

Improvement Of Droplet Combustion Speed Of Kapuk Randu Oil With Addition Of Cengkeh Oil As Catalyst

Purnami^{1,*}, ING Wardana¹, Widya Wijayanti¹

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Jalan MT. Haryono No.167 Malang

*Corresponding author: purnami.ftub@ub.ac.id

Abstract : Kapok randu oil (Ceiba Pertandra oil) is a non-food vegetable oil that has the potential to become an alternative fuel for biodiesel. Kapok randu oil can not be directly used as alternative fuel because the burning process is very slow, so it is necessary to add a substance or catalyst to accelerate the combustion reaction. In this study the catalysts used to accelerate the combustion reactions were minyak cengkeh (clove oil). Selection of clove oil as a catalyst because it contains eugenol compounds. Eugenol is an aromatic compound that has a cyclic carbon chain or a conjugated cyclic ring. This cyclic ring produces a magnet field which is expected to affect the combustion process. This research was conducted to see the effect of clove oil catalyst to the burning speed of droplet combustion of kapok randu oil. Variations of clove oil content of kapok randu oil were added at 0 ppm, 100 ppm and 300 ppm respectively. The firing rate of fire can be determined by comparing the major changes in the initial diameter of droplet until the droplet burns out. The faster the droplet diameter decreases, it means the faster the burning reaction occurs. Based on the analysis of research data, the addition of clove oil catalysts affect the speed of droplet burning of kapok randu oil. Increasing levels of clove oil cause an increase in the speed of combustion of kapok oil droplets, accompanied by a decrease in combustion temperature.

Abstrak. Minyak kapuk randu adalah minyak nabati nonpangan yang berpotensi menjadi bahan bakar alternatif untuk biodiesel. Kapuk randu minyak tidak dapat langsung digunakan sebagai bahan bakar alternatif karena proses pembakaran sangat lambat, sehingga perlu menambahkan zat atau katalis untuk mempercepat reaksi pembakaran. Dalam studi ini, katalis yang digunakan untuk mempercepat reaksi pembakaran adalah minyak cengkeh. Pemilihan minyak cengkeh sebagai katalis karena mengandung senyawa eugenol. Eugenol merupakan senyawa aromatik yang memiliki rantai karbon siklik atau cincin siklik yang terkonjugasi. Cincin siklik ini menghasilkan medan magnet yang diharapkan mempengaruhi proses pembakaran. Penelitian ini dilakukan untuk melihat pengaruh katalis minyak cengkeh terhadap kecepatan pembakaran droplet pembakaran minyak kapuk randu. Variasi kandungan minyak cengkeh ditambahkan pada 0 ppm, 100 ppm dan 300 ppm terhadap minyak kapuk randu. Tingkat pembakaran dapat ditentukan dengan membandingkan perubahan diameter awal sampai semua minyak habis terbakar. Semakin cepat diameter droplet menurun, itu berarti semakin cepat reaksi pembakaran terjadi. Berdasarkan analisis data penelitian, penambahan katalis minyak cengkeh berpengaruh terhadap kecepatan droplet pembakaran minyak kapuk randu. Peningkatan kadar minyak cengkeh menyebabkan peningkatan kecepatan pembakaran droplet minyak kapuk randu disertai dengan penurunan temperatur pembakaran.

Keywords: Minyak kapuk randu, ceiba pertandra oil, minyak cengkeh, droplet, catalyst, burning speed.

© 2018. BKSTM-Indonesia. All rights reserved

Pendahuluan

Dikarenakan semakin bertambahnya kebutuhan manusia terhadap penggunaan minyak bumi sebagai bakar, kandungan minyak bumi di dunia semakin menipis sehingga diprediksi cadangan minyak bumi hanya cukup untuk beberapa tahun ke depan. Hasil simulasi dengan model sistem dinamik menunjukkan bahwa sampai tahun 2016 penyediaan BBM dapat memenuhi konsumsi BBM. Tahun 2017 sampai tahun 2025, penyediaan BBM tidak dapat memenuhi konsumsi

BBM dalam negeri. Hal ini dikarenakan peningkatan konsumsi BBM melebihi peningkatan penyediaan BBM. Peningkatan konsumsi BBM menyebabkan peningkatan emisi CO₂ dari pembakaran BBM. Pada tahun 2025, diperkirakan penyediaan BBM mencapai 672.55 juta barel, konsumsi BBM mencapai 752.72 juta barel dan emisi CO₂ mencapai 360 miliar ton [1].

