



e-ISSN Number  
2655 2967

Available online at <https://jurnal.teknologiindustriumi.ac.id/index.php/JCPE/index>

*Journal of Chemical Process Engineering*

Volume 4 Nomor 2 (2019)



SINTA 3 Accreditation  
Number 28/E/KPT/2019

## Produksi Akrolein Dengan Proses Degradasi Menggunakan Gelombang Suara

*(Akrolein Production With Degradation Process Using Sound Waves)*

Dirgahayu Lantara<sup>1</sup>, Ruslan Kalla<sup>2</sup>, Izran Asnawi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia, Makassar 90231, Indonesia

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Muslim Indonesia, Makassar 90231, Indonesia

### Inti Sari

Degradasi gliserol menjadi produk akrolein, menjadi salah satu topik penelitian yang menarik untuk dibahas mengingat kebutuhan dan permintaan akrolein yang cukup tinggi di Indonesia. Gliserol adalah bahan kimia penting yang murah dan mudah didapatkan di Indonesia, sementara akrolein merupakan salah satu senyawa kimia yang dapat dihasilkan dari proses pengolahan gliserol. Indonesia saat ini masih tergantung dari impor akrolein, pada tahun 2008 akrolein yang masuk ke Indonesia sekitar 6.500 ton (BPS). Kebutuhan akrolein pada tahun 2020 disinyalir akan mencapai 10.800 ton. Nilai tersebut mengindikasikan bahwa akrolein masih dibutuhkan dalam jumlah yang besar. Berbagai macam proses yang selama ini digunakan untuk mendegradasi gliserol menjadi menjadi senyawa kimia yang lain masih dikategorikan sebagai proses yang membutuhkan waktu yang lama serta suhu dan tekanan yang tinggi, sehingga diperlukan metode alternative guna mengantisipasi kekurangan dari berbagai macam proses tersebut (hidrogenolisis, hidrotermal dan lain-lain). Metode yang dimaksud adalah penggunaan gelombang suara atau yang lebih dikenal dengan nama metode sonifikasi. Proses sonifikasi dilakukan dengan variabel suhu 30 – 60 °C, dengan waktu sonikasi 20 – 40 menit, dimana katalis yang digunakan adalah asam sulfat konsentrasi rendah (1%) dengan rasio massa gliserol : air adalah 1 bagian gliserol berbanding 8 bagian air. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini adalah konversi tertinggi sebesar 48,98 % yang dihasilkan pada waktu reaksi 40 menit dengan suhu reaksi 60 °C. Pada kondisi tersebut juga dihasilkan yield akrolein tertinggi sebesar 11,45 %.

**Kata Kunci:** Gliserol, Akrolein, degradasi, gelombang ultrasonic.

**Key Words :** *Gliserol, Akrolein, degradasi, ultrasonic waves.*

### Abstract

*Glycerol degradation into acrolein products has become of interesting research, because of acrolein demand in Indonesia. Glycerol is an important compound that cheap and easy to obtain in Indonesia, while acrolein is one of the chemical compounds that can be produced from the glycerol processing. Indonesia is currently still dependent on the import of acrolein, in 2008 acrolein that entered Indonesia was around 6,500 tons (BPS). Acrolein needs in 2020 is estimated to reach 10,800 tons. This value indicates that acrolein is still needed in large quantities. Various processes that have been used to degrade glycerol into other chemical compounds are still categorized as processes that require a long time and high temperatures and pressures, so alternative methods are needed to anticipate the shortcomings of these various processes (hydrogenolysis, hydrothermal and*

### Published by

Department of Chemical Engineering  
Faculty of Industrial Technology  
Universitas Muslim Indonesia, Makassar

### Address

Jalan Urip Sumohardjo km. 05 (Kampus 2 UMI)  
Makassar- Sulawesi Selatan

### Phone Number

+62 852 5560 3559

### Corresponding Author

ruslan.kalla@umi.ac.id



### Journal History

Paper received : 15 Agustus 2019

Received in revised : 25 Agustus 2019

Accepted : 20 November 2019

others -other). The method in question is the use of sound waves or better known as the sonification method. The sonification process is carried out with a viriabel temperature of 30 - 60 oC, with a sonication time of 20 - 40 minutes, where the catalyst used is a low concentration of sulfuric acid (1%) with a mass ratio of glycerol and water is 1:8. The results obtained in this study were the highest conversion of 48.98% produced at the reaction time of 40 minutes with a reaction temperature of 60 oC. In these conditions also produced the highest acrolein yield of 11.45%.

