



Kajian Awal Sintesis Senyawa Bio-hidrokarbon Dari Sorbitol Dengan Menggunakan Asam Format Sebagai Reduktor

Michael Gunawan¹, Tedi Hudaya², dan Tatang Hernas Soerawidjaja³

^{1,2}Program Studi Teknik Kimia, Universitas Katolik Parahyangan
Jalan Ciumbuleuit 94 – Bandung, Indonesia

³Program Studi Teknik Kimia, Institut Teknologi Bandung
Jalan Ganesha 10 – Bandung, Indonesia

*E-mail: thsoerawidjaja@gmail.com

Abstract

Sorbitol (C₆H₁₄O₆) is a sugar alcohol which can be synthesized from cellulose, have similar structure with hexane (C₆H₁₄). By eliminate the oxygen content in sorbitol, bio-hexane and heavier hydrocarbons can be obtained. The objective of this research is to observe the effect of temperature and reaction time to the yield of bio-hydrocarbons and to study the regeneration of iodine (I₂) to hydro-iodic acid (HI) process using formic acid (HCOOH) as a reducing agent. The bio-hydrocarbon synthesis process from sorbitol consisted of two main processes, namely synthesis of 2-iodohexane and de-iodization of 2-iodohexane. The synthesis of 2-iodohexane process was conducted with reflux system, at varied temperature (90°C and 120°C) for 2 and 6 hours with HI: Sorbitol mole ratio 2:1. Formic acid as reducing agent was gradually added during the 2-iodohexane synthesis process to regenerate the iodine to hydro-iodic acid. De-iodization of 2-iodohexane process was conducted with gas phases pyrolysis at varied temperature (260°C and 270°C) for 30 and 45 minutes. The product of 2-iodohexane synthesis process was analyzed using HPLC while the product of de-iodization of 2-iodohexane process was analyzed qualitatively by FTIR and quantitatively by gravimetric analysis method.

Keywords: sorbitol, bio-hydrocarbon, 2-iodohexane, formic acid, hydro-iodic acid

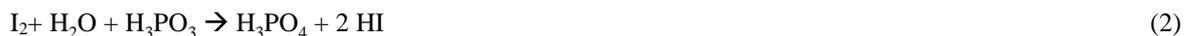
Pendahuluan

Minyak bumi yang merupakan sumber daya alam berbasis fosil masih menjadi tumpuan utama dalam industri kimia, khususnya sebagai sumber energi maupun bahan baku. Minyak bumi merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui dan persediaannya semakin menipis seiring dengan proses eksploitasi minyak bumi yang dilakukan secara terus menerus (Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi, 2015). Selain itu, dampak pembakaran bahan bakar berbasis fosil berupa karbon dioksida dapat mencemari lingkungan dan menjadi pemicu terjadinya efek pemanasan global. Maka dari itu, dibutuhkan sumber energi alternatif agar dapat terhindar dari pemanasan global dan krisis minyak bumi.

Bahan Bakar Nabati (BBN) menjadi kandidat potensial pengganti bahan bakar berbasis fosil. Hal ini dikarenakan ketersediaan biomassa sebagai bahan baku BBN yang melimpah di Indonesia dan pembakaran BBN menghasilkan CO₂ netral yang tidak berbahaya bagi lingkungan (Soerawidjaja, 2013). Di samping itu, biomassa sebagai bahan baku BBN memiliki struktur yang menyerupai senyawa bahan bakar berbasis fosil, seperti sorbitol (C₆H₁₄O₆) yang memiliki struktur menyerupai heksana (C₆H₁₄) yang merupakan komponen penyusun bensin. Dengan menghilangkan atom oksigen yang terkandung pada sorbitol, akan didapatkan bio-heksana sebagai bahan bakar alternatif pengganti heksana berbasis fosil (Diaz, 2017).

