

# Analisis Pengaruh Pemotongan Trayek Titik Didih Minyak Solar terhadap Nilai *Calculated Cetane Index* (CCI)

Sahadad, Yusran Hedar, Fanny Leestiana

*Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bumi, Blora, Cepu*

## INFORMASI NASKAH

Diterima : 14 November 2022  
Direvisi : 29 November 2022  
Disetujui : 29 November 2022  
Terbit : 30 November 2022

Email korespondensi:  
[yusranhedar@gmail.com](mailto:yusranhedar@gmail.com)

Laman daring:  
<https://doi.org/10.37525/mz/2022-2/402>

## ABSTRAK

Kualitas penyalaan bahan bakar solar dinyatakan oleh *cetane number* (bilangan setana). Penentuan *cetane number* pada penelitian ini menggunakan korelasi empiris antara densitas dan suhu distilasi dengan standar *Calculated Cetane Index* (CCI) ASTM D 4737. Pemotongan trayek titik didih solar kilang dilakukan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap nilai *Calculated Cetane Index* (CCI). Pemotongan trayek titik didih dilakukan dengan cara *cutting* distilasi menjadi 3 variasi. *Calculated Cetane Index* diukur dengan perhitungan antara data densitas ASTM D 4052 dan distilasi ASTM D 86. Solar Induk yang awalnya memiliki nilai CCI 46, dipotong fraksi beratnya secara bertingkat menjadi variasi 2, nilainya menurun hingga menjadi 41,6. Pada variasi 3, dilakukan pemotongan fraksi ringan secara bertingkat, hasilnya nilai CCI meningkat hingga 55,2. Hasil karakterisasi *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) menunjukkan adanya gugus fungsi C-H *stretching* dan C-H *bending* pada bilangan gelombang 2900  $\text{cm}^{-1}$  dan 1456  $\text{cm}^{-1}$ . Komposisi heksadekana yang semakin banyak ditemukan pada nilai CCI yang semakin tinggi. Hasil analisis menggunakan instrumen *Gas Chromatography-Mass Spectrometry* (GC-MS) membuktikan bahwa Solar 3.4 memiliki kandungan heksadekana yang paling tinggi yaitu sebesar 10,19%. Solar Induk memiliki kandungan heksadekana 6,45% sedangkan Solar 2.4 memiliki kandungan heksadekana yang paling rendah yaitu 4,56%.

**Kata kunci:** Solar, *Cetane Number*, *Calculated Cetane Index*, Distilasi

## ABSTRACT

The ignition quality of diesel fuel in diesel engines is expressed by the cetane number. In this study, the cetane number was determined using an empirical correlation between density and distillation temperature using the Calculated Cetane Index (CCI) ASTM D 4737 standard. Cutting the boiling point of refinery diesel is carried out to determine its effect on the Calculated Cetane Index (CCI) value. Cutting the boiling point route is done by cutting distillation into 3 variations. The Calculated Cetane Index is measured by calculating the density data of ASTM D 4052 and ASTM D 86 distillation. Solar Feed, which initially had a CCI value of 46, was cut by its heavy fraction in stages to variation 2, the value decreased to 41.6. In variation 3, the light fraction was cut in stages, the result showed that the CCI value increased to 55.2. The results of the Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) characterization showed the presence of C-H stretching and C-H bending functional groups at wave numbers  $2900\text{ cm}^{-1}$  and  $1456\text{ cm}^{-1}$ . The higher the hexadecane composition, the higher the CCI value. The results of the analysis using the Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS) instrument proved that Solar 3.4 has the highest hexadecane composition of 10.19%. Solar Feed has a hexadecane composition of 6.45% while Solar 2.4 has the lowest hexadecane composition of 4.56%.

**Keywords:** Diesel Fuel, Cetane Number, Calculated Cetane Index, Distillation

## PENDAHULUAN

Minyak solar digunakan untuk kegiatan sehari-hari sebagai bahan bakar mesin diesel. Selain karena harganya yang murah, konsumsi bahan bakar solar juga cenderung efisien dan irit menjadi salah satu kelebihan bahan bakar solar dibandingkan dengan bensin. Solar cocok digunakan untuk kendaraan dengan torsi yang besar dan dipakai dalam trek yang tidak mulus karena kelebihan tersebut.

Kualitas bahan bakar solar dinyatakan dengan *cetane number* (bilangan setana). Semakin tinggi *cetane number* maka semakin bagus pula kualitas dari bahan bakar solar. *Cetane number* adalah tolak ukur kemudahan menyala atau terbakarnya suatu bahan bakar di dalam mesin diesel (Bezaire, et al. 2010). Dalam menentukan nilai *cetane number* terdapat 2 metode yaitu menggunakan mesin CFR (*Cooperative Fuels Research*) atau dapat juga menggunakan pendekatan *Calculated Cetane Index* (CCI). Metode ASTM D 613 dengan menggunakan mesin CFR memiliki banyak kekurangan, yaitu persyaratan volume sampel yang banyak, konsumsi waktu yang signifikan, dan kesalahan reproduktifitas tinggi (Bezaire, et al., 2010). Maka dari itu, pada penelitian ini *cetane number* ditentukan menggunakan korelasi empiris antara data densitas dan suhu distilasi menggunakan metode standar *Calculated Cetane*

*Index* (CCI) ASTM D 4737. Trayek titik didih (*boiling range*) atau biasa disebut juga sebagai *distillation limits* diukur untuk memastikan bahwa produk bahan bakar memiliki volatilitas yang sesuai. Hidrokarbon dengan jumlah rantai yang lebih panjang akan lebih sukar menguap sehingga akan memiliki titik didih yang lebih tinggi. Dalam penelitian ini, pemotongan trayek titik didih solar kilang PPSDM Migas Cepu dilakukan untuk menentukan pengaruhnya terhadap nilai *Calculated Cetane Index* (CCI).

## TINJAUAN PUSTAKA

Bahan bakar solar atau disebut juga minyak solar diperoleh dari penyulingan minyak mentah (*crude oil*). Di negara Indonesia, didominasi oleh *crude oil* dengan jenis hidrokarbon paraffinis yang dapat menghasilkan bahan bakar solar dengan nilai *cetane* yang tinggi. Paraffinis adalah senyawa hidrokarbon jenuh yang memiliki rumus umum  $C_nH_{2n+2}$ , di mana  $n$  adalah jumlah atom karbon. Atom karbon dalam parafin bergabung dengan ikatan tunggal. Parafin dengan empat atau lebih atom karbon mungkin ada sebagai dua atau lebih senyawa yang berbeda, yang memiliki jumlah atom karbon dan hidrogen yang sama. Senyawa ini, yang disebut isomer struktur, berbeda dalam susunan atom karbon (Lois, 2003).

Hidrokarbon rantai lurus yang dapat meningkatkan nilai *cetane* yaitu  $C_{16}$  (*hexadecane*). *Hexadecane* memiliki titik didih sekitar 278 °C dan saat didistilasi suhunya cenderung konstan.  $C_{16}$  akan mengalami pembakaran yang sempurna pada mesin sehingga kinerja mesin menjadi lebih baik. Umumnya hidrokarbon dengan jenis paraffinis juga memiliki kandungan sulfur yang rendah, *cloud point* yang tinggi, dan *heating value* yang rendah.. Pada Tabel 1 terdapat informasi bahwa jenis *crude oil* akan mempengaruhi sifat dari bahan bakar solar.

Tabel 1. Tipe crude oil dan pengaruhnya terhadap sifat solar (Lois, 2003)

Crude oil origin	Hydrocarbon type	Cetane number	Sulfur content	Cloud point	Heating value
Indonesia	Paraffinic	High	Low	High	Low
Australia	Paraffinic	High	Low	High	Low
Denmark	Naphtenic	Moderate	Low	Moderate	Moderate

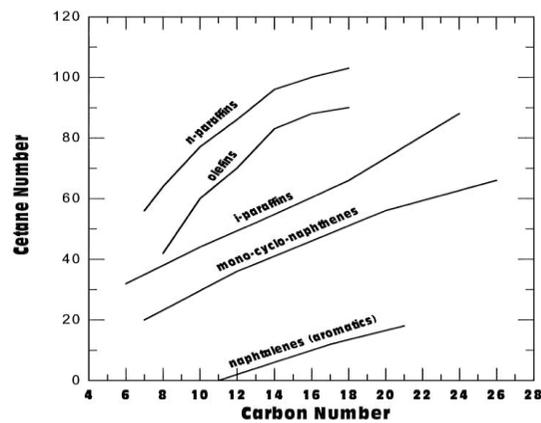
Bahan bakar solar adalah campuran hidrokarbon yang kompleks, mengandung semua kelas hidrokarbon: parafin, naftena, aromatik, dan olefin dalam konsentrasi kecil (Lois, 2003). Mayoritas bahan bakar solar mengandung campuran hidrokarbon  $C_{10}$  hingga  $C_{19}$ , yang mencakup sekitar 64% hidrokarbon alifatik, 1 hingga 2% hidrokarbon olefin, dan 35% hidrokarbon aromatik, dengan titik didih antara 200-370°C (Aitani, 2004), (Barra, *et al.*, 2019). Solar banyak digunakan sebagai bahan bakar kendaraan yang menggunakan mesin diesel. Pada umumnya solar akan lebih banyak mengandung belerang dibandingkan dengan bensin, serta solar memiliki titik didih yang lebih tinggi. Kualitas dari solar ditentukan dengan *cetane number*, yaitu tingkat kemudahan minyak solar untuk menyala atau terbakar di dalam mesin diesel (Nasrun, *et al.*, 2017).

