

# **APLIKASI GELOMBANG ULTRASONIK UNTUK PENGOLAHAN BIODIESEL DARI JARAK PAGAR (*Jatropha curcas* L.)**

**Bambang Susilo**

Jurusan Teknik Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Univ. Brawijaya, Malang

## **ABSTRAK**

Umumnya pengolahan minyak jarak menjadi biodiesel dengan perlakuan panas pada temperatur antara 50°C s.d. 60°C. Pengolahan biodiesel dari minyak jarak pagar menggunakan gelombang ultrasonik dimaksudkan untuk mencari alternatif lain proses transesterifikasi tanpa menggunakan panas langsung dan diharapkan dapat mengurangi *input* energi proses. Percobaan transesterifikasi minyak jarak dengan katalis KOH menggunakan pembangkit gelombang ultrasonik dengan frekuensi 19,3 kHz dan frekuensi 29,53 kHz. Sebelum dilakukan transesterifikasi, minyak jarak dinetralisir hingga kandungan FFA berkisar 1%. Percobaan dilakukan dengan waktu proses 5 menit, 10 menit, dan 15 menit dan volume minyak jarak yang telah dinetralisir masing-masing 200 ml, 300 ml, dan 400 ml. Penggunaan gelombang ultrasonik meningkatkan suhu reaksi tanpa *input* panas langsung dan kebutuhan energi spesifik pengolahan minyak jarak menjadi biodiesel relatif rendah.

Kata kunci: Jarak pagar, biodiesel, pengolahan, ultrasonik

## **APPLICATION OF AN ULTRASONIC WAVE FOR PROCESSING PHYSIC NUT (*Jatropha curcas* L.) BIODIESEL**

### **ABSTRACT**

Processing of bio-diesel derived from jatropha oil usually uses heat treatment with temperature range of 50–60°C. The use of an ultrasonic wave without direct heat aimed to reduce energy input in trans-esterification process. In this experiment, two levels of ultrasonic wave frequency (19.3 kHz and 29.53 kHz ) were tested with time of exposure were 5, 10, and 20 minutes. KOH was used as a catalyst and 200 ml, 300 ml, and 400 ml of jatropha oil were neutralized to get <1% FFA before treatment. Results of this experiment showed that the use of ultrasonic wave enhanced temperature of reaction process without direct heat. The requirement of specific energy in bio-diesel process using the ultrasonic wave was relatively low.

Key words: Physic nut, bio-diesel, processing, ultrasonic

## **PENDAHULUAN**

Sumber bahan bakar pembangkit energi mekanik motor bakar di dunia pada umumnya dan Indonesia khususnya menggunakan solar sebagai bahan utama. Kebutuhan solar terus meningkat sejalan dengan perkembangan industrialisasi dan peningkatan jumlah penduduk. Pada sisi lain perse-

diaan sumber tambang minyak bumi sebagai bahan bakar tidak terbarukan semakin menipis. Cadangan minyak bumi Indonesia disinyalir akan habis dalam kurun beberapa tahun ke depan karena eksploitasi 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 temuannya. Eksploitasi minyak mineral yang relatif jauh lebih murah dan besar-besaran menjadikan bahan bakar minyak tanaman pada waktu itu mulai ditinggalkan. Namun demikian dengan adanya embargo OPEC dan krisis energi pada tahun 1970, penelitian pemanfaatan minyak tanaman sebagai pengganti minyak diesel di negara importir minyak bumi kembali intensif. Indonesia merupakan negara yang terlambat mengembangkan biodiesel meskipun potensi sumber daya alam biodiesel sangat besar.

Proses produksi biodiesel dari 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 perlakuan pendahuluan esterifikasi dengan katalis asam. Karena proses ini membutuhkan waktu lama maka sering ditemui kesulitan dalam rancang bangun mesin produksi biodiesel dengan sistem kontinu. Proses pengolahan biodiesel umumnya menggunakan pengadukan secara mekanis pada sistem *batch* dan menggunakan pengadukan sistem *orifice* pada proses yang kontinu.

Penelitian ini diarahkan untuk mencari alternatif lain proses transesterifikasi tanpa *input* panas langsung dan tanpa pengadukan mekanis. Penggunaan gelombang ultrasonik diharapkan dapat menghasilkan proses dengan *input* energi lebih rendah dan waktu proses lebih pendek dibandingkan dengan proses konvensional, sehingga proses pengolahan dengan sistem kontinu akan mudah dirancang bangun.

