



Effect of Ultrasound for Reducing Sugar Production from Cassava Starch

Bramantyo Airlangga, Febriyati Puspasari, Prida Novarita T. dan Sumarno*

Chemical Engineering Department, Faculty of Industrial Technology, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

*E-mail: onramus@chem-eng.its.ac.id

Abstract

Cassava is one high carbohydrate natural resource which has abundant presence in Indonesia. Its carbohydrate contain with main composition of starch (60%). Starch of cassava can be converted into reducing sugar which utilized as main material in food, pharmacy and many sugar based industry. Sonication is one of high intensive irradiation method which can depolymerize starch. The purpose of this research is to study the effect of ultrasound process operation time on reducing sugar production from cassava starch. In this study was conducted by using cassava starch suspension in aquadest (1/20 (w / v)). The ultrasound process is carried under operating conditions 35°C, 75% amplitude at various processing time (20-60 minutes). Products was analyzed using Scanning Electron Microscopy (SEM), X-Ray Diffraction (XRD) and Dinitrosalylic Acid (DNS) method. No significant sugar can be produced from the sonication process, but surprisingly it succesfully solubilize the starch solution. Therefore, this result show that sonication can depolymerize the starch into its oligomer form. Solubilized starch will be more easier to be hydrolized to reducing sugar. Hence, ultrasound is suitable as pre-treatment process for reducing sugar production from cassava starch.

Keywords: production enhancement, starch solubilisation, sonication, polysaccharide degradation, non-conventional degradation

Pendahuluan

Singkong adalah salah satu sumber karbohidrat yang keberadaannya melimpah di Indonesia. Salah satu jenis karbohidrat terbesar yang terkandung pada singkong adalah pati. Pati yang tersusun atas amilosa, amilopektin dan sejumlah kecil polisakarida lain. Pati singkong biasanya mengandung sekitar 20% amilosa dan 80% amilopektin (Salehuzzaman dkk., 1999). Amilosa dan amilopektin merupakan polimer yang tersusun ada monomer D-glukosa. Oleh karena itu, pati berpotensi untuk dikonversi menjadi produk turunan yang memiliki nilai jual tinggi, seperti senyawa glukosa, fruktosa dan gula pereduksi lainnya (Cardenas-toro dkk., 2014). Proses konversi tersebut dapat melalui proses hidrolisa. Hidrolisa pada pati dapat dilakukan dengan memotong ikatan glikosidik pada rantai polimer pati sehingga terbentuk senyawa-senyawa turunan yang memiliki berat molekul lebih rendah.

Didalam pati, keberadaan amilosa dan amilopektin saling mengisi sehingga menyebabkan pati berbentuk granula yang kukuh (Hancock dan Tarbet, 2000). Granula ini dapat menghalangi masuknya air sehingga pati cenderung sulit larut pada air pada suhu ruang. Sifat ini dapat menghalangi terjadinya proses hidrolisa pada pati. Selain itu juga, struktur tersebut juga membuat pati memiliki resistansi fisik dan kimiawi yang kuat sehingga sulit didegradasi melalui proses hidrolisa (Hancock dan Tarbet, 2000).

Hidrolisa pada pati dapat dilakukan dengan berbagai macam metode, antara lain adalah secara konvensional yaitu melalui proses asam dan enzim. Hidrolisa pati dengan asam kuat mampu melarutkan dan menghidrolisa daerah amorf dari granula pati dengan cepat, namun degradasi pada daerah kristalin dari granul masih terjadi secara lambat (Hoover, 2007). Pemakaian asam kuat pada metode ini menyebabkan adanya proses lanjutan berupa proses separasi dan pengolahan limbah, selain itu juga memerlukan peralatan khusus yang memerlukan biaya yang tinggi. Metode konvensional lain yang dapat digunakan untuk hidrolisa pati adalah metode enzimatik. Metode ini juga merupakan metode yang sudah dikembangkan dan diaplikasikan pada industri, menggunakan enzim spesifik seperti α -amilase untuk mendegradasi pati (Perez-Rea dkk., 2013). Jika dibandingkan dengan metode asam, metode enzim dapat menghasilkan yield yang hampir sama tanpa membutuhkan teknologi separasi, pengolahan limbah atau peralatan khusus seperti metode asam. Namun, metode enzim membutuhkan waktu reaksi yang jauh lebih lama daripada metode asam (Woiciechowski dkk., 2002). Hal menyebabkan metode enzim memiliki keterbatasan pada segi produktifitasnya.