Dengan kondisi konsumsi BBM yang lebih besar dari ketersediaan BBM tersebut tersebut diperlukan upaya untuk menanggulanginya, yaitu dengan membuat sumber energi baru atau sumber

energi alternatif yang dapat diperbarui (renewable). Salah satu sumber energi yang dapat diperbarui yang sedang dikembangkan adalah penggunaan bahan bakar minyak nabati. Minyak nabati adalah minyak yang diekstrak dari berbagai bagian tumbuhan yang berpotensi untuk dikembangkan menjadi suatu bentuk energi bahan bakar yang disebut biodiesel.

Bahan bakar minyak nabati terbagi menjadi bahan bakar minyak nabati pangan contohnya yaitu minyak kelapa sawit, minyak jagung, minyak kedelai, dll. Yang kedua yaitu bahan bakar minyak nabati non pangan, penggunaan minyak nabati non pangan sebagai bahan bakar tidak akan mempengaruhi ketersediaan bahan pangan yang dapat dikonsumsi sehari-hari. Salah satu minyak nabati non pangan yang berpotensi menjadi bahan bakar adalah minyak kapuk randu (*Ceiba Pentandra*).

Kelebihan dari minyak kapuk randu adalah bahan baku dari minyak yaitu biji kapuk adalah bahan yang mudah didapatkan dengan harga yang relatif murah, karena pemanfaatan tanaman kapuk sediri umumnya berasal dari serat kapuk yang digunakan sebagai bahan isian bantal dan kasur, sedangkan biji kapuk masih belum begitu dimanfaatkan.

Tetapi penggunaan minyak kapuk randu sebagai bahan bakar tidak bisa digunakan secara langsung dikarenakan kandungan penyusun minyak kapuk randu sebagian besar berupa asam lemak tidak jenuh dapat menimbulkan reaksi pembakaran yang lambat. Minyak biji kapuk terdiri dari campuran triester gliserol dan asam lemak yang secara umum disebut trigliserida (triglyceride).

Minyak biji kapuk memiliki 15-20% asam lemak jenuh dan 80-85% asal lemak tidak jenuh [2]. Maka dari itu dibutuhkan pencampuran dengan bahan lain sebagai katalis untuk mempercepat reaksi pembakaran yang terjadi di minyak kapuk randu. Pada penelitian ini katalis yang digunakan untuk mempercepat reaksi pembakaran minyak kapuk randu adalah katalis minyak cengkeh.

Minyak cengkeh dapat larut dalam minyak bensin dan hasil analisis terhadap komponen penyusunnya banyak mengandung atom oksigen [3]. Atom oksigen dalam minyak cengkeh sebagian besar terletak pada struktur eugenol. Jadi dalam proses pembakaran struktur eugenol ini yang akan mempengaruhi struktur penyusun dari minyak kapuk randu sehingga menyebabkan kecepatan reaksi pembakaran meningkat. Eugenol merupakan senyawa aromatik yang memiliki rantai karbon siklik atau cincin siklik yang terkonjugasi. Selain atom oksigen, rantai karbon siklik pada eugenol ini yang nantinya dapat mempengaruhi reaksi

pembakaran droplet dengan cara menurunkan kekuatan ikatan antar molekul penyusun minyak kapuk randu.

Rantai karbon siklik pada eugenol dapat menghasilkan medan magnet lemah akibat adanya delokalisasi elektron yang terjadi dalam rantai karbon siklik. Medan magnet dapat menyebabkan orbit elektron pada molekul menjadi lonjong karena pengaruh gaya tarik medan magnet, semakin lonjong maka jarak antar elektron akan semakin jauh dan akibatnya energi dionisasi akan semakin kecil [4]. Medan magnet ini mengganggu pergerakan elektron-elektron pada molekul asam lemak yang mengakibatkan elektron tersebut keluar dari orbitnya sehingga ikatan asam lemak melemah dan saling menjauh satu sama lain, hal tersebut mengakibatkan ikatan antar molekul asam lemak semakin mudah putus. Elektron yang keluar dari orbit asam lemak tadi mengakibatkan asam lemak hanya memiliki proton dan bermuatan positif. Saat proses pembakaran, oksigen yang ada memiliki keelektronegatifan yang tinggi sehingga dapat menarik elektron berpindah ke oksigen sehingga oksigen lebih bermuatan negatif. Ketika oksigen yang bermuatan negatif bereaksi dengan asam lemak yang bermuatan positif akan mengakibatkan gaya tarik menarik secara masif. Gaya tarik menarik ini mengakibatkan terjadinya tumbukan antar molekul yang bisa mempercepat reaksi pembakaran.