Konversi sorbitol menjadi bio-hidrokarbon telah dilakukan oleh peneliti pendahulu seperti Robinson dkk. (1996). Robinson membagi reaksi menjadi 2 tahap, yaitu sintesis 2-iodoheksana dan deiodisasi 2-iodoheksana. Tahap sintesis 2-iodoheksana dilakukan dengan mereaksi sorbitol dengan asam iodida pada temperatur 120°C dengan waktu reaksi selama 2 jam. Reaksi (1) terjadi pada tahap sintesis 2-iodoheksana. Asam fosfit sebagai agen reduktor diumpankan bersamaan dengan sorbitol dan asam iodida untuk meregenerasi yodium kembali menjadi asam iodida. Reaksi (2) yang merupakan reaksi regenerasi yodium menjadi asam iodida terjadi dalam tahap sintesis 2-iodoheksana. Pada tahap deiodisasi 2-iodoheksana, 2-iodoheksana yang terbentuk bereaksi dengan agen reduksi KOH dengan pelarut heksanol pada temperatur 136°C dengan waktu reaksi selama 30 menit. Reaksi deiodisasi 2-iodoheksana disajikan pada reaksi (3). (Robinson & Tex, 1996)

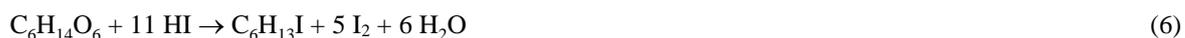




Mekanisme reaksi sintesis bio-hidrokarbon dari sorbitol dengan proses Robinson dkk. (1996) dinilai kurang ekonomis karena melibatkan bahan-bahan kimia yang mahal, yaitu asam fosfit (H_3PO_3) sebagai reduktor yang akan teroksidasi menjadi asam fosfat (H_3PO_4) dan membutuhkan agen substitusi KOH. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dilakukan kajian penggunaan asam format (HCOOH) sebagai agen reduktor untuk menggantikan asam fosfit (H_3PO_3). Senyawa yodium yang terbentuk dari reaksi (1) dapat direduksi oleh asam format (HCOOH) sesuai reaksi (4) (Chow, 1935). Selain itu, pada penelitian ini juga dikaji penerapan proses pirolisis fasa gas sebagai alternatif proses deiodisasi 2-iodoheksana sehingga tidak membutuhkan reagen substitusi KOH. Proses deiodisasi iodoalkana dengan proses pirolisis fasa gas akan terjadi sesuai reaksi (5) (Holmes, 1963).



sehingga reaksi-reaksi yang terjadi pada penelitian ini ditunjukkan pada reaksi (6), (7), dan (8).



Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji pengaruh dari suhu dan waktu reaksi terhadap perolehan bio-hidrokarbon dari sorbitol dan mempelajari proses regenerasi yodium menjadi asam iodida menggunakan asam format sebagai agen reduktor. Pada penelitian ini dilakukan variasi temperatur reaksi 90 dan 120°C dan waktu reaksi 2 dan 6 jam untuk proses sintesis 2-iodoheksana dan variasi temperatur reaksi 260 dan 270°C dan waktu reaksi 30 dan 45 menit untuk proses deiodisasi 2-iodoheksana.

Metode Penelitian

Pada proses sintesis 2-iodoheksana, padatan sorbitol (Sigma-Aldrich, Jerman) dan asam iodida 57%-b (Merck, Jerman) diumpangkan ke dalam labu distilasi leher tiga dengan perbandingan mol sorbitol : HI sebesar 1:2. Selanjutnya campuran dipanaskan hingga 120°C dengan menggunakan pemanas *hot plate* yang dilengkapi dengan *oil bath*. Selama pemanasan berlangsung, gas nitrogen dialirkan ke dalam reaktor untuk menciptakan suasana *inert* dan aliran gas nitrogen dihentikan ketika temperatur campuran sudah mencapai 40°C. Asam format (Merck, Jerman) dengan perbandingan mol asam format : mol HI sebesar 6,5 : 1 diumpangkan ke dalam reaktor secara bertahap sepanjang reaksi berlangsung. Reaksi dilakukan dalam sistem *refluks* selama waktu reaksi tertentu sesuai variasi percobaan.

Setelah proses sintesis 2-iodoheksana berlangsung, campuran didinginkan hingga suhu ruang dan diekstraksi menggunakan pelarut diklorometana (PT. Brataco) pada corong pemisah. Ekstraksi bertujuan untuk mengisolasi 2-iodoheksana dari campuran. Fasa hidrokarbon diambil dan dilakukan distilasi pada suhu 40°C untuk memisahkan 2-iodoheksana dari diklorometana.