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 infrasonik gelombang ultrasonik juga tidak mampu dideteksi oleh indra pendengaran manusia.

Batas atas frekuensi 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 MHz sampai dengan 10 MHz. Gelombang ultrasonik dengan frekuensi sangat tinggi disebut sebagai *microwave ultrasonics*.

## BAHAN DAN METODE

Bahan utama dalam penelitian ini adalah minyak jarak pagar, metanol, dan katalis KOH. Alat yang digunakan antara lain gelas ukur (1000 ml, 500 ml, dan 200 ml), braunsonic 2000, termometer, *oscilloscope*, dan timer. *Braunsonic* 2000 mampu membangkitkan gelombang ultrasonik pada dua level. *Oscilloscope* digunakan untuk mengukur frekuensi gelombang ultrasonik yang dibangkitkan *braunsonic*.

Percobaan dimulai dengan menganalisa kandungan asam lemak bebas (FFA) dari minyak jarak kemudian asam lemak bebas dinetralkan hingga kandungannya ada pada kisaran 1%. Langkah selanjutnya adalah mencampurkan metanol 15% volume dengan katalis KOH dan selanjutnya dicampur dengan minyak jarak yang telah dinetralkan. Proses pencampuran dilakukan pada suhu kamar. Tanduk getar braunsonic kemudian dicelupkan pada campuran dan kemudian *braunsonic* dinyalakan sehingga terjadi getaran ultrasonik pada campuran.

Volume minyak jarak yang telah dinetralkan 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 0%; 0,3%; 0,75%; dan 1,1%

berat massa dari massa minyak jarak 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 gliserin yang dihasilkan dan digunakan untuk menghitung jumlah ester yang terbentuk.

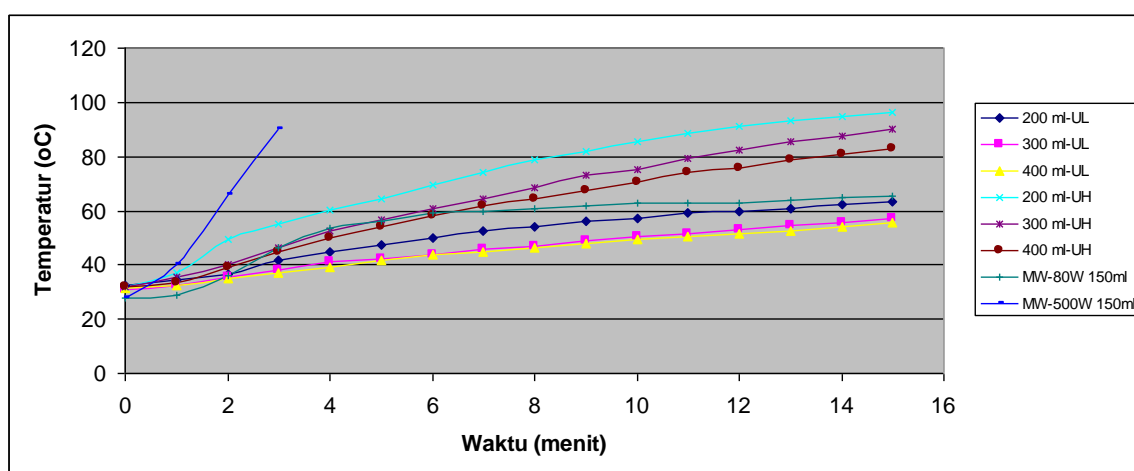
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Frekuensi gelombang ultrasonik dari piranti pembangkit diukur dengan *oscilloscope* dan didapatkan data sebesar 19,3 kHz pada frekuensi level bawah dan sebesar 29,53 kHz pada frekuensi level atas. Kedua level frekuensi ini masuk dalam kategori ultrasonik frekuensi rendah.

Tanduk getar dari *braunsonic* selanjutnya dicelupkan pada minyak jarak yang telah dicampur dengan metoksid pada volume 200 ml, 300 ml, dan 400 ml dan diukur perubahan temperaturnya pada setiap selang waktu 30 detik. Pada saat dicelupkan terjadi rambatan getaran ke seluruh cairan dan ter-

jadi kenaikan temperatur. Gelembung lembut terjadi merata pada seluruh cairan dan terjadi sirkulasi yang tampak sebagai gejala pengadukan. Selama waktu percobaan tampak terjadi perubahan warna cairan dalam beberapa tahapan. Percobaan dihentikan sebelum minyak tanaman mencapai temperatur 100°C karena pada temperatur tersebut sudah melewati titik didih metanol.

