



Pengolahan Sampah Plastik dengan Metoda Pirolisis menjadi Bahan Bakar Minyak

Endang K, Mukhtar G, Abed Nego, F X Angga Sugiyana

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

E-mail : anego585@gmail.com, anggaxaverius@gmail.com

Abstrak

Proses pirolisis sampah plastik merupakan proses dekomposisi senyawa organik yang terdapat dalam plastik melalui proses pemanasan dengan sedikit atau tanpa melibatkan oksigen. Pada proses pirolisis senyawa hidrokarbon rantai panjang yang terdapat pada plastik diharapkan dapat diubah menjadi senyawa hidrokarbon yang lebih pendek dan dapat dijadikan sebagai bahan bakar alternatif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu terhadap perolehan minyak hasil pirolisis, mengetahui pengaruh suhu dan jenis plastik terhadap sifat fisik dan sifat kimia dari minyak hasil pirolisis. Pirolisis sampah plastik ini dilakukan dengan umpan yaitu sampah plastik jenis PolyPropylene dan sampah plastik jenis Low Density PolyEthylene. Proses pirolisis dijalankan dalam reaktor semi batch dimana umpan sebanyak 500 gram dimasukan sekaligus dalam reaktor dan produk akan dihasilkan secara terus menerus. Proses pirolisis dilaksanakan selama 60 menit dengan variasi suhu 250°C, 300°C, 350°C serta 400°C. Untuk memaksimalkan hasil pirolisis maka proses pirolisis dilakukan pada kondisi vakum. Selain itu di dalam reaktor diisi oleh pasir silika sebagai penahan panas serta zeolit sebagai katalis proses cracking hidrokarbon. Minyak hasil pirolisis terbanyak dari sampah plastik PolyPropylene diperoleh pada suhu operasi 400°C sebanyak 27,05% sedangkan minyak hasil pirolisis terbanyak dari sampah plastik Low Density PolyEthylene diperoleh pada suhu operasi 300°C sebanyak 37,43%. Viskositas minyak hasil pirolisis mendekati nilai viskositas dari bensin. Densitas minyak hasil pirolisis mendekati nilai densitas dari solar dan minyak tanah. Nilai kalor minyak hasil pirolisis mendekati nilai kalor dari solar dan minyak tanah.

Kata Kunci: pirolisis, PolyPropylene, Low Density PolyEthylene, viskositas, densitas, nilai kalor

Pendahuluan

Pada era modern ini plastik sangat dibutuhkan dalam menunjang kehidupan manusia. Peralatan dalam kehidupan manusia yang menggunakan bahan baku plastik diantaranya adalah peralatan mandi (ember, gayung, tempat sabun), peralatan makan dan minum (piring plastik, gelas plastik, kotak bekal, botol minum), alat tulis (penggaris, kotak pensil) dan masih banyak lagi.

Beberapa plastik yang biasa digunakan sebagai bahan baku adalah PolyEthylene Terephthalate (PET), High Density PolyEthylene (HDPE), Polyvinyl Chloride (PVC), Low Density PolyEthylene(LDPE), PolyPropylene(PP). Jenis plastik yang sering ditemukan adalah PET yang digunakan sebagai bahan baku botol air mineral, LDPE yang digunakan sebagai bahan baku kantong kresek dan PP yang digunakan sebagai gelas air mineral.

Semakin banyaknya jumlah sampah plastik yang dihasilkan menyebabkan perlunya dilakukan pengolahan terhadap sampah plastik tersebut. Masyarakat awam sering membakar sampah plastik untuk mengurangi jumlah sampah plastik di lingkungan padahal sampah plastik yang dibakar akan menghasilkan gas hidrogen sulfida (H_2S) yang dapat menjadi racun bagi lingkungan. Terlebih lagi apabila dalam kandungan sampah plastik terdapat senyawa klorida (Cl) yang dapat menghasilkan dioksin (penyebab kanker) apabila dibakar dengan suhu rendah. Pengolahan yang lainnya adalah dengan mendaur ulang sampah plastik dimana sampah plastik diolah dan dirubah menjadi menjadi bahan plastik yang baru. Namun proses daur ulang ini hanya akan merubah sampah plastik menjadi bentuk yang baru bukan menanggulangi banyaknya sampah plastik karena ketika produk daur ulang plastik sudah kehilangan fungsinya maka akan kembali menjadi sampah plastik. Maka dari itu diperlukan metode yang lain untuk menanggulangi banyaknya sampah plastik salah satunya dengan mengolah sampah plastik menjadi bahan bakar alternatif dengan metode pirolisis. Kelebihan dari proses pirolisis adalah dapat bekerja pada tekanan atmosfer dan pada suhu sekitar 500°C (Rahayu dkk, 2012).

