

ANALISA PENGUJIAN SIFAT MEKANIK OPTICAL PHASA CONDUCTOR BUATAN UNTUK KONDISI IKLIM TROPIS INDONESIA

Syamsudin Rahardjo*, Solechan**, Rubijanto JP***

*Laboratorium Proses Produksi Teknik Mesin-Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Semarang
E-mail : samraharjo2@gmail.com, Telp 08164242537

ABSTRAK

Daerah marginal khususnya masyarakat pedesaan masih kekurangan penerangan listrik dan sarana telekomunikasi. Untuk mengakses jaringan listrik dan telekomunikasi diperlukan biaya yang besar karena belum ada sarana dan prasarana. Untuk mengatasinya pemerintah menargetkan electrical capacity secara nasional 57 ribu Megawatt pada tahun 2016 dengan menunjuk PT Perusahaan Listrik Negara. Target listrik nasional dengan pendistribusian jaringan distribusi Jawa-Bali sepanjang 27.779 km. PLN menggunakan saluran transmisi tenaga listrik dari pembangkit ke gardu induk melalui tower-tower SUTT maupun SUTET. Penelitian ini membuat kabel OPPC yang digunakan untuk penghantar listrik tegangan ekstra tinggi dan jaringan internet data yang memiliki performa handal dan tahan lama. Tujuan tersebut akan tercapai apabila sudah diketahui karakteristik dan sifat mekanik kabel OPPC. Pembuatan kabel OPPC dengan memvariasikan jumlah penguat kawat baja galvanis dan besarnya tegangan puntir pemilinan untuk menganalisa sifat mekanik mulai kekuatan impak dan tarik. Sifat mekanik kabel OPPC buatan bila dibandingkan dengan sifat mekanik yang dimiliki oleh kabel ACSR dan OPPC komersil harus sama atau mendekati nilainya sebelum diaplikasikan dilapangan. Hasil pengujian material kabel OPPC diameter 3 cm untuk tipe 36/6/24 dengan tegangan puntir pemilinan 50 RBS % memiliki kekuatan impak dan tarik paling tinggi yaitu 112,27 kN dan 61,26 MPa. Sedangkan kekuatan impak dan tarik paling kecil yaitu kabel OPPC diameter 3 cm tipe 36/6/24 dengan tegangan pemilinan 25 RBS % sebesar 63,24 kN dan 36,36 MPa. Kekuatan tarik dan impak dipengaruhi jumlah kawat baja galvanis dan tegangan puntir pemilinan. Semakin banyak kawat baja galvanis dan tinggi tegangan puntir pemilinan, berbanding lurus dengan kekuatan impak dan tarik yaitu kekuatannya meningkat. Bila dibandingkan dengan kabel ACSR dan OPPC komersil, kekuatan impak dan tarik kabel OPPC buatan hampir mendekati nilai kekuatannya, kekuatan tarik dan impak kabel ACSR dengan tegangan puntir pemilinan 50 RBS % sebesar 117 kN dan 61,26 MPa dan kabel OPPC komersil sebesar 116 kN dan 63 MPa.

Kata kunci : Aluminium, kawat, puntir, serat optik, uji impak.

PENDAHULUAN

Daerah marginal khususnya masyarakat pedesaan masih kekurangan penerangan listrik dan sarana telekomunikasi. Untuk mengakses jaringan listrik dan telekomunikasi diperlukan biaya yang besar karena belum ada sarana dan prasarana. (www.tvonenews.tv, 2012). Mengatasinya pemerintah menargetkan *electrical capacity* secara nasional 57 ribu Megawatt pada tahun 2016 dengan menunjuk PT Perusahaan Listrik Negara (Tempo, 2009). Target listrik nasional dengan pendistribuan jaringan distribusi Jawa-Bali sepanjang 27.779 km (Koran Jakarta, 2009). PLN menggunakan saluran transmisi tenaga listrik dari pembangkit ke gardu induk melalui tower-tower Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) maupun Saluran Udara Tegangan Ekstra Tinggi (SUTET).

