



## STUDI PENGEMBANGAN KATALIS PADAT BIODIESEL, APLIKASINYA PADA PROSES KONTINYU DENGAN *REACTIVE DISTILLATION* DAN ANALISIS TERMODINAMIKANYA

Arif Hidayat  
10/308397/STK/00311

### INTISARI

Pada penelitian ini dikembangkan katalis padat dari limbah biomassa untuk produksi biodiesel menggunakan bahan baku dari *Palm Fatty Acid Distillate* (PFAD). PFAD merupakan limbah padat dari pabrik pengolahan minyak dari kelapa sawit. Selanjutnya dilakukan simulasi pembuatan biodiesel secara kontinyu dengan *Reactive Distillation* (RD) yang menggabungkan reaksi dan proses pemisahan biodiesel. Hasil simulasi kemudian dipergunakan untuk melakukan analisis termodinamika pada kolom RD dengan meninjau dari segi eksergi. Analisis eksergi menggambarkan efisiensi energi yang terjadi pada pengoperasian kolom RD.

Berdasarkan hasil seleksi limbah padat biomassa diperoleh kesimpulan bahwa katalis yang dipilih adalah katalis dari karbon aktif batok kelapa. Katalis dari karbon aktif batok kelapa mempunyai luas permukaan BET pada kisaran 70,597 sampai dengan 161,286 m<sup>2</sup>/gram, diameter rerata pori antara 2,48 menjadi 3,46 nm dan volum pori total dari 0,0611 ke 0,0999 cm<sup>3</sup>/gram. Hasil uji aktivitas katalis batok kelapa menunjukkan bahwa parameter yang berpengaruh terhadap reaksi esterifikasi adalah jumlah katalis, perbandingan molar pereaktan dan suhu reaksi. Konversi tertinggi yang dicapai adalah sebesar 88,6% pada jumlah katalis 10% massa PFAD, perbandingan molar metanol dengan PFAD 12:1 dan suhu reaksi 60 °C. Untuk mengetahui stabilitas katalis, dilakukan pemakaian kembali katalis pada kondisi reaksi yang sama. Hasil penelitian menunjukkan bahwa katalis dari batok kelapa mampu dipakai sampai 3 kali, dengan penurunan konversi asam lemak bebas mencapai 30% dari nilai awal.

Dari hasil simulasi pembuatan biodiesel dengan kolom RD memperlihatkan bahwa perubahan rasio molar metanol dengan PFAD dari 4 : 1 menjadi 6 : 1 menaikkan konversi asam lemak bebas. Perubahan lokasi umpan metanol masuk ke kolom RD dari *stage* ke-3 menjadi *stage* ke-2 atau digeser ke bagian atas kolom menyebabkan penurunan konversi asam lemak bebas yang diperoleh. Penambahan jumlah *stage* menaikkan konversi asam lemak bebas keluar bagian bawah kolom RD.

Hasil analisis termodinamika menggunakan konsep *exergy* menunjukkan bahwa *exergy loss* pada reboiler dan kondensor nilainya 4-5 kali lebih besar dibandingkan dengan *exergy loss* pada tiap *stage*. Nilai *exergy loss* karena reaksi kimia memiliki nilai yang paling kecil jika dibandingkan dengan *exergy loss* karena perubahan fase, perubahan suhu karena pemanasan maupun pendinginan, maupun perubahan konsentrasi. Perubahan rasio molar metanol dengan PFAD dari 4 : 1 menjadi 6 : 1 menaikkan *exergy loss* total, namun di sisi lain konversi asam lemak bebas yang diperoleh meningkat. Penurunan *exergy loss* total terjadi apabila lokasi umpan metanol masuk ke kolom RD digeser ke *stage* lebih kecil atau ke bagian atas kolom. Namun terjadi penurunan konversi asam lemak bebas yang diperoleh. Jumlah *stage* yang meningkat mengakibatkan penambahan *exergy loss* total.

**Kata-kata kunci:** Biodiesel, Limbah Biomassa, Esterifikasi, *Palm Fatty Acid Distillate*, *Reactive Distillation*, Eksergi



## STUDY ON DEVELOPMENT OF HETEROGENOUS SOLID CATALYS FOR BIODIESEL PRODUCTION AND ITS APPLICATION ON CONTINUOUS REACTIVE DISTILLATION AND THERMODYNAMICS ANALYSIS

Arif Hidayat  
10/308397/STK/00311

### ABSTRACT

In this research, the esterification of PFAD on solid acid carbon catalysts prepared by a sulfonation of the carbonized char of coconut shell was studied. The performances of the solid acid carbon catalysts were evaluated in terms of the molar ratios of PFAD to methanol, the catalyst loading and the reaction temperatures.

The catalysts were synthesized and then tested the batch activity for the esterification of free fatty acids contained in Palm Fatty Acid Distillate (PFAD). Then, the batch data that obtained from the experiment had used to perform simulations of biodiesel production technology by Reactive Distillation (RD). Using of this technology will provide a breakthrough in the manufacture of biodiesel. The simulation result is then used to evaluate thermodynamic analysis of the RD column by exergy. Exergy analysis will describe the energy efficiency that occurs in the operation of the RD column.

Based on the experiment results, the catalysts from coconut shell were selected as catalyst for esterification reaction of free fatty acid on PFAD. From the activity test, it can be concluded that the optimal conditions were an methanol/PFAD molar ratio of 12:1, the amount of catalyst of 10% w, and reaction temperature of 60 °C. In this study, the reusability of catalyst was determined by carrying out three esterification reaction cycles.

Furthermore, the simulation study for biodiesel production technology using RD solumn was conducted. The simulation results show that changes in the molar ratio of methanol with PFAD from 4: 1 to 6: 1 would increase the FFA conversion. When the location of the feed into the column RD changed from 3rd to 2nd would cause a decrease in the conversion of FFA. Increasing of the number of stages will increase the conversion of FFA on the biodiesel product.

Based on the results of thermodynamic analysis, the exergy loss in reboiler and condenser value is 4-5 times greater than the exergy loss in the stages. The exergy loss due to chemical reactions have the smallest value when compared with the exergy loss due to a phase change, the temperature changes due to heating and cooling, as well as changes in concentration. When the molar ratio of methanol with PFAD increases, the total exergy loss increase, however the FFA conversion will decrease. The total exergy loss occurs when the location of the feed was shifted to the top of the RD column, but the conversion of FFA decrease. Finally, increasing the number of stages which will result in the addition of total exergy loss.

**Keywords:** Biodiesel, Biomass Waste, Esterification, *Palm Fatty Acid Distillate*, *Reactive Distillation*, Exergy