*Cetane number* adalah ukuran kualitas penyalan atau kecenderungan penyalan otomatis (auto ignition) bahan bakar di dalam proses penyalan terkompresi. Kualitas penyalan ditentukan dengan mengukur penundaan penyalan (ignition delay), yang merupakan periode waktu antara injeksi bahan bakar ke dalam ruang bakar

dan pembakaran dimulai (Bezaire, *et al.*, 2010).

Bahan bakar dengan penundaan penyalan yang lebih pendek (*cetane number* tinggi) mulai untuk menyala segera setelah diinjeksikan ke dalam silinder, sehingga memiliki waktu yang cukup untuk pembakaran bahan bakar secara sempurna selama proses *combustion*. Bahan bakar dengan *cetane number* yang lebih rendah dapat terakumulasi sebelum dimulainya pembakaran. Hal ini menyebabkan peningkatan tekanan secara tiba-tiba diikuti oleh pulsa tekanan dan getaran berikutnya yang menyebabkan ketukan diesel, yang menyebabkan efisiensi termal yang buruk, kebisingan berlebih dan berkurangnya umur komponen mesin. Jumlah *cetane* yang lebih rendah mengakibatkan karakteristik pembakaran yang buruk dan menyebabkan pembakaran dengan emisi asap dan partikulat yang berlebihan. Memperbaiki *cetane number* dalam bahan bakar diesel memiliki beberapa efek menguntungkan pada mesin. *Cetane number* yang lebih tinggi meningkatkan *cold starting* mesin dan juga akan mengurangi asap selama *start up*. *Cetane number* yang lebih tinggi juga akan meningkatkan penghematan bahan bakar, mengurangi emisi gas buang, mengurangi ketukan dan kebisingan mesin, serta meningkatkan daya tahan mesin secara keseluruhan (Bezaire, *et al.*, 2010).

Molekul dengan banyak rantai samping pendek memiliki *cetane number* rendah. Pengaruh struktur rantai karbon terhadap *cetane number* ditunjukkan oleh gambar 1.



Gambar 1. *Cetane number* pada hidrokarbon bahan bakar solar (Lois, 2003)

*Cetane number* bervariasi dengan jenis hidrokarbon yang ada dalam bahan bakar diesel. Parafin normal memiliki *cetane number* tinggi yang meningkat dengan jumlah karbon. Isoparaffin memiliki berbagai bilangan *cetane*, dari sekitar 10 hingga 80 (Lois, 2003). Menurut Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi Republik Indonesia (Dirjen Migas, 2016), minimal batasan *cetane number* untuk bahan bakar solar di Indonesia adalah 48 atau *cetane index* (indeks setana) minimal 45. Penentuannya dapat menggunakan mesin CFR (*Cooperative Fuel Research*) ASTM D 613 atau menggunakan metode *Calculated Cetane Index* (CCI) ASTM D 4737.

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan menganalisis sifat fisik bahan bakar solar menggunakan distilasi ASTM D 86, densitas ASTM D 4052, CCI ASTM D 4737, viskositas kinematik ASTM D 445 dan karakterisasi sifat kimia menggunakan instrumen GC-MS dan FTIR. Penelitian dimulai dengan melakukan pengambilan sampel solar kilang PPSDM Migas Cepu pada tanggal 11 Januari 2021. Lalu dilanjutkan dengan pemotongan trayek didih, pengujian secara fisika dan kimia, pengolahan data, dan analisis dari data yang diperoleh.

Alat yang digunakan untuk mendukung penelitian ini diantaranya gelas kimia 100 mL, gelas ukur 100 mL, gelas kimia 50 mL, gelas ukur 10 mL, vial kaca, batang pengaduk, spatula, dan pipet tetes. Bahan yang digunakan yaitu solar kilang PPSDM Migas Cepu sebanyak 20 L yang diperoleh dari kilang PPSDM, tepatnya pada tangki 21. Adapun pelarut yang digunakan dalam penelitian ini adalah heptana dan heksana.

Untuk mengetahui rentang titik didih dari solar kilang PPSDM Migas Cepu, dilakukan distilasi terlebih dahulu sebelum dilakukan pemotongan (*cutting*). Distilasi Solar Induk dilakukan dengan menggunakan alat distilasi ASTM D 86.

Solar Induk yang telah diketahui rentang titik didihnya kemudian dilakukan *cutting* menjadi 3 variasi untuk menganalisis pengaruh pemotongan trayek didih terhadap nilai *Calculated Cetane Index* (CCI). Pemotongan trayek didih (*cutting*)

dilakukan dengan menggunakan teknik distilasi dengan flask ukuran 250 mL agar volume *cutting* yang dihasilkan lebih banyak dan cukup digunakan untuk menganalisis nilai CCI-nya. Pertama kali solar diukur volumenya 250 mL dan dimasukkan ke dalam flask 250 mL. Setiap mencapai suhu *cutting*, masing-masing fraksi dipisahkan dan ditampung hasilnya dalam botol kaca. Pemotongan dilakukan berulang hingga masing-masing fraksi mencapai volume yang cukup untuk pengujian distilasi dan densitas yang nantinya datanya digunakan untuk perhitungan CCI secara empiris.

## HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dari proses penelitian yang telah dilakukan sesuai tahapan yang telah ditentukan, maka diperoleh data hasil percobaan seperti yang akan dibahas pada paragraph berikut.

### A. Pengujian distilasi solar sesuai metode ASTM D86

Proses distilasi dilakukan sesuai dengan standar ASTM D86 dengan bahan bakar solar hasil produksi kilang PPSDM Migas Cepu.

Sebelum menguji menggunakan *sample* yang akan diuji, alat distilasi ASTM D86 perlu dikalibrasi terlebih dahulu. Proses kalibrasi dilakukan menggunakan heksadekana. Hasil kalibrasi alat distilasi menunjukkan hasil yang stabil yaitu pada volume *recovery* 50% suhu distilasinya sebesar 278 °C.

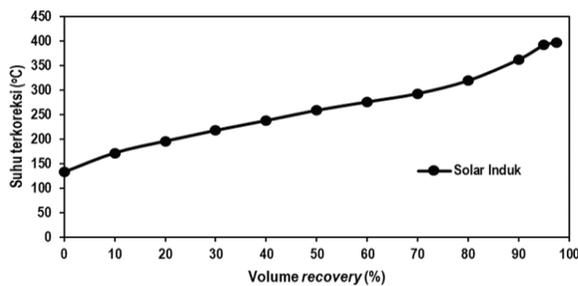
Hal ini menunjukkan bahwa alat distilasi ASTM D 86 ini masih dalam performa yang baik, karena range standar apa 50% volume *recovery*-nya masih memenuhi yaitu antara 271,1-281,1°C. Setelah performa alat dalam kondisi yang baik, maka dilanjutkan dengan proses distilasi dari Solar Induk untuk mengetahui rentang didihnya.

Untuk proses distilasi solar induk *sample*, diperoleh data seperti yang tercantum dalam tabel 2 dan Gambar 2.

Dengan T observasi adalah suhu distilasi observasi dan T konversi adalah suhu distilasi yang telah dikoreksi tekanan ruang.

Tabel 2. Hasil Distilasi Solar Induk

% Volume recovery	Solar Induk	
	T observasi (°C)	T konversi (°C)
IBP (Initial Boiling Point)	133,00	133,24
10	172,00	172,27
20	196,00	196,28
30	218,00	218,29
40	238,00	238,31
50	259,00	259,32
60	276,00	276,33
70	293,00	293,34
80	319,50	319,86
90	362,50	362,88
95	392,00	392,40
FBP (Final Boiling Point)	396,50	396,90

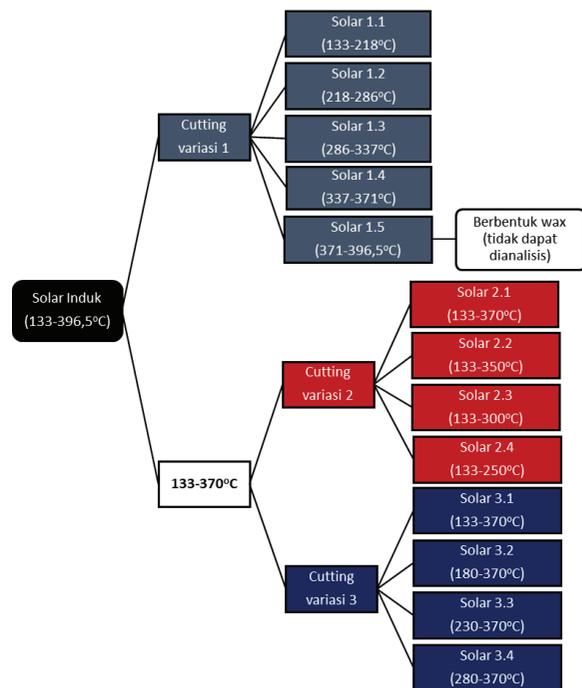


Gambar 2. Kurva Distilasi Solar Induk

Dari kurva distilasi di gambar 2 menunjukkan bahwa rentang didih dari Solar Induk yaitu antara suhu 133 – 396,5 °C. Setiap hidrokarbon mendidih pada suhu tertentu yang disebut titik didih. Akibatnya, mendefinisikan kurva distilasi sama dengan mendefinisikan distribusi hidrokarbon tertentu dengan berbagai ukuran. Suhu kurva distilasi menunjukkan hidrokarbon yang lebih kecil memiliki titik didih rendah dan hidrokarbon lebih besar memiliki titik didih lebih tinggi (Lois, 2003). Nantinya, data hasil distilasi dari Solar Induk ini dapat digunakan untuk menghitung nilai CCI awal dari Solar Induk dan sebagai acuan untuk pemotongan trayek didih bahan bakar solar. Pemotongan trayek titik didih dilakukan untuk memisahkan fraksi bahan bakar solar sesuai dengan titik didihnya. Bahan bakar solar adalah campuran

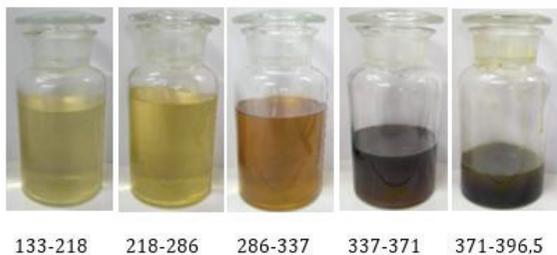
hidrokarbon kompleks, yang mengandung semua kelas hidrokarbon: parafin, naftena, aromatik, dan dalam konsentrasi kecil, olefin. Pada penelitian ini dilakukan pemotongan menjadi 3 variasi cutting. Pemotongan ini didasarkan pada beberapa faktor yaitu volume hasil pemotongan, banyaknya jumlah fraksi hasil pemotongan, dan ada atau tidaknya wax (lilin) yang dapat membuat bahan bakar solar tidak dapat dianalisis.