Selain metode konvensional diatas, dikembangkan metode non-konvensional untuk mendegradasi pati yang diharapkan dapat meningkatkan produk yang diinginkan dan juga merupakan metode yang ramah lingkungan.



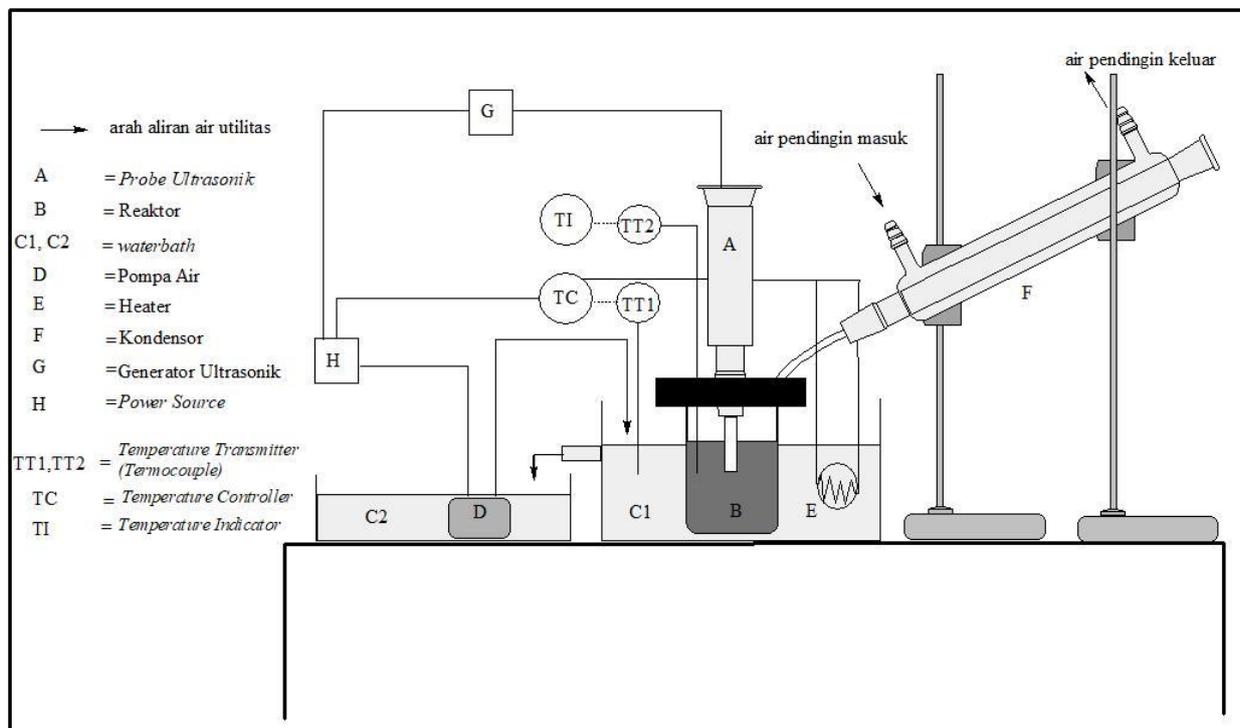
Metode non-konvensional yang digunakan untuk mendegradasi dapat berupa proses radiasi, fisik dan mekanis. Salah satu metodenya adalah dengan metode ultrasonik. Metode ini telah menjadi suatu teknologi yang dapat merubah struktur fisik biomassa khususnya pati melalui radiasi gelombang ultrasonik (>20 kHz). Melalui generasi microjet yang ditimbulkan metode ultrasonik pada sistem suspensi pati, mampu merusak granul pati, dan memperkecil ukuran granul (Boufi et al., 2018; Zuo dkk., 2012). Metode ultrasonik juga dapat meningkatkan porositas dari granul pati (Sujka, 2017). Perubahan-perubahan sifat fisis ini menyebabkan pati akan lebih mudah terlarut dan terhidrolisa. Walaupun metode ultrasonik mampu merusak, memperkecil ukuran dan meningkatkan porositas granul pati, proses ini tidak terlalu berpengaruh terhadap daerah kristalin pati (Zhu dkk., 2012).

