

## STUDI PENGGUNAAN ULTRASONIK UNTUK TRANSESTERIFIKASI MINYAK

Bambang Susilo\*

\*Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya

### ABSTRAK

Biodiesel merupakan salah satu energi alternatif terbarukan pengganti solar. Penelitian proses transesterifikasi minyak tanaman menjadi biodiesel dengan perlakuan panas dan aplikasinya pada motor diesel sudah banyak dilakukan. Percobaan transesterifikasi menggunakan ultrasonik dimaksudkan untuk mencari alternatif lain proses transesterifikasi tanpa menggunakan panas langsung dan diharapkan bisa mengurangi input energi proses. Percobaan dilakukan dengan bahan minyak tanaman dan metanol dengan katalis KOH menggunakan pembangkit gelombang ultrasonik dengan frekwensi 19,3 kHz dan frekuensi 29,53 kHz. Percobaan dilakukan dengan waktu proses 5 menit, 10 menit dan 15 menit dan volume minyak goreng 200 ml, 300 ml, dan 400 ml. Tanpa input panas langsung terjadi laju kenaikan suhu rata-rata pada percobaan dengan 200 ml, 300 ml, dan 400 ml masing masing 4,2 °C/menit, 3,9 °C/menit dan 3,4 °C/menit. Input energi proses rata-rata sebesar 770,2 kJ/liter biodiesel pada frekwensi 29.53 kHz dan 473,4 kJ/liter biodiesel pada frekwensi 19,23 kHz dengan waktu proses 5 sampai dengan 15 menit.

### PENDAHULUAN

Sebagian besar sumber bahan bakar untuk pembangkit energi mekanik motor bakar di dunia pada umumnya dan di Indonesia khususnya menggunakan solar sebagai bahan utamanya, sehingga kebutuhan solar terus meningkat. Pada sisi lain persediaan sumber tambang minyak mineral sebagai bahan baku tidak terbarukan semakin menipis. Cadangan bahan tambang minyak Indonesia disinyalir akan habis dalam kurun beberapa tahun kedepan dikarenakan eksplorasinya yang berlebihan, dan paling lambat tahun 2015 Indonesia akan menjadi importir murni solar.

Rudolf Diesel menggunakan minyak bunga matahari sebagai bahan bakar pada awal uji coba motor injeksi penemuannya. Eksploitasi minyak mineral yang relative jauh lebih murah dan dalam jumlah yang besar menjadikan bahan bakar minyak tanaman ini ditinggalkan. Namun demikian dengan adanya embargo OPEC dan krisis energi pada tahun 1970, penelitian pemanfaatan minyak tanaman sebagai pengganti minyak diesel di negara maju kembali intensif. Indonesia merupakan negara yang terlambat mengembangkan biodiesel meskipun potensi sumberdaya alam biodiesel sangat besar.

Proses produksi pengolahan biodiesel untuk bahan baku minyak tanaman dengan kandungan asam lemak bebas rendah umumnya menggunakan

perlakuan panas dan katalis basa sedangkan untuk minyak tanaman dengan kandungan asam lemak bebas tinggi menggunakan perlakuan pendahuluan penetralan atau dengan perlakuan pendahuluan esterifikasi dengan katalis asam. Proses tersebut menggunakan pengadukan secara mekanis pada sistem batch dan menggunakan pengadukan sistem orifice pada proses yang kontinyu.

Percobaan ini diarahkankan untuk mencari alternatif lain proses transesterifikasi tanpa input panas langsung dan tanpa pengadukan mekanis. Penggunaan gelombang ultrasonik diharapkan bisa mendapatkan proses dengan input energi lebih rendah dan waktu proses lebih pendek dibandingkan dengan proses konvensional.

Gelombang ultrasonik adalah gelombang akustik dengan frekuensi lebih besar dari 18 kHz. Oleh karena frekuensinya di luar ambang batas kemampuan pendengaran manusia, maka seperti halnya gelombang infra sonik gelombang ultrasonik juga tidak mampu dideteksi oleh indra pendengaran manusia.

Batas atas frekuensi dari gelombang ultrasonik masih belum ditentukan dengan jelas. Yang dapat diketahui adalah daerah frekuensi yang biasa dipakai dalam berbagai macam penggunaan. Di dalam penggunaan yang memerlukan intensitas tinggi (macrosonic) biasanya digunakan frekuensi dari puluhan hingga ratusan kilohertz. Aplikasi di bidang kedokteran misalnya *ultrasonography* dan uji tak merusak biasanya digunakan gelombang ultrasonik dengan frekuensi antara 1 megahertz sampai dengan 10 megahertz. Gelombang ultrasonik dengan frekuensi sangat tinggi disebut sebagai *microwave ultrasonics*.