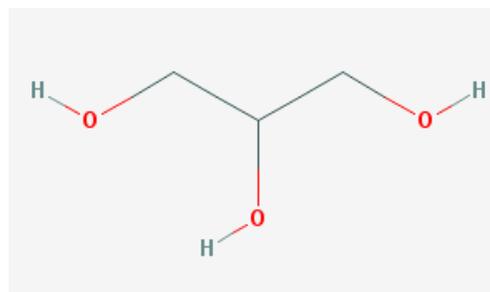
## PENDAHULUAN

Degradasi gliserol merupakan salah satu cara atau proses untuk menghasilkan senyawa kimia lain yang mana dapat memberikan nilai tambah pada gliserol serta dapat mengatasi masalah lingkungan yang ditimbulkan oleh produksi biodiesel yang semakin meningkat dan juga untuk memberikan nilai ekonomis pada produk biodiesel itu sendiri. Degradasi gliserol telah banyak dilakukan untuk menghasilkan bahan bakar seperti hidrogen dan metanol serta produk kimia lain seperti akrolin dan asetaldehid melalui banyak proses seperti steam reforming, pirolisis dan hidrogenasi

Alternatif lain yang bisa dikembangkan adalah penggunaan gelombang ultrasonik sebagai penyedia energi non konvensional. Gelembung kavitasasi mikro yang disebabkan oleh getaran yang ditimbulkan pancaran gelombang ultrasonik menghasilkan medan ultrasonik yang dapat memberikan pengaruh pada bahan penelitian, baik pengaruh fisika maupun kimia. Adanya intensitas tinggi dari gelembung ultrasonik menyebabkan gelembung kavitasasi hingga tercapai temperatur dan tekanan yang sangat tinggi, pada kondisi inilah gelembung ultrasonik dapat mendegradasi bahan organik. Penerapan teknologi ultrasonik diharapkan juga dapat dipakai untuk mendegradasi gliserol agar diperoleh produk yang lebih bernilai ekonomi..

### Gliserol

Gliserol adalah merupakan gula alkohol sehingga memiliki rasa yang manis yang mengandung tiga gugus hidroksil dan memiliki satu gugus -OH, yang menyebabkan gliserol dapat larut dalam air. Gliserol merupakan bagian penting dari trigliserida (lemak dan Minyak). Minyak kelapa mengandung gliserol sekitar 13,5 % sementara dalam minyak yang lain mengandung gliseol sekitar 9 % - 12 %. Gliserol merupakan cairan kental yang tidak berwarna dan tidak berbau (Ketaren, 1986). Rumus struktur dari gliserol dapat dilihat pada Gambar berikut.



**Gambar 1.** Struktur Senyawa Gliserol (Kim dkk, 2015)

Gliserol pertama kali ditemukan pada tahun 1779 oleh Scheele melalui safonifikasi minyak zaitun dengan timbal oksida. Kemudian pada tahun 1819 Chevreul menunjukkan lemak yang disebut gliserol ester dari asam lemak. Chevreul juga yang memberi gliserol. Kata gliserol berasal dari bahasa Yunani yang berarti permen atau manis.

