

## KARAKTER FORMULA KOMPON POLIETILEN SEBAGAI BAHAN CIUT PANAS UNTUK ISOLASI KABEL

Gatot Trimulyadi Rekso<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Pusat Aplikasi Teknologi Isotop dan Radiasi  
Badan Tenaga Nuklir Nasional

### Abstrak

*Karakter formula kompon polietilen sebagai bahan ciut panas untuk isolasi kabel. Telah dilakukan percobaan pembuatan bahan ciut-panas (heat shrinkable) untuk isolasi kabel. Penelitian ini bertujuan mencoba formulasi kompon bahan isolasi kabel yang telah diperoleh, yaitu formula 1 dan 2 untuk dicoba sebagai bahan ciut panas pada peralatan yang ada di industri kabel. Hasil percobaan menunjukkan formula 1 dan 2 dapat digunakan sebagai bahan ciut panas pada peralatan skala industri. Formula 2 menunjukkan sifat kimia dan mekanik yang lebih baik dibandingkan formula 1.*

**Kata kunci :** *Kompon, Polietilen, Bahan Ciut Panas, Iradiasi, Isolasi Kabel*

### I. PENDAHULUAN

Sejalan dengan perkembangan teknologi, penggunaan kabel tidak hanya untuk keperluan jaringan listrik, tetapi digunakan juga dalam telekomunikasi, automobil dan industri elektronika. Penggunaan tersebut membutuhkan jenis kabel tertentu diantaranya diperlukan kabel yang tahan panas dan bahkan tahan tegangan tinggi. Polietilen merupakan salah satu jenis polimer yang digunakan untuk bahan isolasi kabel. Polietilen adalah polimer semi kristalin dengan satuan pengulangan  $-CH_2-CH_2-$ , berdasarkan berat jenisnya polietilen dibagi menjadi tiga jenis yaitu polietilen densitas rendah (LDPE), medium densitas (MDPE) dan densitas tinggi (HDPE). Jenis yang paling banyak digunakan sebagai bahan isolasi kabel yang proses pengikatan silangnya dengan teknik radiasi adalah yang densitas rendah (LDPE), karena jenis ini bercabang cabang dengan derajat kristalinitas sekitar 50 – 65 %, sedangkan HDPE merupakan polietilen linier dengan derajat kristalinitas tinggi sekitar 95 %. Terjadinya pengikatan silang lebih dominan terbentuk pada fasa amorf, sehingga jika derajat kristalinitasnya tinggi maka fasa amorfnya rendah yang mengakibatkan tingkat pengikatan silangnya juga rendah<sup>(1)</sup>

Dasar teknologi ciut panas terhadap bahan polimer pada LDPE berdasarkan fenomena iradiasi LDPE akan menyebabkan terjadinya suatu reaksi kimia dimana ikatan antar molekul bermunculan. Ikatan antar molekul diberi nama ikatan silang (*crosslinking*). LDPE yang telah berikatan silang disebut XLDPE.

Karena sambungan ikatan silang jauh lebih kuat dari sambungan kristalin, maka apabila bahan XLDPE dipanaskan pada suhu kristalin 120<sup>0</sup>C, akan mempunyai bentuk yang tetap dan tidak meleleh atau mencair. Daya tahan terhadap suhu panas tersebut karena struktur di tunjang oleh sambungan sambungan yang berikatan silang, karena titik kristalin hilang akan tetapi bahan tidak meleleh hanya melunak, sehingga dapat dicetak dan di ekspansi menjadi bentuk yang diinginkan<sup>(2)</sup>.

Apabila bahan ini dipanaskan untuk yang kedua kalinya maka bahan tersebut titik kristalin yang hilang akan bermunculan kembali, sehingga akan kembali seperti ukuran bentuk semula seperti sebelum dipanaskan dan dicetak/ekspansi untuk yang pertama kali.

Tujuan dari penelitian ini adalah mencoba formulasi kompon bahan isolasi kabel ciut-panas yang telah di teliti dan dikembangkan di PATIR-BATAN untuk di uji coba pada peralatan yang lebih besar yang ada pada Industri kabel di Jakarta.

## II. BAHAN DAN METODE

### Pembuatan kompon

Formulasi 1. Kompon *Low density Poliethelene* (90 %) produk Polandia (Marlene EPFS 4020) ditambahkan dengan aditif anti oksidan *Irganox 1076* (1 %) produk Ciba-Geigy, dan *carbon black* buatan Union Carbide (8%) juga ditambahkan bahan *flame retardant*(1,0 %). Formulasi 2 merupakan formula 1 yang ditambah dengan *butyl rubber* buatan China-Taiwan. sebanyak 10 %. Pembuatan kompon dilakukan dengan alat *labo-plastomil* pada temperatur 130°C selama kurang lebih 10 menit. Komposisi formula 1 dan 2 ditunjukkan pada tabel berikut.