## METODA PERCOBAAN

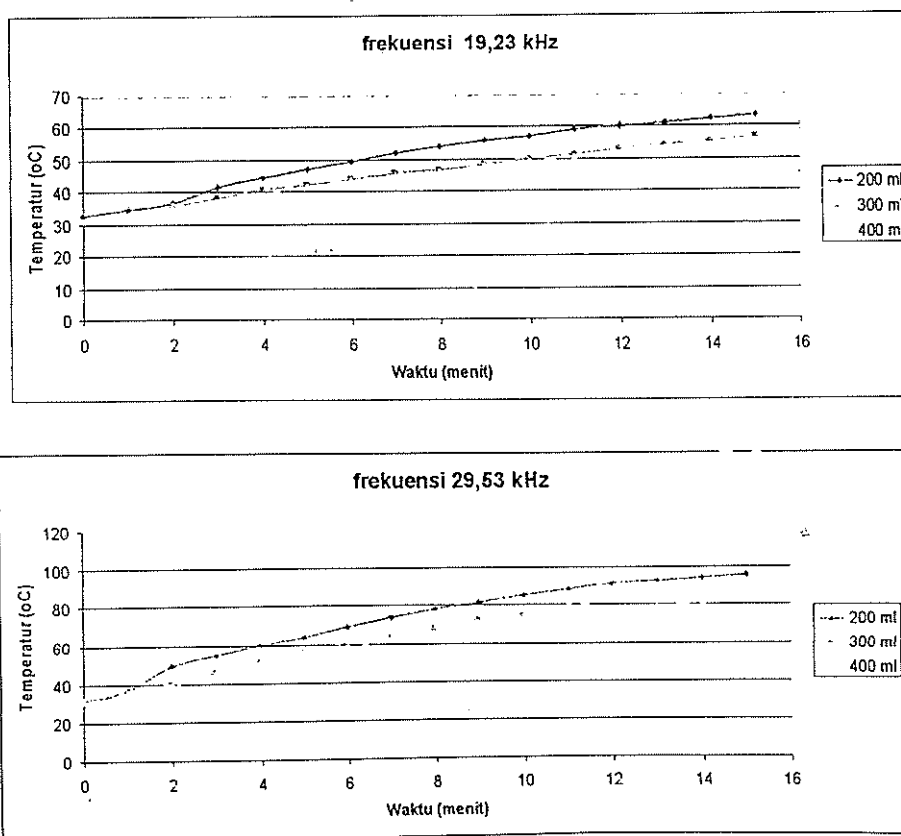
Bahan utama dalam penelitian ini adalah minyak goreng merk bimoli, metanol dan katalis KOH. Alat yang digunakan antara lain gelas ukur (1000 ml, 500 ml dan 200 ml), braun sonic 2000, termometer, Oscilloscope, dan timer. Braunsonic 2000 mampu membangkitkan gelombang ultrasonik pada dua level. Oscilloscope digunakan untuk mengukur frekwensi gelombang ultrasonik yang dibangkitkan braunsonic.

Percobaan dimulai dengan mencampurkan metanol dengan katalis KOH dan selanjutnya dicampur dengan minyak goreng. Proses pencampuran dilakukan pada suhu kamar. Proses selanjutnya adalah mencelupkan tanduk getar braunsonik pada campuran dan kemudian braunsonic dinyalakan sehingga terjadi getaran ultrasonik pada campuran.

Volume minyak goreng dalam percobaan ini ada tiga level yaitu 200 ml, 300 ml dan 400 ml. Metanol dan katalis KOH yang digunakan dalam percobaan transesterifikasi masing-masing adalah 20% dan 0,75% dari massa minyak goreng yang diproses. Waktu proses transesterifikasi disetel 5 menit, 10 menit dan 15 menit. Pengukuran temperatur proses dilakukan pada setiap menit. Setelah proses sampai pada waktu yang ditentukan, braunsonic dimatikan kemudian produk hasil proses dibiarkan mengendap sehingga terpisah antara ester dengan gliserin yang terbentuk. Pada setiap percobaan dilakukan pengukuran massa ester dan gliserin yang dihasilkan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukuran frekwensi tanduk getar dari braunsonic dengan menggunakan oscilloscope didapatkan data sebesar 19,3 kHz pada frekwensi level bawah dan sebesar 29,53 kHz pada frekuensi level atas. Kedua level frekwensi ini masuk dalam katagori ultrasonic frekwensi rendah.



