

Modifikasi Minyak Sawit Sebagai Pensubstitusi Minyak Solar

Modified Palm Oil As Diesel Fuel Substitutes

Chairil Anwar

Kelompok Program Riset Teknologi Proses
Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi "LEMIGAS"
Jl. Ciledug Raya Kav. 109, Cipulir, Kebayoran Lama, Jakarta Selatan 12230
Telepon: 62-21-7394422, Facsimile: 62-21-7246150

Teregistrasi I tanggal 12 Maret 2015; Diterima tanggal 12 Maret 2015; Disetujui terbit tanggal: 30 April 2015

ABSTRAK

Minyak sawit dapat digunakan sebagai bahan bakar diesel alternatif dengan perbaikan kualitasnya. Pada penelitian ini dimodifikasi dengan cara pencampuran menggunakan minyak solar. Hasil uji sifat fisika kimia terhadap minyak sawit dan setelah dicampur dengan minyak solar beberapa karakter yang semula tidak, menjadi memenuhi spesifikasi minyak solar 48. Pada variasi pencampuran minyak sawit 20% volume menunjukkan sifat fisika kimia masih dalam rentang spesifikasi minyak solar. Viskositas dan berat jenis tinggi dapat diatasi dengan modifikasi. Minyak sawit dengan viskositas semula 5,572 cSt menjadi 4,382 cSt, berat jenis yang semula 871 kg/m³ menjadi 851 kg/m³ dan indeks setana lebih tinggi dari 47,9 menjadi 54,9. Bahan bakar diesel hasil penelitian ini mempunyai nilai lebih dari biodiesel yang dicampur dengan minyak solar. Minyak sawit dan minyak solar langsung dicampur, tanpa harus diproses terlebih dahulu menjadi biodiesel. Minyak sawit sebagai sumber energi terbarukan dengan masing-masing karakter yang telah dibahas kiranya menjadi pilihan yang layak untuk mempertahankan ketahanan energi jangka panjang.

Kata Kunci: energi alternatif, minyak nabati, minyak sawit, bahan bakar diesel, spesifikasi.

ABSTRACT

Pure palm oil can be used as an alternative diesel fuel by improving its quality. In this study, modified by mixing using diesel oil. Test results of the chemical physical properties of palm oil and diesel oil after being mixed with some characters previously do not meet specification diesel fuel can be made to meet the specification of 48. At a variation of palm oil 20% volume, shows physical and chemical properties of the is still within limits of diesel fuel specifications. Viscosity and high specific gravity can be overcome with modifications. The viscosity of palm oil can be brought down from originally 5,572 cSt to 4,382 cSt and specific gravity 871 kg / m³ to 851 kg / m³ and higher cetane index of 47.9 to 54.9. Thus the Diesel fuel this research has more value than biodiesel blended with petroleum diesel. Palm oil and diesel oil are mixed directly without being processed into biodiesel. Palm oil as a renewable energy source with each characters that has been discussed would be a viable option to sustain long-term energy needs.

Keywords: alternative energy, vegetable oil, pure palm oil, diesel fuel, specification.

I. PENDAHULUAN

Minyak sawit merupakan salah satu bagian dari minyak nabati. Minyak tersebut mempunyai beberapa karakter yang mendekati minyak solar (bahan bakar diesel). Dengan demikian minyak sawit menarik untuk digunakan sebagai bahan bakar diesel alternatif. Nilai kalor (LHV) dari minyak nabati sangat dekat dengan bahan bakar

diesel (Baquero et al. 2010). Meskipun demikian terdapat beberapa perbedaan sifat fisika dan kimia, yang akan berpengaruh terhadap kualitasnya. Angka setana misalnya, adalah variabel yang mempengaruhi kualitas pengapian dan kemudahan terbakar dari bahan bakar diesel (Sidibe' et al. 2010). Sebagai minyak nabati minyak sawit dari sisi kualitas tidak serta merta dapat digunakan sebagai bahan bakar.

Hal ini banyak tergantung dari kebutuhan pemenuhan akan jenis mesin. Secara umum untuk dapat digunakan sebagai bahan bakar diesel, minyak sawit perlu diperbaiki kualitasnya. Untuk memperbaiki dan menaikkan kualitas dari minyak sawit agar layak menjadi bahan bakar diperlukan modifikasi. Modifikasi dapat dilakukan dengan pencampuran minyak sawit dengan bahan bakar yang cocok dengan mesin diesel yaitu minyak solar. Viskositas tinggi, volatilitas yang rendah dan karakteristik poli tak jenuh adalah penyebab minyak nabati tidak cocok digunakan secara langsung untuk mesin diesel. Meskipun penggunaan minyak nabati murni untuk mesin diesel bermasalah karena berviskositas tinggi dan volatilitas yang rendah (Leung et al., 2010), namun masalah-masalah ini bisa diatasi dengan metode tertentu seperti pirolisis, pengenceran (pencampuran langsung), mikro-emulsi, dan transesterifikasi. Proses transesterifikasi umumnya digunakan untuk produksi biodiesel (Khan et al. 2014). Pencampuran bahan bakar adalah salah satu metode menurunkan viskositas (Happiness et al. 2015).

Penelitian ini bertujuan memperbaiki kualitas minyak sawit dengan cara pengenceran dengan minyak solar, guna mengetahui seberapa jauh potensinya sebagai komponen pencampur atau pensubstitusi pada minyak solar. Pengenceran dipandang sebagai cara paling sederhana dan relatif murah dalam memodifikasi minyak sawit bila dibandingkan misalnya dengan mengubah secara katalitik menggunakan katalis homogen maupun heterogen. Modifikasi dengan pencampuran langsung tidak memerlukan biaya tambahan untuk katalis dan bahan baku lain seperti metanol/etanol pada proses mengubahnya menjadi biodiesel. Pemilihan bahan baku minyak sawit tidak terlepas dari ketersediaan dan kemudahannya didapat. Oleh karena itu, pada penelitian ini bahasan sifat fisika kimia produk pencampuran menjadi penting. Pemahaman akan karakteristik bahan baku dan produk yang diinginkan akan mengantarkan kepada pemilihan proses dan pada akhirnya sasarannya adalah kelayakan ekonomi dan lebih murah. Saat ini, biaya bahan baku menyumbang lebih dari 80% dari biaya produksi biodiesel. Hal ini merupakan salah satu kendala serius dalam kelayakan ekonomi dari industri biodiesel yang dapat ditingkatkan dengan menggunakan bahan baku yang lebih murah (Kumar et al. 2014). Modifikasi minyak sawit dengan pengenceran akan mengurangi biaya bahan baku, otomatis akan menurunkan biaya produksi. Keberhasilan penelitian akan ditunjukkan dengan pemenuhan terhadap spesifikasi

minyak solar, dari minyak sawit setelah dilakukan pengenceran. Minyak sawit yang merupakan sumber daya alam terbarukan, diharapkan dapat digunakan sebagai komponen campuran dengan konsentrasi antara 5-20% volume dengan minyak solar menjadi (blending component) bahan bakar diesel alternatif. Aplikasi dalam mesin diesel, minyak nabati melepas emisi yang sama dengan minyak diesel, kelebihanannya minyak nabati rendah sulfur dan CO₂ yang netral. Dengan demikian terjadi perbaikan yang mengarah ke teknologi diesel bersih yang akan menguntungkan kedua bahan bakar.

II. METODOLOGI PENELITIAN

Bahan

Pada penelitian ini digunakan dua jenis bahan utama yaitu minyak solar (bahan tidak terbarukan) dan minyak sawit (bahan terbarukan) yang diperoleh dari pasaran. Bahan lainnya adalah bahan-bahan kimia yang digunakan untuk setiap metode uji.

Metode Uji

Pengujian sifat-sifat fisika kimia mengacu pada metode uji baku ASTM atau metode lainnya yang digunakan untuk pengujian produk minyak bumi, SNI Biooil dan SNI Biodiesel. Penampilan visual, ASTM D 1298, ASTM D 976, ASTM D 445, ASTM D 97, ASTM D 93, ASTM D 86, ASTM D 4294, ASTM D 473, ASTM D 482, ASTM D 664.

Pencampuran

Dalam kegiatan ini diperlukan pencampuran bahan baku yaitu minyak solar dengan komponen pecampur berupa minyak sawit. Pencampuran dalam % volume dari masing-masing minyak sawit/minyak solar. Dalam hal ini ada empat perlakuan yaitu: membuat komposisi campuran dalam (%Volume minyak sawit)/(%Volume minyak solar) yaitu: C(5/95) %v/v; C(10/90) %v/v; C(15/85) %v/v dan C(20/80) %v/v. C(a/b): Campuran a %v minyak sawit dengan b %v minyak solar. Masing-masing bahan baku dan perlakuan campuran, terhadapnya dilakukan pengujian sifat fisika kimia mengacu pada spesifikasi bahan bakar minyak jenis minyak solar 48.

III. HASIL DAN DISKUSI

Secara substansi minyak nabati memiliki kesamaan sifat fisika dan kimia dengan minyak bumi.

Atas dasar kesamaan ini diharapkan minyak nabati ketika diaplikasikan ke dalam mesin diesel di ruang bakar akan berperilaku seperti bahan bakar setara. Beberapa sifat minyak nabati seperti viskositas, titik tuang, stabilitas termal, indeks setana, secara langsung berhubungan dengan komposisi kimia dari bahan baku tanaman asal. Oleh karena itu minyak yang diperoleh dari bahan baku berbeda, akan memiliki sifat-sifat kimia yang bervariasi. Hasil pengujian terhadap karakter minyak sawit

dibandingkan dengan minyak solar murni dan setelah pencampuran terlihat pada Tabel 1.