Pada proses deiodisasi 2-iodoheksana, 2-iodoheksana dan asam iodida diumpangkan ke dalam reaktor dan dilakukan penghilangan oksigen dengan mengalirkan gas nitrogen. Reaktor dipanaskan hingga temperatur reaksi dan dibiarkan selama waktu reaksi tertentu sesuai variasi.

Pengujian *Fourier Transform Infra Red Spectroscopy* (FTIR) dilakukan pada bio-hidrokarbon hasil proses deiodisasi 2-iodoheksana dengan menggunakan instrumen FTIR (tipe IRAffinity-1S, Shimadzu) yang dilengkapi dengan kuvet berbahan *Zinc Selenide* dengan pengaturan *number of scan* 32 dan resolusi 4.

Penentuan nilai konversi sorbitol dilakukan dengan menghitung jumlah sorbitol yang tidak bereaksi. Jumlah sorbitol yang tidak bereaksi dapat diketahui dengan menganalisis fasa akuatik hasil pemisahan 2-iodoheksana dengan menggunakan instrumen *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC). Analisa HPLC dilakukan dengan bantuan kolom Aminex HPX-87H yang memiliki matriks sulfonat (*hydrogen form*), dengan fasa gerak berupa larutan H_2SO_4 0,005N, laju alir fasa gerak sebesar 0,6 mL/menit dan temperatur kolom sebesar 65°C. Instrumen HPLC yang digunakan dilengkapi dengan detektor indeks bias untuk menganalisis kuantitas senyawa yang ingin dianalisis.





Hasil dan Pembahasan

1. Sintesis 2-iodoheksana

Pada tahap sintesis 2-iodoheksana, reaksi dilangsungkan pada temperatur tertentu sesuai variasi, dalam kondisi tekanan ruang dengan atmosfer gas *inert* nitrogen. Atmosfer *inert* diciptakan dengan mengalirkan gas nitrogen ke dalam reaktor pada awal reaksi dan berhenti ketika temperatur reaksi mencapai 40°C. Pada temperatur 40°C, uap yodium mulai muncul sehingga reaktor harus sudah dalam keadaan tertutup rapat untuk mencegah adanya uap yodium yang keluar ke lingkungan. Uap yodium yang keluar ke lingkungan menyebabkan proses regenerasi dan analisis tidak dapat berlangsung secara sempurna karena terdapat yodium yang hilang.

Pada penelitian ini dilakukan variasi temperatur reaksi. Penentuan variasi temperatur ini didasari pertimbangan bahwa Robinson melakukan reaksi sintesis 2-iodoheksana pada $\pm 10^\circ\text{C}$ di bawah temperatur didih campurannya yang mana sebagian besar terdiri atas HI 57%-b dengan temperatur didih 127°C. Berbeda dengan kondisi yang digunakan Robinson, pada penelitian ini campuran sebagian besar terdiri atas asam format dengan temperatur didih 102°C. Maka dari itu, temperatur pada penelitian ini divariasikan antara 90°C dan 120°C. Temperatur 90°C dipilih karena merupakan 10°C di bawah titik didih asam format dan 120°C dipilih karena merupakan 10°C di bawah titik didih HI 57%-b.

Waktu reaksi 2 jam dan 6 jam menjadi variasi lainnya dalam penelitian ini. Melalui penelitian ini ingin diketahui pengaruh waktu reaksi terhadap perolehan 2-iodoheksana dan konversi sorbitol. Nilai dari konversi sorbitol dapat dihitung dengan menggunakan instrumen *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC). Di samping nilai konversi sorbitol, pada penelitian ini juga dihitung nilai perolehan 2-iodoheksana. Nilai perolehan yang dimaksud dalam penelitian ini merupakan perbandingan mol 2-iodoheksana yang diperoleh dalam penelitian dengan mol 2-iodoheksana maksimum yang dapat didapatkan jika semua sorbitol yang diumpukan terkonversi menjadi 2-iodoheksana. Hasil analisis dan perhitungan konversi sorbitol dan perolehan 2-iodoheksana disajikan pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Konversi Sorbitol dan Perolehan 2-iodoheksana

| Temperatur (°C) | Waktu Reaksi (Jam) | Konversi Sorbitol (%) | Perolehan 2-iodoheksana (%) |
|-----------------|--------------------|-----------------------|-----------------------------|
| 90 | 2 | 79,6 | 10,6 |
| 90 | 6 | 81,4 | 15,5 |
| 120 | 2 | 97,2 | 11,6 |
| 120 | 6 | 96,8 | 12,3 |