Gambar 1. Temperatur sistem sebagai fungsi dari waktu dan volume minyak goreng pada frekuensi ultrasonik 19,23 kHz dan 29,53 kHz.

Penggunaan gelombang ultrasonik pada campuran methoksid-minyak goreng meningkatkan temperatur sistem. Kenaikan temperatur ini terjadi baik pada penggunaan level bawah maupun level atas dari frekwensi gelombang ultrasonik yang dibangkitkan braunsonik. Laju kenaikan temperatur rata-rata pada percobaan dengan 200 ml, 300 ml, dan 400 ml masing masing 2,2 °C/menit, 1,9 °C/menit dan 1,7 °C/menit untuk frekuensi 19,23 kHz dan 4,2 °C/menit, 3,9 °C/menit dan 3,4 °C/menit untuk frekuensi getar 29,53 kHz. Peningkatan temperatur diperlihatkan pada Gambar 1.

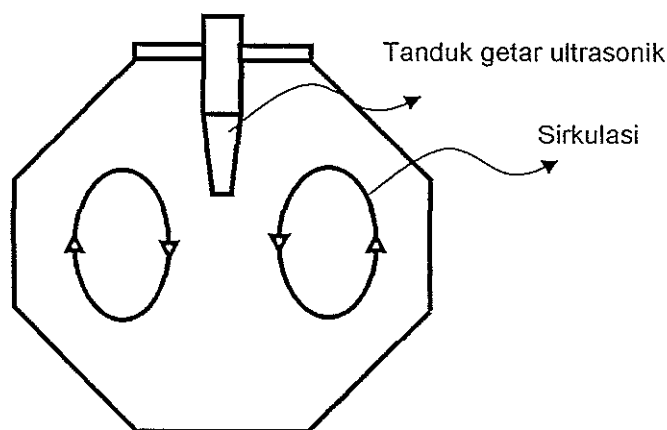
Kenaikan temperatur terjadi tanpa adanya input panas terhadap sistem. Hal ini terjadi karena getaran merupakan input kerja terhadap sistem di mana berdasarkan hukum termodinamika pertama bahwa total energi yang ada pada sistem dan lingkungan adalah konstan. Dalam kasus penggunaan getaran ultrasonik, input kerja didapatkan dari getaran tanduk getar. Input kerja ini mentransformasikan energi ke dalam sistem sehingga meningkatkan energi dalam yang ditunjukkan dengan adanya kenaikan temperatur. Laju perpindahan energi dalam bentuk panas yang keluar dari sistem sebagai akibat perbedaan temperatur sistem yang lebih tinggi dari lingkungan jauh lebih kecil dibandingkan laju masukan energi dari getaran mekanik tanduk getar sehingga kenaikan temperatur terus terjadi.

Peningkatan temperatur sistem memicu terjadinya proses transesterifikasi. Pada proses transesterifikasi konvensional reaksi berlangsung pada temperatur di atas 40 °C dengan bantuan pengaduk mekanis. Kombinasi perlakuan pengadukan dan peningkatan temperatur akan memacu laju reaksi seperti yang dilakukan pada proses konvensional dalam sistem batch maupun sistem kontinyu di mana pada sistem batch menggunakan pengaduk mekanis sedangkan pada sistem kontinyu menggunakan pengadukan dengan sistem orifice.

Suhu yang dicapai pada penggunaan ultrasonik cenderung terus meningkat. Oleh karena itu untuk aplikasinya pada industri diperlukan kontrol temperatur agar tidak terjadi bahaya kebakaran. Tampak dari grafik dalam waktu yang relatif singkat temperaur bisa mendekati 100 °C.

