

INVESTIGASI PENGARUH KAVITASI ULTRASONIK PADA TRANSESTERIFIKASI BIODIESEL (SKALA LAB) UNTUK PENGEMBANGAN ULTRASONIK *MOBILE REACTOR*

Berkah Fajar¹⁾ dan Endang Widayati²⁾

¹⁾ Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik UNDIP

Jl.Prof. Sudarto, Tembalang, Semarang

²⁾ ETC. KEBT dan Konservasi Energi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral

Jl.Poncol No.39, Ciracas, Jakarta Timur

e-mail: berkahfajar@yahoo.com

Abstrak

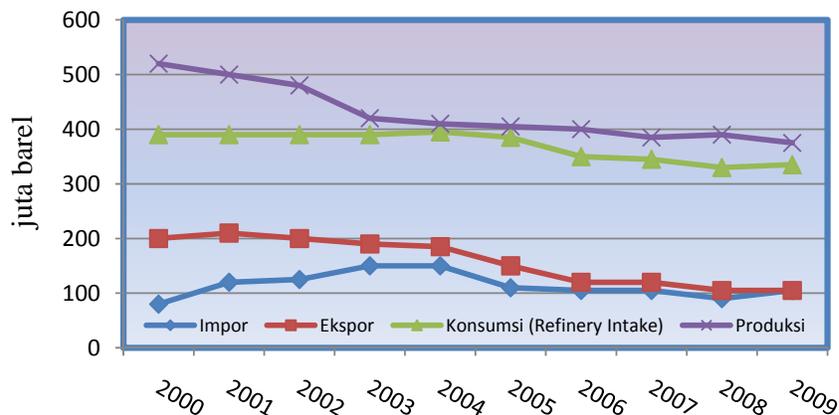
Pengembangan teknologi produksi biodiesel saat ini masih terus diteliti agar biodiesel sebagai sumber energi terbarukan substitusi minyak diesel dapat dihasilkan dengan lebih efisien (energi, waktu dan biaya) dalam rangka green energy dan eco production dan sebagai hasil akhirnya harga keekonomian biodiesel dapat tercapai khususnya di Indonesia. Penggunaan ultrasonik yang dapat menimbulkan efek kavitasi sehingga diharapkan dapat diperoleh suatu teknologi yang lebih efisien merupakan hal yang akan diinvestigasi pada penelitian ini. Kavitasi adalah peristiwa terbentuknya gelembung - gelembung uap di dalam cairan sebagai akibat turunnya tekanan cairan di bawah tekanan uap jenuhnya. Pada penelitian ini dilakukan studi eksperimental untuk mencari frekuensi, waktu dan rasio optimum kemudian dari hasil tersebut digunakan untuk mencari intensitas output yang digunakan sebagai desain ultrasonik mobile reactor. Dari hasil penelitian diperoleh kondisi optimum frekuensi, waktu dan rasio (28 kHz, 20 menit dan 5:1), dan intensitas output/volume yang digunakan untuk desain ultrasonik mobile reactor adalah P_L 0.00028 – 0.00029 dengan diameter tip surface 30mm, surface intensity 1.41528 W/mm².

Kata kunci: kavitasi, ultrasonik, mobile reactor, biodiesel

PENDAHULUAN

Kebutuhan bahan bakar minyak sebagai sumber energi di berbagai sektor seperti transportasi, industri dan komersial yang terus meningkat serta makin menipisnya cadangan bahan bakar minyak fosil menyebabkan makin banyaknya penelitian dan pengembangan sumber energi sebagai substitusi bahan bakar minyak khususnya dari sumber energi yang terbarukan. Kondisi dan kebutuhan bahan bakar minyak di Indonesia dari waktu ke waktu dapat dilihat pada Gambar 1

PRODUKSI MINYAK, KONSUMSI (*REFINERY INTAKE*), EKSPOR DAN IMPOR



Gambar 1 Produksi Minyak, Konsumsi (*Refinery Intake*), Ekspor dan Impor (Statistik Energi Indonesia, Kementerian ESDM, 2009)

Konsumsi bahan bakar minyak dalam hal ini solar di Indonesia sejak tahun 1995 telah melebihi produksi dalam negeri. Indonesia telah mengimpor bahan bakar minyak untuk kebutuhan

negara dengan jumlah yang cukup besar. Data konsumsi bahan bakar minyak jenis solar di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Porsi Konsumsi Solar 1995-2010

Tahun		1995	2000	2005	2010
Transportasi	Milyar liter	6,91	9,69	13,12	18,14
Total	Milyar liter	15,84	21,39	27,05	34,71
Porsi	%	43,62	45,29	48,50	52,27

