

PEMILIHAN KATALIS MENGGUNAKAN METODE ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS (AHP) PADA PROSES PEMBUATAN BIODIESEL REAKSI TRANSESTERIFIKASI

Winy Andalia[†]

Program Studi Teknik Industri Universitas Tridinanti Palembang
Jl. Kapten Marzuki NO. 2446 Kamboja Palembang 30129
winyandalia90@gmail.com

Irnanda Pratiwi

Program Studi Teknik Industri Universitas Tridinanti Palembang
Jl. Kapten Marzuki NO. 2446 Kamboja Palembang 30129
nanda101084@gmail.com

Abstrak

Selama krisis energi, harga minyak mentah mahal dan keprihatinan lingkungan telah mendorong pemerintah dan masyarakat untuk menetapkan kebijakan energi nasional dengan penekanan pada energi terbarukan seperti biodiesel untuk mengurangi konsumsi bahan bakar fosil dan untuk meningkatkan keamanan energi negara. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memilih katalis mana yang terbaik diantara NaOH, KOH dan CaO berdasarkan kriteria-kriteria yang digunakan dalam metode AHP (Analytical Hierarchy Process). Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang menjanjikan yang dapat diperoleh dari minyak nabati maupun lemak hewan melalui reaksi transesterifikasi dengan alkohol. Biodiesel memiliki keunggulan dibandingkan dengan minyak diesel yaitu: merupakan sumber daya energi terbarukan, tidak bersifat toksik, ramah lingkungan karena bahan baku tidak mengandung sulfur serta emisi rendah. Pada penelitian ini setelah mendapatkan struktur hirarki dan mendapatkan hasil katalis mana yang terbaik, lalu dilanjutkan pada pembuatan biodiesel reaksi transesterifikasi dari minyak kelapa sawit (CPO). Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa katalis terbaik dilihat dari segi kualitas, harga dan kecepatan reaksi katalis yaitu pada katalis KOH (kalium hidroksida) dengan nilai Overall Composite Weight sebesar 0.472. Sedangkan berdasarkan analisa hasil pembuatan biodiesel secara kualitatif menggunakan katalis KOH didapatkan nilai FFA sebesar 0,3072%, Angka asam sebesar 0,02244, Densitas sebesar 0,8945, Viskositas sebesar 4,5684 cst, dan konversi tertinggi yaitu 95,6%.

Kata Kunci : Analytical Hierarchy Process, Biodiesel, Transesterifikasi

[†] Corresponding Author

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Selama krisis energi, harga minyak mentah mahal dan keprihatinan lingkungan telah mendorong pemerintah dan masyarakat untuk menetapkan kebijakan energi nasional dengan penekanan pada energi terbarukan seperti biodiesel untuk mengurangi konsumsi bahan bakar fosil dan untuk meningkatkan keamanan energi negara.

Biodiesel merupakan bahan bakar alternatif yang menjanjikan yang dapat diperoleh dari minyak nabati maupun lemak hewan melalui reaksi transesterifikasi dengan alkohol. Biodiesel menghasilkan polusi lebih sedikit dari bahan bakar minyak bumi. Selain itu, biodiesel dapat digunakan tanpa modifikasi ulang mesin diesel (Mardiah, Widodo, Trisningwati, & Purijatmiko, 2006)

Produksi biodiesel tidak terlepas dari ketersediaan bahan baku, sampai sekarang bahan baku yang memenuhi kebutuhan kapasitas produksi adalah minyak sawit (CPO). Berdasarkan data dari Gapki (Gabungan pengusaha kelapa sawit Indonesia), produksi CPO pada 2016 diproyeksikan menurun jika dibanding tahun sebelumnya. Tercatat, pada 2014 produksi CPO nasional mencapai 31,5 juta ton, dan naik menjadi 32,5 juta ton pada 2015. Pada tahun 2017 produksi diproyeksi naik. Untuk 32 juta ton produk CPO diperkirakan menghasilkan limbah cair 81 juta ton dengan kandungan lemak dan minyak dalam limbah tersebut sekitar 29-29,5 % (GAPKI, 2015)

Produksi biodiesel yang dikembangkan saat ini umumnya terbuat dari minyak tumbuhan (minyak kedelai, minyak canola, minyak sawit mentah), lemak hewan (sapi talow, lemak babi, lemak ayam) dan bahkan dari minyak goreng bekas. Proses yang digunakan adalah reaksi beragam, menggunakan katalis dasar untuk transesterifikasi (NaOH, KOH), esterifikasi katalis asam (H_2SO_4), dan metode superkritis (D & Y, 2006). Minyak jenis Diesel adalah bahan bakar yang paling banyak digunakan oleh masyarakat Indonesia (Prihandana, 2006)

Biodiesel telah diproduksi oleh transesterifikasi trigliserida (minyak nabati) menjadi metil ester dengan metanol menggunakan natrium atau kalium hidroksida dilarutkan dalam metanol sebagai katalis. Dalam hal ini pemilihan katalis yang terbaik

perlu dilakukan pengambilan keputusan yang tepat dengan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP).