Tabel 1. Komposisi bahan kimia formula 1 dan formula 2 buat kompon isolasi kabel

No	FORMULA	KOMPOSISI (%)				
		LDPE	IRGANOX 1076	CARBON BLACK	FLAME RETARDANT	BUTYL RUBBER
1	Kontrol	100	-	-	-	-
2	Formula 1	90	1,0	8,0	1,0	-
3	Formula 2	80	1,0	8,0	1,0	10,0

Pengujian pada kompon yang telah di iradiasi meliputi Fraksi padatan diukur untuk mengetahui jumlah ikatan silang yang terjadi. Penentuan fraksi padatan dengan metode gravimetri, sampel  $\pm 0,5$  gram dimasukkan dalam bungkus kasa kawat kemudian di ekstraksi dengan pelarut xylene menggunakan sokhlet pada temperatur 150°C selama 24 jam. Selain itu dilakukan juga pengukuran tegangan putus (Tb) dan mulur putus (Eb) dengan menggunakan alat Stograph-Ri buatan Toyoseiki pada kondisi sesuai dengan standar ASTM 1721-91W.

### Tahap pembuatan bahan ciut panas.

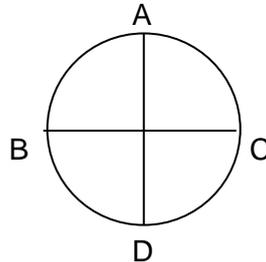
Ada tiga tahapan pada pembuatan bahan ciut panas

#### a. Tahap ekstruksi Pembuatan tube

Kompon LDPE yang telah jadi kemudian dibuat kelongsong kabel (tube), yang dilakukan dengan peralatan yang ada di PT Kabelindo Murni, Jakarta, sehingga diperoleh kelongsongan kabel dengan ukuran diameter luar 20 mm, dengan ketebalan film 3 mm. Ekstruksi dilakukan pada temperatur 135°C, kemudian di celupkan kedalam air dengan teknik pendinginan segera (*quenching technique*).

**b. Tahap iradiasi (pengikatan silang LDPE)**

Tube (kelongsong) kabel hasil ekstruksi dipotong potong sepanjang 2 m, iradiasi dilakukan dengan berkas elektron dari mesin berkas elektron GJ-2, pada energi 2 MeV dan kuat arus 10 mA. Dosis iradiasi masing masing titik 50 kGy, dilakukan pada 4 titik permukaan..



Laju dosis pada posisi iradiasi di ukur dengan dosimeter *Cellulosa Tri Acetate*.

**c. Tahap Ekspansi ( pengembangan)**

Tahap ekspansi menggunakan peralatan yang ada di PT Kabelindo Murni, Jakarta, ekspansi dilakukan dengan pemanasan dan uap panas, sehingga kelongsong (tube) mengembang sesuai dengan derajat pengembangan dari bahan yang digunakan.

**III. HASIL DAN PEMBAHASAN.****Sifat kompon XLDE .**

LDPE bila telah diiradiasi akan terbentuk ikatan silang dengan struktur jaringan tiga dimensi. Sehingga akan mempunyai sifat kelarutan yang sangat rendah dalam pelarut organik, sedangkan LDPE yang tidak berikatan silang larut dengan baik. Fraksi ikatan silang yang tidak larut disebut sebagai fraksi padatan. Persen fraksi padatan hasil iradiasi merupakan ukuran indikasi terbentuknya ikatan silang dalam molekul polimer. Pada umumnya apabila ikatan silang dalam polimer tinggi, berarti bertambah besar persentasi padatan yang tidak larut akibat ekstraksi.

No	Formula	Fraksi Padatan (%)
1	Kontrol	55
2	Formula 1	58
3	Formula 2	63
Tanpa iradiasi fraksi padatan LDPE :		0 %

Table 2. Fraksi padatan kompon setelah iradiasi dengan EBM

Pada Tabel 2 , diperlihatkan hubungan antara persentasi padatan dengan berbagai formulasi setelah di iradiasi. Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa persentasi fraksi padatan untuk kompon LDPE formula 1 dan 2 tanpa penambahan *butyl rubber* pada berbagai dosis iradiasi menunjukkan nilai fraksi padatan yang masih rendah nilainya masih dibawah 60 %, akan tetapi dengan penambahan *butyl rubber* pada formulasi 2 terlihat adanya kenaikan nilai fraksi padatannya.

Mutu bahan polimer umumnya didasarkan pada responnya terhadap gaya eksternal dan pengukuran nilai tegangan putus serta mulur putus polimer adalah dasar untuk

studi tentang sifat mekanik. Hasil pengukuran dari kompon LDPE, formulasi 1 dan formulasi 2 ditunjukkan pada Tabel 3.