Penelitian tentang pengaruh metode ultrasonik untuk memproduksi gula pereduksi dari pati singkong masih belum banyak dilakukan. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh metode ultrasonik pada degradasi pati singkong.

Metode Penelitian

Penelitian ini dengan menggunakan pati singkong yang didapat dari Kabupaten Mojokerto, Provinsi Jawa Timur. Kemudian, pati tersebut dikeringkan dan diseragamkan hingga ukuran 40 mesh.

Suspensi pati dibuat dengan mencampurkan pati dan akuades (1/ 20 (w/v)). Suspensi pati tersebut lalu di proses menggunakan metode ultrasonik yang dihasilkan dari Generator Ultrasonik 500 W VCX-500 (Sonic and Material, Inc) dengan ukuran probe ½ inch dan Amplitudo 80%. Alat tersebut dirangkai sesuai dengan **Gambar 1**. Proses ultrasonik dilakukan dengan suhu awal 30°C selama 20-60 menit.



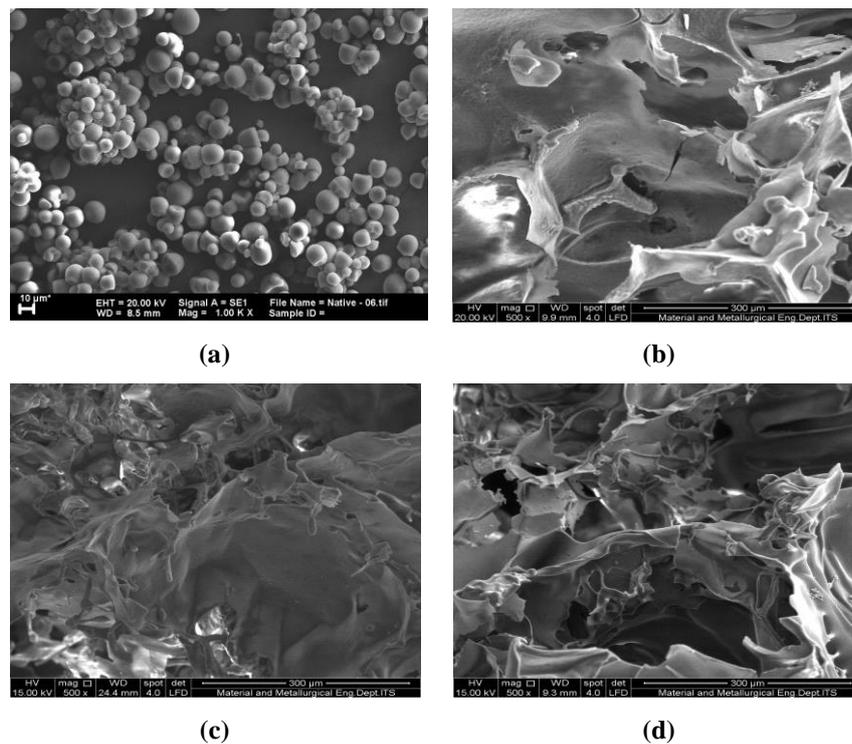
Gambar 1. Skema alat eksperimen

Produk hasil proses ultrasonik dipisahkan dengan alat *sentrifuge* untuk memisahkan produk cair dan padatan. Produk padatan dikeringkan menggunakan *freeze-dryer* dan dianalisa dengan menggunakan X-Ray Diffraction (XRD) (X'pert pro PANalytical) dan Scanning Electron Microscopy (SEM) (FEI Inspect S50). Sedangkan produk cair dianalisa dengan metode Dinitrosalicylic Acid (DNS) menggunakan spektrofotometer UV-Vis (Gensys 10S UV-Vis).