Proses pemotongan solar yang akan diuji dilakukan sesuai pembagian dalam skema gambar 3. Cutting pertama dilakukan dengan membagi menjadi 5 fraksi, dengan cara pemotongan kelipatan 17 secara bertingkat agar memperoleh fraksi yang semakin homogen (jumlah C seragam) di bagian fraksi yang lebih beratnya. Akan tetapi pada teknik ini volume yang dihasilkan tidak seimbang antara fraksi-fraksi yang dihasilkan. Untuk fraksi awal, volume yang dihasilkan lumayan banyak. Namun untuk fraksi di atasnya (yang lebih berat) menghasilkan volume yang terlalu sedikit sehingga diperlukan pemotongan secara berulang hingga volumenya memenuhi untuk pengujian selanjutnya.



Gambar 3. Skema Pemotongan Trayek Titik Didih Solar Induk

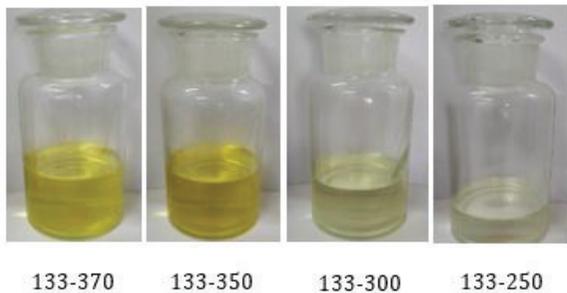
Pada cutting variasi 1 ini menghasilkan suhu yang sulit diamati karena pemotongannya buka pada angka yang bulat (menyisakan angka satuan di akhir). Dan pada pemotongan variasi 1 nomor 5 (Solar 1.5) menghasilkan distilat yang berbentuk wax (lilin) karena suhunya diatas 370°C sehingga hasil cutting-nya tidak dapat dianalisis karena fraksi tersebut memadat saat suhunya mendekati suhu ruang. Warna solar hasil pemotongan variasi 1 seperti terlihat pada gambar 4.



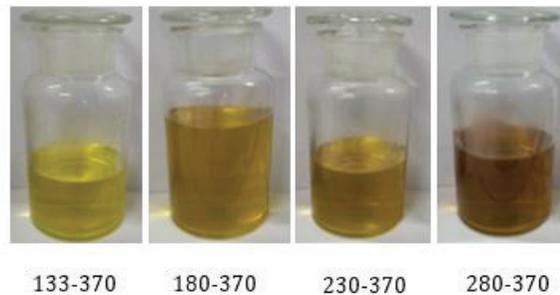
Gambar 4. Hasil Cutting Variasi 1

Berdasarkan pengalaman dari cutting variasi 1, maka untuk cutting variasi selanjutnya (variasi 2) dilakukan dengan membatasi suhunya hingga 370°C saja agar hasilnya dapat dianalisis. Cutting variasi 2 ini dilakukan dengan cara memotong fraksi beratnya dengan awalan cutting yang konstan pada suhu 133°C dan batas akhirnya yang divariasikan menjadi semakin kecil.

Pemotongan dengan teknik ini diharapkan dapat memisahkan fraksi solar semakin homogen ke arah fraksi ringannya. Untuk mengkonfirmasi hasil dari teknik pemotongan ini, dilakukan juga pemotongan dengan teknik sebaliknya, yaitu memotong fraksi ringan dengan akhiran yang konstan yaitu pada suhu 370°C dan awalnya yang divariasikan menjadi semakin besar. Pada teknik (variasi 3) ini diharapkan fraksi solar yang dihasilkan semakin homogen ke arah fraksi beratnya.



Gambar 5. Hasil Cutting Variasi 2

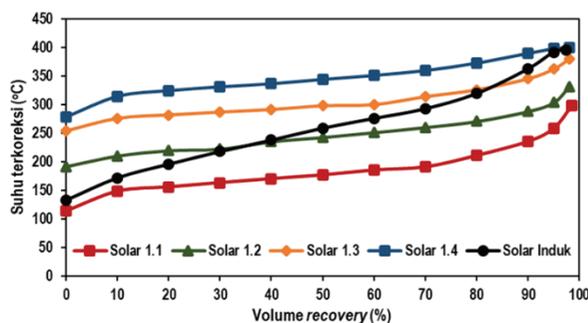


Gambar 6. Hasil Cutting Variasi 3

Pemotongan pada variasi 2 dan 3 memiliki range pemotongan yang bulat dan memudahkan untuk analisis. Selain itu volume yang dihasilkan juga setara, tidak seperti variasi 1 yang volumenya sangat berbeda secara signifikan. Pada variasi ini, semua fraksinya berbentuk cair sehingga dapat untuk dilakukan pengujian selanjutnya. Setelah solar dipotong menjadi 3 variasi, selanjutnya dilakukan pengujian distilasi ASTM D 86 dan densitas ASTM D 4052. Hasil pemotongan pada variasi 2 dan 3 ini seperti terlihat pada gambar 5 dan gambar 6.

Pengujian distilasi dilakukan untuk melihat volatilitas dari masing-masing solar hasil cutting terhadap solar induk. Pengujian ini menggunakan metode standar ASTM D 86, sama seperti yang digunakan untuk pengujian solar induk sebelumnya. Solar hasil cutting yang telah dikumpulkan dalam botol kaca kemudian dilakukan distilasi masing-masing menggunakan flask 125 mL. Dengan teknik yang sama, suhu distilat dari IBP hingga FBP diamati. Setelah itu, volume distilat dan residu diukur untuk menghitung volume yang hilang (*loss*). Suhu distilasi yang diperoleh juga dilakukan pengoreksian tekanan sebelum dilakukan perhitungan lebih lanjut.

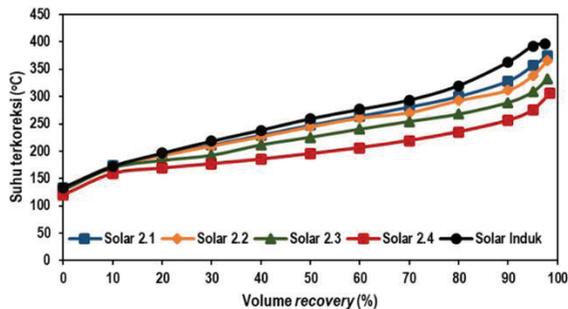
Jika hasil pemotongan dengan variasi 1, 2, dan 3 dibandingkan seperti terlihat pada gambar 7, gambar 8, dan gambar 9, maka terlihat beberapa variasi hasil atau akibat dari pemotongan tersebut.



Gambar 7. Kurva Distilasi Variasi 1

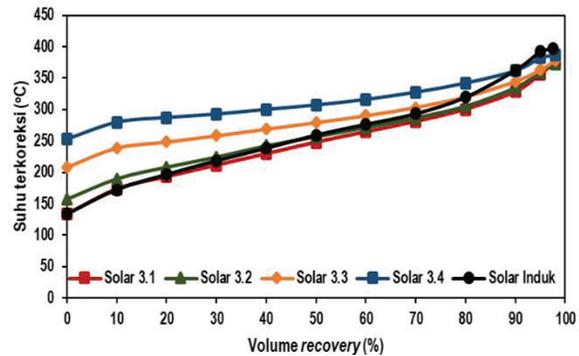
Pada pemotongan variasi 1 menunjukkan kurva distilasi yang beragam dari fraksi yang paling ringan hingga fraksi yang paling berat. Hal ini dikarenakan teknik pemotongan yang dilakukan yaitu dengan cara bertingkat. Dari kurva distilasi variasi 1, dapat dilihat bahwa rentang didih hasil cutting dimulai dari bawah Solar Induk, yaitu pada Solar 1.1 Setelah itu semakin naik hingga pada rentang didih yang paling tinggi yaitu Solar 1.4. Hasil cutting dari variasi 1 ini agak sulit diamati karena rentang pemotongannya yang sulit diamati sehingga pada penelitian ini cutting 1 tidak terlalu ditonjolkan.

Pemotongan variasi 2 menunjukkan hasil yang sesuai dengan perkiraan, yaitu saat dipotong fraksi beratnya, kurva distilasinya semakin menurun jika dibandingkan dengan Solar Induk awal. Hal ini menunjukkan bahwa saat rentang didih dipotong dari yang paling tinggi ke rendah maka fraksi hasil potongannya juga akan menjadi semakin ringan. Terlihat pula pada gambar cutting 2, warna yang dihasilkan menjadi semakin terang.