Berdasarkan hasil analisis dan perhitungan konversi sorbitol, didapatkan bahwa semakin tinggi temperatur reaksi, maka konversi sorbitol akan meningkat. Semakin tinggi temperatur reaksi, maka semakin besar energi termal yang diberikan pada sistem. Peningkatan energi termal akan berdampak pada meningkatnya energi kinetik sehingga frekuensi tumbukan molekul dalam sistem akan lebih cepat. Peningkatan frekuensi tumbukan molekul ini akan mempercepat jalannya reaksi. Berbeda halnya dengan konversi sorbitol, perolehan 2-iodoheksana pada waktu reaksi 6 jam mengalami penurunan seiring dengan peningkatan temperatur. Diduga temperatur yang tinggi memicu reaksi samping antara sorbitol dengan asam format menghasilkan ester sehingga konversi sorbitol menjadi 2-iodoheksana mengalami penurunan.

Berbeda hal dengan temperatur reaksi, waktu reaksi tidak memberikan efek signifikan terhadap konversi sorbitol, namun memberikan efek cukup signifikan terhadap perolehan 2-iodoheksana. Pada suhu yang lebih rendah (90°C), perolehan 2-iodoheksana meningkat seiring dengan peningkatan waktu reaksi.

Selain terjadi reaksi antara sorbitol dengan asam iodida, dalam tahap sintesis 2-iodoheksana juga terjadi reaksi antara yodium yang terbentuk dengan asam format menghasilkan asam iodida. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan selama percobaan berlangsung, campuran berwarna coklat tua yang mengindikasikan adanya senyawa yodium yang terlarut dalam air, seharusnya, seluruh senyawa yodium yang terbentuk akan teregenerasi kembali menjadi asam iodida sehingga larutan menjadi tidak berwarna. Hal ini diakibatkan terjadinya reaksi antara yodium (I_2) dengan molekul I^- membentuk I_3^- dalam kesetimbangan. Asam format hanya dapat bereaksi dengan molekul yodium (I_2) sehingga keberadaan molekul I^- yang ada dalam HI yang berlebih dapat menghambat reaksi regenerasi yodium dengan mengubah I_2 menjadi bentuk I_3^- (Chow, 1935). Di samping itu, kecepatan reaksi regenerasi yodium menjadi asam iodida lebih lambat dari pada reaksi sintesis 2-iodoheksana sehingga yodium yang terbentuk tidak seluruhnya teregenerasi kembali menjadi asam iodida. Oleh karena itu, perlu kajian tentang penggunaan katalis agar reaksi regenerasi yodium menjadi asam iodida menjadi lebih cepat.

2. Deiodisasi 2-iodoheksana

Proses deiodisasi 2-iodoheksana dilakukan dengan memanaskan senyawa 2-iodoheksana yang diperoleh hingga temperatur yang divariasikan antara 260°C dan 270°C. Selain temperatur, waktu reaksi juga divariasikan antara 30 dan 45 menit. Hasil reaksi dianalisis menggunakan metode gravimetri dan instrumen *Fourier Transform Infra Red Spectroscopy* (FTIR). Analisis gravimetri dilakukan untuk menentukan jumlah yodium yang terbentuk selama



reaksi. Yodium yang terbentuk selama reaksi menjadi komponen kunci untuk menghitung jumlah bio-hidrokarbon yang terbentuk. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan neraca mol komponen. Dengan mengetahui jumlah bio-hidrokarbon, maka nilai perolehan bio-hidrokarbon selama proses dapat dihitung. Analisis FTIR dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi yang terkandung dalam bio-hidrokarbon yang terbentuk. Hasil analisis dan perhitungan perolehan bio-hidrokarbon disajikan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Perolehan Bio-hidrokarbon

| Temperatur (°C) | Waktu Reaksi (menit) | Perolehan Bio-hidrokarbon (%) |
|-----------------|----------------------|-------------------------------|
| 260 | 30 | 35,1 |
| 260 | 45 | 39,0 |
| 270 | 30 | 55,3 |
| 270 | 45 | 60,7 |