Pada penelitian ini akan dilakukan proses pirolisis sampah plastik jenis LDPE yang berupa kantong kresek dan PP yang berupa gelas air mineral bekas. Proses pirolisis menggunakan pasir silika yang bertujuan untuk mempertahankan panas dan zeolit sebagai katalis untuk cracking terhadap gas yang dihasilkan agar proses pemanasan berjalan sempurna. Dengan melakukan modifikasi reaktor yaitu menggunakan pasir silika pada dasar



reaktor dan menggunakan katalis zeolit diharapkan minyak pirolisis yang dihasilkan dapat lebih optimum. Analisis yang dilakukan pada minyak hasil pirolisis adalah viskositas, densitas dan nilai kalor.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu terhadap perolehan minyak hasil pirolisis, mengetahui pengaruh suhu terhadap sifat fisik dan sifat kimia dari minyak hasil pirolisis, serta mengetahui pengaruh jenis plastik terhadap sifat fisik dan sifat kimia dari minyak hasil pirolisis.

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada pirolisis sampah plastik merupakan metode experimental yang terdiri dari beberapa tahap berkesinambungan agar tujuan penelitian dapat tercapai. Tahap I adalah persiapan awal. Pada tahap ini dilakukan persiapan terhadap bahan baku yang berupa sampah plastik berjenis LDPE dan PP. Persiapan yang dilakukan meliputi pembersihan, pengeringan serta pencacahan sampah plastik.

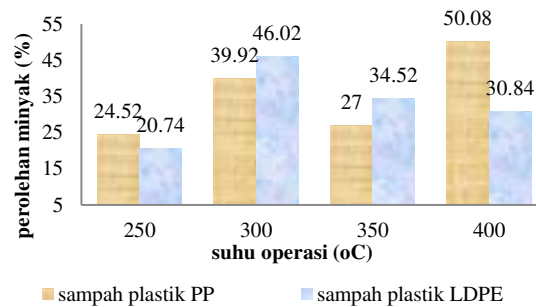
Tahap II adalah proses pirolisis sampah plastik. Pada bagian dasar reaktor pirolisis dimasukkan pasir silika setinggi 5 cm, dan katalis zeolit dimasukkan ke bagian atas reaktor setinggi 10 cm. Kemudian pompa vakum dinyalakan serta reaktor dipanaskan hingga mencapai suhu 400°C. Setelah mencapai suhu yang diinginkan, kemudian dimasukkan sampah plastik berjenis LDPE sebanyak 500 gram ke dalam reaktor untuk dilakukan proses pirolisis selama 60 menit. minyak hasil pirolisis kemudian ditampung dan dianalisa viskositas, densitas dan nilai kalor. Kemudian dilakukan proses pirolisis kembali dengan menggunakan sampah plastik berjenis PP pada temperatur yang sama. Kemudian dilakukan proses pirolisis terhadap sampah LDPE dan PP dengan variasi suhu 350°C, 300°C serta 250°C.

Tahap III yaitu analisis minyak hasil pirolisis. Analisis viskositas terhadap minyak hasil pirolisis dengan menggunakan viscometer. Analisis densitas terhadap minyak hasil pirolisis dengan menggunakan piknometer. Analisis nilai kalor terhadap minyak hasil pirolisis dengan menggunakan bom kalorimeter.