Kenaikan temperatur terjadi pada sistem saat gelombang ultrasonik diaplikasikan pada campuran metoksid-minyak jarak. Hal ini terjadi baik pada penggunaan frekuensi level bawah maupun level atas dari frekuensi gelombang ultrasonik yang dibangkitkan *braunsonic*. Laju kenaikan temperatur rata-rata pada percobaan dengan 200 ml, 300 ml, dan 400 ml masing masing 2,1°C/menit, 1,95°C/menit, dan 1,71°C/menit untuk frekuensi 19,23 kHz dan 4,25°C/menit, 3,92°C/menit, dan 3,42°C/menit untuk frekuensi getar 29,53 kHz. (Gambar 1), memperlihatkan laju kenaikan temperatur pada penerapan gelombang ultrasonik dan *microwave*. Tampak aplikasi gelombang ultrasonik dengan frekuensi tinggi menunjukkan laju kenaikan temperatur yang lebih tinggi dan aplikasi *microwave* laju kenaikan temperatur relatif tajam.



Gambar 1. Temperatur sistem sebagai fungsi dari waktu dan volume minyak jarak pada aplikasi frekuensi ultrasonik 19,23 kHz (UL); 29,53 kHz (UH); serta microwave (MW)

Kenaikan temperatur terjadi pada sistem saat gelombang ultrasonik diaplikasikan pada campuran metoksid-minyak jarak. Hal ini terjadi baik pada penggunaan frekuensi level bawah maupun level atas dari frekuensi gelombang ultrasonik yang dibangkitkan *braunsonic*. Laju kenaikan temperatur rata-rata pada percobaan dengan 200 ml, 300 ml, dan 400 ml masing masing 2,1°C/menit, 1,95°C/menit, dan 1,71°C/menit untuk frekuensi 19,23 kHz dan 4,25°C/menit, 3,92°C/menit, dan 3,42°C/menit untuk frekuensi getar 29,53 kHz. (Gambar 1), memperlihatkan laju kenaikan temperatur pada penerapan gelombang ultrasonik dan *microwave*. Tampak aplikasi gelombang ultrasonik dengan frekuensi tinggi menunjukkan laju kenaikan temperatur yang lebih tinggi dan aplikasi *microwave* laju kenaikan temperatur relatif tajam.

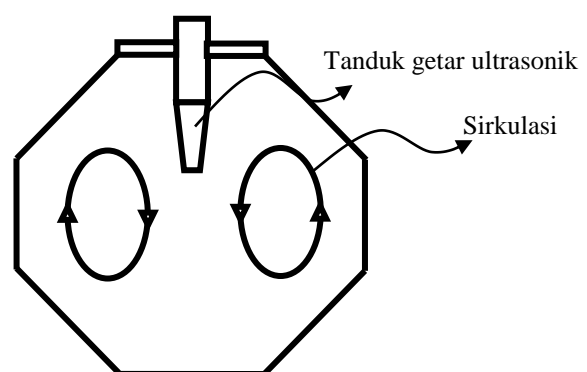
Proses berlangsung tanpa adanya *input* panas terhadap sistem dan kenaikan temperatur terjadi pada sistem. Fenomena ini terjadi karena getaran merupakan *input* kerja terhadap sistem di mana berdasarkan hukum termodinamika pertama bahwa total energi yang ada pada sistem dan lingkungan adalah konstan. Penggunaan getaran ultrasonik menghasilkan *input* kerja yang didapatkan dari getaran mekanik tanduk getar. *Input* kerja ini mentransformasikan energi ke dalam sistem sehingga terjadi akumulasi energi dalam sistem yang ditunjukkan dengan adanya kenaikan temperatur. Sebenarnya di dalam proses juga terjadi perpindahan panas dari sistem ke lingkungan akibat temperatur sistem lebih tinggi dari lingkungan. Namun demikian karena perpindahan energi dalam bentuk panas yang keluar dari sistem lebih kecil dibandingkan laju masukan energi dari getaran mekanik tanduk getar maka kenaikan temperatur terus terjadi dengan laju seperti yang diperlihatkan pada Gambar 1.

Proses transesterifikasi terjadi sebagai konsekuensi dari peningkatan temperatur. Pada proses transesterifikasi konvensional reaksi berlangsung

pada temperatur di atas 50°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 kontinu di mana pada sistem *batch* menggunakan pengaduk mekanis sedangkan pada sistem kontinu 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 temperatur dapat mendekati 100°C.