Pada Tabel 1 ditampilkan hasil pengujian 100% minyak sawit dan 100% minyak solar dan campuran (5/95 s/d 20/80) %v/v. Terhadap beberapa parameter Spesifikasi Minyak Solar (spesifikasi bahan bakar minyak jenis minyak solar 48) (DJ Migas 2013) tidak dilakukan pengujian seperti kandungan FAME dan kandungan metanol, karena minyak ini adalah minyak sawit.

Tabel 1
Hasil Analisis Sifat Fisika Kimia Minyak Nabati, Minyak Solar 48 dan Campurannya

No	Parameter	Satuan	Metode Uji ASTM	Hasil Pengukuran/perhitungan					Spesifikasi Minyak Solar 48 [*]		
				Minyak Solar 100%	C (5/95)	C (10/90)	C (15/85)	C (20/80)	Minyak Sawit 100%	Min	Maks
1	Bilangan setana										
	Angka Setana		D 613						48	-	
2	Indeks Cetana		D 4737	55.7	55.5	55.3	55.2	54.9	47.9	45	-
	Berat Jenis pd 15 °C	kg/m ³	D 1298	844	844	847	849	851	871	815	860
3	Visk. Kinematik pd 40 °C	cSt	D 445	4.176	4.213	4.231	4.31	4.382	5.572	2.0	4.5
4	Kandungan Sulfur	%wt	D 1552	0.35	0.322	0.278	0.265	0.259	0.013	-	0.35
	Distilasi : IBP	°C	D 86	191	191.5	193.5	195	203.5	308		
5	Recovery pd 300°C	%vol		47.5	46	42.5	40	39	**)		
	90% Vol. Penguapan	°C									370
6	Titik Nyala PMCC	°C	D 93	70	70	71	71.5	74	189,71	52	-
7	Titik Tuang	°C	D 97	3	3	3	3	3	9	-	18
8	Residu Karbon	%m/m	D 4530								0.1
9	Kandungan Air	mm/kg	D 6304								500
10	Biological Growth	kg/m ³	-	-	-	-	-	-	-		Nihil
11	Kandungan FAME	%v/v	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	Kandungan Metanol	%v/v	D 4815	-	-	-	-	-	-		Tidak terdeteksi
13	Korosi Bilah Tembaga	Merit	D 130							-	Kelas 1
14	Kandungan Abu	%wt	D 482	0	0	0	0	0	0	-	-
15	Kandungan Sedimen	%wt	D 473	0	0	0	0	0	0.01	0	0.01
16	Angka Asam Kuat (SAN)	mgKO H/gr	D 664	Nil	Nil	Nil	Nil	Nil	Nil	Nil	-
17	Angka Asam Total (TAN)	mgKO H/gr	D 664	0.045	0.045	0.046	0.047	0.05	0.113		
18	Penampilan Visual			SM&S	SM&S	SM&S	SM,S, F,W	SM,S, F,W	SM,S, F,W		Jernih dan terang
19	Warna	No. ASTM	D 1500							-	
20	Lubricity										460
	(HFRR wear scar dia. 60°C)	Mikron	D 6079								

*)Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi No.978.K/10/DJM.S/2013

C(a/b) : campuran a%v minyak sawit dengan b%v minyak solar;

SM & S : bahan tersuspensi dan sedimen;

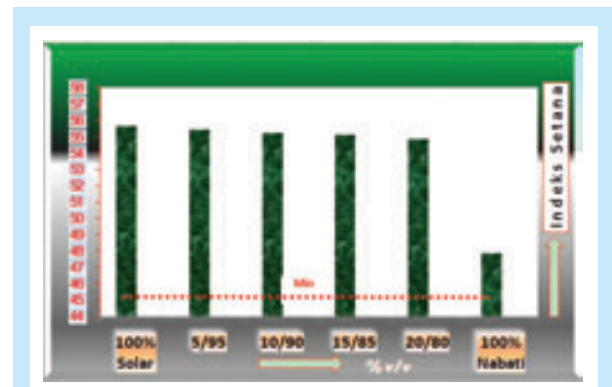
SM,S,F,W : bahan tersuspensi dan sedimen,

***)Recovery pada 300°C tidak dapat dilakukan karena IBP pada 308°C.

Gambaran umum dari Tabel 1, penampilan visual minyak sawit menunjukkan adanya bahan tersuspensi, sedimen, busa dan air. Viskositasnya relatif tinggi (5,572 cSt), meskipun tidak berada dalam kisaran spesifikasi minyak solar, tapi tidak berbeda jauh dengan biodiesel. Hal ini dapat dibandingkan dengan apa yang dilaporkan (Demirbas 2008), viskositas minyak nabati murni (23-53 cSt pada 311 oK) hampir sepuluh kali dari biodieselnnya (2,8-5,1 cSt pada 311 oK). Berat jenis minyak sawit juga tidak berada dalam kisaran spesifikasi minyak solar, namun indeks setana bahkan melebihi yang dipersyaratkan dalam spesifikasi minyak solar. Parameter uji lainnya diuraikan lebih detil pada hasil uji pencampuran.

Indeks Setana Terhitung - ASTM D.976

Angka setana bahan bakar diesel merupakan suatu sifat karakteristik diukur dalam mesin CFR standar- ASTM D.613, sebagai indikator utama dari kualitas bahan bakar untuk mesin diesel, yang secara akurat menggambarkan perilaku pengapian bahan bakar di ruang bakar. Sifat ini dapat ditentukan dengan secara langsung maupun dengan suatu pendekatan perhitungan. Untuk tujuan perhitungan dapat didekati dengan metode seperti Calculated Cetane Index (ASTM D 976 dan ASTM D) 4737. Pendekatan ini dilakukan karena uji mesin dianggap lebih rumit dan mahal, namun hasil perhitungan ini memberikan nilai yang mendekati pengukuran angka setana yang sesungguhnya. Nasikin dan Makhdiyanti (2003) membandingkan metode ASTM D-976 dan ASTM D-4737 dalam menghitung indeks setana, terdapat perbedaan hasil perhitungan metode ASTM D 4737 maksimal 0,5% lebih tinggi dari ASTM D 976. Metode ASTM D 4737 pada Keputusan Dirjend Migas No. 978.K/10/DJM.S/2013, dijadikan acuan untuk menentukan bilangan setana dalam spesifikasi mutu minyak solar 48 yang dipasarkan dalam negeri. Angka setana dalam penelitian ini tidak diukur secara langsung, melainkan menggunakan metode Calculated Cetane Index ASTM D-976. Bahan bakar diesel memiliki angka setana yang lebih tinggi dari pada minyak nabati. Angka setana untuk sebagian besar minyak nabati, berkisar sekitar 10-20% lebih rendah dibandingkan dengan diesel fosil (Sidibé et al. 2010). Dari penelitian ini perbedaan indeks setana terhitung untuk minyak solar dengan minyak sawit sebesar 16,3%. Angka setana bahan bakar diesel yang lebih tinggi menyiratkan penundaan pengapian lebih pendek (Hossain & Davies 2010) dan perubahan kecil dalam efisiensi mesin (Mustafa 2011).



Gambar 1
Perubahan Indeks Setana Campuran

Hasil penentuan Calculated Cetane Index (indeks setana terhitung) dengan menggunakan metode ASTM D-976 menunjukkan bahwa terdapat penurunan nilai Indeks Setana Terhitung untuk campuran C(5/95 s/d 20/80) %v/v dari 100% minyak solar, walaupun tidak terlalu signifikan yaitu berkisar antara 0,2 s/d 0,8 atau sekitar 0,36 s/d 1,44%. Hal ini menunjukkan bahwa pada pencampuran, semakin tinggi kandungan minyak sawit kualitas pembakaran semakin berkurang. Namun demikian, nilai setana terhitung pada campuran sampai 20/80 %v/v masih di atas batas minimum indek setana terhitung minyak solar (45). Sebaliknya dengan 100% minyak sawit, indeks setana terhitung semula sebesar 47,9 sudah lebih tinggi nilainya dari baku mutu minimum minyak solar dan pada 20/80 %v/v menjadi lebih tinggi mencapai nilai 54,9, peningkatan sebesar 14,6%. Pada Gambar 1 disajikan perubahan indeks setana campuran C(5/95 s/d 20/80) %v/v dari 100% minyak solar dan batas minimum indeks setana terhitung yang diperbolehkan sesuai spesifikasi mutu minyak solar 48 (spesifikasi bahan bakar minyak jenis minyak solar 48). Dengan demikian angka setana campuran mempunyai sifat penyalaaan yang lebih baik dari minyak sawit 100%. Peningkatan angka setana menyiratkan penurunan CO, HC, fraksi partikulat yang mudah menguap, dan bahkan suara mesin idle yang ideal dapat dicapai. Angka setana (cetane number) tinggi di kisaran 49-52 dapat mengurangi emisi partikulat hingga 0,01 g/km (Iorga et al. 2002).