1.2 Minyak Kelapa Sawit

Minyak kelapa sawit yang dihasilkan dari kulit kelapa sawit dinamakan minyak sawit mentah (*Crude Palm Oil*). CPO mengandung sekitar 500-700 ppm karoten dan merupakan bahan pangan terbesar. CPO adalah minyak kelapa sawit mentah yang berwarna kemerah-merahan yang diperoleh dari hasil ekstraksi atau dari proses pengempaan daging buah kelapa sawit. CPO (*Crude Palm Oil*) banyak diaplikasikan tidak hanya sebagai minyak goreng, tetapi juga bisa sebagai pembuatan sabun, margarine, *shortening*, dan *vegetable ghee* serta industri oleokimia, antara lain berupa *fatty alcohol*, *fatty acids*, dan gliserin (Ketaren, 2009). Data komposisi CPO (*Crude Palm Oil*) ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi CPO (*Crude Palm Oil*)

Asam Lemak	Rumus Kimia	CPO (%)
Asam Kaprilat	$CH_3(CH_2)_6CO_2HC$ $H_3(CH_2)_8CO_2H$	–
Asam Kaproat	$CH_3(CH_2)_{10}CO_2H$	–
Asam Laurat	$CH_3(CH_2)_{12}CO_2H$	1,1 – 2,5
Asam Miristat	$CH_3(CH_2)_{14}CO_2H$	40 – 46
Asam Palmitat	$CH_3(CH_2)_{16}CO_2H$	3,6 – 3,7
Asam Stearat	$CH_3(CH_2)_7CH=C$ $H(CH_2)_7CO_2H$	39 – 45
Asam Linoleat	$CH_3(CH_2)_4=CHC$ $H_2CH=CH(CH_2)_7$ O_2H	7,0 – 11

1.3 Biodiesel

Biodiesel adalah nama untuk jenis fatty ester, umumnya merupakan monoalkil ester yang terbuat dari minyak tumbuh – tumbuhan (minyak nabati). Minyak nabati yang dapat digunakan sebagai bahan baku biodiesel dapat berasal dari kacang kedelai,

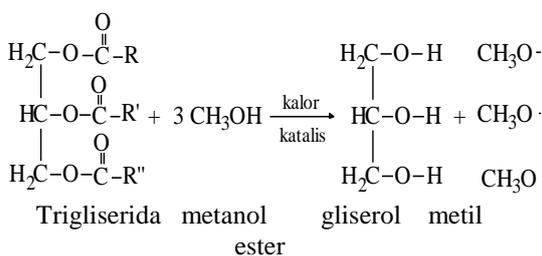
kelapa, kelapa sawit, padi, jagung, jarak, papaya dan banyak lagi melalui proses transesterifikasi sederhana (Mardiah, Widodo, Trisningwati, & Purijatmiko, 2006).

1.4 Transesterifikasi

Transesterifikasi merupakan suatu proses penggantian tahap dari suatu gugus ester (trigliserida) dengan ester lain atau mengubah asam – asam lemak ke dalam bentuk ester sehingga menghasilkan alkyl ester. Proses tersebut dikenal sebagai proses alkoholisis. Proses alkoholisis ini merupakan reaksi yang biasanya berjalan lambat namun dapat dipercepat dengan bantuan suatu katalis. Katalis yang biasanya digunakan adalah katalis asam seperti HCl dan H₂SO₄, dan katalis basa NaOH dan KOH (Indartono, 2008). Proses pembuatan biodiesel minyak jelantah adalah dengan proses reaksi transesterifikasi.