Penghantar yang dipakai jenis ACSR (*Aluminium Conductor Steel Reinforced*) yaitu kawat berlilit dengan inti serat baja di tengah sebagai penguat yang lapisan serat aluminium (William,1990). Kelemahan ACSR tidak tahan panas dan konduktivitas listriknya tinggi (Pabla,1994). Sedangkan ACCR (*Aluminium Conductor Composite Reinforced*) yang terdiri dari inti serat paduan aluminium matrik yang dikelilingi oleh serat aluminium dengan kandungan zirkonium. Sifat konduktivitas, kekuatan tarik dan ketahanan panas tinggi tetapi tidak meninggalkan sifat ringan (Supriyadi ,2007). Penghantar ACCR dapat beroperasi secara kontinyu pada temperatur 210°C sampai 240°C pada kondisi darurat, sehingga akan menaikkan kapasitas penyaluran dua sampai tiga kali lebih besar dari pada menggunakan penghantar konvensional (*3M corporation,2003*).

Sejalan perkembangan zaman akan *urgent demands* (tuntutan mendesak) kebutuhan tenaga listrik dan kebutuhan informasi komunikasi khususnya jaringan internet data, sekarang dikembangkan konduktor terintergritas yang dinamakan kabel OPPC (*optikal phasa conductor*) tersusun dari kawat aluminium untuk layer pertama yang menyelubungi pipa baja galvanis dan baja berlubang yang di *insert* (disisipi) fiber optik terbungkus isolasi untuk melindungi temperatur panas seiring meningkatnya arus tegangan listrik (Girbig, 2005).

Adapun fungsi utama jaringan transmisi saluran udara OPPC adalah sebagai saluran daya listrik dari pusat pembangkit ke gardu induk sedangkan fiber optik sebagai jaringan telekomunikasi baik telfon maupun jaringan data. Konduktor OPPC dituntut mampu menghantarkan listrik, tahan terhadap perubahan temperatur, tahan gaya tekanan maupun tarikan dari hujan dan angin. Maka diperlukan data-data sifat mekanik dan elektrik kabel listrik PLN maupun kabel optik Telkom dipakai di Indonesia dipengaruhi iklim, topografi wilayah terhadap kinerja dan pembebanan arus saluran kerja mekanis kabel OPPC.

Di penelitian awal sudah diketahui karakteristik dan sifat mekanik masing-masing material dasar kabel OPPC. Sedangkan pada penelitian ini, untuk mengetahui sifat mekanik kabel OPPC dari pengujian tarik dan impak di komparasi dengan kabel SUTET dan OPPC. Diharapkan penelitian ini

memberi distribusi yang signifikan bagi Badan Usaha Milik Negara (BUMN) khususnya Perusahaan listrik Negara (PLN) dan TELKOM untuk menggunakan kabel OPPC.