Sumber data: Pusdatin ESDM 2010 (data diolah)

Ketergantungan Indonesia terhadap minyak bumi sudah saatnya dikurangi, Masalah ini dapat diatasi dengan mengembangkan sumber energi alternatif atau sumber energi terbarukan salah satunya bahan bakar yang dihasilkan dari tanaman atau hewan yang dikenal dengan biodiesel (Baharta, 2007). Biodiesel merupakan bahan bakar yang berupa ester alkil/alkil asam-asam lemak (biasanya ester metil) yang dibuat dari minyak nabati melalui proses trans atau esterifikasi. Penelitian dan pengembangan biodiesel agar dapat berkompetisi dengan solar/*diesel oil* telah banyak dilakukan. Pada paper ini dilakukan penelitian mengenai penggunaan gelombang ultrasonik pada proses produksi biodiesel khususnya proses transesterifikasi (skala laboratorium), kemudian dari hasil dari penelitian skala laboratorium akan digunakan sebagai acuan penelitian untuk skala yang lebih besar yaitu pengembangan ultrasonik *mobile reactor*.

TINJAUAN PUSTAKA

Ultrasonifikasi adalah suatu studi yang mempelajari potensi dan pemanfaatan gelombang suara ultrasonik untuk berbagai aplikasi seperti pada dunia industri, kedokteran, biologi, kimia, proses, fisika dan lain-lain. Beberapa pemanfaatan ultrasonik pada industri antara lain adalah *thermoplastic welding*, ekstraksi, kristalisasi, floatasi, pengeringan, degassing, defoaming, cutting, drilling, soldering, filtrasi, homogenisasi (pengadukan atau pencampuran), desolusi, deagregasi serbuk dan lain-lain. (Mason, 2001; Prince, 1992).

Gelombang ultrasonik dapat merambat dalam medium padat, cair dan gas, hal disebabkan karena gelombang ultrasonik merupakan rambatan energi dan momentum mekanik sehingga merambat sebagai interaksi dengan molekul dan sifat enersia medium yang dilaluinya (Bueche, 1986). Karakteristik gelombang ultrasonik yang melalui medium mengakibatkan getaran partikel dengan medium amplitudo sejajar dengan arah rambat secara longitudinal sehingga menyebabkan partikel medium membentuk rapatan (*strain*) dan tegangan (*stress*). Proses kontinu yang menyebabkan terjadinya rapatan dan regangan di dalam medium disebabkan oleh getaran partikel secara periodik selama gelombang ultrasonik melaluinya (Resnick dan Halliday, 1992). Untuk fluida cair dan gas, osilasi partikel searah dengan arah gelombang dan menghasilkan gelombang longitudinal (Gambar 2.a), sedangkan pada medium padat karena memiliki regangan elastisitas (*shear elasticity*), sehingga menimbulkan tegangan tangensial (*tangential stress*), sehingga arah gerakan partikel tegak lurus pada arah gelombang. (Gambar 2.b)

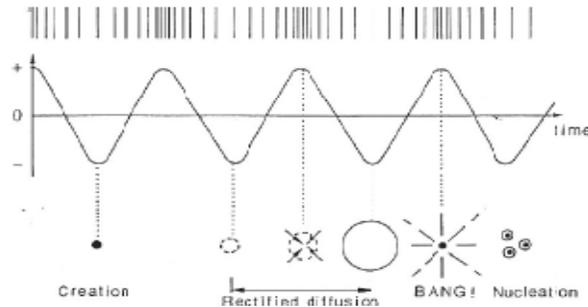


(a) Longitudinal (b) Gelombang transversal

Gambar 2. Arah gelombang dan vibrasi partikel (Mason dan Lorimer 1988)

Gelombang ultrasonik ini dibangkitkan oleh suatu transduser. Transduser adalah sebuah alat yang dapat mengubah satu bentuk energi ke bentuk energi lainnya, contoh sederhananya adalah loudspeaker yang mengubah energi listrik ke energi suara (Mason, 1991). Ultrasonik transduser didesain untuk mengubah baik energi mekanik atau energi listrik menjadi suara dengan frekuensi

tinggi. Adanya fenomena kavitasi yang merupakan hasil dari interaksi gelombang ultrasonik dalam fluida cair (*liquid*). Kavitasi adalah peristiwa terbentuknya gelembung-gelembung uap di dalam cairan sebagai akibat turunnya tekanan cairan di bawah tekanan uap jenuhnya. Pada saat gelombang ultrasonik melalui suatu medium cair, liquid tersebut akan mengalami siklus kompresi (*compression*) dan ekspansi (*rarefaction*). Void atau rongga terbentuk pada siklus *rarefaction*, di mana tekanan negatif terjadi, kemudian pada siklus *compression* gelembung akan dikompresi secara cepat dan akhirnya pecah. Skema siklus terbentuknya kavitasi pada fluida cair (*liquid*) oleh gelombang ultrasonik dapat diperlihatkan pada Gambar 3.