Berat Jenis pd 15 °C - ASTM D.1298

Penentuan berat jenis ASTM D-1298 dan IP-160 pada dasarnya adalah membandingkan berat contoh dengan berat air pada volume yang sama dan suhu tertentu. Berat jenis bukanlah merupakan suatu

indikasi terhadap mutu, tapi dapat memberikan suatu keterangan mengenai mutu bila dihubungkan dengan pengujian lain. Berat jenis yang tinggi dihubungkan dengan hidrokarbon aromatik dan naptetik, sedang berat jenis rendah dihubungkan dengan hidrokarbon parafinik. Energi panas dari bahan bakar sedikit turun dengan kenaikan berat jenis. Berat jenis termasuk properti utama bahan bakar, yang secara langsung mempengaruhi karakteristik performa mesin. Dari sistem satuan yang tertera spesifikasi minyak solar akan lebih tepat bila menggunakan densitas. Densitas mempengaruhi massa bahan bakar diinjeksikan ke dalam ruang bakar atau rasio udara-bahan bakar. Kelengkapan injeksi pompa bahan bakar ini dengan volumetrik bukan oleh massa dan bahan bakar lebih padat berisi massa yang lebih besar dalam volume yang sama. Dengan demikian, perubahan dalam densitas bahan bakar akan mempengaruhi daya output mesin karena injeksi massa bahan bakar yang berbeda. Oleh karena inilah diperlukan spesifikasi untuk membatasi nilai parameter. Batasan minimal dan maksimal berat jenis pada minyak solar yang dipasarkan dalam negeri di Indonesia dewasa ini adalah 815 kg/m³ dan 860 kg/m³ (Dirjen Migas 2013).

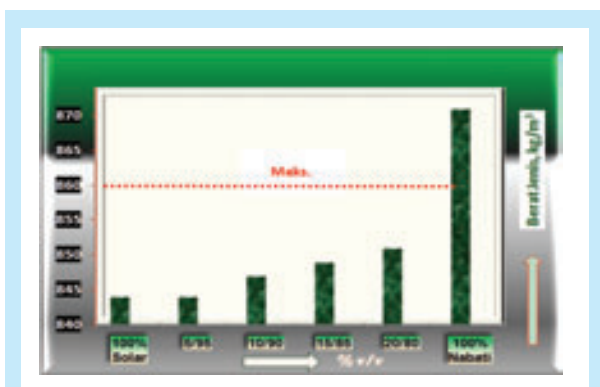
Densitas pada biodiesel diketahui sangat tergantung dari kandungan ester dan sisa alkohol sehingga pemilihan awal minyak nabati untuk bahan baku perlu selektif karena akan berpengaruh terutama pada densitas (Encinar et al. 2010). Kontaminasi yang signifikan pada biodiesel mempengaruhi berat jenis, oleh karena itu berat jenis juga bisa menjadi indikator kontaminasi dalam bahan bakar. Hasil pengukuran berat jenis dengan menggunakan metode ASTM.D.1298 dan perubahannya sebagaimana ditampilkan pada Gambar 2, menunjukkan bahwa densitas minyak solar 100% adalah sebesar 844 kg/m³, sedangkan untuk minyak sawit 100% adalah sebesar 871 kg/m³. Dengan kisaran panjang rantai karbon yang sama minyak sawit dan minyak solar akan memiliki nilai densitas yang lebih tinggi.

Setelah dilakukan pencampuran minyak solar dengan minyak sawit C(5/95 s/d 20/80) %v/v, perubahan yang terjadi adalah peningkatan densitas sesuai dengan jumlah persentase minyak sawit yang ditambahkan yaitu antara 844 s/d 851 kg/m³, jadi terdapat peningkatan sekitar 0,37 s/d 0,78%. Semakin tinggi bobot molekul asam lemak dan gliserida dan semakin rendah ketidakhujannya, maka densitasnya semakin besar. Komposisi asam lemak tidak jenuh terbesar dari minyak sawit adalah asam palmitat (16:0) 40-46%, dan asam oleat (18:1) 39-45% yang secara otomatis mempengaruhi densitas minyak. Peningkatan densitas tersebut masih berada dalam batas spesifikasi minyak solar.

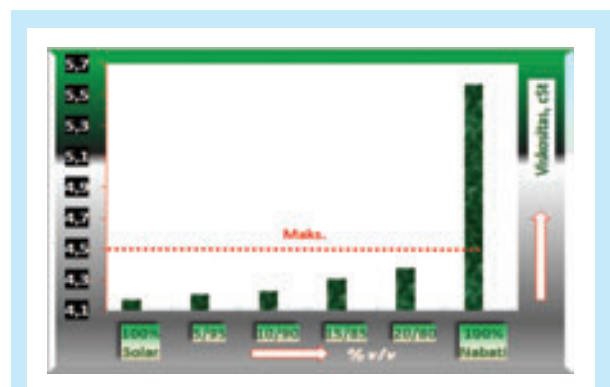
Viskositas Kinematik pada 40 °C - ASTM D.445

Viskositas bahan bakar sebagaimana diketahui merupakan faktor penting pada mesin diesel karena mempunyai efek langsung terhadap pompa dan pengaruh pada pola semprot sistem injector. Dewasa ini untuk jenis minyak solar di Indonesia pada kisaran (2-4,5) cSt. Minyak sawit menunjukkan viskositasnya yang relatif tinggi sebagai akibat intermolekular dari rantai panjang molekul-molekul gliserida. Karakteristik viskositas yang tinggi ini menjadi salah satu kendala dalam penggunaannya secara langsung terhadap mesin diesel. Secara umum, viskositas minyak menurun dengan semakin tingginya ketidakhujannya, dan meningkat dengan adanya penjenuhan (Rao et al. 2010).

Minyak yang mengandung asam lemak dengan berat molekul rendah cenderung memiliki viskositas lebih rendah dibandingkan minyak dengan derajat ketidakhujannya sama, yang hanya mengandung asam-asam lemak berat molekul tinggi. Hasil pengukuran viskositas kinematik untuk sampel minyak solar 100% adalah 4,176 cSt dan Minyak sawit 100% adalah sebesar 5,572 cSt. Pada campuran antara minyak solar dengan minyak sawit dengan variasi konsentrasi C(5/95 s/d 20/80)



Gambar 2
Perubahan Berat Jenis Campuran



Gambar 3
Perubahan Viskositas Campuran

%v/v memberikan hasil 4,213, 4,231, 4,31 dan 4,382 cSt. Hal ini menunjukkan peningkatan nilai viskositas antara 0,89%, s/d 4,93%, namun demikian peningkatan tersebut masih berada dalam batas spesifikasi minyak solar. Batasan viskositas maksimal yang diperbolehkan spesifikasi mutu minyak solar 48 dengan nilai 4,5 cSt. Perubahan viskositas selang pencampuran dapat dilihat pada Gambar 3. Dari gambar terlihat viskositas campuran minyak sawit dan minyak solar sampai dengan nisbah campuran C(20/80) %v/v viskositasnya masih berada dalam kisaran spesifikasi minyak solar. Hasil ini menunjukkan campuran minyak sawit cukup baik, karena bila viskositas tinggi akan menyebabkan miskinnya atomisasi. Dalam hal ini semprotan bahan bakar dapat menempa pada dinding silinder, membasuh film minyak pelumas dan menyebabkan pengenceran minyak bak mesin. Sebaliknya bahan bakar diesel berviskositas rendah semprotan tidak menembus cukup jauh di dalam ruang bakar. Viskositas yang rendah menyebabkan kebocoran yang berlebihan melewati plunger pompa injeksi. Dalam kedua kasus hasilnya pembakaran miskin, kehilangan daya dan keausan meningkat di kedua sistem bahan bakar dan mesin. Dari sisi nilai parameter uji viskositas campuran, efek yang tidak menguntungkan ini diprediksikan tidak terjadi bilamana minyak sawit ini diaplikasikan sebagai bahan bakar.

Kandungan Sulfur - ASTM D.4294

Kandungan sulfur minyak nabati umumnya mendekati nol dan lebih rendah daripada bahan bakar diesel (≤ 100 ppm), spesifikasi di Eropa untuk diesel di sekitar 10-15 ppm (Moser et al. 2011), di India jauh lebih tinggi mencapai 500 ppm, dan di Amerika Serikat 5.000 ppm. Spesifikasi kandungan sulfur di Burkina Faso untuk diesel dan heavier fuel oils bahkan lebih tinggi berturut-turut 10.000 ppm dan 30.000 ppm. Blin J et al. (2013) dengan alasan ini menyatakan analisis kandungan sulfur dalam minyak sawit bila digunakan dalam mesin stasioner tidaklah wajib.



Gambar 4
Perubahan Kandungan Sulfur Campuran

Pada Gambar 4, hasil pengukuran kandungan sulfur dalam sampel minyak solar 100% adalah sebesar 0,35 %wt (pada batasan maksimum spesifikasi). Hasil pengukuran untuk campuran antara minyak solar dengan minyak sawit dengan berbagai konsentrasi C(05/95 s/d 20/80) %v/v, pada Gambar 4 ditunjukkan terjadi penurunan kandungan sulfur (%wt) antara 0,322 s/d 0,259 atau sebesar 7,94% s/d 26,06%. Mengacu kepada yang telah dilaporkan Blin et al. (2013), membandingkan batas spesifikasi kandungan sulfur minyak solar dengan hasil pengukuran kandungan sulfur minyak sawit 100% yang demikian rendahnya, maka pengukuran sulfur pada campuran tidak begitu relevan.