Hasil dan Pembahasan

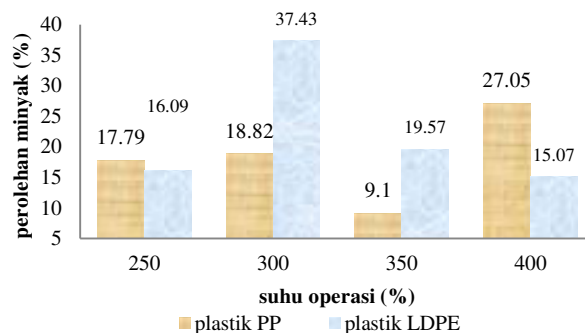
Pengaruh Suhu dan Jenis Plastik Terhadap Perolehan Minyak Pirolisis

Hasil penelitian pirolisis sampah plastik menghasilkan jumlah minyak yang berbeda pada setiap variasi jenis plastik dan suhu operasi yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Perolehan Minyak Hasil Pirolisis Sebelum Dipisahkan

Dari Gambar 1 dapat dilihat bahwa perolehan minyak tertinggi dari pirolisis sampah plastik PP diperoleh pada suhu 400°C sebesar 50,08% berat sedangkan sampah plastik jenis LDPE diperoleh pada suhu 300°C sebesar 46,02% berat. Minyak hasil pirolisis membentuk dua lapisan yang dipisahkan dengan menggunakan corong pisah. Perolehan setelah dipisahkan dapat dilihat pada Gambar 2.



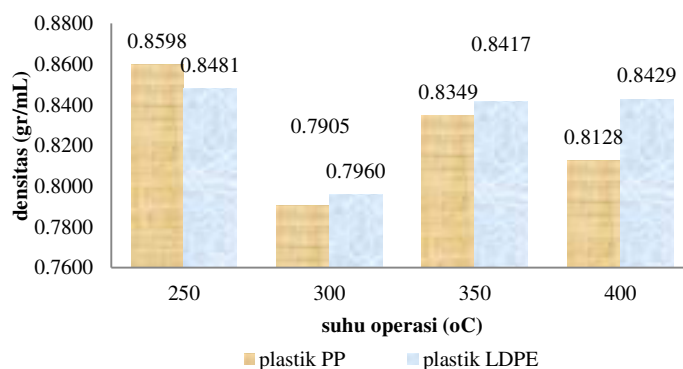
Gambar 2. Perolehan Minyak Hasil Pirolisis Setelah Dipisahkan

Gambar 2 menjelaskan bahwa minyak pirolisis sampah plastik setelah dipisahkan banyak mengalami penurunan perolehannya dibandingkan sebelum dipisahkan karena banyak pengotor pada minyak hasil pirolisis. Dari Gambar 1 dan Gambar 2 dapat menjelaskan bahwa sampah plastik tidak dapat dijadikan minyak seluruhnya karena pada pirolisis LDPE maupun PP akan selalu terdapat gas yang tidak dapat dikondensasi (Gao, 2010). Selain itu gas yang dihasilkan pada proses pirolisis akan meningkat dengan cepat pada suhu 300°C hingga 420°C (C-Tech Inovation Ltd, 2003).

Pada pirolisis PP suhu 400°C perolehan minyak meningkat secara drastis karena proses pirolisis sampah plastik PP suhu 400°C produksi gas C₃ dan C₄ yang merupakan gas yang tidak dapat terkondensasi berkurang dan lebih sedikit dibanding pada pirolisis PE pada suhu yang sama (Gao,2010). Pirolisis sampah plastik PP pada suhu 400°C akan banyak menghasilkan senyawa hidrokarbon C₉ yang dapat terkondensasi pada suhu kamar (Javier, 2006)

Pengaruh Suhu dan Jenis Plastik Terhadap Densitas Minyak Pirolisis

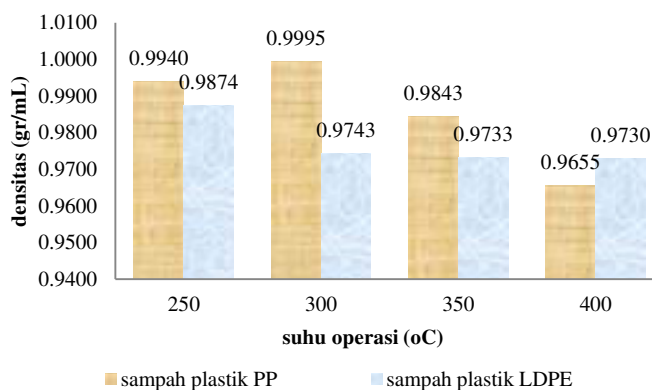
Minyak pirolisis sampah plastik dianalisis densitasnya baik lapisan atas maupun lapisan bawah. Hasil analisis densitas minyak lapisan atas dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Densitas Minyak Pirolisis Lapisan Atas