Gambar 8. Kurva Distilasi variasi 2

Hasil dari pemotongan variasi 3 menunjukkan kurva dengan rentang didih yang lebih tinggi dari Solar Induk. Hal ini dikarenakan pemotongannya dengan memotong fraksi ringannya sehingga solar hasil cutting variasi 3 ini semakin homogen di bagian fraksi beratnya. Hal ini dapat dilihat dari kurvanya yang semakin lurus yang menandakan rentang didihnya seragam.

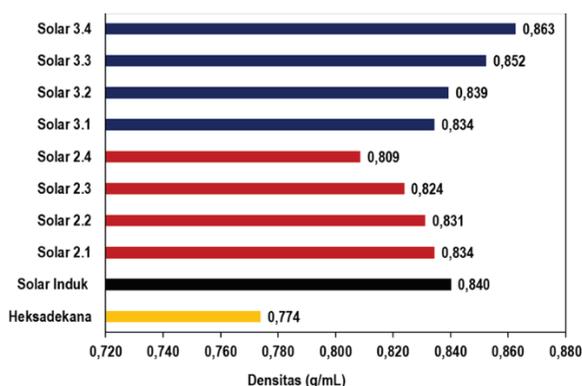


Gambar 9. Kurva Distilasi Variasi 3

### B. Pengujian Densitas

Pengujian densitas ini menunjukkan berat jenis dari senyawa Solar Induk dan solar hasil cutting. Digunakan alat otomatis yaitu alat *Oil analyzer Eralytics Eraspec* dengan metode standar ASTM D 4052. Dengan metode ini, solar dapat ditentukan densitasnya dengan volume sekitar 30 mL saja dan juga waktu yang singkat. Sampel hanya perlu dimasukkan ke dalam suatu wadah dan akan diinjeksikan secara otomatis oleh alat oil analyzer. hasilnya akan keluar kurang dari 5 menit. Luaran dari alat ini adalah densitas dengan satuan g/mL pada suhu standar 15°C.

Densitas merupakan salah satu faktor yang penting dalam analisis bahan bakar solar. Semakin tinggi densitas menunjukkan adanya komposisi hidrokarbon yang semakin berat. Pada gambar 10 dapat dilihat bahwa Solar Induk yang awalnya memiliki densitas 0,8402 g/mL saat dipotong menjadi variasi 2 densitasnya menurun. Hal ini dikarenakan pada variasi 2 pemotongannya dilakukan dengan memotong fraksi beratnya sehingga densitasnya akan semakin ringan. Sebaliknya, untuk variasi 3 densitasnya semakin tinggi karena pemotongan pada variasi 3 dengan cara memotong fraksi ringannya sehingga dihasilkan fraksi dengan densitas yang lebih berat. Densitas mempengaruhi massa bahan bakar yang diinjeksikan ke dalam pembakaran ruang dan rasio udara-bahan bakar. Hal ini dikarenakan karena pompa meteran injeksi bahan bakar berdasarkan volume bukan berdasarkan massa sehingga bahan bakar yang lebih padat mengandung massa yang lebih besar dalam volume yang sama (Ramirez-Verduzco, *et al.*, 2012).



Gambar 10. Hasil Pengujian Densitas

**C. Pengujian CCI (Calculated Cetane Index)**

Nilai *Calculated Cetane Index* (CCI) ditentukan dengan menggunakan metode standar ASTM D 4737. Standar baru metode (ASTM D 4737, 2009; EN ISO 4264, 2007) menggunakan persamaan empat variabel (menjadi variabel independen densitas dan suhu didih T10, T50 dan T90) untuk perhitungan CI (Lapuerta, *et al.*, 2010).

Metode ini digunakan untuk menentukan nilai CCI dengan korelasi empiris antara data distilasi ASTM D 86 dan data densitas ASTM D 1298. Data distilasi yang digunakan yaitu T10, T50, dan T90. Sedangkan untuk data densitas, digunakan densitas pada suhu standar yaitu 15°C. ASTM D 4737 hanya untuk digunakan saat ASTM D 613 tidak tersedia. Estimasi dengan metode ini tidak boleh digunakan saat cetane improver ditambahkan dan hanya berlaku jika suhu didih pada 90% recovery kurang dari 382°C (Bezaire *et al.*, 2010). Dalam kisaran cetane number dari 32,5 hingga 56,5, itu kesalahan yang diharapkan metode CCI ASTM D 4737 ini akan lebih kecil dari ±2 (Drews, 2008). Angka setana diukur menggunakan campuran dua bahan bakar referensi, yaitu n-Cetane (100CN) dan hepta metil setana (15CN) (Sivaramakrishnan & Ravikumar, 2012). CN bahan bakar diesel didefinisikan sebagai persentase volume heksadekana normal (cetane, C<sub>16</sub>H<sub>34</sub>), dalam campuran dengan 2,2,4,4,6,8,8- heptametilnonana (iso-setana), yang sesuai dengan kualitas penyalan (penundaan pengapian 2,407 ms) dari bahan bakar diesel yang dinilai di bawah kondisi uji yang ditentukan ASTM D 613-08. N-heksadekana (C16) memiliki CN 100 dan 1-metilnaftalena akan memiliki CN 0 (Jaaskelainen, 2021). McCormick *et al.* (2001) menafsirkan Indeks Setana sebagai

ukuran aromatisitas bahan bakar, dan oleh karena itu tidak relevan dengan biodiesel, yang tidak mengandung senyawa aromatik.



Gambar 11. Hasil perhitungan CCI ASTM D 4737

Berdasarkan hasil pengamatan data pada gambar 11, heksadekana yang merupakan referensi dari bilangan setana menghasilkan nilai CCI 100. Untuk Solar Induk, yang awalnya 46,6 saat dipotong fraksi beratnya menjadi variasi 2, nilai CCI semakin turun hingga yang paling rendah yaitu Solar 2.4 dengan nilai CCI sebesar 41,6. Penurunan solar cutting variasi 2 ini sekitar 5 poin dari Solar Induk. Sebaliknya pada variasi 3 dengan pemotongan fraksi ringan, nilai CCI semakin meningkat hingga yang paling tinggi yaitu Solar 3.4 dengan nilai CCI sebesar 55,2. Kenaikan pada solar cutting variasi 3 ini mencapai hingga hampir 10 poin dari solar induk awalnya. Secara umum, pemotongan fraksi yang lebih ringan dapat menyebabkan meningkatnya nilai indeks setana pada solar kilang PPSDM Migas Cepu. Dengan begitu, tersisa fraksi yang lebih berat dimana titik didihnya semakin seragam dan mendekati titik didih dari heksadekana.

*Cetane number* (CN) mencirikan kemampuan penyalan sendiri dari bahan bakar. Pada mesin diesel, bahan bakar diinjeksikan dengan tekanan tinggi ke dalam udara terkompresi dan pengapian terjadi secara spontan dalam waktu yang sangat singkat (1 ms). Kualitas pengapian diukur dengan mengukur penundaan pengapian, yang merupakan periode waktu antara injeksi bahan bakar ke ruang bakar dan dimulainya pembakaran (Jian-Guang, *et al.*, 2004), (Suppes, *et al.*, 1999), (Ickes, *et al.*, 2009), (Bunting, *et al.*, 2007), (Suryanarayanan, *et al.*, 2018), (Li, *et al.*, 2006), (Risberg, *et al.*, 2005),

(Kitano, *et al.*, 2018). Sehingga menentukan, sebagian besar, proporsi antara premixed dan pembakaran difusi dalam mesin diesel (Heywood, 1988). Akan tetapi struktur kimia bahan bakar harus mendukung penyalaan otomatis (Guibet, 2021). Tren kenaikan dalam cetane number untuk alkana linier menghasilkan *cetane index* (CI) yang cenderung naik, sedangkan sikloalkana menunjukkan CI yang lebih rendah (Prak, *et al.*, 2020). Banyak kinerja karakteristik seperti densitas, nilai kalor berhubungan dengan cetane number (Mohammadi & Najafi, 2015), (Rao, 2010). CN telah dikorelasikan dengan berbagai metrik atau sifat. Klopfenstein (1982) melaporkan salah satu korelasi paling awal sehubungan dengan jumlah atom karbon dan jumlah ikatan rangkap. Demikian pula, Ramirez-Verduzco *et al.* (2012) mengkorelasikan CN dengan berat molekul dan jumlah ikatan rangkap, dan Pinzi *et al.* (2011) dengan derajat ketidakjenuhan dan panjang rantai.

Bilangan cetane yang lebih rendah menghasilkan karakteristik pembakaran yang buruk dan menyebabkan emisi asap dan partikulat yang berlebihan. Angka cetane yang lebih tinggi juga akan meningkatkan penghematan bahan bakar, mengurangi emisi gas buang, mengurangi ketukan dan kebisingan mesin, dan meningkatkan daya tahan mesin secara keseluruhan (McCormic, *et al.*, 2001), (Szybist, *et al.*, 2005), (Moser, *et al.*, 2009), (Giakoumis & Sarakatsanis, 2019), (Giakoumis, *et al.*, 2012), (Hoekman, *et al.*, 2012), (Freedman & bagby, 1990), (Knothe, 2014), (Knothe, 2005).