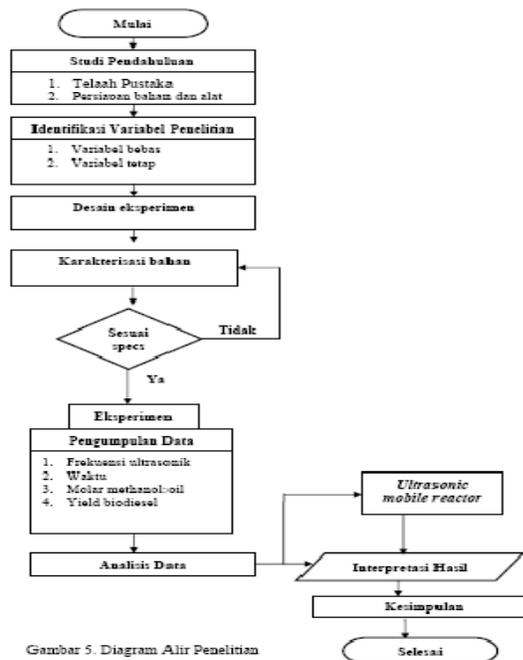


Gambar 3. Skema Kavitasi (Sumber: Lay, 1989)

Adapun faktor-faktor yang mempengaruhi kavitasi antara lain: frekuensi ultrasonik, intensitas ultrasonik, solvent, temperatur, gas dan partikel terlarut. Ada berbagai potensi aplikasi dalam penggunaan ultrasonik (Mason dan Lorimer 1988), antara lain untuk *soldering*, *plastic pounding*, atomisasi liquid, pembentukan material, emulsifikasi liquid, depolimerisasi, akselerasi difusi, fragmentasi dan dispersi partikel. Pada penelitian ini akan difokuskan pada investigasi potensi penggunaan ultrasonik (*power ultrasonik*) dengan efek kavitasi yang ditimbulkannya pada transesterifikasi pembentukan biodiesel.

METODOLOGI

Tahap penelitian secara garis besar sesuai dengan flowchart pada Gambar 5.

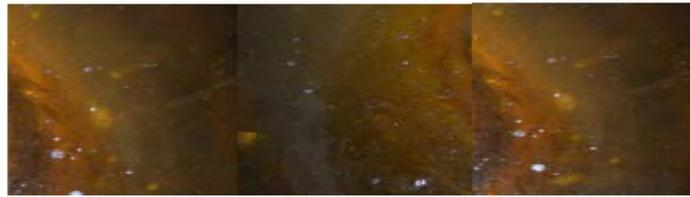


Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian adalah sebagai berikut:

1. Visualisasi hubungan antara frekuensi dengan efek kavitasi/terbentuknya gelembung-gelembung, dapat dilihat pada Gambar 6, Gambar 7 dan Gambar 8.