Gambar 3 menjelaskan bahwa densitas minyak hasil pirolisis mendekati densitas solar dan minyak tanah. Minyak hasil pirolisis PP yang mendekati densitas minyak tanah diperoleh pada suhu 300°C dan 400°C, sedangkan yang mendekati densitas solar diperoleh pada suhu 250°C dan 350°C. Sementara Minyak hasil pirolisis LDPE yang mendekati densitas minyak tanah diperoleh pada suhu 300°C, sedangkan yang mendekati densitas solar diperoleh pada suhu 250°C dan 350°C dan 400°C.

Perbedaan densitas minyak pirolisis sampah plastik PP dan LDPE disebabkan oleh bahan bakunya. Sampah plastik PP memiliki densitas sebesar 0,855 gr/mL sedangkan sampah plastik LDPE memiliki densitas sebesar 0,910 gr/mL hingga 0,940 gr/mL. Minyak hasil pirolisis sampah LDPE densitasnya yang lebih besar dibanding minyak hasil pirolisis sampah plastik PP. Sementara densitas minyak lapisan bawah dapat dilihat pada Gambar 4.



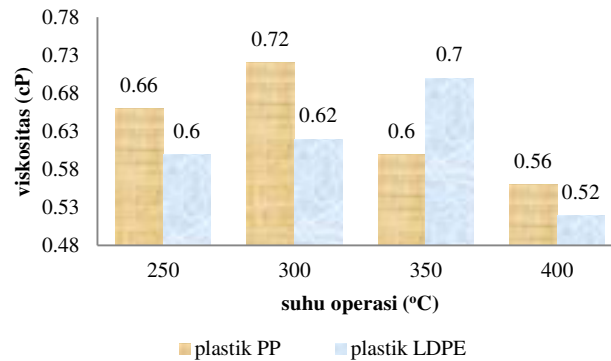
Gambar 4. Densitas Minyak Pirolisis Lapisan Bawah

Gambar 4 menjelaskan bahwa minyak lapisan bawah dari sampah plastik LDPE maupun PP memiliki nilai densitas yang cukup tinggi dan mendekati nilai densitas air dimana densitas air pada suhu kamar adalah sebesar

0,9971 gr/mL. Hal ini menunjukkan bahwa hasil pirolisis plastik mengandung air (William dkk, 2013) sehingga membentuk dua lapisan yang karakteristik lapisan bawah mendekati air.

Pengaruh Suhu dan Jenis Plastik Terhadap Viskositas Minyak Pirolisis

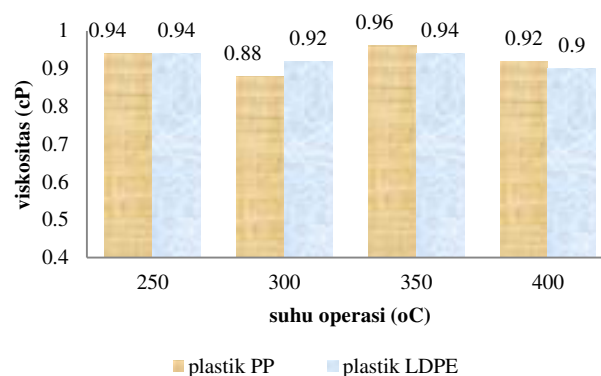
Minyak hasil pirolisis juga dianalisis viskositasnya yang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Viskositas Minyak Pirolisis Lapisan Atas

Gambar 5 menjelaskan bahwa viskositas minyak hasil pirolisis PP lebih besar dibandingkan viskositas minyak LDPE yang menunjukkan bahwa minyak pirolisis PP lebih kental karena struktur kimia plastik PP lebih panjang dimana semakin panjang ikatan struktur kimia, maka viskositas akan semakin besar. Pada suhu rendah minyak pirolisis yang dihasilkan akan cenderung membentuk lilin dimana semakin tinggi suhu operasi pirolisis maka produksi lilin akan semakin berkurang (Ademiluyi, 2007). Hal ini yang menyebabkan viskositas minyak pirolisis pada suhu 400°C merupakan nilai terendah.