Distilasi - ASTM D.86

Sifat distilasi 90 %Vol. penguapan maksimal pada 370°C pada spesifikasi minyak solar tidak dilakukan pada penelitian ini, pada distilasi ditentukan nilai IBP. Ada korelasi yang signifikan di antara T90 dan angka setana, densitas, viskositas, titik awan dan karbon dan oksigen dari FAME (Giakoumis 2013). Hasil distilasi menunjukkan bahwa nilai IBP untuk sampel minyak solar 100% adalah 191,0 °C, sedangkan untuk minyak sawit nilai IBP 308 °C. Untuk campuran C(5/95 s/d 20/80) %v/v nilai IBP berturut-turut 191,5; 193,5; 195,5 dan 203,5 °C, menunjukkan adanya kenaikan yaitu berkisar antara 0,26% s/d 6,54%. Dari nilai indeks setana, densitas, dan viskositas yang baik dari campuran C(5/95 s/d 20/80) %v/v diprediksi pada kisaran tersebut campuran minyak nabati dan minyak solar ini akan berkinerja baik sebagaimana halnya minyak solar. Tujuan modifikasi harus membawa sifat pembakaran campuran lebih dekat dengan solar (Sonune And Farkade 2012). Biodiesel terdiri dari komponen bahan bakar dengan volatilitas yang rendah, dibandingkan dengan minyak solar. Ketika biodiesel diinjeksikan ke dalam ruang bakar mesin, komponen rendah yang mudah menguap, selama periode itu sebagian terbakar, sebahagian lainnya dapat meninggalkan deposit pada kepala silinder dan dinding silinder (Atomulesei 2010). Dengan memperhatikan IBP campuran yang sangat dekat dengan minyak solar 100% (IBP 191°C), diharapkan hal ini tidak terjadi pada campuran minyak sawit dan minyak solar. Ditinjau dengan indeks setana, densitas, viskositas yang baik dan memenuhi kualitas minyak solar maka diharapkan kinerja campuran minyak sawit dan minyak solar C(5/95 s/d 20/80) %v/v akan baik.

Titik Nyala - ASTM D.93

Titik nyala menunjukkan suhu minimum di mana bahan bakar akan terbakar (flash) pada aplikasi dari

sumber pengapian dalam kondisi tertentu. Suhu minimum titik nyala diperlukan untuk keamanan dan penanganan bahan bakar. Titik nyala ASTM D.93, adalah suhu terendah yang terkoreksi pada tekanan barometer 760 mmHg (101,3 kPa), dimana uap di atas permukaan contoh uji dapat menyala bila dilakukan penyalaan dengan kondisi uji yang ditentukan. Metode uji titik nyala adalah metode uji dinamik yang tergantung pada kecepatan tertentu dari pemanasan agar mencapai presisi metode uji. Kecepatan pemanasan, mungkin tidak dalam semua kasus memberikan presisi pada metode uji karena konduktivitas panas yang rendah dari beberapa material. Nilai titik nyala merupakan sebuah fungsi desain alat, kondisi alat yang digunakan, dan prosedur operasi yang dijalankan.

Hasil pengukuran titik nyala terhadap sampel minyak solar 100% adalah 70°C sedangkan untuk minyak sawit 100% titik nyala 189,71°C. Pengamatan Tutunea et al. (2013), titik nyala tidak mempengaruhi pembakaran langsung, berbanding terbalik dengan volatilitas bahan bakar. Sebagai gambaran di Amerika Serikat, titik nyala biodiesel minimum adalah 93°C, 100°C di Brazil dan 120°C di Eropa. Titik nyala dapat menunjukkan masih adanya sisa alkohol dalam sampel biodiesel. Keberadaan sisa 0,5% metanol dalam biodiesel mengurangi biodiesel titik nyala dari 170°C hingga 50°C. Semua pemeriksaan biodiesel memiliki titik nyala lebih dari 120° C dengan titik nyala tertinggi 175° C pada biodiesel.

Suhu diperlukan untuk keamanan dan penanganan bahan bakar, batasan minimum titik nyala pada minyak solar 52°C. Semakin tinggi titik nyala dari suatu bahan bakar semakin aman penanganannya dan penyimpanannya. Nilai tinggi titik nyala mengurangi risiko kebakaran (Vuppalladadiyam et al. 2013). Biodiesel memiliki titik nyala yang lebih tinggi daripada diesel minyak bumi yang maknanya kurang mudah terbakar sehingga dalam penanganannya lebih aman. Namun, biodiesel memiliki stabilitas oksidasi yang tidak sebaik dari minyak solar dan akan memburuk di bawah kondisi penyimpanan, akibat oksidasi dengan adanya udara (Alnuami et al. 2014). Minyak nabati memiliki sifat yang sama dengan biodiesel dalam hal terbarukan, Dube et al. (2007) menyatakan bahwa biodiesel merupakan bahan bakar yang ideal untuk digunakan dalam lingkungan yang sensitif, seperti wilayah laut, taman nasional dan hutan, dan kota-kota sangat tercemar dengan profil emisi yang relatif rendah.



Gambar 5
Perubahan Titik Nyala Campuran

Hasil pengukuran titik nyala terhadap sampel murni dan setelah pencampuran minyak solar dengan minyak sawit dengan variasi konsentrasi (5/95 s/d 20/80) %v/v menjadi 70, 71, 71.5 dan 74°C, jauh lebih rendah dari titik nyala minyak sawit 100% (189,71°C). Dalam kondisi campuran peningkatan titik nyala seiring dengan penambahan jumlah minyak sawit. Peningkatan nilai titik nyala berkisar antara 1,43% s/d 5,71% dan peningkatan ini berada di atas batas minimum, spesifikasi minyak solar dengan nilai minimum titik nyala pada 52°C. Titik nyala campuran minyak sawit yang lebih tinggi dari minyak solar menguntungkan dari resiko kebakaran. Perubahan titik nyala campuran dan batasan minimal titik nyala yang dipersyaratkan disajikan pada Gambar 5.

Titik Tuang – ASTM D.97

Pengukuran diperlukan untuk mengetahui suhu terendah di mana bahan bakar dapat tertuang atau mengalir bila didinginkan pada kondisi tertentu. Umumnya bahan bakar memerlukan penanganan yang berbeda-beda antara jenis yang satu dengan jenis yang lainnya. Dengan mengetahui titik tuang, maka dapat diketahui perlakuan yang harus dilakukan terhadap minyak tersebut. Hal ini ada hubungannya dengan indikasi sifat-sifat pemompaan alir pada suhu rendah, merupakan indikasi yang sangat kasar untuk suhu terendah di mana bahan bakar minyak dapat dipompakan.

Hasil pengukuran titik tuang terhadap sampel minyak solar 100% adalah 3 °C dan minyak sawit adalah 9 °C. Sedangkan untuk campuran antara minyak solar dengan minyak sawit dengan berbagai variasi konsentrasi C(5/95 s/d 20/80) %v/v nilai titik tuangnya sama yaitu 3 °C, dapat dilihat pada Gambar 5. Titik tuang harus cukup rendah, karena jika minyak membeku, mesin tidak akan bisa dinyalakan (Alnuami et al. 2014). Secara umum lebih

tinggi titik tuang sering membatasi penggunaannya sebagai bahan bakar untuk mesin diesel dalam kondisi iklim yang dingin. Ketika suhu di bawah titik tuang minyak, lilin dalam minyak nabati akan mengendap dan minyak kehilangan karakteristik sifat alirnya. Lilin ini dapat memblokir filter dan jalur suplai bahan bakar, pada kondisi bahan bakar ini tidak dapat dipompa melalui injektor (Antony Raja et al. 2011).



Gambar 6
Perubahan Titik Tuang Campuran

Pengenceran dengan minyak solar memperbaiki titik tuang minyak sawit dan nilai titik tuang dari campuran setelah pengenceran memenuhi spesifikasi minyak solar. Hal ini campuran minyak sawit sampai dengan 20% tidak terjadi perubahan yang signifikan dalam titik tuang, sehingga resiko bahan bakar akan membeku dan terbentuknya kristal-kristal lilin yang dapat menyumbat saluran bahan bakar dapat dihindari.

Kandungan Abu-ASTM D.482

Abu adalah kontaminan yang tidak dikehendaki atau kotoran. Abu dapat dihasilkan dari minyak atau logam yang terlarut dalam air atau debu dan karat. Hasil penentuan kandungan abu baik di dalam minyak solar, minyak sawit maupun dalam campurannya mulai C(5/95 s/d 20/80) %v/v tidak didapatkan kandungan abu atau 0 %wt. Hal ini menunjukkan dalam pembakaran campuran ini tidak terdapat kandungan abu yang berasal dari metal atau zat anorganik yang bersifat korosif pada peralatan.

Kandungan Sedimen - ASTM D.473

Hasil penentuan, tidak didapatkan kandungan sedimen dalam sampel minyak solar, sedangkan dalam minyak sawit kandungan sedimen sebesar 0,0001 %wt. Dengan, minyak solar mulai C(5/95 s/d 20/80) %v/v pada umumnya tidak didapatkan kandungan sedimen di dalam sampel. Selang penggunaan

bahan bakar ini dari sisi kandungan sedimen sebagai salah satu penyebab di dalam bahan bakar yang akan menyumbat saringan bahan bakar dan juga pembentukan deposit pada sistem injeksi atau ruang pembakaran dapat disingkirkan. Sedimen dikhawatirkan juga dapat mengakibatkan proses pengausan pada pompa minyak bakar. Penggunaan minyak nabati murni sebagai bahan bakar terbarukan akan mendukung kebijakan pemerintah, sejalan dengan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia No.12 Tahun 2015.