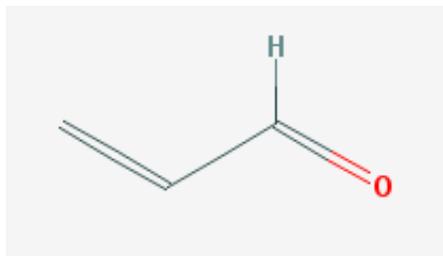
Sebelum tahun 1949 semua gliserol didapatkan dari produk samping pembuatan sabun dari lemak hewan, tumbuhan dan minyak. Gliserol juga dapat dihasilkan melalui sintesis skala komersial propilen dan fermentasi gula jika natrium bisulfit ditambahkan sebagai ragi. Disamping itu, gliserol merupakan produk samping pembuatan biodiesel melalui reaksi transesterifikasi minyak nabati. Sejak tahun 1949 pembuatan gliserol secara komersial dilakukan dengan sintesis dari propilen (Ullman's, 2003).

### Akrolein

Akrolein juga dikenal sebagai aldehida 2-propenal atau akrilik yang merupakan aldehida tak jenuh yang paling sederhana (Fan, Burton, & Zhou, 2010). Rumus struktur dari gliserol dapat dilihat pada Gambar berikut.

Akrolein juga merupakan zat kimia berbentuk cair yang mengandung alkohol yang terdapat pada asap hasil dari pembakaran suatu tembakau atau

rokok. Akrolein dapat memicu proses yang mengubah struktur molekul LDL sehingga membuatnya menjadi tidak dikenali oleh sistem kekebalan pada tubuh manusia.



**Gambar 2.** Struktur Senyawa Akrolein (Kim dkk, 2015)

Akrolein adalah salah satu produk industri kimia yang saat ini semakin dibutuhkan. Penggunaan produk akrolein dalam dunia perindustrian sangat luas misalnya pada proses pembuatan polimer seperti pembuatan zat-zat organik, pembuatan sintetik resin, atau sebagai bahan pengawet minyak dan lemak (Keliwulan dan Nugroho, 2011).

### Gelombang Ultrasonik

Ultrasonik atau ultrasound adalah putaran tekanan suara dengan frekwensi yang lebih besar dari daripada batas atas pendengaran manusia. Meskipun batas ini bervariasi tiap orang, yaitu mendekati 20 kilohertz (20,000 hertz) dalam kesehatan. Produk ultrasonik digunakan pada bidang yang berbeda. Power ultrasound yang digunakan bidangan kimia dalam range 20-100 kHz. Oleh karena frekuensinya diluar ambang batas pendengaran manusia, maka seperti halnya dengan gelombang infrasonik, 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. Penerapan dibidang kedokteran misalnya *ultrasonography* dan uji tak merusak, biasanya digunakan gelombang ultrasonik dengan frekuensi antara 1 - 10 MHz. jenis gelombang ultrasonik yang mempunyai frekuensi yang sangat tinggi disebut *microwave ultrasonic*.

Gelombang suara/ultrasonik membutuhkan media untuk perambatannya karena gelombang ini merupakan gelombang mekanik. Di dalam perambatannya partikel di dalam media bergetar bolak balik pada arah rambatan atau tegak lurus pada arah rambatan gelombang. Partikel ultrasonik tidak ikut melintas bersama gelombang tetapi hanya merupakan gangguan posisi atau gerak partikel sehingga menimbulkan getaran.

Gelombang ultrasonik banyak digunakan untuk mempercepat suatu proses. Penelitian oleh Sugiarto dkk., (2014), bahwa proses *pretreatment* metode ultasonifikasi pada ligniselulosa dari pelepah sawit, diperoleh rendemen yang lebih banyak seta selulosa yang lebih banyak pula. Pingmei Guo *et al.* (2013), bahwa peningkatan yield pada 4-Methoxy cinnamoyl glycerol (4MCG) melalui Metode enzimatik yang menggunakan *pretreatment* ultrasonik jelas lebih unggul dari pengadukan mekanis.

### METODE PENELITIAN

#### Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan adalah seperangkat reaktor sonikasi yang dilengkapi dengan pembangkit gelombang ultrasonik, *magnetic stirrer*, *hotplate* pemanas, kondensor, pompa kondensor, lemari pendingin, *freezer*, termometer, dan seperangkat peralatan gelas laboratorium.