**D. Pengujian Viskositas**

Viskositas merupakan parameter bahan bakar yang penting karena mempengaruhi kualitas atomisasi, ukuran tetesan dan penetrasi. Bahan bakar dengan viskositas yang tinggi cenderung membentuk tetesan yang lebih besar pada saat injeksi yang dapat menyebabkannya atomisasi bahan bakar yang buruk selama penyemprotan, meningkatkan deposit mesin, membutuhkan lebih banyak energi untuk memompa bahan bakar (Ramirez-Verduzco, *et al.*, 2012). Akibatnya

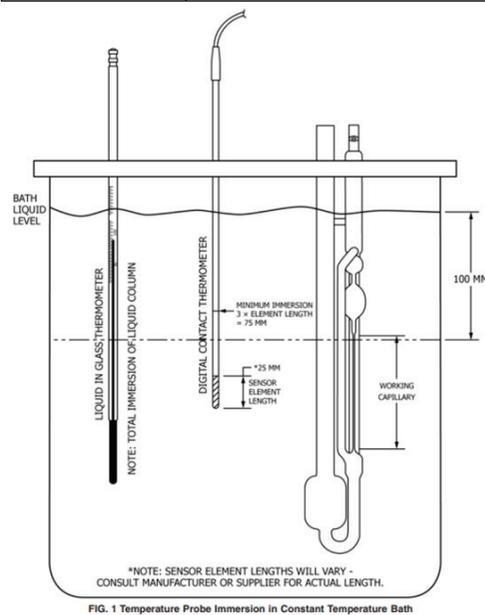
viskositas tinggi mengarah pembakaran yang buruk, peningkatan asap knalpot dan emisi.

Pada penelitian ini dilakukan analisis viskositas menggunakan metode standar ASTM D 445. Dengan menggunakan viskometer Koehler, waktu alir dari bahan bakar solar ditentukan lalu dikalikan dengan konstanta kalibrasi viskometer (C) untuk menentukan viskositas. Nilai C untuk masing-masing viskometer bervariasi, pada tabel 3 berikut, terdapat nilai C dan nomor viskometer yang dipakai dalam penelitian ini.

Viskometer yang akan digunakan untuk pengujian viskositas dibilas menggunakan heptana terlebih dahulu untuk menghilangkan residu atau kotoran. Setelah itu penyusunan alat sesuai dengan skema gambar 12.

Tabel 3. Konstanta kalibrasi Viskometer

Nomor viskometer "DC Scientific"	Konstanta kalibrasi viskometer (mm <sup>2</sup> /s <sup>2</sup> )
50	0,00373
75	0,00778
100	0,01321



Gambar 12. Skema Alat Uji Viskositas ASTM D 445 (Drews, 2008)

Penghitungan waktu alir dilakukan secara duplo dan dihitung repeatability-nya agar memperoleh hasil yang valid.

$$v_{1,2} = C \cdot t_{1,2} \quad \dots(1)$$

Dimana:

$v_{1,2}$  = nilai viskositas kinematik yang ditentukan untuk  $v_1$  dan  $v_2$ , ( $\text{mm}^2/\text{s}$ )

$C$  = konstanta kalibrasi viskometer, ( $\text{mm}^2/\text{s}^2$ )

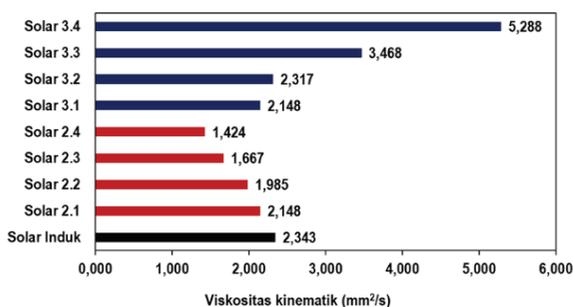
$t_{1,2}$  = waktu aliran terukur untuk  $t_1$  dan  $t_2$ , (s)

Repeatability ( $r$ ) atau pengulangan yaitu perbedaan antara yang berurutan hasil yang diperoleh oleh operator yang sama di laboratorium yang sama dengan peralatan yang sama dalam kondisi operasi yang konstan pada bahan uji identik akan (Drews, 2008).

$$r = 0,0043 (x+1) \quad \dots(2)$$

Dimana  $x$  adalah rata-rata hasil pengujian viskositas. Hasil pengujian viskositas dari Solar Induk dan solar hasil cutting tertera pada gambar 13.

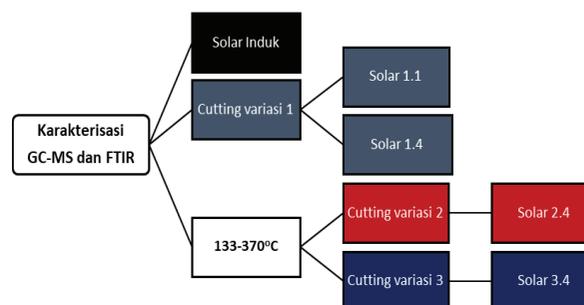
Berdasarkan pengamatan pada Gambar 13, Solar Induk memiliki nilai viskositas sebesar  $2,3432 \text{ mm}^2/\text{s}^2$ . Lalu saat dilakukan cutting menjadi turun viskositasnya di variasi 2 dan menjadi meningkat di variasi 3. Penurunan nilai viskositas pada variasi 2 berkaitan dengan kekentalan yang semakin kecil, karena pemotongannya menyisakan fraksi yang semakin ringan. Sebaliknya, peningkatan nilai viskositas variasi 3 dipengaruhi oleh fraksi yang semakin berat karena pemotongannya dilakukan dengan memotong fraksi ringannya. Viskositas meningkat seiring dengan panjang rantai (jumlah atom karbon) (Ramirez-Verduzco, *et al.*, 2012).



Gambar 13. Viskositas Kinematik ( $\text{mm}^2/\text{s}$ )

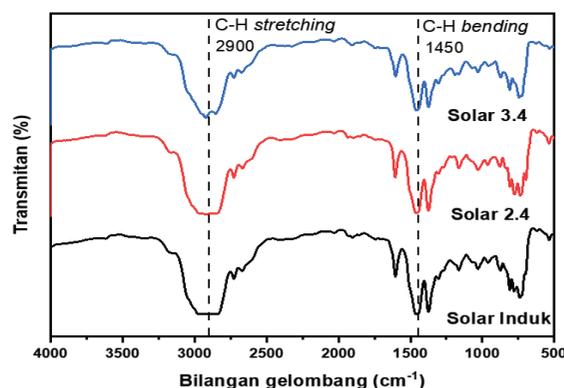
### E. Pengujian FTIR dan GC-MS

Untuk pengujian sifat kimia dari solar, maka dilakukan pengujian FTIR dan GC-MS. Untuk dua jenis pengujian ini, dilakukan hanya pada perwakilan tiap kelompok variasi seperti yang tertera pada skema gambar 14.



Gambar 14. Skema Karakterisasi Bahan Bakar Solar

*Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) adalah alat yang ampuh dan teknik analisis non-destruktif yang mampu dengan cepat dan efektif analisis sampel terlepas dari keadaan fisiknya (cair atau padat) (Barra, *et al.*, 2020). Pada penelitian kali ini, dilakukan pengujian FTIR dengan metode KBr untuk Solar Induk dan masing-masing 2 solar cutting dengan CCI yang paling tinggi dan paling rendah. Mengenai pengolahan data FTIR, dua preprocessing data diterapkan. Yang pertama yaitu normalisasi sampel bertujuan untuk mengoreksi perbedaan penskalaan yang disebabkan oleh efek panjang jalur, sumber, atau detector variasi atau efek instrumental lainnya. Preprocessing sinyal yang kedua yaitu baseline yang terdiri dari mean centering setiap kolom (Barra, *et al.*, 2020).

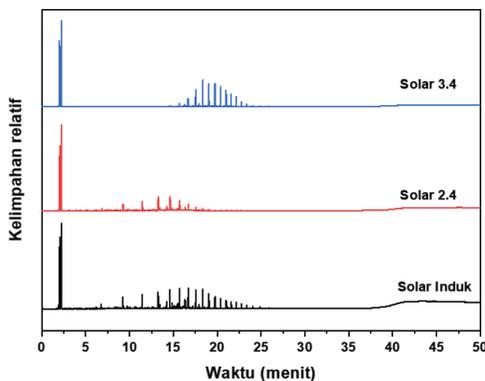


Gambar 15. Bilangan Gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )

Berdasarkan Gambar 15 dapat diidentifikasi gugus fungsi yang terdapat dalam Solar Induk yaitu C-H stretching pada bilangan gelombang 2900  $\text{cm}^{-1}$  dan C-H bending pada bilangan gelombang 1450  $\text{cm}^{-1}$ . Solar hasil cutting menunjukkan hasil yang sama dengan Solar Induk, dimana Solar 2.4 yang memiliki nilai CCI paling rendah dan Solar 3.4 yang memiliki nilai CCI paling tinggi juga dideteksi adanya C-H *stretching* dan C-H *bending* pada bilangan gelombang yang sama. Pada hasil analisis FTIR kali ini, gugus fungsi dalam ketiga sampel secara umum identik. Sehingga diperlukan analisis lebih lanjut untuk menjelaskan pengaruh pemotongan trayek titik didih terhadap nilai CCI bahan bakar solar.

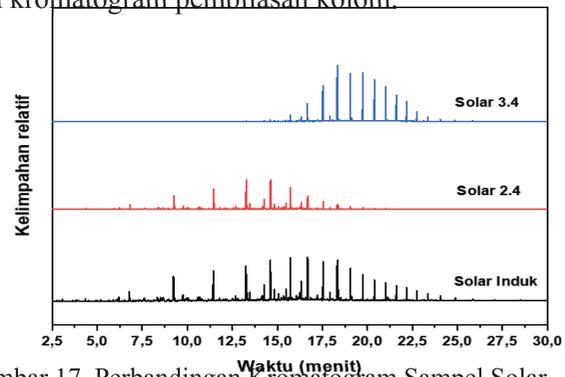
Analisis GC-MS (*Gas Chromatography-Mass Spectrography*) sampel diesel dilakukan sebagai kontrol kualitatif dengan mengidentifikasi komposisi kimianya dan kontrol kuantitatif untuk menentukan % areanya (Barra, *et al.*, 2019). Teknik GC-MS ini menunjukkan kapasitas dan sensitivitas yang tinggi untuk penentuan komposisi kimia campuran kompleks (Yang, *et al.*, 2006). Dengan instrumen ini, senyawa yang terkandung dalam sampel bahan bakar solar dapat diketahui dan % areanya juga dapat dihitung.