Angka Asam Total - ASTM D.664

Asam berasal dari sumber asam yang digunakan dalam produksi yang tidak benar-benar terhilangkan dalam proses produksi minyak nabati; dan degradasi oleh oksidasi (Sanjay 2013). Ini adalah jumlah basis yang diperlukan untuk titrasi sampel ke titik akhir yang ditentukan. Asam lemak bebas yang berlebihan dalam bahan bakar dapat merusak dan dapat menunjukkan gejala adanya air dalam bahan bakar atau produksi yang buruk atau mengalami degradasi oksidatif. Asam lemak bebas yang berlebihan dalam bahan bakar dapat menghambat proses transesterifikasi dan menyebabkan pembentukan sabun.

Dari data yang disajikan dalam Tabel 1 dapat dilihat bahwa nilai asam terukur 0,113 mgKOH/g dari minyak sawit tidak begitu tinggi dibandingkan dengan spesifikasi jenis minyak solar 48. Hasil penentuan Angka Asam Total (Total Acid Number = TAN) untuk sampel minyak solar 100% adalah sebesar 0,045 mgKOH/gr sedangkan minyak sawit 100% sebesar 0,113 mgKOH/gr. Angka Asam Total untuk campuran C(5/95) %v/v adalah sama dengan minyak solar 100%, sedangkan untuk campuran berikutnya yaitu C(10/95) %v/v sampai dengan C(20/80) %v/v terjadi kenaikan TAN yaitu antara 0,046 mgKOH/gr s/d 0,050 mgKOH/gr atau sebesar 2,22 % s/d 11,11 %, namun demikian kenaikan tersebut masih dalam spesifikasi minyak solar. Nilai asam yang tinggi akan merusak pompa bahan bakar dan filter bahan bakar (Sanjay 2013).

Angka Asam Kuat - ASTM D.664

Dalam minyak baru atau bekas konstituen yang dapat menyebabkan sifat asam adalah senyawa asam organik dan anorganik, ester, senyawa fenol, resin, garam dari logam berat, garam dari amonia dan basa lemah lainnya, garam asam dari senyawa asam polibasa dan zat tambahan seperti inhibitor atau detergen. Hasil penentuan Angka Asam Kuat (Strong Acid Number = SAN) baik di dalam minyak solar 100%, minyak sawit 100% maupun di dalam campurannya mulai C(5/95 s/d 20/80) %v/v

nilai SAN adalah Nil. Adanya SAN menunjukkan keberadaan asam lemak bebas yang korosif dan sifat oksidasi produk. Angka asam pada bahan bakar menjadi sangat penting karena konsentrasi asam kuat yang tinggi dapat merusak seal dan selang yang rata-rata terbuat dari karet. Disamping itu juga bersifat korosif yang dapat merusak peralatan yang terbuat dari logam. Dengan demikian adanya nilai SAN menunjukkan bahwa pencampuran minyak sawit kedalam minyak solar sampai dengan 20% aman dari pengaruh negatif asam kuatnya.

Appearance - Visual

Hasil pengamatan terhadap appearance (penampakan) secara visual terlihat bahwa untuk sampel campuran C(5/95 dan 10/90) %v/v terdapat bahan tersuspensi dan sedimen, sedangkan untuk sampel C(15/85 dan 20/8) %v/v dan minyak sawit 100% terdapat bahan tersuspensi, sedimen, busa dan air. Hasil pengamatan secara visual menunjukkan bahwa dengan meningkatnya penambahan minyak sawit mengarah ke kualitas yang kurang baik. Hal ini mungkin disebabkan minyak sawit mengandung air atau bahan lain yang tidak terlarut dalam minyak sawit dan campurannya.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian ini metode pengenceran dapat dilakukan untuk memodifikasi mutu minyak sawit sehingga dapat memenuhi spesifikasi mutu minyak solar pada batasan pencampuran tertentu. Analisis dan interpretasi data uji sifat fisika kimia terhadap campuran minyak solar dengan minyak sawit pada beberapa variasi konsentrasi yaitu C(5/95, 10/90, 15/85 dan 20/80) %v/v menunjukkan bahwa sifat fisika kimia dari campuran tersebut masih dalam batas spesifikasi mutu minyak solar, namun parameter penampilan visual teramat cenderung menjadi kurang baik dengan penambahan konsentrasi minyak sawit. Studi ini menunjukkan bahwa sebagian besar sifat fisika kimia minyak sawit yang dievaluasi untuk memenuhi Spesifikasi Jenis Minyak Solar 48 sesuai dengan nilai standar. Secara spesifik menunjukkan bahwa sifat campuran minyak sawit dan minyak solar yang dievaluasi sesuai dengan nilai-nilai standar minyak solar. Viskositas dan berat jenis tinggi dapat diatasi dengan modifikasi. Minyak sawit dengan viskositas semula 5,572 cSt menjadi 4,382 cSt, berat jenis yang semula 871 kg/m³ menjadi 851 kg/m³ dan indeks setana lebih tinggi dari 47,9 menjadi 54,9. Bahan bakar diesel hasil

penelitian ini mempunyai nilai lebih dari biodiesel yang dicampur dengan minyak solar. Minyak sawit dan minyak solar langsung dicampur, tanpa harus diproses terlebih dahulu menjadi biodiesel. Kualitas yang memadai dan konstan dari minyak sawit dapat ditunjukkan dan dipenuhi. Dapat disimpulkan dari penelitian ini bahwa minyak sawit sampai dengan 20 %v berpotensi untuk digunakan sebagai komponen pencampur atau pensubstitusi untuk minyak solar.

KEPUSTAKAAN

- Alnuami, W.; Buthainah, A.; Etti, C. J.; Jassim L. I.; Gomes, G. A.,** 2014, Evaluation of Different Materials for Biodiesel Production. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, 3, (8), 1-8.
- Antony Raja, S., Robinson smart D.S., Robert Lee C.,** 2011, Biodiesel production from jatropha oil and its characterization. *Research Journal of Chemical Sciences*, 1 (1) 81-85.
- Atomulesei C.,** 2010, Combustibili alternativi. *Scribd.com*. [Online] 04 February 2010. <http://www.scribd.com/doc/26379472/Combustibili-alternativi>.
- Baquero G, Esteban B, Rius A, Riba JR, Puig R.,** 2010, Small-scale production of straight vegetable oil from rapeseed and its use as biofuel in the Spanish territory. *Energy Policy* 38:189-96.
- Blin J., Brunschwig C., Chapuisa A., Changotadea O., Sidibe S., Noumia E., Girard P.,** 2013, Characteristics Of Vegetable Oils For Use As Fuel In Stationary Diesel Engines - Towards Specifications For A Standard In West Africa, *Renewable And Sustainable Energy Reviews* 22 (2013) 580-597.
- Demirbas A.,** 2008, Relationships derived from physical properties of vegetable oil and biodiesel fuels; *Fuel*, Vol 87, Pages 1743–1748.
- Dirjen Migas,** 2013, Keputusan Direktur Jendral Minyak dan Gas Bumi No. 978.K/10/DJM.S/2013.
- Dube MA, Tremblay AY, Liu J.,** 2007, Biodiesel production using a membrane reactor. *Bioresource Technology* 98:639–47.
- Encinar, J. F.; González, G.; Martínez, N.; Sánchez, J.; González, G.,** 2010, Synthesis and characterization of biodiesel obtained from castor oil transesterification, *International Conference on Renewable Energies and Power Quality*, 13th to 15th.
- Giakoumis Evangelos G.,** 2013, A Statistical Investigation of Biodiesel Physical and Chemical Properties, and their Correlation with the Degree of Unsaturation. *Renewable Energy* Vol. 50, pp. 858-878.
- Happiness Mlay, Jamidu H. Y. Katima, Rwaichi J. A. Minja.,** 2015, Plant Oil Blends as Alternative Fuels for Low- and Medium Speed Diesel Engines: Natural Gas Condensate Utilisation. *American Journal of*