Berdasarkan **Tabel 2** dapat disimpulkan bahwa terdapat pengaruh signifikan dari temperatur reaksi terhadap perolehan bio-hidrokarbon. Hal ini diakibatkan karena peningkatan temperatur, akan meningkatkan jumlah energi termal yang diberikan kepada sistem. Peningkatan energi termal dalam sistem akan berdampak pada peningkatan energi kinetik pada molekul-molekul dalam campuran. Secara teoretis, peningkatan energi kinetik akan memperbesar frekuensi tumbukan antar molekul yang berakibat pada meningkatnya hasil reaksi. Selain temperatur, waktu reaksi juga memiliki pengaruh yang signifikan terhadap perolehan bio-hidrokarbon. Hal ini dikarenakan semakin lama reaksi berlangsung, maka jumlah produk yang dihasilkan akan semakin besar. Kecenderungan nilai perolehan bio-hidrokarbon yang semakin meningkat seiring dengan peningkatan waktu reaksi dan temperatur reaksi menunjukkan potensi untuk pengkajian lebih lanjut dengan meningkatkan waktu reaksi dan temperatur agar perolehan bio-hidrokarbon yang didapatkan bisa semaksimal mungkin.

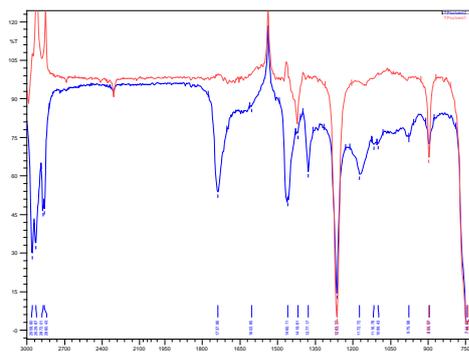
Melalui analisis FTIR, dapat diketahui gugus fungsi yang terdapat pada hasil reaksi. Hasil analisis FTIR akan dibandingkan dengan data literatur yang telah ada. Pada penelitian ini, gugus fungsi yang ingin diketahui keberadaannya adalah gugus fungsi alkana dan alkena. Data literatur daerah frekuensi dan intensitas dari gugus fungsi alkana dan alkena disajikan pada **Tabel 3**, dan hasil analisis FTIR dari hasil reaksi sintesis bio-hidrokarbon disajikan pada **Tabel 4**.

Tabel 3. Daerah frekuensi dan intensitas gugus fungsi alkana dan alkena (Chatwal, 1985)

| Gugus Fungsi | Ikatan | Daerah Frekuensi (cm ⁻¹) |
|--------------|--------|--------------------------------------|
| Alkana | C-H | 2850 – 3000 |
| Alkana | -C-H | 1350 – 1480 |
| Alkena | =C-H | 3010 – 3100 |
| Alkena | =C-H | 675 – 1000 |
| Alkena | C=C | 1620 – 1680 |

Tabel 4. Hasil Analisis FTIR

| Temperatur (°C) | Waktu Reaksi (menit) | Gugus Fungsi | |
|-----------------|----------------------|--------------|------------------|
| | | Alkana | Alkena |
| 260 | 30 | Terdeteksi | Terdeteksi |
| 260 | 45 | Terdeteksi | Tidak terdeteksi |
| 270 | 30 | Terdeteksi | Tidak Terdeteksi |
| 270 | 45 | Terdeteksi | Terdeteksi |



Gambar 1. Perbandingan Spektrum FTIR Bio-hidrokarbon (T = 260°C dan t = 30 menit) dengan pelarut diklorometana