Hasil dan Pembahasan

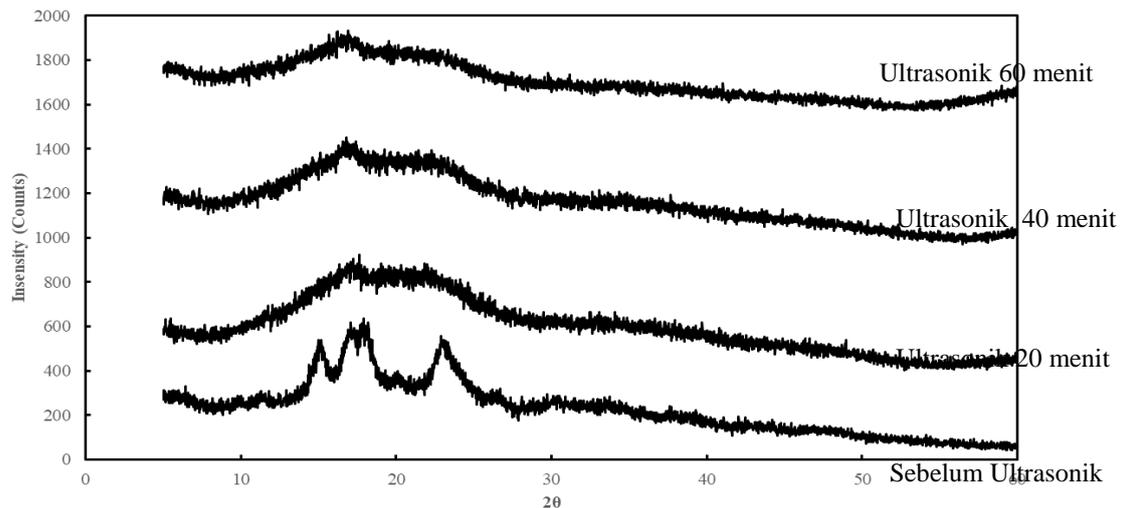
Proses produksi gula pereduksi dari pati singkong dilakukan dengan mendegradasi pati menggunakan radiasi ultrasonik. Radiasi ultrasonik menyebabkan kompresi dan dekomposisi udara terlarut. Peristiwa menyebabkan timbulnya *microbubble* yang dapat pecah dan mengalami kavitasi. Pecahnya gelembung ini dapat menyebabkan efek *microjet* yang dapat merusak permukaan granul dengan suhu dan tekanan lokal yang tinggi (Suslick dkk.,

1999). Perusakan granul ini diharapkan dapat diikuti pemutusan ikatan glikosidik pada pati sehingga dapat terbentuk gula pereduksi.



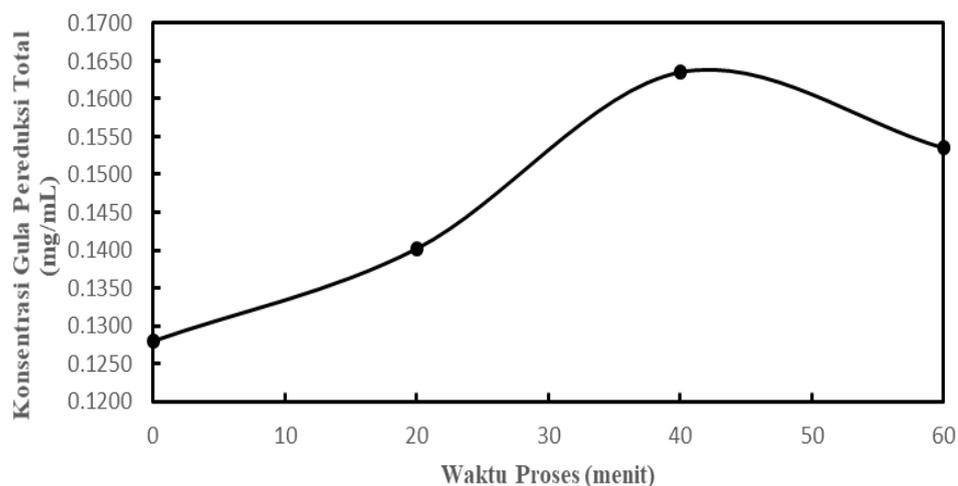
Gambar 2. Perubahan morfologi pati: (a) sebelum proses ultrasonik (pembesaran 1000x) (b) ultrasonik 20 menit, (c) ultrasonik 40 menit, dan (d) ultrasonik 60 menit (pembesaran 500 x)