- Engineering, Technology and Society. Vol. 2, No. 3, 2015, pp. 35-45.
- Hossain A. K and Davies P. A.**, 2010, "Plant oils as fuels for compression ignition engines: A technical review and life-cycle analysis," *Renewable Energy*, vol. 35, no. 1, pp. 1-13.
- Iorga D, Chedli M, Ostoia D.**, 2002, Modificarea Instalatiei de injectie a unui motor diesel de la o pompa normalamonopunct la o pompa de alimentare multipunct. Targu Jiu :UTGJIU, 2002. 8th International Conference.
- Khan T.M.Y., Atabani A.E., Badruddin Irfan Anjum, Badarudin Ahmad, Khayoon M.S., Triwahyono S.**, 2014, Recent Scenario And Technologies To Utilize Non-Edible Oils For Biodiesel Production, *Renewable And Sustainable Energy Reviews* 37 840–851.
- Kumar Prem, Sharma M.P., Dwivedi Gaurav**, 2014, Impact of biodiesel on Combustion, Performance and Exhaust Emissions of Diesel Engines, *J Integr Sci Technol*, 2(2) 57-63.
- Leung D.Y.C., Xuan W., Leung M.K.H.**, 2010, A review on biodiesel production using catalyzed transesterification. *Appl. Energy*, 87, 1083–1095.
- Moser BR, Vaughn SF.**, 2011, Evaluation Of Alkyl Esters From Camelina Sativa Oil As Biodiesel And As Blend Components In Ultra Low-Sulfur Diesel Fuel Bioresource Technology 101:646-53.
- Mustafa Ertunc T.**, 2011, Cetane number effect on the energetic and exergetic efficiency of a diesel engine fuelled with biodiesel. *Fuel Process Technol* 2011;92:1311-21.
- Nasikin M. dan Makhdiyanti A.**, 2003, Sintesis Metil Ester Sebagai Aditif Bahan Bakar Solar Dari Minyak Sawit, *JURNAL TEKNOLOGI*, Edisi No.1, Tahun XVII, Maret, 45-50. ISSN 0215-168545
- Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia**, No.12 Tahun 2015. Penggunaan Minyak Nabati Murni.
- Rao G.Lakshmi Narayana, Ramadhas A.S, Nallusamy N, and Sakthivel P.**, 2010, Relationships Among The Physical Properties Of Biodiesel And Engine Fuel System Design Requirement Energy And Environment. Volume 1, Issue 5, pp.919-926.
- Sanjay, B.**, 2013, Non-Conventional Seed Oils as Potential Feedstocks for Future Biodiesel Industries: A Brief Review. *Research Journal of Chemical Sciences*, 3(5), 99-103.
- Sidibe´ SS, Blin J, Vaitilingom G and Azoumah Y.**, 2010, Use of crude filtered vegetable oil as a fuel in diesel engines state of the art: literature review. *Renew Sust Energy Rev*.14:2748-59.
- Sonune P. P. And Farkade H. S.**, 2012, Performance and Emissions of CI Engine Fuelled With Preheated Vegetable Oil and Its Blends, *International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT)*, Volume 2, Issue 3, September.
- Tutunea Dragos, Bica Marin, Cernaianu Corina, Dima Alexandru**, 2013, Correlation Between Physico-Chemical Properties Of Biodiesel Blends And Fossil Diesel, *Termotehnica* 2. pp.67-70.
- Vuppaladadiyam, V.K.; Sangeetha, C.J; Sowmya V.**, 2013, Transesterification of Pongamia pinnata Oil Using Base Catalysts: A Laboratory Scale Study. *Universal Journal of Environmental Research and Technology*, 3, (1), 113-118.

INDEKS SUBYEK

A

air 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83
alkane compounds 15
analisis komponen utama (PCA) 45, 50, 54
angka asam total 23, 24, 25, 27, 28, 30
angka iodium 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63
angka oktana 33, 34, 35, 36, 37, 38, 40, 41, 42, 43
array 1, 2, 5, 6, 7, 12, 13, 14
citra satelit 45, 46, 48, 50, 54, 55
compression ratio 34

D

dielectric breakdown voltage 23, 24, 25, 28, 29, 30

E

engine technology development 34
enhancement 46
esterifikasi 57, 58, 59, 60, 62, 64
esterification 58, 64

F

fusi 45, 46, 47, 48, 49, 50, 54
fusion 45, 46, 54

G

geophone 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14
gemuk lumas 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83
grease 77,78,84

I

iodine number 57, 58
IRR 65, 66, 70, 71, 73, 74, 75

J

jebakan migas 45
interfacial tension 23, 24, 29, 30

K

katalis Ni/zeolit 15, 17, 18, 19, 21, 22
katalis Zn/zeolit, 15, 19, 20, 21

L

LiOH 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83

M

minyak kemiri sunan 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64
minyak transformator 23

N

noise 1, 5, 8, 13, 14
Ni/zeolit catalyst 15

O

octane number 33, 34
oil and gas trap 45, 46

P

penajaman kontras 45
perkembangan teknologi mesin
plastik 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21
plastic 15, 21
principal component analysis (PCA)

R

rasio 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83
rasio kompresi 33, 36, 37, 38, 40
ratio 77, 81, 82
reutealis trisperma (blanco) airy shaw 57, 58, 64

S

satellite imagery 46

seismik 1, 2, 3, 5, 14

senyawa alkana 15, 21

springless geophone 1, 5, 6, 14

T

tax allowance 65, 66, 71, 72, 74, 75

tax holiday 65, 66, 71, 72, 74, 75

the interfacial tension 23

total acid number 23, 25

trafo 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31

transesterifikasi 57, 58, 60, 62, 64

transesterification 58

transformers 23, 30

transformer oil 23, 31

W

water 77

Z

Zn/zeolit catalyst 15

PERATURAN DAN PEDOMAN PENULISAN LEMBARAN PUBLIKASI MINYAK DAN GAS BUMI

Lembaran Publikasi Minyak dan Gas Bumi adalah majalah resmi Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Minyak dan Gas Bumi “LEMIGAS”. Penulisan dalam bahasa Inggris diterima dari para penyelidik/peneliti di institusi-institusi seluruh Indonesia dan luar negeri.

PERATURAN KONDISI PENERIMAAN

Penulisan yang diterima oleh Lembaran Publikasi Minyak dan Gas Bumi dengan pemahaman bahwa:

- Semua penulis telah menyetujui pengajuan
- Hasil-hasil atau ide-ide yang terdapat dalam penulisan adalah yang asli
- Penulisan belum pernah dipublikasikan sebelumnya
- Penulisan tidak sedang dalam proses publikasi di tempat lain dan tidak akan diajukan ditempat lain, kecuali setelah ditolak oleh Lembaran Publikasi Minyak dan Gas Bumi atau diambil kembali dengan pemberitahuan tertulis kepada editor Lembar Publikasi Minyak dan Gas Bumi
- Jika diterima untuk dicetak dan dipublikasikan, artikel, atau sebagian darinya, tidak akan dipublikasikan ditempat lain kecuali telah mendapat persetujuan tertulis dari editor Lembaran Publikasi Minyak dan Gas Bumi
- Reproduksi dan penggunaan artikel pada Lembaran Publikasi Minyak dan Gas Bumi diperbolehkan jika sesuai dengan ketentuan hukum hak cipta di Indonesia, asalkan tujuan penggunaannya untuk tujuan pendidikan nirlaba. Semua penggunaan mewajibkan persetujuan dan biaya mana yang sesuai.

PENGEMBALIAN BAHAN

- **Tulisan yang ditolak:** Ketika telah diputuskan untuk tidak mempublikasikan sebuah tulisan, naskah dan ilustrasi asli dikembalikan kepada penulis dengan kopian review dan halaman depan surat.
- **Tulisan dikembalikan untuk perbaikan:** Bahan diperlukan untuk referensi atau untuk diperbaiki dikembalikan kepada penulis pada saat perbaikan dibutuhkan. Jika perbaikan tidak dikembalikan dalam waktu 1 bulan atau jika tidak membuat janji dengan editor, maka naskah dinyatakan telah ditarik.

FORMULIR PUBLIKASI

- **Artikel:** Jurnal mempublikasikan artikel laporan penelitian yang asli, di bidang teknologi minyak dan gas bumi.
- **Artikel Review:** Hanya review ilmiah yang dipublikasikan. Review yang tidak berbobot sebaiknya tidak perlu dimasukkan, tapi topik dapat diusulkan oleh editor atau anggota dewan editor.
- **Komentor yang mengkritik:** Komentor yang mengkritik adalah untuk memperbaiki kesalahan fakta yang dipublikasikan, menyediakan alternatif pengartian dari data yang terpublikasikan, atau memberikan teori baru berdasarkan pada informasi yang terpublikasikan.

PENYERAHAN HARD COPY

Seluruh naskah harus disiapkan dan dimasukkan sesuai dengan pedoman pada seksi ini dan bagian berikutnya sesuai untuk kategori laporan.

- **Laporan:** Naskah diketik pada satu sisi yang berkualitas saja, kertas putih, ukuran A4.
 - **Pengetikan:** Semua bagian dari naskah asli diketik satu setengah spasi. Diketik dengan ukuran 12 (Times New Roman). Pengurangan ukuran, walau hanya dalam tabel, tidak diperbolehkan. Spasi dan pemberian tanda yang proposional tidak perlu digunakan, i.e., jangan menyesuaikan margin tangan kanan. Tidak boleh meninggalkan spasi antara paragraf dalam tulisan. Hanya satu huruf yang boleh digunakan.
 - **Penyerahan:** Untuk sebuah naskah baru, masukan yang asli dan 3 kopi disiapkan sesuai dengan Peraturan
-

dan Pedoman yang terkandung di dalamnya. Ketika naskah sudah diterima oleh editor untuk dipublikasikan, instruksi khusus untuk persiapan perbaikan akan diberikan. Ini akan menjadi tanggung jawab penulis untuk memberikan kopian dari naskah untuk referensi dan untuk melindungi dari kehilangan. Naskah sebaiknya dialamatkan kepada: Ketua Editor Lembaran Publikasi Minyak dan Gas Bumi.

ARTIKEL

Naskah akan diatur dalam format dan ketentuan sebagai berikut, dengan semua halaman, pembukaan dengan apa yang digunakan untuk judul utama.

