

PENGARUH PATI DAN RADIASI SINAR GAMMA TERHADAP SIFAT FISIK DAN DEGRADASI POLIETILEN DENSITAS RENDAH LINIER (LLDPE)

Sudradjat Iskandar dan Devi Listina Parwitasari
Puslitbang Teknologi Isotop dan Radiasi, BATAN, Jakarta

ABSTRAK

PENGARUH PATI DAN RADIASI SINAR GAMMA TERHADAP SIFAT FISIK DAN DEGRADASI POLIETILEN DENSITAS RENDAH LINIER (LLDPE). Dalam rangka membuat polimer ramah lingkungan, telah dilakukan penelitian pengaruh penambahan pati dan radiasi sinar gamma Co-60 terhadap sifat fisik dan degradasi polietilen densitas rendah linier (LLDPE). LLDPE terlebih dahulu dicampur dengan pati dan aditif dengan menggunakan alat laboplastomil pada suhu 160°C, kemudian dibuat film dengan mesin pres panas dan dingin. Film yang terbentuk diiradiasi dengan sinar gamma pada suhu kamar. Sebelum dan setelah diiradiasi diuji sifat fisik dan degradasinya. Kadar pati yang ditambahkan bervariasi yaitu 5, 10, 15, 25, 50 dan 100 psl (per seratus bagian LLDPE). Aditif yang ditambahkan antara lain asam stearat, minyak silikon dan antioksidan, masing-masing sebanyak 0,1%. Iradiasi gamma dilakukan pada dosis 10, 25 dan 50 kGy. Uji sifat fisik meliputi kekuatan tarik dan perpanjangan putus, sedangkan uji degradasi dilakukan dengan metode penyimpanan di dalam tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan pati dapat menurunkan tegangan putus LLDPE, penambahan pati sebanyak 100 psl dapat menurunkan tegangan putus LLDPE sekitar 72% dan perpanjangan putusnya 30%, sedangkan setelah penyimpanan 14 bulan di dalam tanah pengurangan beratnya mencapai 47%.

ABSTRACT

THE EFFECT OF STARCH AND GAMMA RADIATION ON THE PHYSICAL PROPERTIES AND DEGRADATION OF LINIER LOW DENSITY POLYETHYLENE (LLDPE). To obtain the environmentally degradable polymer, studies on the effect of starch and gamma radiation on the physical properties and degradability of LLDPE have been done. The LLDPE mixed with starch and additive using laboplastomill at 160°C for about 15 minutes. The concentration of starch mixed was 5, 10, 15, 25, 50 and 100 psl (part per hundred part of LLDPE), while additive mixed was stearic acid, silicone oil, and antioxidant about 0,1% respectively. The film forming was carried out using hot and cold pressing machine. The sample films were then irradiated with gamma ray from Cobalt-60 source. The irradiation doses were 10, 25 and 50 kGy. Before and after irradiation, the samples were characterized using Strogaph R1 tensile tester. The degradability of the samples were carried out burring them into the soil. The experimental results show that the tensile strength and elongation at break of LLDPE decrease with increasing starch content, the tensile strength and elongation at break of LLDPE decrease about 72% and 30 % respectively by addition 100 psl of starch, while the LLDPE-starch mixture loss 47% of weight after burring in the soil for 14 months.

PENDAHULUAN

Dalam upaya menghadapi masalah limbah plastik yang tidak ramah lingkungan, telah diusahakan mencoba membuat polimer yang ramah lingkungan dengan menggabungkan polimer alam dan polimer sintetis. Penelitian pengaruh penggabungan polimer alam seperti pati dengan polietilen densitas rendah (LDPE), polipropilen dan karet alam terhadap sifat fisiknya telah dilaporkan (1 - 4).

Menurut DATA CONSULTAN (5), diantara polimer sintetis, polietilen merupakan polimer yang terbanyak pemakaiannya di Indonesia. Po-

lietilen dibedakan atas kristalinitasnya. Polietilen densitas tinggi (HDPE) memiliki kadar kristalinitas tinggi, sedangkan LDPE memiliki kristalinitas rendah. Perbedaan LDPE dan LLDPE terletak pada panjang rantai molekul cabangnya. LLDPE memiliki rantai molekul cabang yang pendek, sedangkan LDPE sebaliknya. Perbedaan kristalinitas dan panjang rantai molekul cabang sangat berpengaruh terhadap sifat fisik polietilen (6). LLDPE sama dengan LDPE, HDPE dan polipropilen merupakan jenis polimer sintetis yang sulit terdegradasi di alam, sehingga limbahnya akan menjadi masalah terhadap lingkungan. Oleh karena itu, didalam penelitian ini dipelajari

pengaruh penambahan biodegrabel pati terhadap sifat fisik dan degradasi polietilen densitas rendah linier (LLDPE) sebagai pelengkap dari penelitian sebelumnya.