Penggunaan gelombang ultrasonik disamping meningkatkan temperatur proses juga terjadi pencampuran akibat dari getaran mekanik. Menurut Mason (1999) dan Vichare dkk. (2001) penerapan gelombang ultrasonik pada cairan menyebabkan terjadinya medan suara di mana menghasilkan sirkulasi bebas

waktu disebut aliran akustik. Jika aliran ini berskala mikroskopik maka disebut aliran mikro dimana tergantung pada frekuensi ultrasonic, intensitas akustik, viskositas cairan dan geometri reactor. Aliran tersebut secara skematis dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Aliran akustik

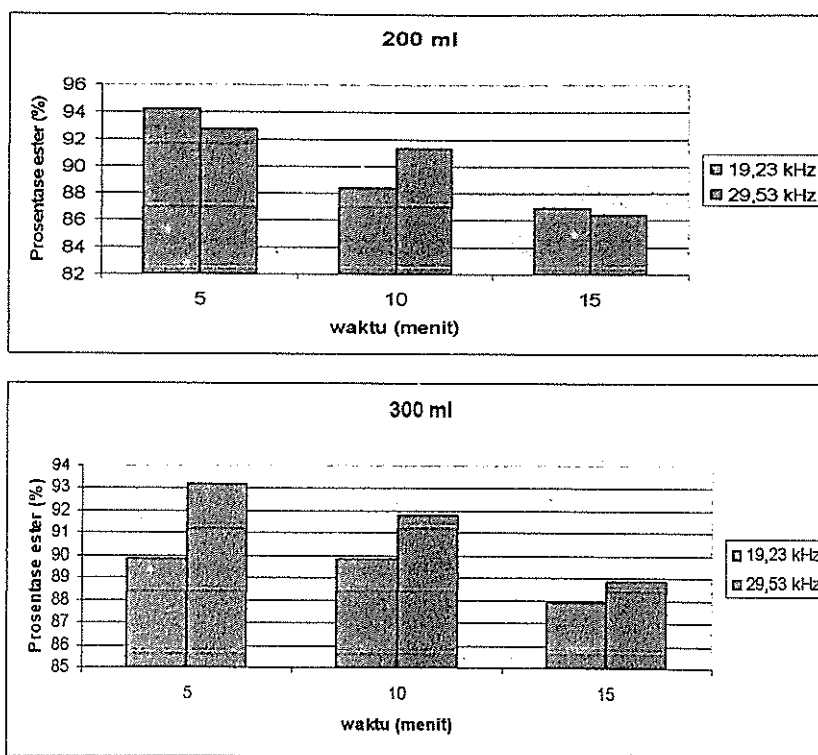
Seperti yang terjadi pada proses transesterifikasi konvensional, penggunaan gelombang ultrasonik mengakibatkan terjadinya kenaikan temperatur serentak dengan proses pengadukan. Oleh karena proses pencampuran bisa terjadi secara mikroskopik seperti yang dikemukakan oleh Mason, maka kontak antara molekul-molekul reaktan menjadi lebih intensif. Dua faktor ini merupakan dua faktor penyebab utama terjadinya proses transesterifikasi.

Hasil percobaan transesterifikasi menggunakan piranti ultrasonik menunjukkan terbentuknya ester dan gliserin dalam waktu proses yang relatif pendek dibandingkan dengan proses dengan pengadukan mekanis. Percobaan pengolahan biodiesel yang dilakukan Nurfitri (2006) proses berlangsung 60 menit sedangkan dengan menggunakan ultrasonik cukup dengan waktu 5-15 menit.

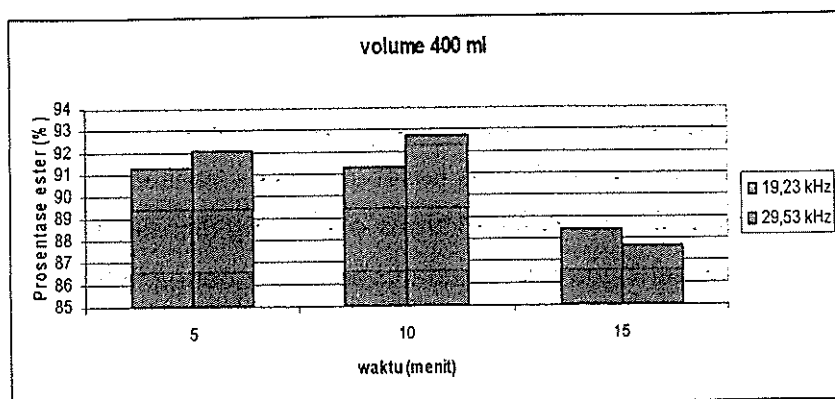
Percobaan penggunaan ultrasonik frekuensi 19,23 kHz dengan waktu proses 5 menit, volume minyak 200 ml, 300 ml dan 400 ml menunjukkan gliserol yang lebih sedikit dan encer. Untuk waktu proses selama 10 menit dengan volume minyak 200 ml, 300 ml dan 400 ml serta penambahan methanol 15 % (% volume) dan katalis 0,75 % (% massa) dihasilkan gliserol yang lebih banyak, berwarna coklat dan pekat.