- **Judul Utama:** Menyebutkan nama penulis (gunakan et al., untuk lebih dari dua) dan gelar yang dipersingkat. Seluruh lembar judul utama tidak melebihi 60 karakter dan spasi.
 - **Judul:** Segera setelah *running head* berikan judul artikel, nama penulis dan alamat dari penulis pertama. Termasuk alamat email, dengan tulisan miring, hanya penulis yang menjawab. Judul dan nama penulis diketik dalam tulisan tebal, dengan ukuran lurus yang sama seperti naskah. Semua informasi lain diketik dengan Times New Roman. Judul sebaiknya singkat dan diskriptif.
 - **Abstrak:** Mengikuti langsung setelah alamat penulis dengan tidak ada penambahan spasi antara keduanya. Anda sebaiknya menyediakan abstrak dari tulisan yang tidak melebihi 200 kata. Abstrak berisikan fakta (memberikan indikasi) dan memberikan outline kepada tujuan, menggunakan metode, penutupan dan studi yang signifikan. Abstrak berjudul Abstrak, dan diketik dalam tulisan besar semua dan tebal, diakhiri dengan sebuah tanda kutip diketik tebal. Teks ditulis setelah tanda kutip, tidak bagi-bagi, dan tidak mengandung kutipan literatur.
 - **Pendahuluan:** Pengenalan harus mengikuti abstrak dan tidak berjudul. Pendahuluan akan menentukan konteks dari penulisan dengan mengungkapkan bidang umum dari kepentingan, memberikan penemuan dari yang lain yang akan ditantang atau dikembangkan, dan memspesifikasikan spesifik pertanyaan yang diberikan. Akun pekerjaan yang sebelumnya akan dibatasi minimal pada informasi penting untuk memberikan sebuah pandangan yang sesuai. Pendahuluan tidak diperbolehkan pada sesi ini atau seluruh penulisan untuk dibagi dan memberikan spasi lebih antara dua paragraf.
 - **Bahan dan Metode:** Pada seksi ini memberikan informasi yang cukup untuk memperbolehkan melakukan pengulangan studi oleh orang lain. Penggunaan metode dan aparatur seharusnya mengindikasikan, tetapi nama merek khusus dan model perlu disebutkan jika signifikan. Sumber, e.g., kota dan negara, keduanya dieja secara penuh, dari peralatan atau kimia tertentu semestinya tertulis.
 - Judul utama dari seksi ini semestinya diketik dalam huruf cetak tebal dan dimulai pada margin sebelah kiri halaman. Judul tidak dinomor dan berakhir tanpa tanda baca. Judul pada barisan kedua diketik tebal pada barisan terpisah dimulai pada margin kiri. Huruf inisial dari kata pertama hanya huruf besar kecuali huruf besar diperlukan untuk kata benda yang tepat. Judul-judul ini tidak diberi nomor dan berakhir dengan tanpa tanda baca. Judul pada barisan ketiga diidentikan untuk sebuah paragraph, berhuruf miring, dan berakhir dengan sebuah tanda kutip juga dimiringkan. Huruf inisial kata pertama hanya ditulis dengan huruf cetak, kecuali untuk kata benda yang sesuai. Penulisan dibuat mengikuti judulnya. Selanjutnya, subdivisi tidak dibutuhkan. Jika seksi bahan dan metoda dibuat pendek, sebaiknya tidak dibuat subdivisi, tidak perlu disubdivisikan; tidak diperlukan untuk memberikan judul, melebihi judul utama, untuk sebuah seri pada subseksi yang terdiri dari satu paragraf.
 - **Hasil:** Bagian ini harus berisikan ringkasan informasi baru. Tabel dan gambar digunakan dengan sebaik-baiknya, tetapi informasi yang tersedia di dalamnya sebaiknya tidak mengulang yang terdapat pada teks. Menghindari perincian metode dan pengartian hasil pada bagian ini. Bagian hasil boleh dibagi dan diberi judul seperti bagian bahan dan metode.
 - **Diskusi:** Sebuah pengartian dan penjelasan hubungan dari hasil hingga ilmu yang telah ada harus ditampilkan dalam bagian diskusi. Penekanan harus ditempatkan pada penemuan baru yang penting, dan hipotesa baru harus teridentifikasi secara jelas. Judul utama dan subdivisi, jika dibutuhkan, pada bagian ini seperti yang telah dideskripsikan untuk bagian bahan dan metode.
 - **Kesimpulan dan Saran:** Harus didukung dengan fakta dan data. Penutupan menyajikan penjelasan singkat tentang topik artikel, tujuan dan objek. Harus disajikan pada bagian ini.
-

- **Pengakuan:** Harus singkat. Etika-etika membutuhkan kolega-kolega dikonsultasikan sebelum diakui bantuannya dalam studi tersebut. Judul dari bagian ini adalah sebagai judul utama yang didiskripsikan untuk bagian bahan dan metode. Subdivisi tidak digunakan pada bagian ini.

- **Tabel:** Tabel hanya digunakan untuk menyajikan data yang tidak dapat disampaikan melalui teks. Nilai dari pengujian statistik tidak dipublikasikan seperti tabel, pengujian yang dilakukan dan kemungkinan yang didapat untuk sebuah hubungan dapat diutarakan dalam bagian bahan dan metode dengan perbedaan yang signifikan diindikasikan dalam tabel dengan catatan di bawah atau dalam tulisan dengan sebuah pernyataan. Tabel harus dirancang untuk muat dalam 1 atau 2 kolom. Jarang sekali tabel dirancang untuk disesuaikan dengan tinggi halaman yang dicetak. Pada umumnya, jika lebar tidak sesuai dengan tinggi halaman, maka tabel terlalu lebar. Tabel dapat dilanjutkan pada halaman berikut dengan mengakomodasikan panjang, tetapi halaman-halaman tersebut tidak dapat diketik secara bersama-sama, pengurangan ukuran, satu spasi melebihi ukuran atau dimodifikasi untuk memuat lebih banyak tulisan.

Tabel berupa nomor dengan angka roman dalam seri yang berkelanjutan dan sehingga direferensikan, dalam urutan, dalam tulisan. Keterangan diketik diatas data pada halaman yang sama. Semua kolom dalam satu table harus punya judul, dengan huruf pertama dari kata pertama dan kata benda yang tepat dikapitalisasi, e.g., Contoh angka, % didapat.

Garis horizontal sebaiknya dihindarkan dalam badan tabel; garis vertikal tidak diperbolehkan. Jika simbol dibutuhkan, tabel harus disiapkan seperti membuat garis dan diperlakukan sebagai gambar. Penggunaan huruf dan angka seperti yang ditulis diatas dan yang ditulis di bawah tidak diperbolehkan. Perancangan tabel harus digunakan dalam urutan wajib menarik.

- **Gambar:** Semua gambar tampil dengan teratur, menarik, secara langsung setelah tulisan. Jangan menempatkan keterangan gambar pada halaman yang sama dengan gambar. Setiap gambar atau piringan gambar harus punya keterangan. Keterangan ditulis dalam paragraf, awali dengan kata "FIGURE". Keterangan diketik dalam huruf roman. Untuk lembarannya, sebuah ringkasan pernyataan akan pramenyerahkan penjelasan pesifikasi dari setiap angka. Hindari pengulangan informasi pada setiap gambar yang terpasang di pernyataan ringkasan. Nama-nama spesies dieja lengkap setiap digunakan pada keterangan. Keterangan harus berisikan penjelasan dari sebemua singkatan yang digunakan dalam gambar dan mengindikasikan nilai garis dan baru untuk menunjukkan ukuran (paling tidak nilai yang ditunjukkan secara langsung pada gambar). Ukuran sebaiknya tidak diindikasikan dengan pembesaran keterangan karena gambar mungkin tidak tercetak dengan ukuran yang perhitungkan.

Gambar diberi nomor urut dalam urutan yang disebutkan dalam teks. Referensi yang tidak dikurung untuk angka dalam teks tidak disingkat, i.e., Gambar 1: Gambar 1, 2; Gambar 1-3; referensi untuk gambar dalam kurung pada teks boleh disingkat, i.e., Fig. 1, Figs, 1,2; Fig, 1-3. Semua symbol yang digunakan pada gambar harus didefinisikan jika memungkinkan dengan kunci dalam badan gambar. Gaya, termasuk bentuk singkatan, harus digunakan dalam jurnal.

Gambar dapat digunakan sendiri atau dalam grup in lembaran. Pada kasus lain, aslinya harus dipasang dalam lembaran ilustrasi dengan margin paling kecil 25 mm pada semua sisi. Foto dan gambar tidak boleh dikombinasi pada satu lembar. Jika dibutuhkan kombinasi, tambahan pengeluaran ditagihkan kepada penulis. Semua gambar diidentifikasi pada belakang nama penulis dan gambar nomor dengan bagian atas diindikasikan. Gambar-gambar satuan tidak diberi nomor di depan, tapi setian gambar pada sebuah lembaran harus memasukan nomor dan huruf, digunakan pada gambar, jika memungkinkan, tanpa tambahan latar belakang. Gambar diatur untuk membentuk lembaran menyatu tanpa spasi atau tengah-tengah diantaranya.