Analisis GC-MS diawali dengan mempersiapkan sampel uji. Sampel Solar Induk dan hasil cutting dilarutkan dengan heksana dengan perbandingan antara sampel dan pelarut yaitu 1:99. Dengan adanya penambahan pelarut ini, menyebabkan puncak pelarut heksana keluar pada awal waktu retensi kromatogram dengan intensitas yang tinggi. Untuk memudahkan pengamatan dan analisis data, dilakukan pemotongan puncak pelarut pada waktu retensi antara 0-2 menit. Berikut adalah perbandingan sampel Solar Induk, Solar 2.4, dan Solar 3.4 sebelum dilakukan pemotongan pelarut.



Gambar 16. Kromatogram Awal Sample Solar Induk, Solar 2.4, Dan Solar 3.4.

Kromatogram hasil analisis GC-MS pada Gambar 16 tersebut menunjukkan adanya perbedaan puncak yang dihasilkan dari sampel Solar Induk, Solar 2.4, dan Solar 3.4. Akan tetapi intensitas sampel menjadi kurang terlihat karena adanya puncak pelarut yang memiliki intensitas yang sangat tinggi pada menit ke - 2,2. Selain itu terdapat kenaikan di akhir kromatogram akibat dari proses pembilasan kolom. Maka dari itu, untuk memudahkan pengamatan dan analisis sampel, dilakukan pemotongan puncak pelarut dan kromatogram pembilasan kolom.



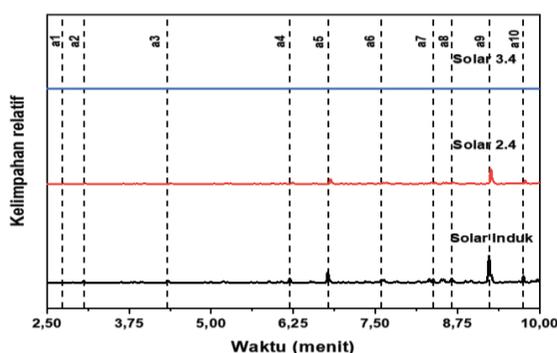
Gambar 17. Perbandingan Kromatogram Sampel Solar Induk, Solar 2.4, Dan Solar 3.4

Pada penelitian kali ini, puncak pelarut yang memiliki intensitas yang tinggi dipotong agar memudahkan pengamatan. Setelah menit ke-30 tidak ada senyawa sampel yang teridentifikasi dan terjadi kenaikan kromatogram akibat pembilasan kolom. Maka dari itu, pemotongan dilakukan hingga menyisakan kromatogram pada menit ke-2,5 hingga 30 saja.

Terdapat perbedaan puncak pada kromatogram hasil analisis GC pada Gambar 17. Terlihat sampel Solar Induk memiliki puncak yang terdeteksi pada waktu retensi 2,5 hingga 30 menit. Jika dibandingkan dengan Solar Induk, sampel Solar 2.4 terdapat puncak yang hilang pada waktu retensi 20 hingga 30 menit. Sebaliknya, sampel solar 3.4 memiliki puncak yang hilang pada awal waktu retensi yaitu pada menit 2,5 hingga 15. Untuk mendapatkan analisis yang lebih jelas, maka kromatogram sampel kali ini akan dibagi menjadi 3 bagian. Masing-masing bagian akan diidentifikasi senyawanya dan diamati perbedaannya.

Analisis bagian pertama difokuskan pada waktu retensi 2,5 hingga 10 menit. Pada bagian ini teridentifikasi 10 puncak yang identik, sesuai dengan yang ditunjukkan oleh Gambar 18.

Berdasarkan kromatogram pada Gambar 18 terlihat bahwa Solar Induk dan Solar 2.4 memiliki senyawa yang identik pada menit ke - 2,5 hingga menit ke - 10. Sedangkan Solar 3.4 belum terlihat memunculkan puncak senyawa tertentu. Hal ini dikarenakan pola pemotongan trayek titik didih dari Solar 3.4 yaitu dengan memotong fraksi ringannya secara bertingkat. Maka dari itu, pada awal waktu retensi, belum ada senyawa yang teridentifikasi pada Solar 3.4. Pada bagian pertama ini mayoritas teridentifikasi senyawa hidrokarbon rantai lurus ( $C_nH_{2n+2}$ ) seperti Heptane hingga Decane. Selain itu teridentifikasi beberapa senyawa hidrokarbon bercabang seperti Nonane, 2-methyl dan Decane, 4-methyl. Puncak yang teridentifikasi pada kromatogram bagian pertama terangkum dalam tabel 4.



Gambar 18. Perbandingan Kromatogram Solar Induk, Solar 2.4, Dan Solar 3.4 Pada Waktu Retensi 2,5 Hingga 10 Menit

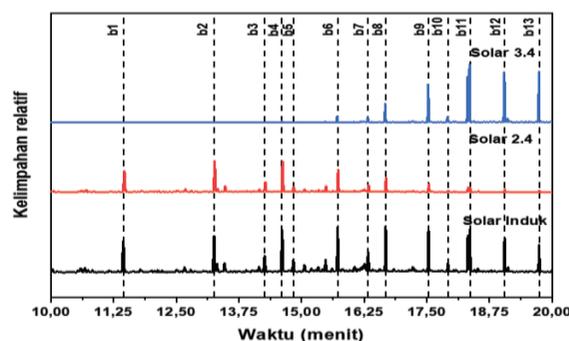
Hasil analisis pada menit ke 2,5 hingga 10 menunjukkan bahwa senyawa yang terdapat pada sampel Solar Induk dan Solar 2.4 memiliki hasil yang identik. Hanya terdapat satu perbedaan senyawa yaitu pada puncak dengan kode a8. Pada kode ini, Solar Induk menunjukkan adanya senyawa Benzene, 1-ethyl-3-methyl, sedangkan pada Solar 2.4 menunjukkan senyawa yang sedikit berbeda yaitu Benzene, 1,2,3-trimethyl. Walaupun demikian mayoritas senyawa yang terdeteksi masih serupa. Untuk Solar 3.4 belum menunjukkan adanya senyawa yang teridentifikasi pada bagian pertama ini dikarenakan Solar 3.4 didominasi oleh senyawa dengan rantai yang lebih panjang.

Tabel 4. Senyawa kimia pada kromatogram menit ke - 2,5 hingga 10

Kode	Solar Induk			Solar 2.4			Solar 3.4		
	RT (min)	Senyawa	A (%)	RT (min)	Senyawa	A (%)	RT (min)	Senyawa	A (%)
a1	2,73	Heptane	0,07	2,76	Heptane	0,05	-	-	-
a2	3,06	Cyclohexane, methyl-	0,23	3,08	Cyclohexane, methyl-	0,19	-	-	-
a3	4,33	Octane	0,34	4,38	Octane	0,33	-	-	-
a4	6,20	p-Xylene	0,61	6,24	p-Xylene	0,54	-	-	-
a5	6,77	Nonane	1,48	6,82	Nonane	1,67	-	-	-
a6	7,59	Cyclohexane, propyl-	0,44	7,63	Cyclohexane, propyl-	0,44	-	-	-
a7	8,38	Nonane, 2-methyl-	0,39	8,41	Nonane, 2-methyl-	0,43	-	-	-
a8	8,66	Benzene, 1-ethyl-3-methyl-	0,81	8,69	Benzene, 1,2,3-trimethyl-	0,77	-	-	-
a9	9,23	Decane	4,05	9,26	Decane	5,29	-	-	-
a10	9,75	Decane, 4-methyl-	0,78	9,78	Decane, 4-methyl-	1,03	-	-	-

Dimana RT adalah waktu retensi (menit), dan A adalah Luas Area (%).

Analisis bagian kedua difokuskan pada waktu retensi 10 hingga 20 menit. Pada bagian ini teridentifikasi 13 puncak. Adapun Solar 3.4 terlihat mulai menunjukkan adanya puncak yang teridentifikasi sesuai gambar 19.



Gambar 19. Perbandingan kromatogram Solar Induk, Solar 2.4, dan Solar 3.4 pada waktu retensi 10 hingga 16 menit

Kromatogram pada bagian kedua menunjukkan bahwa mulai adanya senyawa yang teridentifikasi pada Solar 3.4. Sebaliknya, Solar 2.4 memiliki intensitas yang kecil dan semakin menghilang. Untuk Solar Induk, terlihat menunjukkan puncak dengan intensitas yang stabil. Solar Induk dan Solar 2.4 memiliki kemiripan puncak yang teridentifikasi dari kode b1 hingga b13. Pada bagian ini, mayoritas didominasi oleh alkana bercabang dan juga alkana

lurus. Pada bagian ini teramati adanya senyawa aromatik seperti naftalena. Pada bagian ini pula teridentifikasi senyawa yang menjadi referensi *cetane number* yaitu *Hexadecane*. Hasil analisis kromatogram pada bagian kedua terangkum dalam tabel 5.