Hasil analisa untuk mengetahui morfologi pati sebelum dan sesudah ditunjukkan dengan hasil uji analisa SEM pada **Gambar 2**. Pada Gambar 1a struktur pati singkong masih berupa granul-granul. Efek proses ultrasonik mulai terlihat pada gambar 1(b),(c) dan (d). Proses ultrasonik 20 menit dapat memecah granul. Hal ini juga terlihat pada proses ultrasonik 40 menit dan 60 menit. Kerusakan granul yang dihasilkan dari ultrasonik yang dipakai (500 W) menunjukkan hasil lebih signifikan dari pada hasil eksperimen ultrasonik dari penelitian yang lain menggunakan daya yang lebih rendah (170 W) . Dengan menggunakan daya yang lebih rendah kerusakan granul hanya terjadi pada permukaan granul saja (Sujka, 2017). Pada daya yang lebih besar, efek microjet yang dihasilkan mampu merusak permukaan granul pati dengan daya yang cukup besar sehingga air dapat masuk kedalam granul. Dengan masuknya air kedalam granul, molekul air akan membentuk ikatan hidrogen dengan sisi pati yang hidrofilik yang ada didalam granul dan menggantikan kedudukan ikatan intra dan inter molekul pati. Semakin banyaknya air yang dapat terikat dengan pati akan menyebabkan pati ter-solubilisasi atau terlarut walau dalam suhu ruang.



Gambar 3. Hasil Analisa X-Ray Diffraction (XRD) untuk pati pada berbagai waktu ultrasonik

Gambar 3 menunjukkan hasil proses metode ultrasonik dapat meluluhkan sisi kristalin dari pati. Sebelum proses ultrasonik pati diantara sudut bias (2θ) $15^\circ - 30^\circ$ memiliki 2 puncak singlet (disekitar 15° dan 23°) dan 1 puncak doublet (disekitar 18°) daerah kristalin. Pada ultrasonik 20 menit terlihat peluluhan daerah kristal pada 15° dan penurunan intensitas pada puncak yang lain. Pada ultrasonik 40 menit mulai terjadi penurunan pada sudut bias 23° . Penurunan intensitas tersebut berlanjut di saat 60 menit proses ultrasonik. Hasil ini juga terjadi pada degradasi pati maizena proses ultrasonik dengan daya yang lebih rendah (400 W) namun menggunakan isopropil alkohol. Pada degradasi pati dengan ultrasonik 400 W dengan isopropil alkohol peluluhan daerah kristalin pada sudut bias 15 dan 23 belum terlihat signifikan hingga 30 menit, peluluhan tersebut baru terlihat pada sonikasi 90 menit (Boufi dkk., 2018). Hal ini menunjukkan bahwa dengan peningkatan daya ultrasonik dapat meluluhkan kristal sebaik dengan ultrasonik menggunakan pelarut tambahan.



Gambar 4. Grafik Konsentrasi Gula Pereduksi Total dari Pati dengan Metode Ultrasonik

Produksi gula pereduksi dari proses ultrasonik ditunjukkan dari konsentrasi gula pereduksi yang terbentuk. Konsentrasi ini diukur melalui metode DNS yang memanfaatkan sifat reduktor dari gula yang terbentuk untuk bereaksi dan merubah warna reagen DNS. Hasil analisa perubahan warna tersebut diukur dengan spektrofotometer UV-Vis, lalu dibentuk grafik pada Gambar 3. Pada grafik tersebut terlihat gula yang terbentuk mengalami peningkatan dari pati awal yang memiliki konsentrasi gula pereduksi 0,1280 mg/mL hingga mencapai maksimum 0,1635 mg/mL dengan proses ultrasonik selama 40 menit. Jika mengasumsikan larutan ideal tanpa adanya perubahan volume maka dalam 100 mL larutan 5 gr pati /100 mL akuades yang digunakan, dapat terbentuk 0,0071 gram gula pereduksi per 1 gram pati selama 40 menit proses ultrasonik.



Efek microjet yang dihasilkan ultrasonik seperti yang tampak pada Gambar 1 dan Gambar 2 membuat pati dapat terlarut dalam air sehingga semakin banyak air yang dapat terikat pada pati. Selain timbulnya *efek microjet* yang dapat menghancurkan struktur granul pati, pecahnya gelembung kavitasi yang muncul dari radiasi ultrasonik juga dapat memproduksi ion radikal sehingga membentuk lebih banyak ion H_3O^+ atau OH^- daripada air pada kondisi normal (Al-Juboori dkk., 2015). Melalui fenomena-fenomena tersebut, ultrasonik dapat memudahkan proses hidrolisa tersebut karena mempermudah akses ion air sekaligus memproduksi ion yang lebih banyak. Proses hidrolisa tersebut menyebabkan terbentuknya gula pereduksi atau bentuk oligomer dari pati.