Proses transesterifikasi dengan pemancaran gelombang ultrasonik selama 10 menit ini terjadi perubahan warna pada bahan sebanyak 4 kali yaitu

pada 3 menit awal berwarna hitam keruh, kemudian setelah  $\pm 5$  menit berwarna kuning bening, setelah  $\pm 7$  menit berwarna kuning keruh dan setelah  $\pm 9$  menit berwarna kuning kehijauan. Perubahan-perubahan warna itu menunjukkan bahwa masih terjadi reaksi pada proses tersebut. Proses transesterifikasi selama 10 menit ini merupakan proses terbaik karena ester yang dihasilkan lebih bening dan gliserolnya pekat sehingga tidak mudah bercampur dengan ester. Selain itu pada proses ini temperatur yang dicapai cukup ideal yaitu  $\pm 52-56^{\circ}\text{C}$  untuk frekuensi 19,23 kHz dan  $\pm 73-86^{\circ}\text{C}$  untuk frekuensi 29,53 kHz dimana kondisi ini merupakan temperature terbaik pada pembuatan biodiesel secara konvensional.



Gambar 3. Pengaruh perbedaan waktu dan frekuensi transesterifikasi terhadap persentase ester yang dihasilkan



Gambar 4. Prosentase ester yang terbentuk pada penggunaan frekuensi 19,23 kHz dan 29,53 kHz.

Prosentase ester maksimum yang terbentuk pada percobaan ada kecenderungan mendekat ke waktu penerapan ultrasonik selama lima menit. Namun demikian dengan meningkatnya kuantitas minyak tanaman, waktu optimal cenderung bergeser ke kanan. Artinya dengan input energi ultrasonik yang sama maka waktu proses optimal pengolahan dibutuhkan waktu yang lebih lama untuk kuantitas minyak tanaman yang lebih besar.

Kebutuhan energi proses transesterifikasi menggunakan gelombang ultrasonik rata-rata sebesar 770,2 kJ/liter biodiesel pada frekwensi 29.53 kHz dan 473,4 kJ/liter biodiesel pada frekwensi 19,23 kHz dengan waktu proses 5 sampai dengan 15 menit. Input energi tersebut masih lebih rendah dibandingkan dengan proses tranesterifikasi konvensional.

## KESIMPULAN

Gelombang ultrasonik bisa digunakan untuk proses transesterifikasi minyak tanaman menjadi biodiesel. Waktu proses bisa berlangsung lebih pendek demikian pula konsumsi energi untuk transesterifikasi menjadi lebih rendah. Ke depan penggunaan ultrasonik bisa menjadi alternatif proses tanpa input panas pada pengolahan biodiesel.

## PUSTAKA

- Kuldiloke, J. 2002. Effect of Ultrasound, Temperature, and Pressure on Enzyme Activity and Quality Indicators of Fruit and Vegetable Juices.
- Mason, T.J. 1999. Sonochemistry. Oksford University Press. New York.
- Prasad, D.V., R. Rajan., R.Kumar, K.S., Gandhi, V.H. Arakeri, dan S. Chandrasekaran. 1994. Modelling a Batch Sonochemical Reactor. Chemical Engineering Science, 49, 6, pp.877-888.
- Susilo, B. 1997. Entwicklung und erprobung eines Filters für die Pflanzenöl Aufbereitung. Fachbereich Agrarwissenschaften, Universitaet Gessamthochshulle Kassel.
- Susilo, B. 2000. Penelitian penurunan viskositas minyak jelantah dengan tranesterifikasi. Penelitian tidak dipublikasikan. Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Brawijaya. Malang.
- Susilo, B. 2006. Biodisel. Pemanfaatan Jarak Pagar Sebagai Alternatif Bahan Bakar. Inovasi dan Teknologi. Trubus Agrisarana. Surabaya. ISBN 979-3842-25-3.
- Trisnobudi, A. 2001. Instrumentasi Ultrasonik. TF-711. ITB Bandung.
- Vellguth G. 1982. Eignung von pflanzenölen und pflanzenölderivaten als kraftstoff für dieselmotore. Grundlagen der Landtechnik Bd. 32 (5), 177-186
- Vichare, N.P., P.R.Gogate, V.Y.Dindore, dan A.B.Pandit. 2001. Mixing time analysis of a sonochemical reactor. Ultrasonic and Sonocchemistry. Vol 8 : 23-33.