.