#### Bahan Penelitian

Gliserol p.a Merck, akuades, asam sulfat, HCl, NaOH, indikator PP, natrium metaperiodat, etilen glikol. Asam fosfat.

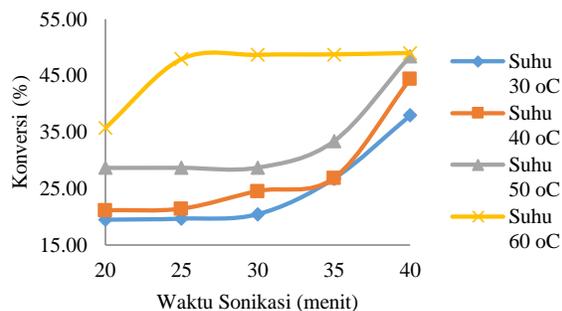
#### Prosedur Penelitian

Reaksi degradasi gliserol dilakukan didalam reaktor sonikasi volume 500 ml. Proses penelitian dilakukan dengan mencampurkan gliserol dengan air pada perbandingan 1:8, kemudian masukkan juga katalis H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1%, kemudian pasang peralatan sonikasi. Setelah siap, proses sonikasi dilakukan selama 20 menit pada temperatur 30 °C. Prosedur tersebut dilakukan kembali untuk variabel yang lain. Produk yang dihasilkan selanjutnya dihitung nilai konversi gliserolnya menggunakan cara analisa volumetri. Sedangkan nilai yieldnya dapat diperoleh melalui hasil analisa GC.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pengaruh waktu sonikasi terhadap konversi gliserol pada berbagai temperatur

Pengaruh atau hubungan antara waktu sonikasi terhadap konversi gliserol pada berbagai variabel suhu dapat dilihat pada gambar 3.



**Gambar 3.** Pengaruh waktu sonikasi terhadap konversi gliserol pada berbagai suhu

Dari Gambar 3 dapat dilihat bahwa untuk temperatur 30, 40 dan 50 °C, nilai konversi gliserol mengalami peningkatan yang cukup signifikan dengan bertambahnya waktu reaksi. Namun pada temperatur 60 °C kenaikan nilai konversi hanya terjadi sampai pada waktu reaksi 25 menit. setelah waktu tersebut, terjadi stagnasi nilai konversi sampai pada akhir waktu reaksi.

Fenomena ini telah sejalan dengan Bühler *et al.* (2002) yang memperoleh nilai konversi gliserol meningkat dengan bertambahnya waktu reaksi. Sedangkan peneliti yang lain (Kalla, Sumarno, & Mahfud, 2016) yang menggunakan katalis asam fosfat bahwa konversi gliserol meningkat selama proses sonikasi berlangsung, baik yang menggunakan katalis maupun yang tidak menggunakan katalis.

Pada hasil tersebut juga dapat dilihat bahwa pada kondisi sonikasi suhu 60 °C, kenaikan jumlah konversi gliserol mengalami stagnasi pada rentang waktu sonikasi 25 - 40 menit. Hal ini sama dengan penelitian yang dilakukan Waghmare, Vetral dan Rathod (2015), mengenai reaksi degradasi gliserol menjadi gliserol karbonat menggunakan gelombang ultrasonik. Pada penelitian tersebut diperlihatkan bahwa seiring dengan lamanya proses iradiasi ultrasonik (sonikasi), maka nilai konversi gliserol cenderung naik. Namun ketika nilai konversi gliserol telah mencapai nilai puncak pada waktu proses reaksi tertentu, maka nilai konversi cenderung mengalami

stagnasi pada kisaran nilai puncak tersebut. Hal ini disebabkan proses kavitasasi yang ditimbulkan oleh gelombang ultrasonik, tidak lagi terjadi ketika mencapai titik formasi senyawa pada waktu tertentu, sehingga pada kondisi waktu tertentu gliserol tidak lagi terdegradasi membentuk senyawa lain.