No	Formula	Tegangan putus (kg/cm <sup>2</sup> )	Perpanjangan putus (%)
1	Kontrol	140	450
2	Formula 1	185	375
3	Formula 2	190	360
LDPE tanpa radiasi :		Tb = 133	Eb = 680
Standart ASTM D2655-83: Untuk bahan isolasi kabel		Tb = 127	Eb ≥ 250

Tabel 3. Nilai tegangan putus (Tb) dan perpanjangan putus Kompon setelah iradiasi

Dari Tabel di atas dapat dilihat bahwa pada formulasi 1 dan 2 menunjukkan tegangan putus yang lebih baik dibandingkan kontrol. Hal ini sesuai dengan fenomena bertambahnya tingginya kadar ikatan silang akan mengakibatkan nilai tegangan putus lebih baik. Sedangkan nilai perpanjangan putus sebaliknya pada formulasi 1 dan 2 lebih rendah dibandingkan kontrol. Hal ini disebabkan karena sifat kekerasannya meningkat akibat meningkatnya nilai fraksi padatnya. Nilai tegangan putus dan perpanjangan putus LDPE yang di iradiasi memenuhi standart untuk bahan isolasi tegangan tinggi (ASTM D2655-83).

### Ekstruksi

Kompon LDPE formula 1 dan 2 dapat diekstruksi dengan memberikan penampilan yang baik dan menghasilkan tube (kelongsong) sesuai ukuran peralatan yang digunakan.

No	Formula	Diameter dalam (mm)	Diameter luar (mm)
1	Formula 1	16,9	19,1 mm
2	Formula 2	17,0	19,5 mm

Tabel 4. Ukuran tube yang dihasilkan dengan menggunakan setting tube 20 mm



Gambar 1. Hasil ekstruksi tube (kelongsong kabel) formula 1 dan 2

**Ekspansi.**

Kelongsong kabel yang telah di irradiasi kemudian di tiup menggunakan uap panas pada temperatur 150<sup>0</sup> C dan tekanan tinggi, hasilnya menunjukkan pengembangan yang merata dan tidak ditemukan kebocoran atau pecah

No	Formula	Diameter luar (mm)		Ketebalan (mm)	
		Sebelum ekspansi (mm)	Sesudah ekspansi (mm)	Sebelum ekspansi (mm)	Sesudah ekspansi (mm)
1	Formula 1	19,2	38,3	3,0	1,2
2	Formula 2	19,2	38,5	3,1	1,1

Tabel 5. Ukuran tube yang dihasilkan setelah ekspansi.

Diameter luardan ketebalan tube sebelum dan sesudah ekspansi ditunjukkan pada Tabel 5, dapat dilihat baik formula 1 dan 2 setelah ekspansi diameter mengembang dengan ukuran yang hampir sama mendekati nilai 2 kali diameter sebelum ekspansi. Gambar kelongsong kabel formula 1 dan 2 sebelum dan sesudah ekspansi ditunjukkan pada Gambar di bawah ini.



Gambar 2. Tube formula 1 dan 2 sebelum dan sesudah ekspansi

Pada gambar di atas menunjukkan selongsong yang telah di ekspansi dapat mengembang secara merata, hal ini menunjukkan pengikatan silangnya merata. Oleh karena itu hal yang sangat penting dalam pembuatan bahan ciut panas dosis yang

diserap harus homogen. Dalam aplikasinya menggunakan konveyor kabel haruslah setiap titik dari selongsong kabel menerima dosis yang sama.

#### IV. KESIMPULAN

1. Dari hasil percobaan menunjukkan bahwa kompon formulasi 1 dan formulasi 2 yang dikembangkan di PATIR-BATAN dapat digunakan untuk pembuatan bahan ciut panas..
2. Formulasi 2 menghasilkan sifat kelongsong kabel dengan nilai pengikatan silang dan sifat mekanik yang lebih baik dibandingkan formula 1.
3. Untuk pembuatan bahan ciut panas agar pengikatan silang merata haruslah dosis yang diterima homogen agar proses ekspansi pengembangannya merata di setiap titik.

#### V. DAFTAR PUSTAKA

1. Brandrup J., And Immergut E.H., **Polymer Handbook** , New York : Willey-Interscience (1975.).
2. Chapiro, A., **Radiation Chemistry Of Polymeric System**, New York , Willey-Interscience. (1962
3. Niklaus Studer, **Radiation Crosslinking Of Polymer In The Wire And Cable Industry**, Beta Gamma No 1 (1988), 14 – 17.
4. Spinks J.W, And Woods R.J., **Principles Of Radiation Chemistry**, Edward Arnold, Ltd., London, (1970).