Berdasarkan hasil analisis FTIR, dapat disimpulkan bahwa bio-hidrokarbon yang diinginkan dengan gugus alkana dan alkena di dalamnya, telah berhasil disintesis. Hasil percobaan ini dapat menunjukkan keberhasilan dari reaksi sintesis bio-hidrokarbon dari sorbitol.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh dari penelitian ini, diketahui bahwa kenaikan temperatur pada tahap sintesis 2-iodoheksana memberikan dampak signifikan pada nilai konversi sorbitol, namun tidak memberikan dampak signifikan pada nilai perolehan 2-iodoheksana. Di sisi lain, peningkatan waktu reaksi pada tahap sintesis 2-iodoheksana memberikan dampak signifikan pada nilai perolehan 2-iodoheksana namun tidak memberikan dampak signifikan pada nilai konversi sorbitol. Pada tahap deiodisasi 2-iodoheksana, temperatur dan waktu reaksi sangat mempengaruhi nilai perolehan bio-hidrokarbon dan menghasilkan bio-hidrokarbon yang mengandung gugus fungsi alkana pada setiap kondisi operasi dan alkena pada beberapa kondisi operasi. Secara keseluruhan, sintesis senyawa bio-hidrokarbon telah berlangsung secara cukup efektif dan menghasilkan perolehan paling besar sebesar 15,5% dengan kondisi operasi 90°C dan dengan waktu reaksi selama 6 jam untuk tahap sintesis 2-iodoheksana dan 270°C dengan waktu reaksi selama 45 menit dengan perolehan bio-hidrokarbon sebesar 60,7% untuk tahap deiodisasi 2-iodoheksana menghasilkan bio-hidrokarbon dengan gugus fungsi alkana dan alkena.

Daftar Pustaka

- Benson, Sidney W. "Kinetics of the Pyrolysis of Organic Iodides." *The Journal of Chemical Physics* 38 (1963): 1945-1951.
- Chatwal, G.R. *Spectroscopy (Atomic and Molecular)*. Himalaya Publishing House, 1985.
- Chow, Bacon F. "Oxidation of Formate Ion by Halogens in the Dark." (1935): 1437-1440.
- Davis, S.C., W. Hay and J. Pierce. *Biomass in The Energy Industry : an Introduction*. 2014.
- Diaz, Maggie Teresa. *Reduksi Sorbitol Menjadi Biohidrokarbon dengan Pirolisis Fasa Gas Sebagai Metode Modifikasi*. Bandung, 2017.
- Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi. *Statistik Minyak dan Gas Bumi*. Kementerian Energy dan Sumber Daya Mineral. Jakarta, 2015.
- Dong-Can Lv, Y.-Q.L., Shen-Jia Zhu, Yue-Yuan Ye, Duo Wang. "A novel process for the production and separation of heavier hydrocarbons from sorbitol-derived oil." *Fuel* (2015): 457-463.
- Dong-Can Lv, Y.-Q.L., * Ben-Bin Zhang, and Duo Wang. "Production of Liquid Hydrocarbons from Sorbitol by Reduction with Hydroiodic Acid." *Energy & Fuels* (2014): 3802-3807.
- Fessenden, R.J. and Joan S. Fessenden. *Organic Chemistry*. California, 1995.
- Hammick, Dalziel Llewellyn and Michael Zvegintzov. "The Rate of Reaction between Formic Acid and Iodine in Aqueous Solution." (1926): 1105-1108.
- Holmes, J.L. "The Pyrolysis of Isopropyl and s-Butyl Iodide." (1963): 2919-2929.
- Hudaya, Tedi. "Potensi, Pengelolaan, dan Teknologi Pemanfaatan Biomassa serta Listrik Terbaharukan untuk Ketahanan Energi Indonesia di Masa Depan." (2016): 7.
- Jeffery, G.H., J. Mendham and R.C. Denney. *Vogel's : Textbook of Quantitative Chemical Analysis*. Longman Scientific & Technical, 1989.
- Jr, Richard A. ogg. "Kinetics of the Thermal Reaction of Gaseous Alkyl Iodides with Hydrogen Iodide." (1934): 526-536.
- J. Michael Robinson, E.B., Wendell C. Barber, Caroline E. Burgess, Chhan Chau, Anita A. Chesser, Merry H. Garrett, Cynthia H. Goodwin, Preston L. Holland, Bruce O. Horne, Laura D. Marrufo, Eric J. Mechalke, Jeremy R. Rashidi, Brandon D. Reynolds, Teresa E. Rogers, Ernie H. Sanchez, Jose S. Villarreal,. "Chemical Conversion of Biomass Polysaccharides to Liquid Hydrocarbon Fuels and Chemicals." (1999): 224-227.
- Kimura, Masaru, Hitoe Ishiguro and Kelichi Tsukahara. "Kinetics of Reduction of Iodine by Oxalate and Formate Ions in an Aqueous Solution." *The Journal of Physical Chemistry* 94 (1990): 4106-4110.
- Maccoll, A. "Heterolysis and the Pyrolysis of Alkyl Halides in the Gas Phase." (1968): 33-60.
- Patwardhan, P.R. *Understanding the Product Distribution from Biomass Fast Pyrolysis*. Iowa Robinson, J. M. and A. Mild. "Chemical Conversion of Cellulose to Hexene and Other Liquid Hydrocarbon Fuels and Additives." (1995): 729-732.
- Robinson, J. M., et al. "Electrohydrolysis Recycling of Waste Iodine Salt into Hydroiodic Acid for The Chemical Conversion of Biomass into Liquid Hydrocarbons." *Membrane Science* (2000): 109-125.
- Robinson, J. Michael, et al. "The Use of Catalytic Hydrogenation to Intercept Carbohydrates in a Dilute Acid Hydrolysis of Biomass to Effect a Clean Separation from Lignin." *Biomass & Bioenergy* (2003): 473-478.
- Robinson, J Michael and O. Tex. "Process for Producing Hydrocarbon Fuels." *Board of Reagen* (1996).
- Smith, J.G. *Organic Chemistry*. New York: Mc Graw Hill, 2011.