Konversi gliserol menyatakan jumlah senyawa gliserol yang berubah menjadi senyawa lain, dalam hal ini yang terjadi adalah degradasi. Menurut (Bühler *et al.*, 2002), senyawa yang dapat dihasilkan melalui proses degradasi gliserol pada waktu dan metode yang sama adalah metanol, alil alkohol, asetaldehid, akrolein, formaldehid, karbon monoksida, karbon dioksida, hidrogen, dan propionaldehid. Senyawa tersebut dihasilkan melalui mekanisme reaksi radikal bebas dan ionik. Beberapa senyawa minor yang juga dihasilkan dari degradasi gliserol melalui

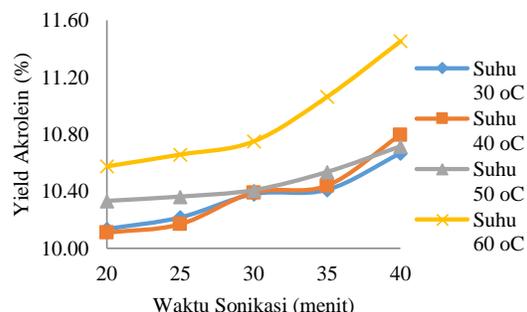
Pada penelitian ini, sebanyak 48,98% senyawa gliserol berubah menjadi senyawa lain yang beragam pada kondisi lama proses sonikasi 40 menit dan suhu 60 °C.

Pada tahun 2002, Bühler memberikan pernyataan bahwa reaksi radikal bebas yang terjadi pada proses reaksi degradasi dengan menggunakan gelombang suara merupakan reaksi dengan probabilitas kejadian terbesar dalam pembentukan produk pada proses degradasi gliserol. Reaksi radikal bebas tersebut, cenderung memecah partikel gliserol dibanding bereaksi dengan produk yang dihasilkan. Di dalam komposisi produk yang dihasilkan memiliki kandungan gliserol yang lebih sedikit dibanding dengan kandungan gliserol yang ada di dalam larutan awal.

### Pengaruh waktu sonikasi terhadap Yield Akrolein pada berbagai variabel suhu

Pengaruh suhu dan waktu sonikasi terhadap yield akrolein dapat dilihat pada Gambar 4, dimana terlihat bahwa semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk reaksi sonikasi, maka semakin tinggi pula yield akrolein yang dihasilkan. Nilai yield terbesar yang diperoleh adalah 11,45 % yang dihasilkan pada kondisi waktu reaksi 40 menit dengan temperatur 60 °C. Hasil yang diperoleh tersebut lebih besar dibandingkan dengan nilai yield yang dihasilkan oleh Peneliti yang lain pada tahun 20014 (Sumarno dkk ). Peneliti tersebut menghasilkan yield akrolein sekitar

6,868 %, sementara hasil yang lebih kecil lagi didapatkan oleh Lailatul Qadariah dkk Pada tahun 2008, dimana hasil yang diperoleh berkisar antara 0,01 – 0,608 % akrolein.



**Gambar 4.** Pengaruh waktu sonikasi terhadap Yield Akrolein pada berbagai variabel suhu

Peneliti yang lain memperoleh yield akrolein yang bervariasi. Hal tersebut dapat diakibatkan karena akrolein yang diperoleh selama proses berlangsung mengalami perubahan atau dekomposisi menjadi senyawa lain (Ruslan, dkk 2015). Buhler menyatakan dalam papernya tahun 2002 menyatakan bahwa dari sekian banyak senyawa yang dapat diperoleh dengan