Sedangkan atom Oksigen yang ada pada eugenol berperan sebagai oksidator yang cenderung menarik atom Hidrogen dari asam linoleat yang dimiliki minyak kapuk randu sehingga membentuk ikatan hidrogen pada lapisan terluar dikarenakan adanya beda potensial. Dengan adanya gaya tarik menarik antar molekul ini dan ditambah dengan adanya oksigen yang besar saat proses pembakaran mengakibatkan campuran minyak kapuk dan minyak cengkeh ini semakin reaktif dan membuat kecepatan pembakaran semakin meningkat.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk membandingkan kecepatan api pembakaran droplet yang terjadi pada campuran minyak cengkeh dan minyak kapuk randu, campuran karbon aktif dan minyak kapuk randu serta campuran dari minyak cengkeh dan karbon aktif dengan minyak kapuk randu.

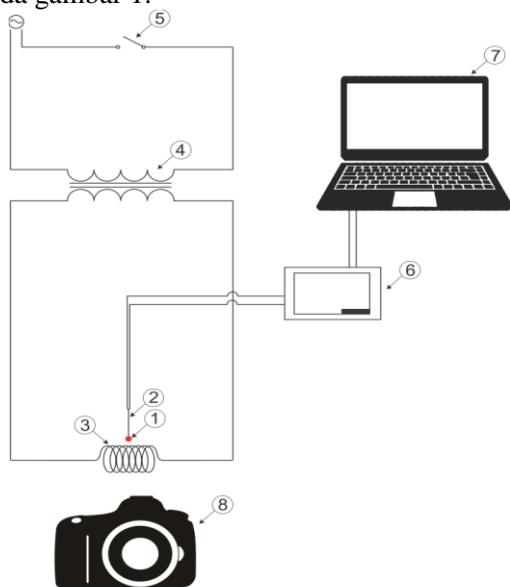
Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimental nyata (true experimental research) dengan membandingkan suatu sampel pengujian dengan perlakuan dan tanpa perlakuan serta mencari hubungan sebab akibatnya. Variabel bebas

yang digunakan dalam penelitian ini adalah penambahan konsentrasi minyak cengkeh terhadap minyak kapuk randu sebesar 0 ppm, 100 ppm, dan 300 ppm.

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kecepatan api pembakaran pada proses pembakaran droplet campuran minyak kapuk randu dan minyak cengkeh.

Dalam penelitian ini dilakukan dalam suhu ruang sebesar 27°C - 35°C. Pembakaran droplet dipanaskan dengan menggunakan heater berupa kumparan elektrik kawat Ni-Cr dengan hambatan kumparan sebesar 1,02 ohm dan berdiameter 0,7 mm. Arus listrik heater yang digunakan sebesar 220 V. Droplet diletakkan diatas thermocouple yang terbuat dari Pt/Rh13% dengan diameter 0,1 mm. Thermocouple berada diatas heater dengan jarak 2,5 mm. Kamera yang digunakan untuk merekam proses pembakaran droplet adalah kamera Casio HS Exilim dengan kecepatan perekaman sebesar 120 fps. Data logger dihubungkan pada thermocouple digunakan untuk menyesuaikan temperatur thermocouple sebelum dilakukan pembakaran sampel droplet selanjutnya. Skema alat yang digunakan dalam penelitian ini dalam dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Skema alat penelitian

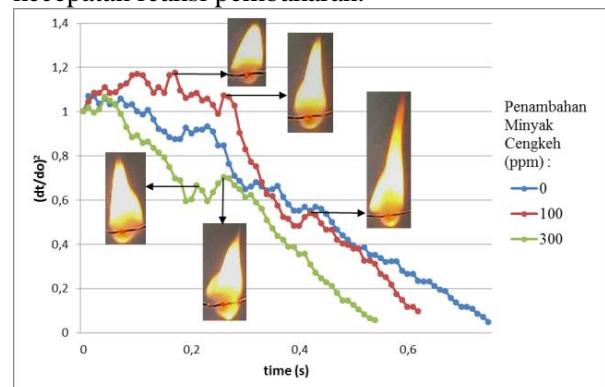
Dengan:

1. Droplet
2. Thermocouple
3. Elemen Pemanas
4. Transformator/Trafo
5. Saklar
6. Data Logger
7. Laptop/Komputer
8. Kamera

Hasil dan Pembahasan

Pengaruh penambahan minyak cengkeh terhadap kecepatan api pembakaran minyak kapuk randu dapat dilihat pada gambar 2.