METODE PENELITIAN

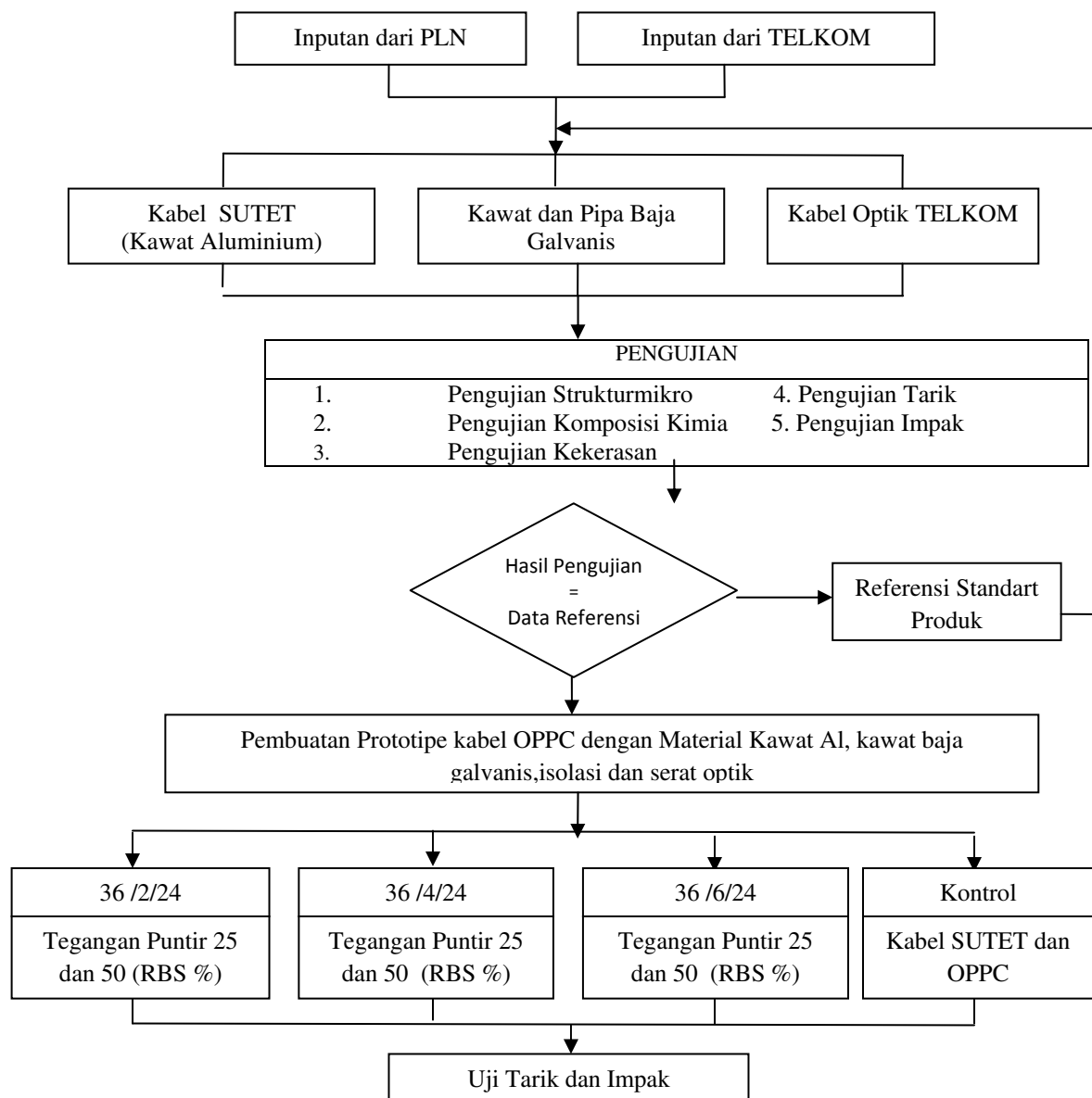
Penelitian awal sudah ditemukan data masing masing material dasar untuk kabel OPPC. Penelitian lanjutan menganalisa sifat mekanik kabel OPPC dikomparasikan dengan kabel SUTET dipakai di Indonesia dan OPPC. Langkah-langkah penelitian ini bisa dilihat pada **Gambar 1** diagram alir penelitian. Untuk material yang dipakai yaitu:

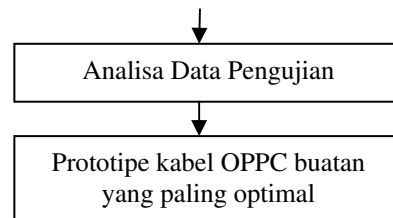
a. Kawat Aluminium 1010 seri AAC 50/3

Diameter kawat aluminium 3 mm memiliki unsur kimia Al sebesar 99.10 %, berat jenis 2,7 g/cm³, densitas 2,685 kg/m³ dan memiliki titik lebur 660°C. Sifat ringan, tahan korosi, hantaran listrik dan panas yang baik, mudah dibentuk melalui proses pembentukan maupun permesinan (AA, 1999). Kekerasan Al rendah yaitu sebesar 43,66 HVN, uji tarik 90,66 MPa dan uji puntir 117,63 MPa

b. Kawat baja galvanis

Kawat baja galvanis digunakan sebagai penguat kabel OPPC dengan diameter 2 mm. Memiliki unsur kimia Fe 99,35 wt % dan unsur C 0.084 wt % sedangkan untuk permukaan lapisan pipa baja galvanis memiliki unsur Zn 99.021 wt %. ini masuk klasifikasi baja karbon rendah yang bersifat sangat lunak dengan kekuatan tarik 41 – 51 kg/mm² (Wirjosumarto, 2000).