Nilai viskositas yang dihasilkan berada pada kisaran 0,52-0,7 cP nilainya hampir sama dengan bensin yaitu sebesar 0,652 cP. Nilai viskositas minyak pirolisis sampah plastik yang paling mendekati nilai viskositas bensin adalah minyak hasil pirolisis PP pada suhu 350°C sebesar 0,6 cP dan minyak hasil pirolisis LDPE pada suhu 300°C sebesar 0,62 cP. Nilai viskositas minyak pirolisis lapisan bawah dapat dilihat pada Gambar 6.

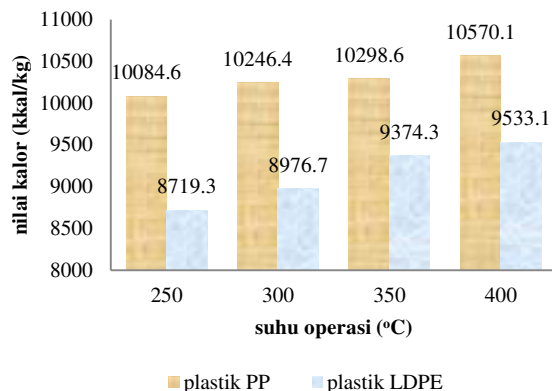


Gambar 6. Viskositas Minyak Pirolisis Lapisan Bawah

Gambar 6 menjelaskan bahwa nilai viskositas lapisan bawah cukup tinggi berada pada 0,88 cP – 0,96 cP yang mendekati nilai viskositas air pada suhu kamar. Hal ini mempertegas bahwa minyak hasil pirolisis sampah plastik yang dihasilkan mengandung 15-20% air (William dkk, 2013).

Pengaruh Suhu dan Jenis Plastik Terhadap Nilai Kalor Minyak Pirolisis

Analisis terhadap Nilai Kalor minyak pirolisis dapat dilihat pada Gambar 7. Nilai kalor minyak pirolisis sampah plastik berada pada kisaran 8976,71 kkal/kg hingga 10570,1 kkal/kg dimana nilai tersebut mendekati nilai kalor solar sebesar 10342 kkal/kg. Nilai kalor minyak pirolisis yang mendekati nilai kalor bensin hanya pirolisis PP suhu 400°C sebesar 10570,1 kkal/kg. Gambar 7 menjelaskan bahwa nilai kalor minyak pirolisis plastik PP dan LDPE mengalami kenaikan dengan meningkatnya suhu operasi pirolisis, yang artinya semakin tinggi suhu operasi pirolisis maka nilai kalor minyak yang dihasilkan semakin tinggi (Orabi, 2015).



Gambar 7. Nilai Kalor Minyak Pirolisis Lapisan Atas

Pengaruh Suhu Pirolisis Terhadap Karakteristik Minyak Hasil Pirolisis

Minyak hasil pirolisis sampah PP dan LDPE belum dapat menyerupai bahan bakar tertentu secara spesifik atau dengan kata lain bahan bakar yang diperoleh dari penelitian ini masih merupakan bahan bakar campuran. Hal ini disebabkan minyak hasil pirolisis belum dilakukan pemurnian untuk menghasilkan bahan bakar yang lebih murni dan lebih spesifik. Proses pemurnian yang dapat dilakukan adalah dengan proses distilasi ataupun fraksinasi (Fatimah, 2003). Selain itu proses pirolisis sampah plastik dilakukan pada range temperatur titik didih ketiga bahan bakar tersebut yang memperbesar kemungkinan munculnya campuran dari bahan bakar.