Mekanisme reaksi transesterifikasi minyak nabati dengan methanol atau disebut juga dengan metanolisis yang terlihat di bawah ini, (Alamsyah, 2006) :

Reaksi Transesterifikasi



Katalis yang sering digunakan untuk reaksi transesterifikasi yaitu alkali, asam, atau enzim. Alkali yang sering digunakan yaitu natrium metoksida (NaOCH₃), natrium hidroksida (NaOH), kalium hidroksida (KOH), kalium metoksida, natrium amida, natrium hidrida, kalium amida, dan kalium hidrida (Sprules & Donald, 1950). Katalis adalah suatu bahan yang digunakan untuk memulai reaksi dengan bahan lain. Katalis dimanfaatkan untuk mempercepat suatu reaksi, terlibat dalam reaksi tetapi tidak ikut terkonsumsi menjadi produk. Pemilihan katalis ini sangat bergantung pada jenis asam lemak yang terkandung dalam minyak tersebut. Jenis asam lemak dalam minyak sangat berpengaruh terhadap karakteristik fisik dan kimia biodiesel, karena asam lemak ini akan

membentuk ester atau biodiesel itu sendiri. (Mardiah, Widodo, Trisningwati, & Purijatmiko, 2006)

1.5 Analytic Hierarchy Process

Metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP) merupakan teori umum mengenai pengukuran. Empat macam skala pengukuran yang biasanya digunakan secara berurutan adalah skala nominal, ordinal, interval dan rasio. Skala yang lebih tinggi dapat dikategorikan menjadi skala yang lebih rendah, namun tidak sebaliknya. Pendapatan per bulan yang berskala rasio dapat dikategorikan menjadi tingkat pendapatan yang berskala ordinal atau kategori (tinggi, menengah, rendah) yang berskala nominal. Sebaliknya jika pada saat dilakukan pengukuran data yang diperoleh adalah kategori atau ordinal, data yang berskala lebih tinggi tidak dapat diperoleh. AHP mengatasi sebagian permasalahan itu (Saaty, 2001).

Comparative Judgement adalah penilaian yang dilakukan berdasarkan kepentingan relatif dua elemen pada suatu tingkat tertentu dalam kaitannya dengan tingkatan di atasnya. *Comparative Judgement* merupakan inti dari penggunaan AHP karena akan berpengaruh terhadap urutan prioritas dari elemen-elemennya.

Skala preferensi yang digunakan yaitu skala 1 yang menunjukkan tingkat yang paling rendah (*equal importance*) sampai dengan skala 9 yang menunjukkan tingkatan yang paling tinggi (*extreme importance*) (Saaty, *The Analytical Hierarchy Process : Planning, Priority Setting, Resource Allocation*, 1993). Skala penilaian perbandingan berpasangan ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Skala penilaian perbandingan berpasangan

Tingkat Kepentingan	Definisi
1	Sama Pentingnya
3	Agak lebih penting yang satu atas lainnya
5	cukup penting

7	sangat penting
9	Mutlak Lebih penting
2,4,6,8	Nilai tengah diantara dua nilai keputusan yang berdekatan
Respirokal	Kebalikan

Hasil dari pembobotan kriteria diatas adalah sebuah matriks yang besarnya nxn, dimana n adalah jumlah banyaknya kriteria. Matriks yang dihasilkan adalah sebagai berikut :

$$K = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & k_{13} \\ k_{21} & k_{22} & k_{23} \\ k_{31} & k_{32} & k_{33} \end{bmatrix}$$

Dimana:

K_{11} = Nilai dari kriteria 1 dibandingkan dengan kriteria 1

K_{12} = Nilai dari kriteria 1 dibandingkan dengan kriteria 2

k_{ij} = Nilai dari kriteria ke i dibandingkan kriteria ke j

Untuk setiap kriteria ke i dan j, berlaku:

$$k_{ii} = 1, \text{ dan } k_{ij} = k_{ji}^{-1}$$

Matriks adalah sekumpulan elemen berupa angka/simbl tertentu yang tersusun dalam baris dan kolom berbentuk persegi. Suatu matriks biasanya dinotasikan dengan huruf kapital ditebalkan (misal matriks A, dituliskan dengan **A**). Pengukuran konsistensi dari suatu matriks didasarkan atas *eigen value maksimum* , dimana nilai index konsistensi dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan (1) :

$$CI = \frac{\pi_{max} - n}{n - 1} \tag{1}$$

Dimana :

CI = rasio penyimpangan (deviasi) konsistensi (*Consistency Index*)

n = Orde Matriks (banyaknya alternatif)

π_{max} = Nilai eigen terbesar dari matriks berordo n

Apabila CI bernilai nol, maka matriks perbandingan berpasangan tersebut konsisten. Batas ketidakkonsistenan yang telah ditetapkan ditentukan dengan menggunakan Rasio Konsisten (CR) yaitu perbandingan indeks konsisten dengan nilai Random Indeks (RI) yang didapat dari suatu eksperimen oleh Oak Ridge National Laboratory yang dikembangkan oleh Wharton School. Nilai ini bergantung pada ordo matriks n. Sehingga didapatkan rumus Rasio Kosistensi seperti yang ditunjukkan Persamaan (2) :

$$CR = \frac{CI}{RI} \tag{2}$$

Dimana :