Pati merupakan homopolimer glukosa dengan ikatan α -glikosidik yang terdiri dari fraksi amilopeptin dan amilosa. Selain itu, ikatan unit glukosanya mudah terhidrolisa oleh asam maupun enzim. Enzim bisa berasal dari bakteri, fungi, tumbuhan atau hewan (7). Mudah terhidrolisanya ikatan unit glukosa tersebut, menyebabkan pati dipakai sebagai bahan inisiator biodegradable pada plastik yang tidak ramah lingkungan. Diantara polisaharida, pati mudah didapat sepanjang tahun, memiliki kemurnian yang tinggi, murah, stabil harganya, dan stabil terhadap panas.

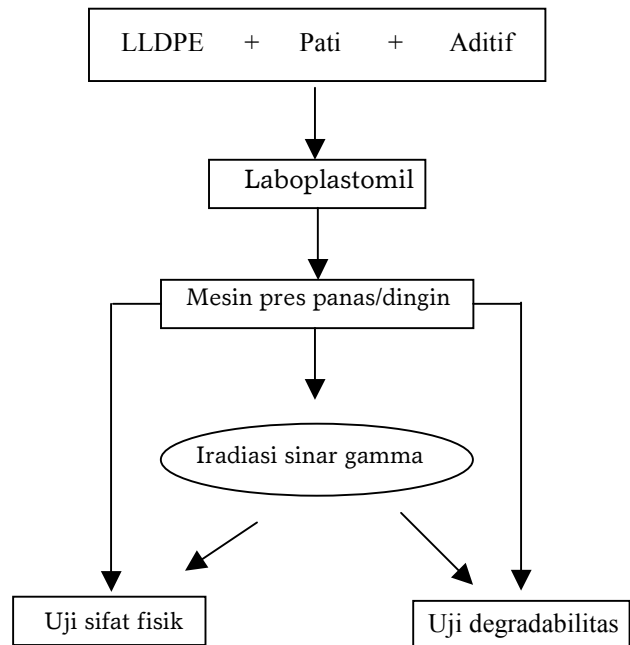
Radiasi sinar gamma telah lama dipakai sebagai pensteril barang jadi plastik yang dipakai untuk alat kesehatan atau wadah obat dan makanan (8). Interaksi radiasi sinar gamma pada bahan plastik bisa menyebabkan degradasi atau berikatan silang (9), tergantung pada jenis bahan plastik dan kondisi saat proses iradiasi berlangsung. Perubahan sifat fisik bahan plastik karena iradiasi, merupakan dasar penelitian pengaruh radiasi sinar gamma terhadap sifat fisik dan degradasi LLDPE dan campuran LLDPE-pati. Diharapkan dari hasil penelitian ini akan diperoleh campuran LLDPE-pati iradiasi yang mudah terdegradasi di alam.

BAHAN DAN METODE

Bahan. Dalam penelitian ini digunakan LLDPE dalam bentuk pelet yang diperoleh dari PT. PENI Cilegon, Banten. Pati berupa tepung tapioca diperoleh dari super market Hero. Asam stearat, minyak silikon, dan antioksidan Irganox 1076 masing-masing sebanyak 0,1% dipakai sebagai bahan aditif.

Metode. Secara garis besar metode penelitian dapat dilihat pada Gambar 1. LLDPE, pati dan aditif dicampur dengan menggunakan laboplastomil pada suhu 160°C selama 15 menit. Kadar pati yang dicampurkan bervariasi yaitu 5, 10, 15, 25, 50 dan 100 psl, sedangkan aditif yang ditambahkan masing-masing sebanyak 0,1 %.

Campuran selanjutnya dibentuk film dengan alat pres panas dan dingin, masing-masing pada suhu 160°C dan suhu kamar selama 3 menit dengan tekanan 150 kg/cm². Film yang terbentuk kemudian diiradiasi dengan sinar gamma pada dosis 10, 25 dan 50 kGy.