Kesimpulan

Penelitian menunjukkan bahwa minyak pirolisis terbanyak dari sampah plastik PP diperoleh dari proses pirolisis suhu 400°C sedangkan sampah plastik LDPE diperoleh dari proses pirolisis suhu 300°C. Nilai densitas minyak hasil pirolisis plastik jenis PP dan LDPE mendekati nilai densitas dari minyak tanah dan solar. Nilai viskositas minyak hasil pirolisis PP dan LDPE mendekati nilai viskositas bensin. Nilai kalor minyak pirolisis hasil pirolisis PP mendekati nilai kalor solar sedangkan nilai kalor hasil pirolisis LDPE mendekati nilai kalor solar. Nilai kalor pirolisis sampah plastik jenis PP dan LDPE meningkat dengan peningkatan suhu dinding reactor.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada jurusan yang telah memberi fasilitas dalam penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Ademiluyi, T. Preliminary Evaluation of Fuel Oil Produced From Pyrolysis of Waste Sachets. University of Science and Technology. Nigeria, 2007.
- Bebbasari, Sri. 2014. Produksi Sampah Plastik Indonesia 5,4 Juta Ton per Tahun. http://www.antaraneews.com/berita/41_7287/produksi-sampah-plastik-indonesia-54-juta-ton-per-tahun (Diakses pada 28 Desember 2014)
- Considine, Douglas M. Chemical and Process Technology Encyclopedia. Mc Graw Hill Book Company : New York, 1974.
- Gao, Feng. Pyrolysis of Waste Plastics into Fuels. University of Canterbury, 2010.
- Insura, Nagi dkk. Converting Waste Plastics To Gasoline Like Fuel at Low Temperature. University of Leeds, tt
- Martinez, Isidoro. Properties of Liquids. 1995.
- Javier, Ignacio. Pyrolysis of PolyPropylene By Ziegler-Natta Catalysts. Hamburg, 2006.
- Orabi, Rasha G. An Investigasi The KSA Environmental Safety Using The Novel Microwave Pyrolysis For Recycling Waste Engines Oil. International Journal of Emerging Trends in Engineering and Development. 2015.
- Wulandari, Puri, dkk. Production Of Bio Oil From Rice Husks (Oryza Sativa L.) Biomass Fast Pyrolysis Reaction By Using Bubbling Fluidized Bed Reactor As Alternative Green Diesel Fuel. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia, 2012.
- Ramadhan P, Aprian dan Munawar Ali. Pengolahan Sampah Plastik Menjadi Minyak Menggunakan Proses Pirolisis. Prodi Teknik Lingkungan Fakultas Tekni Sipil dan Perencanaan Universitas Pembangunan Nasional Veteran : Jawa Timur
- Rekotomo, Ahmad. 2012. Bandung Hasilkan 150 Ton Sampah Plastik per Tahun. <http://nasional.news.viva.co.id/news/read/301452-bandung-hasilkan-150-ton-sampah-plastik-hari> (Diakses 28 Desember 2014)



- Santoso, Joko. Uji Sifat Minyak Pirolisis dan Uji Reformasi Kompor Berbahan Bakar Minyak Pirolisis dari Sampah Plastik. Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret : Surakarta, 2010
- Saputra, Agus Dwi. 2014. Toksikologi Dioksin. <https://www.scribd.com/doc/216666763/toksikologi-dioksin> (Diakses pada 30 Januari 2015)
- Sonowane, YB. Onside Conversion of Thermoplastics Waste into Fuel By Catalytic Pyrolysis. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology: India, 2014
- Williams, Paul T. (Fluidised Bed Pyrolysis of Low Density Polyethylene to Produce Petrochemical Feedstock. University of Leeds. 1998.
- Yusri, Silvy. Sintesis dan Karakterisasi Zeolit ZSM-5 Mesopori Dengan Secondary Template dan Studi Awal Katalis Oksidasi Metana. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Indonesia, 2012.





Lembar Tanya Jawab
Moderator : Zainus Salimin (BATAN Serpong)
Notulen : Susanti Rina (UPN "Veteran" Yogyakarta)

1. Penanya : Risky (UPNYK)
Pertanyaan : 1. Apakah semua plastik? PP dan LDPE
2. Bisa, tergantung jenis plastik, yang berpengaruh pada kondisi operasi, biasanya $t > 200^{\circ}\text{C}$ yang berbeda kondisi operasi dan katalis yang digunakan
Jawaban : LDPE: tas kresek. Semua plastik pada intinya bisa tergantung rantai C nya
2. Penanya : Arif (UPNYK)
Pertanyaan : Apakah ada hasil samping/residu? Secara ideal tidak ada, tetapi dalam kenyataan ada uap H_2O yang ikut terkondensasi.
Jawaban : Tidak ada, karena T yang dipakai adalah di atas titik leburnya/lelehnya
3. Penanya : Zainus S (BATAN Serpong)
Pertanyaan : Non-condensable – gas nya ke mana?
Jawaban : Masih ada O_2 yang masuk mungkin karena sealnya kurang rapat.