Gambar 1. Alur penelitian (*flow chart*) pembuatan kabel OPPC

c. Fiber Optik

Fiber optik menggunakan serat mode tunggal jenis ITU-T G.652 dengan kekuatan tarik 39,66 MPa dan uji puntir 56 MPa. Pelindung luar dari karet yang berfungsi melindungi fiber optik dari induksi magnetik maupun gangguan luar lainnya.

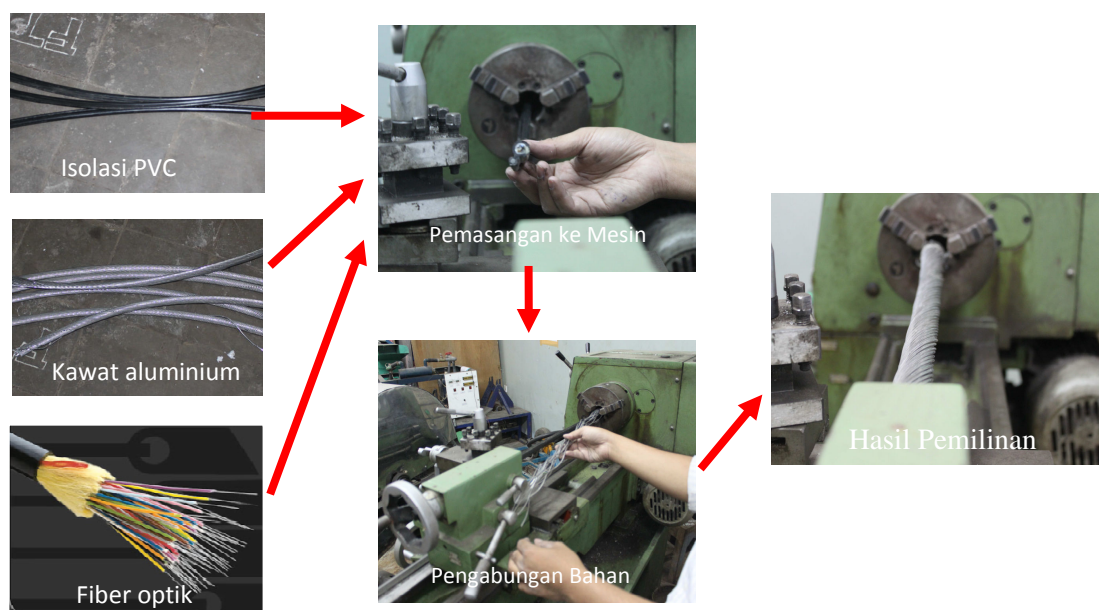
d. Isolator PVC (*Polivinilclorida*)

Isolator PVC sangat fleksibel dengan ketahanan temperatur dari 70-105°C, kekuatan tarik 44,4 MPa dan kekuatan impak 293 J/m. Ini ditempatkan diluar serat optik yang membatasi antara kawat Al dengan serat optik sendiri dengan permukaan yang halus.

e. Benang polypropylene

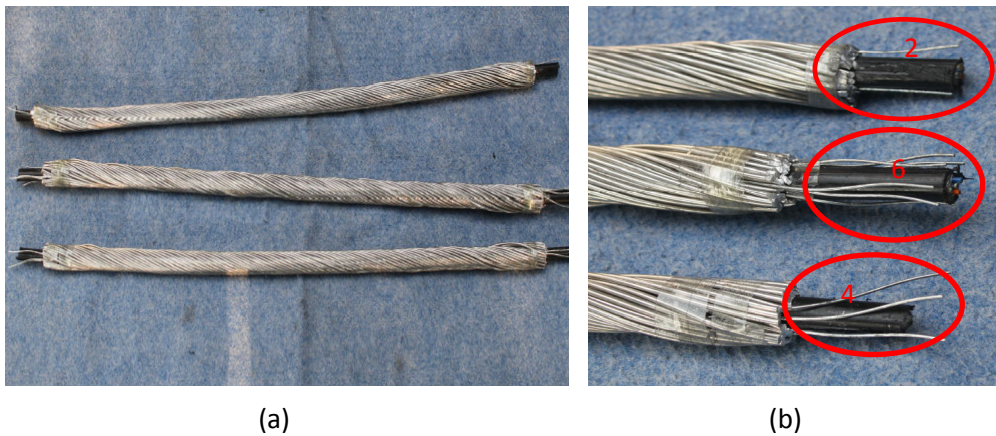
Fiber optik selain dibungkus isolasi PVC juga dilindungi benang polypropylene, berfungsi sebagai penguat dan isolasi. Benang polypropylene berbentuk pintalan merupakan polimer kristalin yang dihasilkan dari proses polimerisasi gas propilena dengan *melting point* 130–171°C