Pada gambar 2. terlihat bahwa kecepatan api pembakaran pada penambahan 300 ppm minyak cengkeh lebih cepat dibandingkan minyak kapuk randu tanpa campuran minyak cengkeh sedangkan pada penambahan 100 ppm minyak cengkeh mengalami pemuaian di awal yang ditandai dengan diameter droplet yang meningkat. Hal tersebut dikarenakan minyak cengkeh memiliki medan magnet yang akan mempengaruhi pergerakan elektron dari minyak kapuk randu sehingga ikatan asam lemak minyak kapuk randu akan merenggang atau memutus ikatan yang dapat mempengaruhi kecepatan reaksi pembakaran.



Gambar 2. Perbandingan kecepatan reaksi pembakaran minyak kapuk randu terhadap variasi penambahan konsentrasi minyak cengkeh

Medan magnet pada 100 ppm minyak cengkeh lebih lemah daripada medan magnet 300 ppm minyak cengkeh. Hal tersebut mengakibatkan pada penambahan 100 ppm minyak cengkeh medan magnet hanya melemahkan ikatan molekul asam lemak sehingga saat proses pembakaran akan terjadi daya tarik menarik secara periodik dan mengakibatkan diameter *droplet* meningkat.

Sedangkan pada penambahan 300 ppm minyak cengkeh, medan magnet yang ada lebih kuat sehingga mampu memutus ikatan molekul asam lemak, ikatan asam lemak yang sudah terputus membutuhkan energi aktivasi yang lebih kecil untuk bereaksi. Sehingga hal tersebut membuktikan bahwa dengan seiring bertambahnya konsentrasi minyak cengkeh sebagai katalis dapat mempercepat reaksi pembakaran minyak kapuk randu karena energi aktivasi yang dibutuhkan semakin sedikit.

Selain itu pada gambar 2. juga terlihat adanya kenaikan diameter pada titik tertentu setelah

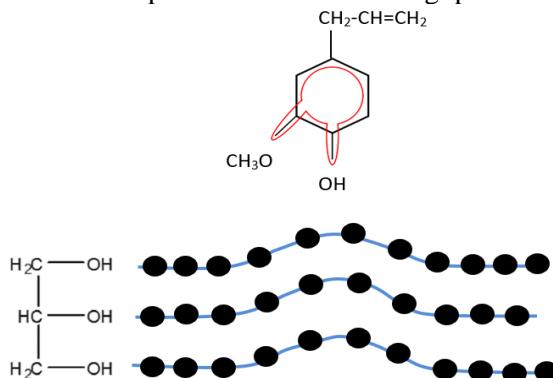
adanya penurunan diameter, hal tersebut diakibatkan oleh terjadinya *microexplosion* yang dikarenakan terdapat perbedaan *boiling point* dari macam-macam asam lemak penyusun minyak kapuk randu. Saat energi panas yang diberikan semakin meningkat, asam lemak dengan *boiling point* rendah akan lebih mudah menguap dan membentuk gelembung di dalam *droplet*, kemudian gelembung tersebut pecah sehingga membentuk percikan api samping. Percikan api di samping tersebut yang dikenal sebagai *microexplosion* [5].

Kecepat api pembakaran ditandai dengan kecenderungan bentuk atau kemiringan grafik dari perubahan diameter droplet yang lebih curam. Untuk mengetahui lebih pasti nilai kecepatan pembakaran diperlukan perhitungan yaitu dengan mensubstitusikan burning lifetime dan diameter *droplet* ke persamaan kecepatan pembakaran.

$$K_C = - \left(\frac{Dt^2 - Do^2}{t} \right) \quad (1)$$

Dari hasil perhitungan, didapatkan kecepatan pembakaran untuk penambahan 0 ppm minyak cengkeh adalah $1,76 \text{ mm}^2/\text{s}$, 100 ppm minyak cengkeh adalah $1,79 \text{ mm}^2/\text{s}$; 300 ppm minyak cengkeh adalah $1,88 \text{ mm}^2/\text{s}$.