Gambar 1. Skema diagram alir percobaan pengaruh pati dan radiasi sinar gamma terhadap sifat fisik dan degradabilitas LLDPE.

Pengujian sifat fisik. Sifat fisik seperti tegangan putus dan perpanjangan putus diukur menggunakan alat Strogaph R1, dengan kecepatan tarikan 100 mm/menit mengacu pada ASTM D1822-L.

Pengujian degradasi sampel. Pengujian degradasi sampel dilakukan dengan mengubur sampel di dalam tanah dengan kedalaman 10 cm dari permukaan selama 14 bulan. Pengurangan berat sampel sebelum dan setelah dikubur menunjukkan tingkat degradasi sampel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Di dalam penelitian ini asam stearat dan minyak silikon dipakai sebanyak 0,1% dengan tujuan supaya pati yang dicampurkan akan menyebar dengan sempurna dalam matriks LLDPE, sedangkan Irganox 1076 sebanyak 0,1% dengan tujuan untuk menstabilkan sampel dari pengaruh oksidasi termal saat pencampuran berlangsung. Data hasil penelitian pengaruh pati dan radiasi sinar gamma terhadap tegangan putus dan perpanjangan putus LLDPE ditunjukkan dalam Tabel 1. Pada tabel tersebut terlihat bahwa sebelum diiradiasi, penambahan pati pada LLDPE menyebabkan turunnya tegangan putus dan perpanjangan putus LLDPE. Penambahan pati sampai 100 psl dapat menurunkan tegangan putus dan perpanjangan putus LLDPE masing-masing dari 36 MPa dan 900 % menjadi 10 MPa dan 636%, atau masing-masing mencapai penurunan sekitar

72% dan 30%. Penurunan tegangan putus tersebut memiliki kemiripan pada penelitian campuran pati - LDPE atau PP (1, 3). Kemungkinan disebabkan oleh hal yang sama, yaitu campuran kedua polimer tersebut tidak menghasilkan satu fasa kontinyu dan tidak terlihat adanya ikatan kimia. LLDPE memiliki sifat hidrofobik, sedangkan pati bersifat hidro-pilik, sehingga dengan semakin bertambahnya pati di dalam LLDPE, maka ikatan antara molekul polimer LLDPE semakin berkurang dan menyebabkan turunnya tegangan putus dan perpanjangan putus LLDPE.

Tabel 1. Hubungan pengaruh pati dan radiasi sinar gamma terhadap tegangan putus (TP) dan perpanjangan putus (PP) campuran LLDPE-pati.

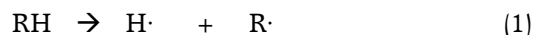
Dosis iradiasi, kGy	TP, MPa				PP, %			
	0	10	25	50	0	10	25	50
Kadar pati, psl								
0	36	35	37	34	900	900	906	821
5	30	23	26	25	800	751	772	671
10	26	26	26	23	764	766	772	698
15	28	26	25	21	769	794	629	659
25	23	22	22	21	751	750	724	676
50	17	17	15	14	696	725	648	616
100	10	11	10	8	634	677	658	516

Tegangan putus campuran LLDPE-pati dengan kadar pati 100 psl yaitu sebesar 10 MPa, nilai tersebut masih lebih tinggi dibandingkan dengan tegangan putus polihidroksibutirat (PHB) yang sekitar 3 MPa, atau polibag dan wadah popmi yaitu masing masing sekitar 3 dan 9,1 MPa.

Setelah diiradiasi sinar gamma sampai dosis iradiasi 25 kGy, tegangan putus dan perpanjangan putus LLDPE sebelum ditambahkan pati relatif tidak berubah, sedangkan setelah diiradiasi 50 kGy menjadi sedikit berkurang dari 36 MPa menjadi 34 MPa dan dari 900% menjadi 821%. Setelah penambahan pati sampai dengan 100 psl, pengaruh iradiasi sinar gamma pada tegangan putus dan perpanjangan putus campuran LLDPE-pati memiliki kecenderungan perubahan yang sama. Pengurangan tegangan putus dan perpanjangan putus LLDPE atau campuran LLDPE-pati tersebut kemungkinan disebabkan terjadinya pematihan rantai molekul LLDPE dan pati saat dan setelah iradiasi berlangsung, karena radiasi sampel dilakukan di udara dan tidak dalam suasana vakum atau nitrogen. Menurut CHAPIRO (10), adanya oksigen saat radiasi ber-

langsung mempengaruhi radiolisis polimer. Polimer yang seharusnya berikatan silang dan membentuk jaringan tiga dimensi, maka dengan adanya oksigen berubah menjadi degradasi atau pematihan rantai molekul.