CR = Rasio Konsistensi

RI = Indeks Random

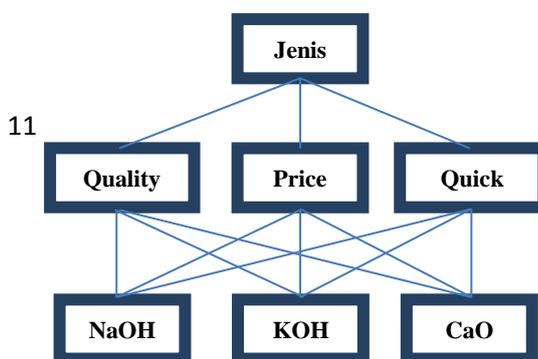
Tabel 3. Nilai Random Index (RI)

N	1	2	3	4	5	6
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24

Bila matriks *pairwise comparison* dengan nilai CR lebih kecil dari 0,100 maka ketidakkonsistenan pendapat dari *decision maker* masih dapat diterima jika tidak maka penilaian perlu diulang. Nilai Random Index (RI) ditunjukkan pada Tabel 3.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Pilot Plant Biodiesel di Indralaya dan Laboratorium Statistik di Universitas Tridinanti Palembang. Waktu penelitian dilaksanakan kurang lebih enam bulan. Adapun alat dan bahan yang digunakan adalah : *Magnetic stirrer, Stirrer*, Labu leher tiga, Beker gelas, Erlenmeyer, Termometer, Corong pemisah, Kertas saring, Gelas ukur, *Hot plate*, Kondenser, Pompa, Klem dan statif, Pipet tetes, Neraca Analitis, Oven, Minyak Crude Palm Oil, NaOH, KOH, Aquadest, Indikator PP, Alkohol, Metanol teknis, Ethanol analis. Stuktur hirarki dala penelitian pemilihan katalis dalam pembuatan biodiesel ditunjukkan pada Gambar 2.



KOH	1,000	3,000	5,000	0,6480
NaOH	0,333	1,000	2,000	0,2298
CaO	0,200	0,500	1,000	0,1222
Jumlah	1,533	4,500	7,000	1,00
Principle eigen Value λ max.				3,005
Consistency Index CI				0,0025
Consistency Ratio CR				0,43%

Gambar 2. Struktur Hirarki Pemilihan Katalis

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Perbandingan Kriteria

Manusia mempunyai kemampuan dalam memberikan persepsi hubungan antara hal-hal yang diamati, membandingkan sepasang benda dengan kriteria tertentu dan juga menilai perbedaannya. AHP menggunakan *pairwise comparison* yang membandingkan secara berpasangan suatu hal yang bersifat homogen sehingga hal yang dibandingkan akan lebih mudah dan objektif. Berikut adalah matriks perbandingan berpasangan pada kriteria yang ada. Matriks perbandingan berpasangan pada kriteria (Level Dua) ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Matriks Perbandingan Berpasangan pada kriteria (Level Dua)

Kriteria	Quality	Price	Quick Reaction
Quality	1	3	5
Price	1/3	1	2
Quick Reaction	1/5	1/2	1
Jumlah	1,533	4,50	8,00

Perhitungan terhadap alternatif dilakukan dengan cara yang sama dengan penghitungan bobot kriteria. Pertama-tama dilakukan pembobotan terhadap alternatif untuk setiap kriteria. Dimana dimisalkan :

K1 = Kualitas Katalis

K2 = Harga Beli Katalis

K3 = Reaksi Cepat suatu katalis

Pengujian untuk masing- masing kriteria ditunjukkan pada Tabel 5, 6 dan 7.

Tabel 5. Pengujian Kriteria Kualitas (K1)

K1	KOH	NaOH	CaO	Priority Vector
----	-----	------	-----	-----------------

Tabel 6. Pengujian Kriteria Price (K2)

K2	KOH	NaOH	CaO	Priority Vector
KOH	1,000	3,000	5,000	0,6480
NaOH	0,333	1,000	2,000	0,2298
CaO	0,200	0,500	1,000	0,1222
Jumlah	1,533	4,500	7,000	1,00
Principle eigen Value λ max.				3,005
Consistency Index CI				0,0025
Consistency Ratio CR				0,43%

Tabel 7. Pengujian Kriteria Reaksi Cepat Katalis (K3)