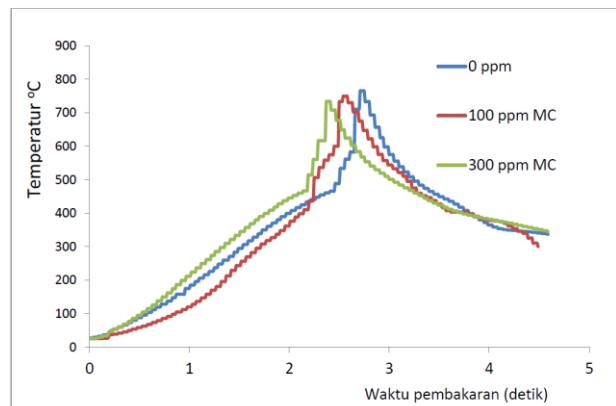
Peningkatan kecepatan pembakaran ini dapat dijelaskan sebagai berikut. Eugenol pada minyak cengkeh memiliki resonansi pada ikatan karbon siklik yang dapat menghasilkan medan magnet. Medan magnet ini mengganggu pergerakan elektron-elektron pada molekul asam lemak yang mengakibatkan elektron tersebut keluar dari orbitnya sehingga ikatan asam lemak melemah dan saling menjauh satu sama lain seperti yang diilustrasikan pada Gambar 3 hal tersebut mengakibatkan ikatan antar molekul asam lemak semakin mudah terputus ketika diberi energi panas.



Gambar 3. Ilustrasi pengaruh resonansi eugenol yang menimbulkan medan magnet terhadap ikatan asam lemak

Elektron yang keluar dari orbit asam lemak tadi mengakibatkan asam lemak hanya memiliki proton dan bermuatan positif. Saat proses pembakaran, oksigen yang ada memiliki keelektronegatifan yang tinggi sehingga dapat menarik elektron berpindah ke oksigen sehingga oksigen lebih bermuatan negatif.

Ketika oksigen yang bermuatan negatif bereaksi dengan asam lemak yang bermuatan positif mengakibatkan gaya tarik menarik secara masif. Gaya tarik menarik ini mengakibatkan terjadinya tumbukan antar molekul yang bisa mempercepat reaksi pembakaran.



Gambar 4. Grafik hubungan waktu dan temperatur pembakaran

Akibat yang timbul dari bertambahnya kecepatan pembakaran adalah turunnya temperatur maksimal pembakaran. Ini bisa dilihat pada gambar 4. Dari data pengukuran didapatkan tambahan 0 ppm minyak cengkeh menghasilkan temperatur 765 °C, 100 ppm menghasilkan temperatur 749 °C, dan 300 ppm menghasilkan temperatur 733 °C. Penurunan ini terjadi karena pembakaran berjalan dalam kecepatan yang lebih tinggi, sehingga temperatur yang dihasilkan tidak bisa mencapai temperatur maksimal.

Kesimpulan

Penambahan katalis minyak cengkeh dan karbon aktif mempengaruhi kecepatan pembakaran droplet minyak kapuk randu. Semakin bertambahnya kadar minyak cengkeh semakin mempercepat proses pembakaran droplet minyak kapuk randu. Hal tersebut karena kandungan Eugenol pada minyak cengkeh menhasilkan medan magnet sehingga berpengaruh terhadap pelepasan ion pada minyak kapuk randu. Pada penelitian ini penambahan minyak cengkeh 300 ppm menghasilkan kecepatan pembakaran tertinggi sebesar $1,88 \text{ mm}^2/\text{s}$ tetapi mengalami penurunan temperatur pembakaran menjadi 733°C .

Penghargaan

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Nella Yunita S yang telah memberikan bantuan dalam penulisan makalah ini

Referensi

- [1] Sa'adah, A. (2016). Analisis Penyediaan dan Konsumsi Bahan Bakar Minyak Indonesia. MT-Economic and Management. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- [2] Yuniwati, M. (2012). Produksi Minyak Biji Kapuk dalam Usaha Pemanfaatan Biji Kapuk sebagai Sumber Minyak Nabati. Jurnal Teknologi Technoscientia. Yogyakarta: Institut Sains dan Teknologi AKPRIND.
- [3] Kadarohman, Asep. (2009). Eksplorasi Minyak Atsiri Sebagai Bioaditif Bahan Bakar Solar. Jurnal Pengajaran MIPA. 14/2.
- [4] Wardana , I.N.G. (2008). Bahan Bakar Dan Teknologi Pembakaran. Malang: PT. Danar Wijaya-Brawijaya University Press.
- [5] Rosyadi, B. (2014). Burning Rate Constants and Microexplosion Phenomena Measurements of Droplet Combustion.Jurnal Rekayasa Mesin. Taiwan: National Central University