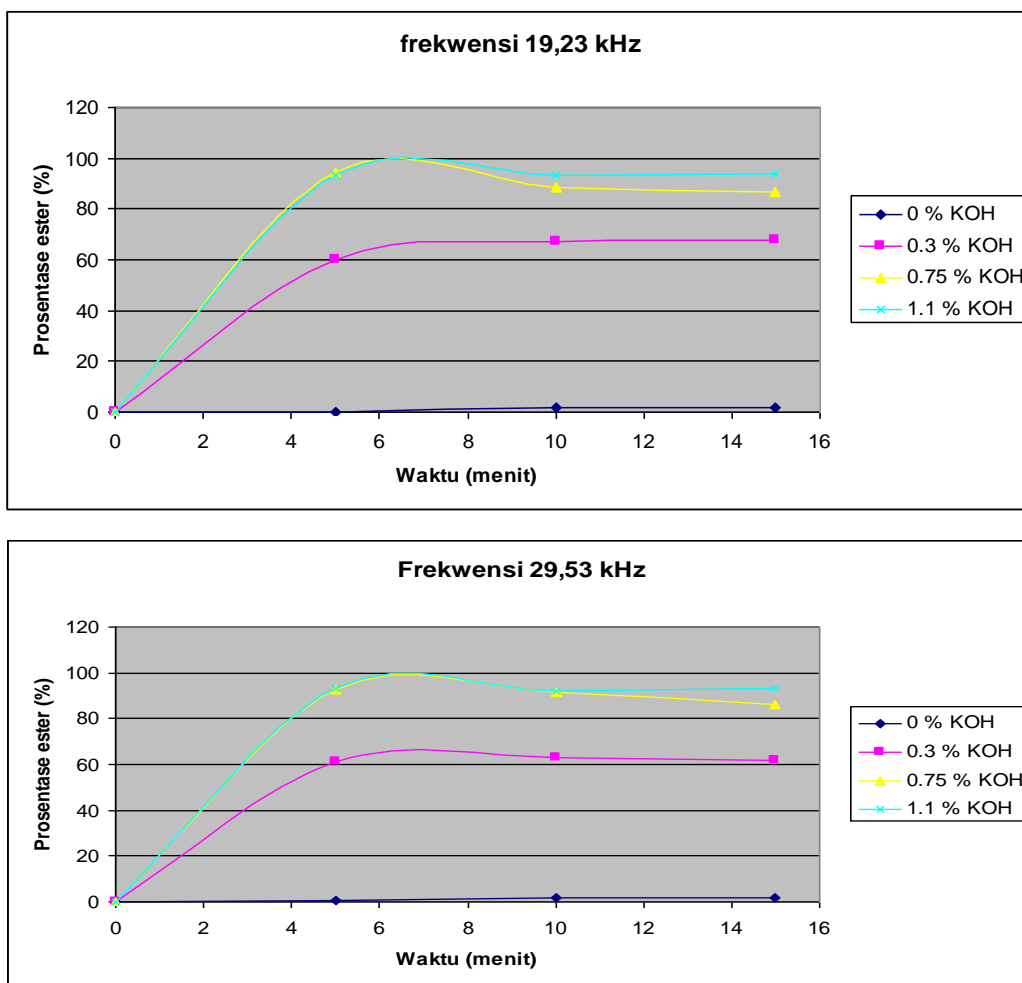
Getaran mekanik dari tanduk getar di samping meningkatkan temperatur proses juga menyebabkan pencampuran. Menurut Mason (1999) dan Vichare *et al.* (2001) penerapan gelombang ultrasonik pada cairan menyebabkan terjadinya medan suara di mana menghasilkan sirkulasi bebas waktu disebut aliran akustik. Jika aliran ini berskala mikroskopik maka disebut aliran mikro di mana tergantung pada frekuensi ultrasonik, intensitas akustik, viskositas cairan, dan geometri reaktor. 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 dapat terjadi secara mikroskopik seperti yang dikemukakan oleh Mason (1999), maka kontak antara molekul-molekul reaktan menjadi lebih intensif. Dua faktor ini merupakan penyebab utama transesterifikasi.

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



Gambar 3. Persentase ester yang terbentuk pada penggunaan frekuensi 19,23 kHz dan 29,53 kHz.