K3	KOH	NaOH	CaO	Priority Vector
KOH	1,00	0,33	0,25	0,12
NaOH	3,00	1,00	0,50	0,32
CaO	4,00	2,00	1,00	0,56
Jumlah	8,00	3,33	1,75	1,00
Principle eigen Value λ max.				3,00
Consistency Index CI				0,0
Consistency Ratio CR				0%

Untuk itu semua hasil penilaian di rangkum dalam bentuk tabel yang disebut *Overall Composite Weight*, digunakan untuk menentukan perkalian bobot prioritas pada level dua (Kriteria) dan pada level tiga (Alternatif) ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil Overall Composite Weight

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Dari Analisis hasil dapat disimpulkan bahwa :

1. Bentuk hirarki dari permasalahan ini berupa Tujuan (level 1) : Katalis Terbaik; Kriteria (Level 2) : Kualitas, Harga Katalis, Reaksi Cepat Katalis; Alternatif Katalis (Level 3) : KOH, NaOH dan CaO. Pada saat penentuan matrix perbandingan berpasangan dan bobot prioritas pada kriteria didapatkan bahwa prioritas tertinggi secara berurutan adalah Konversi, Harga katalis dan Reaksi Cepat suatu katalis. Hasil pada perbandingan matriks berpasangan kriteria dianggap konsisten karena nilai $CR < 0,1$ atau $< 10\%$ yaitu 0,0043 atau 0,43%.
2. Setelah didapatkan hasil *overall composite weight*, *composite weight* terbesar dari perbandingan kriteria dengan alternatif yang ada adalah KOH dengan nilai *composite weight* sebesar 0.472. Hasil dari keseluruhan dapat disimpulkan bahwa katalis terbaik yang dapat digunakan pada pembuatan biodiesel reaksi transesterifikasi dengan menggunakan metode AHP yaitu menggunakan katalis KOH.
3. Berdasarkan analisa hasil pembuatan biodiesel secara kualitatif menggunakan katalis KOH didapatkan nilai FFA sebesar 0,3072%, Angka asam sebesar 0,02244, Densitas sebesar 0,8945, Viskositas sebesar 4,5684 cst, dan konversi tertinggi yaitu 95,6%. Hasil analisa tersebut sudah memenuhi kualitas biodiesel menurut standar SNI-04-7182-2006.

4.2 Saran

Dari kesimpulan di atas ada beberapa saran yang bisa diberikan dan mungkin dapat bermanfaat bagi penelitian selanjutnya yaitu pada saat pembuatan biodiesel sebaiknya temperatur harus dijaga 55-65⁰C agar tidak terjadi reaksi penyabunan.

5. DAFTAR PUSTAKA

Overall Composite Weight	Weight	KOH	NaOH	CaO
Quality	0.6480	0.6480	0,2298	0,1222
Price	0.2298	0.6480	0,2298	0,1222
Quick Reaction	0.1222	0,120	0,320	0,560
Composite Weight		0.472	0.2598	0.2681

Alamsyah, A. N. (2006). *Biodiesel Jarak Pagar*. Bogor: PT. Agromedia Pustaka.

D, Z., & Y, G. (2006). Transesterification of Neat and Used Frying Oil : Optimization for Biodiesel Production. *Fuel Processing Technology* , 883-890.

GAPKI. (2015, April 29). *Konsumsi Sawit di Indonesia*. Retrieved April 29, 2015, from Sawit Indonesia Web Site: <http://www.sawitindonesia.com>

Indartono, Y. S. (2008, Juni 28). *Mengenal Biodiesel : Karakteristik Produksi, Hingga Performansi Mesin*. Retrieved Mei 2, 2017, from Padusi: <http://www.padusi.com>

Ketaren. (2009). *Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan*. Jakarta: Universitas Indonesia.

Mardiah, Widodo, A., Trisningwati, E., & Purijatmiko, A. (2006). *Pengaruh Asam Lemak dan Konsentrasi Katalis Asam terhadap Karakteristik dan Konversi Biodiesel pada Transesterifikasi Minyak Mentah Dedak Padi*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.

Prihandana. (2006). *Menghasilkan Biodiesel Murah, Mengatasi Polusi dan Kelangkaan BBM* . Jakarta: Agro Media Pustaka .

Saaty, T. (2001). *Pengambilan Keputusan bagi Para Pemimpin, Proses Hierarki Analitik untuk Pengambilan Keputusan dalam Situasi yang Kompleks*. Jakarta: Pustaka Binaman Pressindo.

Saaty, T. (1993). *The Analytical Hierarchy Process : Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. Pittsburg: University of Pittsburg Press.

Sprules, F. J., & Donald, P. (1950). *Patent No. US2494366 A*. United States of America.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh Pihak Internal Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Tridinanti Palembang.