Pada bagian kedua menunjukkan bahwa Solar 3.4 mulai memiliki puncak yang teridentifikasi pada menit ke - 14,27. Secara umum, sampel Solar Induk, Solar 2.4, dan Solar 3.4 memiliki senyawa yang identik. Hanya terdapat sedikit perbedaan senyawa yaitu pada kode b5 dimana Solar 2.4 dan Solar 3.4 menunjukkan adanya senyawa Naphthalene, 2-methyl sedangkan pada Solar Induk menunjukkan adanya senyawa Bicyclo[4.4.1]undeca-1,3,5,7,9-pentaene. Terlihat adanya senyawa dengan rantai karbon yang semakin panjang seiring dengan meningkatnya waktu retensi.

Teridentifikasi adanya senyawa Hexadecane pada bagian kedua ini. Hal ini dapat menjelaskan pengaruh pemotongan trayek titik didih solar kilang terhadap nilai CCI dengan melihat jumlah kandungan Hexadecane-nya. Angka setana suatu bahan bakar didefinisikan sebagai persen volume n-hexadecane dalam campuran n-Hexadecane dan 1-Methylnaphthalene yang memberikan periode penundaan pengapian yang sama dengan sampel uji. n-Hexadecane (C16) memiliki CN 100 dan 1-Methylnaphthalene akan memiliki CN 0 (Jaaskelainen, 2021). Pada bagian ini akan ditentukan % area Hexadecane yang terkandung dalam masing-masing sampel. Hal ini berguna untuk memperkuat alasan meningkatnya nilai CCI pada sampel Solar 3.4 dan menurunnya nilai CCI pada sampel Solar 2.4

Sesuai dengan hasil analisis pada tabel 5, komposisi Hexadecane paling tinggi terdapat pada sampel Solar 3.4. Jika dijumlahkan, kandungannya yaitu sebesar 10,19%. Hal ini mendukung alasan nilai CCI Solar 3.4 yang paling besar diantara sampel yang lain. Dimana nilai CCI dipengaruhi oleh kandungan Hexadecane dalam bahan bakar solar. Dan pada penelitian ini, telah terbukti bahwa Solar 3.4 dengan CCI paling tinggi memiliki kandungan Hexadecane yang paling tinggi pula. Untuk Solar Induk, kandungan Hexadecane-nya yaitu sebesar 6,45%. Sedangkan Solar 2.4, sesuai prediksi yaitu memiliki kandungan Hexadecane

yang paling rendah yaitu 4,56%.

Tabel 5. Senyawa kimia pada kromatogram menit ke - 10 hingga 20

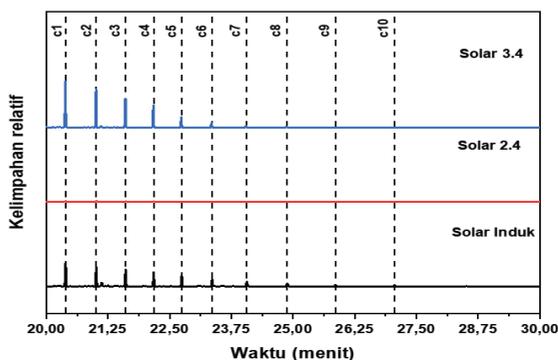
Kode	Solar Induk			Solar 2.4			Solar 3.4		
	RT (min)	Senyawa	A (%)	RT (min)	Senyawa	A (%)	RT (min)	Senyawa	A (%)
b1	11,45	Undecane	3,59	11,47	Undecane	6,21	-	-	-
b2	13,26	Dodecane	3,44	13,27	Dodecane	7,19	-	-	-
b3	14,27	Octane, 2,3,7-trimethyl-	1,62	14,28	Octane, 2,3,7-trimethyl-	2,59	14,27	Octadecane, 6-methyl-	0,14
b4	14,61	Tridecane	3,57	14,62	Tridecane	6,57	14,61	Tetradecane	0,35
b5	14,84	Bicyclo[4.4.1]undeca-1,3,5,7,9-pentaene	1,2	14,84	Naphthalene, 2-methyl-	1,39	14,83	Naphthalene, 2-methyl-	0,14
b6	15,72	Tetradecane	3,69	15,73	Tetradecane	4,72	15,71	Tetradecane	1,35
b7	16,33	Heptadecane, 2,6,10,14-tetramethyl-	1,7	16,34	Heptadecane, 2,6,10,14-tetramethyl-	1,67	16,32	Heptadecane, 2,6,10,14-tetramethyl-	1,01
b8	16,68	Hexadecane	3,32	16,69	Hexadecane	2,84	16,67	Hexadecane	3,50
b9	17,53	Hexadecane	3,13	17,54	Hexadecane	1,72	17,53	Hexadecane	6,69
b10	17,92	Pentadecane, 2,6,10-trimethyl-	0,93	17,93	Octadecane, 6-methyl-	0,46	17,91	Pentadecane, 2,6,10-trimethyl-	1,47
b11	18,36	Dodecane, 2,6,10-trimethyl-	3,16	18,36	Heptadecane, 2,6-dimethyl-	1,04	18,35	Dodecane, 2,6,10-trimethyl-	19,77
b12	19,05	Nonadecane	2,10	19,06	Nonadecane	0,52	19,05	Nonadecane	8,80
b13	19,74	Nonadecane	1,89	19,74	Nonadecane	0,33	19,74	Nonadecane	8,90

Dimana RT adalah waktu retensi (menit) dan A adalah Luas Area (%).

Maka dari itu, sesuai dengan hasil yang diperoleh, dapat menjelaskan pengaruh pemotongan trayek titik didih solar kilang PPSDM Migas cepu terhadap nilai Calculated Cetane Index (CCI). Pemotongan solar kilang secara bertingkat dengan memotong fraksi beratnya dapat menurunkan nilai CCI. Hal ini dikarenakan kandungan Hexadecane-nya yang semakin kecil. Sebaliknya, pemotongan solar kilang secara bertingkat dengan memotong fraksi ringannya dapat menyebabkan meningkatnya nilai CCI. Hal ini dikarenakan kandungan Hexadecane-nya yang semakin tinggi.

Analisis bagian ketiga difokuskan pada waktu retensi 20 hingga 30 menit. Pada bagian ini teridentifikasi adanya 10 puncak. Terlihat bahwa Solar 3.4 memiliki intensitas yang paling tinggi.

Hal ini dikarenakan teknik pemotongannya dengan memotong fraksi ringan sehingga menyisakan fraksi beratnya. Perbandingan ketiga sampel ditunjukkan oleh Gambar 20.



Gambar 20. Perbandingan Kromatogram Solar Induk, Solar 2.4, Dan Solar 3.4 Pada Waktu Retensi 20 Hingga 30 Menit

Hasil analisis pada bagian keempat menunjukkan bahwa Solar 2.4 tidak memiliki senyawa kimia yang dapat teridentifikasi. Hal ini dimungkinkan karena sudah tidak adanya senyawa hidrokarbon dengan rantai diatas C19. Sesuai dengan teknik pemotongannya, alasan ini memperkuat tidak adanya fraksi berat yang tersisa pada variasi 2. Untuk Solar Induk dan Solar 3.4 masih memiliki senyawa yang teridentifikasi seperti *Tetracosane* dan *Heptacosane*. Senyawa dengan rantai terpanjang yang teridentifikasi pada bagian terakhir ini yaitu *Heptacosane* (C<sub>27</sub>H<sub>56</sub>) yang dimiliki baik oleh Solar Induk maupun Solar 3.4. Senyawa ini memiliki titik didih yang tinggi yaitu sekitar 442°C. Hal ini dapat terjadi walaupun suhu distilasi Solar Induk tidak lebih dari 396,5°C. Dikarenakan karakter dari senyawa hidrokarbon yang dapat ikut terdistilasi dengan fraksi dibawahnya.

Kromatogram hasil pengujian GC-MS pada penelitian ini secara umum menunjukkan komposisi sampel bahan bakar solar yang terdiri dari serangkaian hidrokarbon *Heptane* (C<sub>7</sub>H<sub>16</sub>) hingga *Heptacosane* (C<sub>27</sub>H<sub>56</sub>). Untuk Solar 2.4, hanya memiliki komposisi hidrokarbon hingga *Nonadecane* (C<sub>19</sub>H<sub>40</sub>). Adapun ada kandungan rendah dari beberapa produk yang mudah menguap seperti *heptana*, *benzena*, *toluena*, *benzena-etil*, *dimetil* dan *trimetil* (Barra, et al., 2019).

Tabel 6. Senyawa Kimia Pada Kromatogram Menit Ke - 20 Hingga 30

Kode	Solar Induk			Solar 2.4			Solar 3.4		
	RT (min)	Senyawa	A (%)	RT (min)	Senyawa	A (%)	RT (min)	Senyawa	A (%)
c1	20.39	Heptacosane	1.55	20.40	Nonadecane	0.21	20.39	Nonadecane	7.83
c2	21.01	Octacosane	1.24	-	-	-	21.01	Heptacosane	6.19
c3	21.61	Heptacosane	1.11	-	-	-	21.60	Octacosane	4.79
c4	22.18	Tetracosane	0.92	-	-	-	22.17	Octacosane	3.46
c5	22.75	Heptacosane	0.78	-	-	-	22.74	Heptadecane, 2,6-dimethyl-	2.00
c6	23.36	Heptacosane	0.64	-	-	-	23.35	Octacosane	1.13
c7	24.06	Heptacosane	0.45	-	-	-	24.05	Tetracosane	0.59
c8	24.88	Heptacosane	0.35	-	-	-	24.86	Heptacosane	0.35
c9	25.86	Heptacosane	0.24	-	-	-	25.84	Heptacosane	0.18
c10	27.05	Heptacosane	0.19	-	-	-	-	-	-

Dimana RT adalah waktu retensi (menit) dan A adalah luas area (%).