- **Literatur dikutip:** Semua literatur yang digunakan sebagai referensi harus dikutip di dalam teks, dan sebaliknya semua literature yang dikutip di dalam teks harus tertulis sebagai referensi. Referensi seharusnya terdapat paling sedikit 10 sumber yang berhubungan dengan topik dengan mengikuti beberapa persyaratan seperti:

- 80% dari referensi harus sudah terpublikasikan dalam 10 tahun terakhir

- 80% dari referensi harus termasuk dalam kategori sumber utama (i.e. jurnal, terbitan berkelanjutan, thesis, disertasi)

- publikasi berganda untuk penulis yang sama
 - a. Penulis yang sama; beda tahun konvensi normal (penulis, tahun, judul, dll)
 - b. Penulis yang sama; tahun yang sama lebih dari satu referensi oleh seorang penulis di tahun yang sama: hal ini dibedakan dengan menggunakan abjad yang dikecilkan setelah tahun publikasi (eg. 1988a, 1988b, 1988c, dll). Akhiran sama digunakan untuk mengetahui referensi tersebut untuk kutipan di dalam teks.
- Daftar referensi disusun berdasarkan huruf dengan menggunakan penulis utama
 - a. penulis berganda. Gunakan urutan nama-nama keluarga sesuai dengan yang dipublikasikan. Penulis utama, i.e., kontributor utama, di urutan pertama setelah penerbit.
 - b. Penulis yang sama: Tahun yang beda: susun referensi penulis sesuai dengan kronologi, dimulai dengan tanggal terdahulu. Tahun yang sama: gunakan akhiran abjad (e.g. 1983a, 1983b)

Contoh

1. Buku

Tipe Buku	Pengutipan di Teks	Penulisan Referensi
Penulis tunggal	Pada akhir kalimat: (Holt 2010)	Holt, D.H., 1997, Prinsip dan Praktek Manajemen, Prentice-Hall, Sydney.
	Pada awal kalimat: Holt (2010) seperti itu	
Dua penulis	(Laudon & Laudon 2003)	Laudon, K.C. & Laudon, J.P., 2003, Esensial dari Sistem Informasi : <i>Mengatur Perusahaan Digital</i> , Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
Tiga penulis	Dalam Teks: awalnya (Coveney, Ganster & King 2003)	Coveney, M., Ganster, S. & King, D., 2003, <i>Kekurangan Strategy: Teknologi Leveraging untuk Strategi Kemenangan</i> , Wiley, Hoboken, New Jersey.
	Dalam teks: kemudian (Coveney et al. 2003)	
Lebih dari tiga Penulis	(Bond et al. 2011)	Bond, W.R., Smith, J.T., Brown, K.L. & George, M., 2011, <i>Manajemen Perusahaan Kecil</i> , McGraw-Hill, Sydney.
Penulis korporasi	Dalam teks: Awalnya (Department of Foreign Affairs and Trade 2002)	Departemen Luar Negeri dan, 2002, <i>Connecting with Asia's Tech Future: Kesempatan Ekspor ICT</i> , Unit Analisa Ekonomi, Pemerintah Persemakmuran, Canberra.
	Dalam teks: Kemudian (DFAT 2002)	

2. Jurnal, Pemeriksaan Perkara, Tesis, dan Disertasi: mengutip jurnal, pemeriksaan perkara, tesis, disertasi di dalam teks ha 2. Jurnal, Pemeriksaan Perkara, Tesis, dan Disertasi: mengutip jurnal, pemeriksaan perkara, tesis, disertasi di dalam teks harus ditulis dengan cara yang sama seperti mengutip sebuah buku

Tipe Sumber	Pengutipan dalam Teks	Penulisan Referensi
Artikel Jurnal: Jurnal yang dicetak	Pada tengah atau di akhir kalimat: (Conley & Galeson 1998)	Conley, T.G. & Galeson, D.W., 1998, 'Kelahiran dan Kemakmuran di Pertengahan Abad 19', <i>Jurnal Sejarah Ekonomi</i> , vol. 58, no. 2, pp. 468-493.
	Pada Awal kalimat: Conley & Galeson (1998) menyatakan bahwa...	
Artikel jurnal: Database Elektronik	(Liveris 2011)	Liveris, A., 2011, 'Etika sebagai Strategi', <i>Kepemimpinan Sempurna</i> , vol. 28, no. 2, pp.17-18. Terdapat pada: Proquest [23 Juni 2011].
Lanjutan Konverensi: Cetak	(Eidenberger, Breiteneder & Hitz 2002)	Eidenberger, H., Breiteneder, C. & Hitz, M., 2002, 'Kerangka Kerja untuk Informasi Visual Pengambilan', in S-K. Chang, Z. Chen & S-Y.Lee (eds.), <i>Kemajuan Terkini pada Sistem Informasi Visual: Konferensi Internasional ke-5, VISUAL 2002 Kelanjutan</i> , Hsin Chu, Taiwan, 11-13 Maret 2002, pp. 105-116.
Konferensi melanjutkan: Elektronik	(Fan, Gordon & Pathak 2000)	Fan, W, Gordon, MD & Pathak, R 2000, 'Personalisasi Pelayanan Alat Pencarian untuk Pengambilan and Manajemen Pengetahuan yang Efektif', <i>Kelanjutan Konferensi Internasional yg ke-21 tentang Sistem Informasi</i> , pp. 20-34. Available from: ACM Portal: ACM Perputakaan Digital. [24 June 2004].
Koferensi melanjutkan: Tidak Diterbitkan	(Brown & Caste 2009)	Brown, S & Caste, V 2009, 'Kerangka Kerja Pendeteksi Hambatan yang Terintegrasi'. Karya tulis pada <i>IEEE Simposium Kendaraan</i> , IEEE, Detroit MI.
Tesis atau Disertasi: Tidak diterbitkan	(Hos 2005)	Hos, J.P., 2005, <i>Nanomaterials Sintetis secara Mekanokimia untuk Tingkat Tengah Temperatur Bahan Bakar</i> . Ph.D. disertasi, Universitas Australia Bagian Barat.
Tesis atau Disertasi: Diterbitkan	(May 2007)	May, B., 2007, <i>Survei Velositas Radial pada Awan Debu</i> . Bristol UK, Penerbit Canopu.
Tesis atau Disertasi: Diambil dari Database	(Baril 2006)	Baril, M., 2006, <i>Distribusi Model Konseptual untuk Aliran Proses Salinity Generasi: Pendekatan Sistematis Data</i> . WU2006.0058. terdapat di: Program Tesis Digital. [12 Agustus 2008].

3. World Wide Web (Website Internet)

Tipe Sumber	Pengutipan di Dalam Teks	Penulisan Referensi
Dokumen di WWW (penulis/sponsor diberikan tapi tidak tertanggal)	Menurut Greenpeace (n.d), modifikasi makanan secara genetik adalah Greenpeace (n.d.:1) merekomendasikan bahwa lebih sedikit secara genetikal ..	Greenpeace n.d., <i>The Future Is GE Free</i> , dilihat 28 September 2005, dari http://www.greenpeace.org.au/ge/farming/canola.html . Catatan: Judul pada website digunakan seperti judul buku. Ditulis dengan huruf italic
Terindikasikan, Penulis personal	(Arch & Letourneau 2002)	Arch, A. & Letourneau, C., 2002, 'Tambahkan Manfaat dari Design Website yang Mudah diakses', dalam <i>W3C Web Accessibility Initiative</i> , di lihat pada 26 Februari 2004, dari http://www.w3.org/WAI/bcase/benefits.html .
E-book	(Eck 2002)	Eck, D.J., 2002, <i>Pengenalan pada Pengprograman Menggunakan Java, edisi ke-3</i> , OOPWeb.com, dilihat pada 26 Februari 2004, dari http://www.oopweb.com/Java/Documents/IntroToProgrammingUsingJava/VolumeFrames.html .
E-jurnal	(Mueller, Heckathorn & Fernando 2003)	Mueller, J.K., Heckathorn, S.A. & Fernando, D., 2003, 'Identifikasi Kloroplas Dehidrin pada Daun tanaman Dewasa', <i>Jurnal Internasional Ilmu Tumbuh-Tumbuhan</i> vol. 164, no. 4, pp. 535-542, dilihat pada 10 September 2003, dari http://www.journals.uchicago.edu/IJPSjournal/no.s/v164n4/164053/164053.html .
Peta: Online	(maps.com 1999)	maps.com, 1999, <i>Bhutan</i> , dilihat pada 11 September 2003, dari http://www.maps.com/cgi-bin/search?hp=seek.cgi?search=CAT&Category=Asia%3ABhutanP&Qualifier=

4. Sumber Lain

Tipe Sumber	Pengutipan di Dalam Teks	Penulisan Referensi
Peta: Cetak	(Viking O'Neil 1991:32-33)	Viking O'Neil, 1991, <i>Atlas Jalan-Jalan Australia</i> , Edisi ke-10., Penguin Books Australia, Melbourne, pp. 32-33.
Publikasi Pemerintah	(Department of Education, Science & Training 2000)	Departemen Pendidikan, Science & Training, 2000, <i>Annual Report 1999-2000</i> , AGPS, Canberra. Departemen Imigrasi dan Urusan Multikultural 2001, <i>Immigration: Federation to Century's End 1901-2000</i> , Bab Statistik, Cabang Bisnis, Departemen Imigrasi dan Urusan Multikultural, Canberra.
Regulasi Pemerintah dan Legislasi	(Keputusan Presiden Republik Indonesia No 55 Tahun 2012)	Keputusan Presiden No 55 Tahun 2012 tentang Tambahan Strategi Nasional pada Pencegahan dan Pemberantasan Korupsi 2012-2014 dan 2012-2025 Regulasi Presiden Republik Indonesia No 36 Tahun 2010 tentang Daftar Bidang Bisnis Dekat dengan Investasi dan Bisnis Lahan Terbuka, dengan Persyaratan untuk Berinvestasi
Standarisasi	Menurut Standarisasi Australia (1997), ...	Asosiasi Standarisasi Australia, 1997, <i>Standar: Australia tentang Peralatan Tekanan-Manufaktur</i> , (AS4458-1997), Standard Australia, Sydney Utara.
Paten	Tan and Arnold (1993) memformalisasikan dan menjaga ide-ide mereka... Atau Tan and Arnold (1993, n.p.) melindungi ide-ide mereka dengan '...'	Tan, I.S. & Arnold, F.F., (Angkatan Udara USA) 1993, Komposisi Molekul di Tempat Semula Berdasarkan <i>Rigid-rod Polyamides</i> , paten USA 5 247 057.