Gambar 6. Visualisasi Kavitasi/Gelembung pada Frekuensi 24 kHz

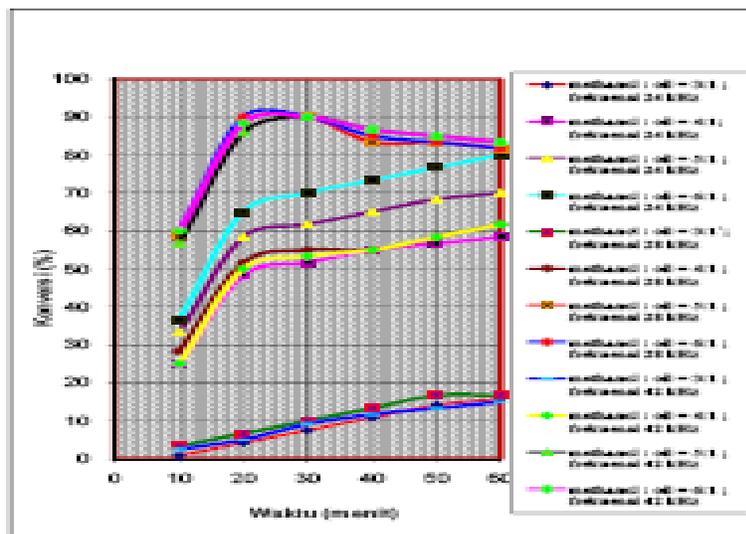


Gambar 7. Visualisasi Kavitasi/Gelembung pada Frekuensi 28 kHz



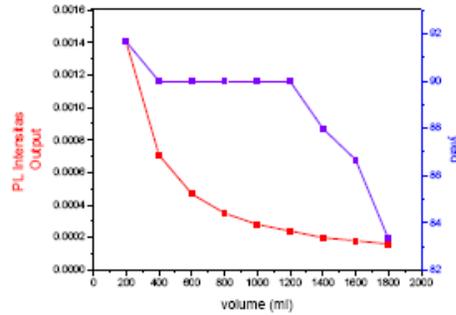
Gambar 8. Visualisasi Kavitasi/Gelembung pada Frekuensi 42 kHz

2. Hubungan antara waktu dengan konversi biodiesel pada berbagai variasi frekuensi (24, 28 dan 42 kHz) dengan rasio methanol : minyak (3:1); (4:1); (5:1) dan (6:1) terlihat pada Gambar 8. Dari grafik pada Gambar 8., terlihat bahwa frekuensi, waktu dan rasio methanol:minyak optimal pada penelitian skala lab adalah (28 kHz, 20 menit dan 5:1).



Gambar 8. Grafik Waktu vs Konversi Biodiesel pada berbagai frekuensi (24, 28 dan 42 kHz) dan berbagai rasio methanol : minyak (3:1; 4:1; 5:1; dan 6:1)

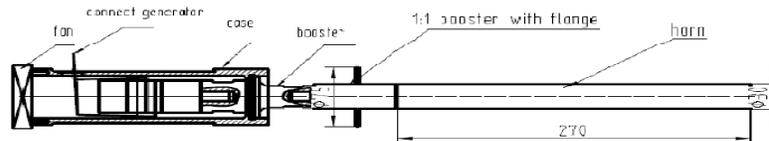
3. Grafik hubungan antara Volume terhadap Intensitas (P_L) dan Intensitas (P_L) terhadap Yield Biodiesel terlihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik Intensitas (P_L), Volume dan Yield Biodiesel

Dari gambar grafik tersebut diperoleh bahwa P_L minimal yang diperlukan untuk menghasilkan yield $\geq 90\%$ adalah ≥ 0.0002 yaitu pada volume 1200 ml. Nilai tersebut dijadikan sebagai acuan pada horn ultrasonik pada biodiesel *ultrasonik mobile reactor* dengan volume operasi reaktor 5000 ml.

- d. Dimensi horn ultrasonik yang didasarkan pada nilai P_L tersebut di atas adalah seperti pada Gambar 10.



Gambar 10. Dimensi Horn

Pada horn ultrasonik tersebut nilai P_L 0.00028, sehingga diperoleh diameter tip surface 30 mm dan *surface intensity* 1.41528 W/mm².

KESIMPULAN

1. Pengaruh kavitasasi oleh gelombang ultrasonik yang diperoleh dari hasil pengamatan dan visualisasi menunjukkan bahwa kavitasasi yang dihasilkan gelombang ultrasonik makin banyak dengan naiknya frekuensi, terlihat bahwa kavitasasi pada frekuensi 24 kHz < frekuensi 28 kHz < 42 kHz. Namun dengan makin tingginya frekuensi bukan berarti bahwa makin baik pada transesterifikasi biodiesel (yield yang diperoleh), hal ini disebabkan adanya konstrain dari properties material yang harus diperhatikan. Dari hasil penelitian diperoleh efek kavitasasi pada transesterifikasi biodiesel yang paling baik adalah pada frekuensi 28 kHz.
2. Hasil penelitian pada skala laboratorium menunjukkan bahwa yield optimum $\geq 90\%$ diperoleh pada berbagai titik, dan diperoleh kondisi optimum pada variabel frekuensi, waktu, rasio (28, 20, 5).
3. Nilai P_L yang diperoleh dari hubungan Intensitas output ultrasonik (P_L) terhadap volume, dengan faktor kontrol yield $\geq 90\%$, frekuensi 28 kHz dan rasio 5:1, adalah sekitar 0.00024 ~ 0.00028 sehingga untuk membuat ultrasonik *mobile reactor*, dengan volume 5000 ml digunakan nilai P_L tersebut di atas sebagai acuan.