Pada tahap iradiasi awal terjadi reaksi sebagai berikut :



RH adalah polimer LLDPE yang berubah menjadi radikal bebas hidrogen H· dan radikal bebas polimer R·, selanjutnya radikal bebas polimer bereaksi dengan oksigen O₂ yang ada disekitarnya, reaksi selanjutnya menjadi :



Pada reaksi tersebut menghasilkan radikal bebas peroksida ROO·.

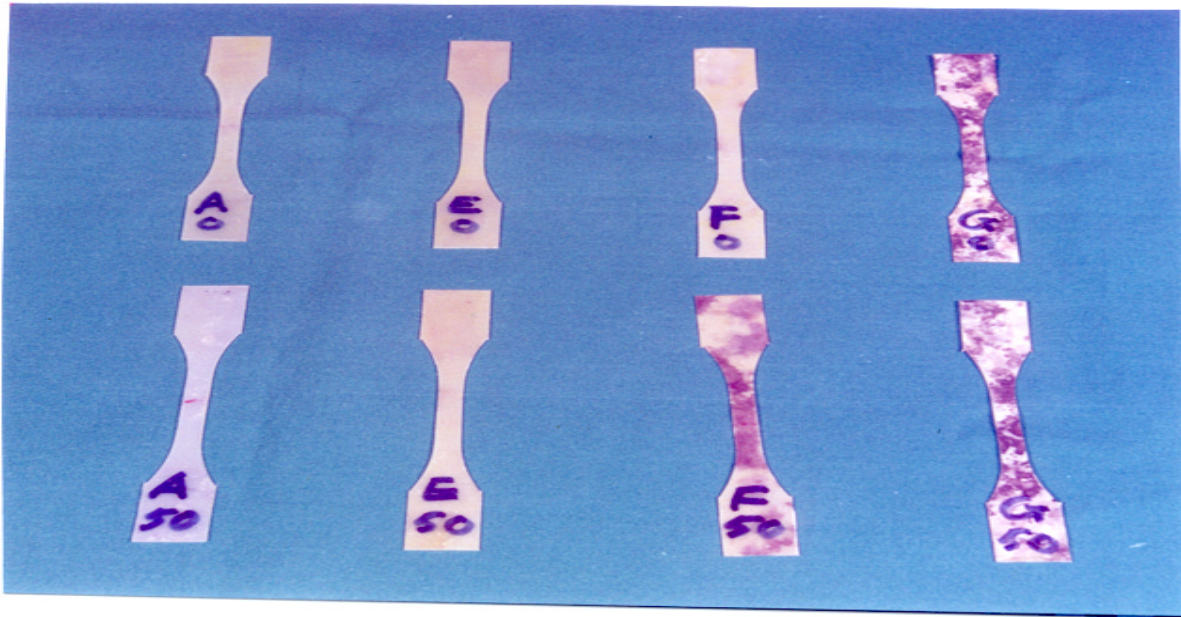


Selama reaksi berlangsung reaksi adisi terjadi yang menyebabkan terjadinya kerusakan pada polimer, dan secara simultan gugus karbonil dan karboksil terbentuk.

Hasil penelitian pengaruh pati dan radiasi sinar gamma terhadap degradasi LLDPE setelah pengusangan di dalam tanah selama 14 bulan ditunjukkan pada Tabel 2. Pada tabel tersebut terlihat bahwa setelah penyimpanan, degradasi campuran LLDPE-pati cenderung dipengaruhi oleh kadar pati. Hal ini terlihat bahwa pengurangan berat LLDPE sebelum penambahan pati adalah 3-4%, sedangkan setelah penambahan pati sebanyak 50 dan 100 psl, pengurangan berat campuran LLDPE-pati masing-masing menjadi 4-12%, dan 45-47%.

Tabel 2. Hubungan pengaruh pati, radiasi sinar gamma dan penyimpanan di dalam tanah selama 14 bulan terhadap pengurangan berat LLDPE.