Kesimpulan

Dari hasil analisa SEM metode ultrasonik 500 W dengan Amplitudo 80% mampu memecah granul. Metode ini juga mampu meluluhkan sebagian struktur kristalin dari pati seperti yang ditunjukkan hasil analisa XRD. Dengan menggunakan 100 mL larutan dengan konsentrasi 5 gr pati /100 mL akuades, metode ini mampu menghasilkan 0,0071 gram gula pereduksi per 1 gram pati. Oleh karena itu, metode ultrasonik dapat menjadi metode yang baik untuk perusakan granula pati singkong sehingga mempermudah hidrolisa pati menjadi gula pereduksi.

Dari hasil penelitian tersebut, masih terdapat potensi untuk meningkatkan produksi gula pereduksi dengan metode ultrasonik. Metode ultrasonik dapat dikombinasikan dengan metode lain sehingga berpotensi meningkatkan hasil gula pereduksi. Ultrasonik akan dapat membantu metode lain sebagai terikatnya air ke pati sehingga pati lebih mudah terhidrolisa.

Ucapan Terima Kasih

Penulis ingin berteima kasih kepada pihak Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember yang mendukung terlaksananya penelitian ini. Penelitian ini juga terlaksana melalui beasiswa Program Magister-Doktor untuk Sarjana Unggul (PMDSU) yang diselenggarakan Kementerian Riset dan Teknologi Indonesia.

Daftar Notasi

2θ = sudut bias (°)

Daftar Pustaka

- Al-Juboori, R.A., Yusaf, T., Bowtell, L. Energy Conversion Efficiency of Pulsed Ultrasound. *Energy Procedia*. 2015. 75, 1560–1568. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.07.340>
- Boufi, S., Bel Haaj, S., Magnin, A., Pignon, F., Imp  rator-Clerc, M., Mortha, G., Ultrasonic assisted production of starch nanoparticles: Structural characterization and mechanism of disintegration. *Ultrason. Sonochem.* 2018. 41, 327–336. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2017.09.033>
- Hancock, R.D., Tarbet, B.J., The Other Double Helix—The Fascinating Chemistry of Starch. *J. Chem. Educ.* 2000. 77, 988. <https://doi.org/10.1021/ed077p988>
- Sujka, M. Ultrasonic modification of starch – Impact on granules porosity. *Ultrason. Sonochem.* 2017. 37, 424–429. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2017.02.001>
- Suslick, K.S., Didenko, Y., Fang, M.M., Hyeon, T., Kolbeck, K.J., McNamara III, W.B., Mdeleleni, M.M., Wong, M. Acoustic cavitation and its consequences. *Philos. Trans. R. Soc. A.* 1999. 357, 335–353. <https://doi.org/10.1098/rsta.1999.0330>
- Zhu, J., Li, L., Chen, L., Li, X. Study on supramolecular structural changes of ultrasonic treated potato starch granules. *Food Hydrocoll.* 2012. 29, 116–122. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2012.02.004>





Lembar Tanya Jawab

Moderator : Yusi Prasetyaningsih (Politeknik TEDC Bandung)

Notulen : Diana Sulisty (UPN "Veteran" Yogyakarta)

1. Penanya : Hendriyana (UNJANI)
Pertanyaan :
 - Hasil HRD apakah perlu diverifikasi?
 - Bagaimanakah potensi untuk dikomersialkan?Jawaban :
 - Perlu dianalisa lebih lanjut.
 - Sangat mungkin karena penggunaan ultrasonik maka akan mengurangi separasi dan pengolahan limbah.
2. Penanya : R. Shochibul Izar (Teknik Kimia UPN "Veteran" Yogyakarta)
Pertanyaan : Bagaimanakah cara menghasilkan gelombang ultrasonik sampai layak dikomersialkan
Jawaban : Diciptakan ultrasonik yang kontinu. Sangat mungkin dikomersialkan karena tidak diperlukan bahan kimia sehingga mengurangi beban separasi dan pengolahan limbah.
3. Penanya : Yusi Prasetyaningsih (Politeknik TEDC Bandung)
Pertanyaan : Penelitian dilakukan dalam waktu 1 jam, bagaimanah jika lebih lama?
Jawaban : Ada penurunan gula. Harus ada analisa lebih lanjut sehingga dapat dibuktikan adanya penurunan itu karena apa.