Aplikasi gelombang ultrasonik frekuensi 19,23 kHz selama 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 cokelat dan pekat. Pemakaian katalis 0,3% menghasilkan biodiesel yang relatif sedikit sedangkan percobaan nonkatalis masih belum dapat menghasilkan ester yang signifikan. Aplikasi gelombang ultrasonik pada pengolahan jarak pagar menjadi biodiesel masih tetap membutuhkan katalis.

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 di mana kondisi ini merupakan temperatur terbaik pada pembuatan biodiesel secara konvensional.

Biodiesel maksimum yang terbentuk pada percobaan ada kecenderungan mendekati ke waktu penerapan ultrasonik selama lima menit. Namun demikian dengan meningkatnya kuantitas minyak jarak, 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.

*Input* energi untuk proses transesterifikasi menggunakan gelombang ultrasonik rata-rata sebesar 770,2 kJ/liter biodiesel pada frekuensi 29,53 kHz dan 473,4 kJ/liter biodiesel pada frekuensi 19,23 kHz dengan waktu proses 5 sampai dengan 15 menit. *Input* energi tersebut masih lebih rendah dibandingkan dengan proses transesterifikasi konvensional.

## KESIMPULAN

Aplikasi gelombang ultrasonik dapat digunakan sebagai alternatif transesterifikasi minyak jarak menjadi biodiesel. Waktu proses dapat berlangsung lebih pendek demikian pula konsumsi energi untuk transesterifikasi menjadi lebih rendah. Ke depan penggunaan ultrasonik dapat menjadi alternatif proses tanpa *input* panas langsung pada pengolahan biodiesel.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh Direktorat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Hibah Penugasan Penelitian Desentralisasi Nomor: 017/SP2H/PP/DP2M/III/2007. Dengan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih.

## DAFTAR PUSTAKA

- Mason, T.J. 1999. Sonochemistry. Oxford University Press. New York.
- Nurfitri. 2006. Studi pengolahan biodiesel dari CPO. Skripsi. FTP Universitas Brawijaya. Malang.
- Vichare, N.P., P.R. Gogate, V.Y. Dindore, and A.B. Pandit. 2001. Mixing time analysis of a sonochemical reactor. Ultrasonic and Sonochemistry. Vol. 8:23–33.

## DISKUSI

### 1. Ir. Djajeng Sumangat, M.Sc. (BB Pascapanen, Bogor)

*Pertanyaan:*

- Bagaimana aplikasinya, implikasinya dibandingkan dengan proses kimia atau dengan teknik *microwave*

*Jawab:*

- Ultrasonik untuk jarak pagar secara komersial belum, untuk aplikasi lain sudah banyak misal untuk homogenitas susu, harganya jauh lebih murah (Rp5 juta) daripada menggunakan piston (Rp300 juta), waktunya juga lebih pendek.

### 2. Ir. Nurhidayat, MM. (PTPN XII)

*Pertanyaan:*

- Apa ada peluang untuk dikembangkan menjadi skala ekonomi, kira-kira kapan bisa digunakan.

*Jawab:*

- Belum sempat menghitung nilainya, nanti kalau sudah jadi akan kami informasikan.

### 3. Ir. Suryadi (Dishutbun Bondowoso)

*Pertanyaan:*

- Apakah sudah ada konsep aplikasi alat pengolahan minyak jarak pagar dengan gelombang

ultrasonik, dan sejauh mana tinjauan ekonominya untuk diterapkan pada desa mandiri energi.

- Kelebihan dan kelemahan metode gelombang ultrasonik dalam pengolahan minyak jarak pagar.

*Jawab:*

- Konsep aplikasi sama seperti teknologi pengolahan biodiesel yang sekarang sudah berkembang karena yang membedakan hanya teknik transesterifikasinya. Proses pemurnian sama dengan proses konvensional.
- Biaya operasional aplikasi penggunaan gelombang ultrasonik untuk pengolahan biodiesel jauh lebih murah dibandingkan dengan pengolahan cara konvensional karena waktu pengolahan jauh lebih pendek. Hal ini merupakan konsekuensi dari *input* energi aplikasi gelombang ultrasonik untuk pengolahan biodiesel dari berbagai macam bahan baku minyak tanaman termasuk minyak jarak pagar jauh lebih rendah. Lebih jauh desain untuk proses pengolahan biodiesel akan lebih hemat ruang karena di samping waktu proses sangat pendek, mesin yang dipakai juga jauh lebih kecil.