DAFTAR PUSTAKA

- Baharta (2007), Proses Produksi Biodiesel, Penebar Swadaya.
 Bueche (1986), Principles of Phisics, John Wiley and Sons, Mac Graw Hill.
 Canakci and Gerpen (1999), *Biodiesel production via transesterification*, ASAE, **42**, 1203-1210.
 Cameron and Skofronic (1978), An Introduction to Acoustic, Eidhoven University of Technology.
 Darnoko and Cheryan (2000), *Kinetics of palm oil transesterification in batch reactor*, JAOCS, **77**, 1263-1267.
 Ensminger (1988), Ultrasonics Fundamentals Technology and Application, Marcel Dekker

- Inc., New York.
- Fan Xiauhau (2008), *Effect of ultrasonic cavitation and its application*, Journal of Water Resources and Water Engineering, **06**, 34-42
- Ferella et al (2010), *Optimization of the transesterification reaction in biodiesel production*, Elsevier, Fuel, **88**, 1302-1306.
- Freedman et al (2004), *Variables affecting the yields of fatty esters from transesterified vegetable oils*, JAOCS, **61**, 1638-1643.
- Giancoli (1998), *Energy and Intensity of Ultrasonic Wave*, John Wiley and Sons, Mac Graw Hill.
- Gogate et al (2006), *Energy analysis in acoustic cavitation*, Science Direct, Ultrasonics, **13**, 68-71
- Haas et al (2006), *The general applicability of transesterification for production of fatty acid esters from variety feedstocks*. J. Am.Oil Soc, **84**, 963-970.
- Hatch and Farhady (1982), *Research Design and Statistical Methods*, Newbury House, USA.
- Hielscher (2010), *Ultrasonic Production of Nano Size Dispersion and Emulsion*, ENS, France.
- Jeromin et al (1987), *Process for the preesterification of free fatty acids in fats and oils*, U.S. Patent 4.698.186.
- Jianbing et al (2006), *Preparation of biodiesel with help ultrasonic and hydrodynamic cavitation*, Science Direct, Ultrasonics, **44**, 411-414.
- Kapilakarn and Peugtong (2007), *A comparison of costs of biodiesel production from transesterification*, International Energy Journal, **8**, 1-6
- Kidder (1981), *Theory and Practice of Statistic*, Oregon State University.
- Kerlinger (1973), *Foundation of Research*, Rienhart - Winston, USA.
- Krawczyk (1996) *Biodiesel-alternative fuels makes inroads but hurdles remain*, INFORM, **7**, 800-815
- Ley (1998), *Observation and scaling of travelling bubble cavitation*. Journals.Cambridge.org.
- Thanh and Okitsu (2010), *Ultrasound assisted production of biodiesel. A practical and economical approach*, Elsevier, Bioresource Technology **101**, 5394-5401.
- Mason (2001), *Power Ultrasonic Uses and Application*, Ellis Howard Publishers.
- Margulis (1995), *Ultrasonic Wave*, John Wiley and Sons, Mac Graw Hill.
- Novizar Nazir and Dwi Setyaningsih (2010), *Life cycle assessment of biodiesel production from palm oil and jatropa oil in Indonesia*, 7th Biomass Asia Workshop, November 29-December 01, Jakarta, Indonesia
- Prince (1992), *Control of polymer structure using power ultrasonic*, Ultrasonics **1**, 51-57
- Prihandana (2006), *Menghasilkan Biodiesel Murah*, Penerbit Agromedia Pustaka.
- Raman et al (2006), *Mapping local cavitation in high intensity ultrasound fields*. Proceeding of the COMSOL Users Conference, Singapore.
- Refaat et al (2008), *Production optimization and quality assessment of biodiesel from vegetable oil*, Int.J.Environ.Sci.Tech,**5**,75-82.
- Resnick and Halliday (1992), *Fundamental of Phisic*, John Wiley and Sons, Mac Graw Hill.
- Srivastava and Prasad (2000), *Triglycerides-based diesel fuels*. Renewable and Sustainable Energy Reviews,**4**, 111-133.
- Suslick (1988), *Ultrasound Its Physical, Chemical and Biological Effect*, VCH Publisher, New York.
- Soerawidjaja (2006), *Bahan Bakar Nabati Peluang dan Kendala*, Penebar Swadaya.
- Supranto (2005), *Design of the flow process diagram of the biodiesel production from the palm oil*, In Proceeding of The World Renewable Energy Regional Congress and Exhibition, Jakarta, April 17-21
- Wayment (1997), *Cavitation and Bubble Dynamics*, Oxford University Press, ISBN 0-19-509409-3
- Xiuyuan et al (2001), *Mechanical degradation and mechanochemical copolymerization of hydroxyethyl cellulose*, European Polymer Journal, **37**