- Soerawidjaja, Tatang Hernas. *Energi: Sang Sumber Daya Induk*. Akademi Ilmu Pengetahuan Indonesia. Bogor, 2013.
- Solomons, T.W.G. *Organic Chemistry*. New York: John Wiley & Sons, Inc., 2011.
- Vigouroux, R.Z. *Pyrolysis of Biomass in Chemical Engineering and Technology*. Stockholm: Royal Insitute of Technology, 2001.
- Vogel, Roland. "Sorbitol." *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*. New York: John Wiley and Sons, Inc., 2003.





Lembar Tanya Jawab

Moderator : Didi Dwi Anggoro (Universitas Diponegoro)
Notulen : Alfiena Intan Zahirah (UPN "Veteran" Yogyakarta)

1. Penanya : Idhlam Kholid (UPN "Veteran" Yogyakarta)
Pertanyaan : Bagaimana jika asam fosfat dijual dan digunakan untuk membeli H_3PO_3 ?
Jawaban : Harga asam format Rp 8.000 dan bisa didapat dari biomasa sedangkan harga H_3PO_3 Rp 81.200.
2. Penanya : Zaerra Regita P. (UPN "Veteran" Yogyakarta)
Pertanyaan : Mengapa bisa konversinya lebih besar tapi hasil yang didapat lebih sedikit?
Jawaban : Konversinya memang naik, tetapi yieldnya bisa menurun karena pada suhu tinggi terdapat kemungkinan adanya reaksi samping antara sorbitol dengan senyawa lainnya.
3. Penanya : Gusti Kurnia Dwiputra (UPN "Veteran" Yogyakarta)
Pertanyaan : Apakah range suhu hanya 90-120°C?
Jawaban : Berdasarkan Robbinson pada 117°C, yaitu reaksi terjadi sekitar 10°C dibawah titik didih sehingga diperoleh 90°C dan 120°C sebahai pembanding.
4. Penanya : Didi Dwi Anggoro (Universitas Diponegoro)
Pertanyaan : Apakah reaksi ini bisa menghasilkan ester? Yang akan diambil alkana atau alkena?
Jawaban : Secara teori bisa. Yang akan diambil adalah Alkana.