Dosis iradiasi, kGy	Pengurangan berat, %			
	0	10	25	50
Kadar pati, psl				
0	4	4	4	3
5	4	4	4	4
10	7	7	5	4
15	6	7	7	5
25	7	6	7	6
50	9	11	9	12
100	46	47	45	45



Gambar 2. Foto sampel LLDPE dan campuran LLDPE-pati setelah dikubur di dalam tanah selama 14 bulan.

- A = sampel LDPE,
- E = campuran LLDPE-pati mengandung pati 25 psl
- F = campuran LLDPE-pati mengandung pati 50 psl
- G = campuran LLDPE-pati mengandung pati 100 psl

Dosis 50 kGy tidak memberikan pengaruh secara nyata pada degradasi LLDPE dan campuran LLDPE-pati. Sebelum dan setelah diiradiasi, pengurangan berat LLDPE dan campuran LLDPE-pati tidak menunjukkan perbedaan yang nyata.

Secara visual foto sampel LLDPE dan campuran LLDPE-pati setelah disimpan di dalam tanah selama 14 bulan ditunjukkan pada Gambar 2. Pada gambar tersebut terlihat secara visual adanya perubahan warna pada LLDPE dan campuran LLDPE-pati, yang awalnya bening menjadi kuning dan kemudian berubah menjadi kehitam-hitaman. Perubahan warna pada sampel tersebut sebanding dengan pengurangan berat sampel.

Pada sampel LLDPE (A) yang belum diiradiasi kode (0) warnanya sedikit kekuning-kuningan, sedangkan pada sampel yang telah diiradiasi 50 kGy (50) masih agak bening. Pada sampel campuran LLDPE-pati yang mengandung pati sebanyak 25 psl (E) baik sebelum dan setelah diiradiasi warna kuningnya lebih gelap dibandingkan dengan sampel A. Campuran LLDPE-pati yang mengandung pati 50 psl (F) sebelum diiradiasi (0) memiliki warnanya kuning gelap, dan yang telah diiradiasi 50 kGy (50) menjadi kehitam-hitaman, sedangkan campuran LLDPE-pati dengan kadar pati 100 psl (G) sebelum dan setelah di iradiasi 50 kGy warnanya kehitam-hitaman. Perubahan warna tersebut kemungkinan karena adanya reaksi

kimia pada sampel yang dihasilkan mikroorganisme.

Sulitnya LLDPE terdegradasi di alam menurut SCHNABEL (11), karena polietilen memiliki berat molekul yang besar sehingga mikroorganisme sulit mendegradasi LLDPE, dan penambahan bahan oksidator fotokimia akan mempercepat proses terjadinya degradasi. Degradasi biopolimer pati yang terdiri dari amilosa dan amilopeptin akan terurai menjadi maltosa dan glukosa secara enzimatik oleh α amilase dan β amilase.

Menurut SUDA (12), fungi *aspergillus niger* dan *penicillium pinophilum* sebagai sumber α amilase dan β amilase dapat menghidrolisa pati. Mekanisme kerusakan diawali dari adanya mikroorganisme disekitar sampel yang menghasilkan enzim. Enzim yang dihasilkan menyerang sample melalui pori-pori, diawali dari bagian permukaan, kemudian dilanjutkan ke bagian lain dan menyebar ke bagian yang lebih dalam, dan akibatnya menyebabkan pengurangan berat sampel.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari data hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penambahan pati dan radiasi sinar gamma dapat menurunkan sifat fisik LLDPE, sedangkan degradasi campuran