## DAFTAR PUSTAKA

- (BPS), B. P. S. (2003). *Volume dan Nilai Ekspor dan Impor*. Jakarta.
- Baril, R. R., Khosiin, K., & Sumarno. (2014). Degradasi Gliserol dengan Teknologi Sonokimia. *Jurnal Teknik Pomits*, 2(1), 2301–9271.
- Bühler, W., Dinjus, E., Ederer, H. J., Kruse, A., & Mas, C. (2002). Ionic reactions and pyrolysis of glycerol as competing reaction pathways in near- and supercritical water. *Journal of Supercritical Fluids*, 22(1), 37–53. [https://doi.org/10.1016/S0896-8446\(01\)00105-X](https://doi.org/10.1016/S0896-8446(01)00105-X)
- Damayanti, H., Zulfita, I., & Qadariah, L. (2008). *Dehidrasi Gliserol Menjadi Acrolein menggunakan Katalis HZSM-5 dan gamma-Alumina*. Surabaya.
- Fan, X., Burton, R., & Zhou, Y. (2010). Glycerol (Byproduct of Biofuel Production) as a Source for Fuels and Chemicals - Mini Review. *The Open Fuels & Energy Science Journal*, 3, 17–22.
- Kalla, R., Sumarno, S., & Mahfud, M. (2016a). Degradasi Gliserol Katalitik Menggunakan Tanduk Getar. In *Seminar nasional dan Aplikasi menggunakan Tanduk Getar* (pp. 52–57). Malang: Institut Teknologi Nasional Malang.
- Kalla, R., Sumarno, S., & Mahfud, M. (2016b). The influence of the addition H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> on degradation of glycerol with vibrating horn. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences*, 11(2), 968–971.
- Keliwulan, M., & Nugroho, P. A. (2011). *Proposal Perancangan Pabrik Akrolein dari Propena dan Udara Kapasitas 100.000 ton/tahun*. Yogyakarta. Retrieved from <https://www.academia.edu/10950286/72657003-Proposal-Akrolein?auto=download>
- Pagliari, M., & Rossi, M. (2008). *The future's bright, the future's... green*. Chemical Engineer. Cambridge: RSC Publishing Green Chemistry Book Series. <https://doi.org/10.1002/cssc.200800115>

mendegradasi gliserol, akrolein merupakan senyawa dengan tingkat kemungkinan terbentuk sangat besar. Melalui jalur reaksi ionik dan radikal bebas, akrolein dapat terbentuk hingga 80%- 90 % dari 100% reaktan gliserol. Dengan demikian, kemungkinan akrolein dapat terbentuk secara konstan di setiap proses reaksi degradasi gliserol.

## KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah :

1. Nilai konversi gliserol tertinggi yang dihasilkan adalah 48,98% yang diperoleh pada waktu reaksi 40 menit dengan temperature 60 °C.
2. Nilai yield akrolein tertinggi yang dihasilkan adalah 11,45 % yang diperoleh pada waktu reaksi 40 menit dengan temperature 60 °C.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada bapak Rektor Universitas Muslim Indonesia melalui LP2S yang telah membiayai penelitian ini dalam skim Penelitian Internal.

- Pingmei Guo, Zheng, C., Huang, F., Mingming Zheng, Deng, Q., & Li, W. (2013). Ultrasonic Pretreatment for Lipase-Catalyzed Synthesis of 4-Methoxy Cinnamoyl Glycerol. *Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic*, 93, 73–78. Retrieved from <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1381117713001033>
- Ruslan, Sumarno, & Mahfud. (2015). Pengaruh Penambahan Asam Posfat Pada Degradasi Gliserol Untuk Menghasilkan Metanol Menggunakan Ultrasonik. *Seminar Nasional Teknologi 2015*, 735–739.
- Sugiarto, Y., Mahfut, L. N., Rilek, N. M., Atrinto, A. C. P., & Khotimah, M. (2014). Pengaruh Frekuensi Ultrasonik dan Konsentrasi NaOH pada Proses Pretreatment Bioetanol Pelepah Sawit. *Jurnal Teknologi Pertanian*, 15(3), 213–222.
- Talebian-kiakalaieh, A., Aishah, N., Amin, S., & Hezaveh, H. (2014). Glycerol for renewable acrolein production by catalytic dehydration. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 40, 28–59. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.168>
- Waghmare, G. V., Vetal, M. D., & Rathod, V. K. (2015). Ultrasound assisted enzyme catalyzed synthesis of glycerol carbonate from glycerol and dimethyl carbonate. *Ultrasonics Sonochemistry*, 22, 311–316. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2014.06.018>