### KESIMPULAN

Nilai CCI Solar Induk menggunakan metode ASTM D 4737 yaitu sebesar 46,6. Pemotongan fraksi ringan dapat meningkatkan nilai CCI dengan hasil paling tinggi yaitu Solar 3.4 dengan CCI 55,2 (cutting 280-370°C). Pemotongan fraksi berat mengakibatkan penurunan nilai CCI dengan hasil paling rendah Solar 2.4 dengan CCI 41,6 (cutting 133-250°C).

Hasil karakterisasi FTIR menunjukkan adanya C-H stretching dan C-H bending dari gugus alkana pada bilangan gelombang 2900 cm<sup>-1</sup> dan 1456cm<sup>-1</sup>. Hasil analisis menggunakan instrumen (GC-MS) membuktikan bahwa Solar 3.4 memiliki kandungan heksadecana yang paling tinggi yaitu sebesar 10,19% dibandingkan dengan Solar Induk 6,45% dan Solar 2.4 yang memiliki kandungan paling rendah yaitu 4,56%.

### DAFTAR PUSTAKA

- Aitani, A. M. (2004). Oil refining and products. *Encyclopedia of energy*, 4, 715-729.
- Barra, I., Kharbach, M., Bousrabat, M., Cherrah, Y., Hanafi, M., Qannari, E. M., & Bouklouze, A. (2020). Discrimination of diesel fuels marketed in Morocco using FTIR, GC-MS analysis and chemometrics methods. *Talanta*, 209, 120543.
- Barra, I., Mansouri, M. A., Cherrah, Y., Kharbach, M., & Bouklouze, A. (2019). FTIR fingerprints associated to a PLS-DA model for rapid detection of smuggled non-compliant diesel marketed in Morocco. *Vibrational Spectroscopy*, 101, 40-45.
- Bezaire, N., Wadumesthrige, K., Ng, K. S., & Salley,

- S. O. (2010). Limitations of the use of cetane index for alternative compression ignition engine fuels. *Fuel*, 89(12), 3807-3813.
- Bunting, B. G., Wildman, C. B., Szybist, J. P., Lewis, S., & Storey, J. (2007). Fuel chemistry and cetane effects on diesel homogeneous charge compression ignition performance, combustion, and emissions. *International Journal of Engine Research*, 8(1), 15-27.
- Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi, "Kepdirjen Migas No. 28 Thn 2016.pdf." Kementerian Energi dan Sumber Daya Manusia Republik Indonesia, 2016.
- Drews, A. (2008). Standard test method for calculated cetane index by four variable equation. *Man Hydrocarb Anal*, 1, 720-720.
- Drews, A. (2008). Standard Test Method for Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids (the Calculation of Dynamic Viscosity). *Man. Hydrocarb. Anal*, 126-128. <https://doi.org/10.1520/mnl10842m>.
- Freedman, B., & Bagby, M. O. (1990). Predicting cetane numbers of n-alcohols and methyl esters from their physical properties. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 67(9), 565-571.
- Giakoumis, E. G., Rakopoulos, C. D., Dimaratos, A. M., & Rakopoulos, D. C. (2012). Exhaust emissions of diesel engines operating under transient conditions with biodiesel fuel blends. *Progress in Energy and Combustion Science*, 38(5), 691-715.
- Giakoumis, E. G., & Sarakatsanis, C. K. (2019). A comparative assessment of biodiesel cetane number predictive correlations based on fatty acid composition. *Energies*, 12(3), 422.
- Heywood, J. B. (1988). *Internal combustion engine fundamentals*. McGraw-Hill Education.
- Hoekman, S. K., Broch, A., Robbins, C., Ceniceros, E., & Natarajan, M. (2012). Review of biodiesel composition, properties, and specifications. *Renewable and sustainable energy reviews*, 16(1), 143-169.
- Ickes, A. M., Bohac, S. V., & Assanis, D. N. (2009). Effect of fuel cetane number on a premixed diesel combustion mode. *International Journal of Engine Research*, 10(4), 251-263.
- Jääskeläinen, H. (2007). Fuel Property Testing: Ignition Quality. *Diesel Net Technology Guide. Internet: Guidh*[https://www.dieseln.net/tech/fuel\\_diesel\\_ignition.php](https://www.dieseln.net/tech/fuel_diesel_ignition.php).
- Jean-Claude GUIBET. (2021). CÉTANE INDEX DE. *Encyclopædia Universalis [online]*.
- Kitano, K., Nishiumi, R., Tsukasaki, Y., Tanaka, T., & Morinaga, M. (2003). *Effects of fuel properties on premixed charge compression ignition combustion in a direct injection diesel engine* (No. 2003-01-1815). SAE Technical Paper.
- Klopfenstein, W. E. (1982). Estimation of cetane index for esters of fatty acids. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 59(12), 531-533.
- Knothe, G. (2005). Dependence of biodiesel fuel properties on the structure of fatty acid alkyl esters. *Fuel Processing Technology*, 86(10), 1059-1070. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2004.11.002>.
- Knothe, G. (2014). A comprehensive evaluation of the cetane numbers of fatty acid methyl esters. *Fuel*, 119, 6-13.
- Lapuerta, M., Rodríguez-Fernández, J., & Armas, O. (2010). Correlation for the estimation of the density of fatty acid esters fuels and its implications. A proposed biodiesel cetane index. *Chemistry and physics of lipids*, 163(7), 720-727.
- Li, T., Okabe, Y., Izumi, H., Shudo, T., & Ogawa, H. (2006). *Dependence of ultra-high EGR low temperature diesel combustion on fuel properties* (No. 2006-01-3387). SAE Technical Paper.
- Lois, E., Keating, E. L., & Gupta, A. K. (2003). Fuels.
- McCormick, R. L., Graboski, M. S., Alleman, T. L., Herring, A. M., & Tyson, K. S. (2001). Impact of biodiesel source material and chemical structure on emissions of criteria pollutants from a heavy-duty engine. *Environmental science & technology*, 35(9), 1742-1747.
- Mohammadi, S., & Najaf, B. (2015). Prediction of Cetane Number of biodiesel fuel from fatty acid ethyl ester (FAEE) composition. *Indian J. Sci. Technol.*<https://doi.org/10.17485/ijst/2015/v8i35/78272>.
- Moser, B. R., Williams, A., Haas, M. J., & McCormick, R. L. (2009). Exhaust emissions and fuel properties of partially hydrogenated soybean oil methyl esters blended with ultra low sulfur diesel fuel. *Fuel Processing Technology*, 90(9), 1122-1128.
- Nasrun, N., Kurniawan, E., & Sari, I. (2017). Pengolahan Limbah Kantong Plastik Jenis Kresek Menjadi Bahan Bakar Menggunakan Proses Pirolysis. *Jurnal Energi Elektrik*, 4(1).
- Pinzi, S., Leiva, D., Arzamendi, G., Gandia, L. M., & Dorado, M. P. (2011). Multiple response optimization of vegetable oils fatty acid composition to improve biodiesel physical properties. *Bioresource technology*, 102(15), 7280-7288.
- Prak, D. L., Cooke, J., Dickerson, T., McDaniel, A., & Cowart, J. (2021). Cetane number, derived cetane number, and cetane index: When correlations fail to predict combustibility. *Fuel*, 289, 119963.
- Ramírez-Verduzco, L. F., Rodríguez-Rodríguez, J. E.,

- & del Rayo Jaramillo-Jacob, A. (2012). Predicting cetane number, kinematic viscosity, density and higher heating value of biodiesel from its fatty acid methyl ester composition. *Fuel*, *91*(1), 102-111.
- Rao, G. L. N., Ramadhas, A. S., Nallusamy, N., & Sakthivel, P. (2010). Relationships among the physical properties of biodiesel and engine fuel system design requirement. *International journal of energy and environment*, *1*(5), 919-926.
- Risberg, P., Kalghatgi, G., Ångstrom, H. E., & Wåhlin, F. (2005). Auto-ignition quality of diesel-like fuels in HCCI engines. *SAE transactions*, 883-893.
- Sivaramakrishnan, K., & Ravikumar, P. (2012). Determination of cetane number of biodiesel and its influence on physical properties. *ARPJ journal of engineering and applied sciences*, *7*(2), 205-211.
- Standard, A. S. T. M. (2008). D613, Standard test method for cetane number of diesel fuel oil. *ASTM International, West Conshohocken, PA*.
- Suppes, G. J., Chen, Z., Rui, Y., Mason, M., & Heppert, J. A. (1999). Synthesis and cetane improver performance of fatty acid glycol nitrates. *Fuel*, *78*(1), 73-81.
- Suryanarayanan, S., Janakiraman, V. M., Sekar, J., Lakshmi, G., & Rao, N. (2007, January). Prediction of cetane number of a biodiesel based on physical properties and a study of their influence on cetane number. In *2007 Fuels and Emissions Conference* (No. 2007-01-0077).
- Szybist, J. P., Boehman, A. L., Taylor, J. D., & McCormick, R. L. (2005). Evaluation of formulation strategies to eliminate the biodiesel NOx effect. *Fuel Processing Technology*, *86*(10), 1109-1126.
- Xing-Cai, L., Jian-Guang, Y., Wu-Gao, Z., & Zhen, H. (2004). Effect of cetane number improver on heat release rate and emissions of high speed diesel engine fueled with ethanol–diesel blend fuel. *Fuel*, *83*(14-15), 2013-2020.
- Yang, C., Wang, Z. D., Hollebone, B. P., Peng, X., Fingas, M., & Landriault, M. (2006). GC/MS quantitation of diamondoid compounds in crude oils and petroleum products. *Environmental Forensics*, *7*(4), 377-390.