LLDPE-pati di dalam tanah cenderung dipengaruhi oleh kadar pati. Penambahan pati sebanyak 100 psl menunjukkan penurunan tegangan putus dan perpanjangan putus LLDPE masing-masing sebanyak 72% dan 30%. Setelah penyimpanan didalam tanah selama 14 bulan, terjadi perubahan warna dan pengurangan berat campuran LLDPE-pati mencapai 47%. Penelitian ini perlu dilanjutkan untuk meningkatkan sifat fisik dan degradabilitasnya, dengan sistem iradiasi dalam suasana vakum atau nitrogen, penambahan kompatibilizer, dan inisiator degradasi untuk LLDPE seperti oksidator fotokimia.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Bapak Ena Sutisna dari PT. PENI, Cilegon, Banten, atas bantuan pemberian LLDPE yang digunakan dalam penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Saudara Armanu, Bonang, Edi Mulyana dari Bidang Instalasi Fasilitas Iradiasi dan rekan-rekan di kelompok Polimer yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. SUDRADJAT I., DEVI L. P., KADARIJAH, ISNI M., dan YOSHII F., "Pengaruh Modik Terhadap Kompatibilitas Campuran Polipropilen-sagu", Prosiding Seminar Nasional Mikroskopi dan Mikroanalisis II, Serpong (1998) 88-92.
2. SUDRADJAT I., ISNI M., dan KADARIJAH, "Pengaruh Penambahan Karet Alam dan Sintetis Poliisoprene Terhadap Ketahanan Iradiasi Sinar Gamma Campuran Polipropilen Tepung Tapioka", Risalah Pertemuan Ilmiah Penelitian dan Pengembangan Aplikasi Isotop dan Radiasi, Jakarta (1999) 245-248.
3. SUDRADJAT I. dan DEVI L.P., "Pencangkakan Maleat Anhidrat Pada Polietilen Densitas Rendah (LDPE) Dengan Radiasi Sinar Gamma", Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah Penelitian Dasar Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Nuklir, Yogyakarta (1999) 432-436.
4. SUDRADJAT I., MADE S.K., dan ISNI M., "Pengaruh Tepung Sagu Terhadap Sifat Fisik dan Pengusangan Film Lateks Karet Alam Iradiasi", Prosiding Pertemuan Ilmiah Sains Materi (PISM98), Serpong (1998) 300-305.
5. ANONIM, Outline of Report Indonesian Plastic Industry, Current State and Prospects Until Year 2000, PT Data Consultant Inc, Jakarta (1996) 1.
6. KENNETH W.D., "Ethylene Polymers", Concise Encyclopedia of Polymer Science and Engineering, A Wiley-Interscience Publication, (1990) 350.
7. STANLEY M. P., "Starch", Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology, Interscience Publisher, New York (1969) 672-791.
8. NAZLY H., dan SUNDARDI F., "Efek Radiasi Sinar Gamma Pada Sifat Fisika Film Polipropilen Dan Polietilen", Majalah BATAN XV 2, (1982) 1-22.
9. ISHIGAKI I., and YOSHII F., "Radiation Effect on Polymer Materials in Radiation Sterilization of Medical Supplies", Radiat., Phys. Chem. XXIX 6 (1992) 327-533.
10. CHAPIRO A., "General Aspects of Radiation Effect in Solid Polymers", Radiation Chemistry of Polymeric Systems, Inter Science Publishers, New York (1962) 339- 361.
11. SCHNABEL W., Principles and Practical Applications, Polimer Degradation, Macmillan publishing Co., Inc New York (1981) 154-176.
12. SUDA K., PATTARAPAN P., and THANIDA P., Degradation of Polyethylene- Cassava Starch Blends, Proceeding of The International workshop on Green Polymers, Indonesian Polymer Associations, Bandung-Bogor (1996) 231-246.

DISKUSI

ANIK SUNARNI

Apakah fungsi minyak silikon pada pencampuran tersebut ?

SUDRADJAT ISKANDAR

Fungsi minyak silikon pada pencampuran pati LLDPE, yaitu untuk memudahkan partikel/butiran pati menyebar dengan rata pada matrik LLDPE.

EDIH SUWADJI

Dari data yang disajikan (tegangan putus dan lain lain). Sampai sejauh mana batas kepercayaan (statistik) bahwa data tersebut ada perbedaan ?

SUDRADJAT ISKANDAR

Data yang disajikan merupakan data mentah yang tidak diolah secara statistik/grafik atau merupakan data yang ada di lapangan hasil percobaan.

HERWINARNI

- 1 Apa tujuan penelitian Bapak, terutama pati yang ditambahkan LLDPE jelas bahwa pati memerlukan kekuatan tarik karena sifatnya irigrostopis sehingga rapuh/degradasi ?
- 2 Aplikasinya untuk apa ?

SUDRADJAT ISKANDAR

- 1 Tujuannya untuk mendapatkan polimer yang mudah terurai di alam (ramah lingkungan), karena pati mudah terurai di alam melalui proses enzim yang dihasilkan bakteri.
- 2 Aplikasi yang diharapkan adalah untuk barang-barang jadi plastik termasuk yang disterilkan dengan radiasi seperti alat kesehatan, kosmetik, wadah obat dan makanan.