Semua material dipersiapkan untuk membuat kabel OPPC menggunakan mesin pemilin yang sudah divariasikan. Proses pembuatan kabel ditunjukkan pada **Gambar 2** dengan memvariasikan jumlah penguat kawat baja dan tegangan puntir pemilinan.



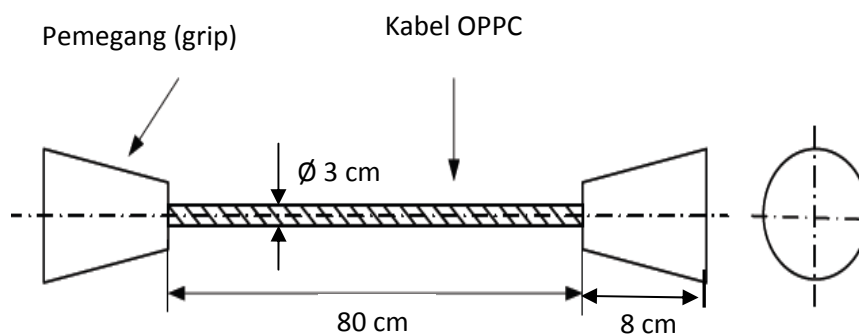
Gambar 2. Langkah-langkah pemilinan kabel OPPC

Proses pemilinan dengan beban 25 dan 50 RBS % (*rated breaking strength*) menggunakan penguat kawat baja bervariasi dari 2, 4 dan 6 buah. Berbentuk kabel OPPC berdiameter 3 cm yang ditampilkan pada **Gambar 3**, proses selanjutnya pembentukan spesimen uji tarik dan impak. Pengujian impak sesuai ASTM D256-00 atau SNI 07-0408-1989 untuk bentuk spesimen ditunjukkan pada **Gambar 4**. Kedua ujung batang uji dicor dengan paduan timah putih dengan bentuk tirus (*conical*).



Gambar 3. (a) Hasil pemilinan kabel OPPC dengan diameter 3 cm (b) Jumlah penguat kawat baja galvanis

Ukuran panjang spesimen impact 80 cm dengan pengecoran ujung kabel sebagai pemegang sepanjang 8 cm di kedua ujung kabel. Pengujian impact menggunakan mesin *Universal testing Machine model WE-100B* yang di modifikasi dengan posisi specimen vertikal dengan beban kejut 120 kN. Besarnya beban kejut selama kemerosotan penamatan yang dapat ditopang sebagai besarnya beban impact.



Gambar 4. Spesimen Pengujian impact dan tarik (SNI 07-0408, 1989)

Spesimen uji tarik sama dengan pengujian impact yang membedakan pengujiannya dan ketahanan kabel OPPC menahan beban sampai kabel putus. Referensi pengujian menggunakan Standar Nasional Indonesia (SNI) 08-0409-1989. Kecepatan penarikan 0,5 mm/menit dan beban 5000 Newton. Selama penarikan untuk setiap selang waktu 3 detik direkam dimemori komputer mesin *universal testing Machine model WE-100B* dan penulisan nilai manual.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Data hasil pengujian impact dan tarik kabel OPPC buatan akan dikomparisasikan dengan kabel SUTET dan kabel OPPC komersil. Kabel OPPC divariasikan beban puntir pemilinan dan jumlah penguat kawat galvanis, yang dipastikan memiliki sifat mekanik yang berbeda. Berikut ini pembahasan hasil pengujian yang akan dilakukan.

a. Uji Impak

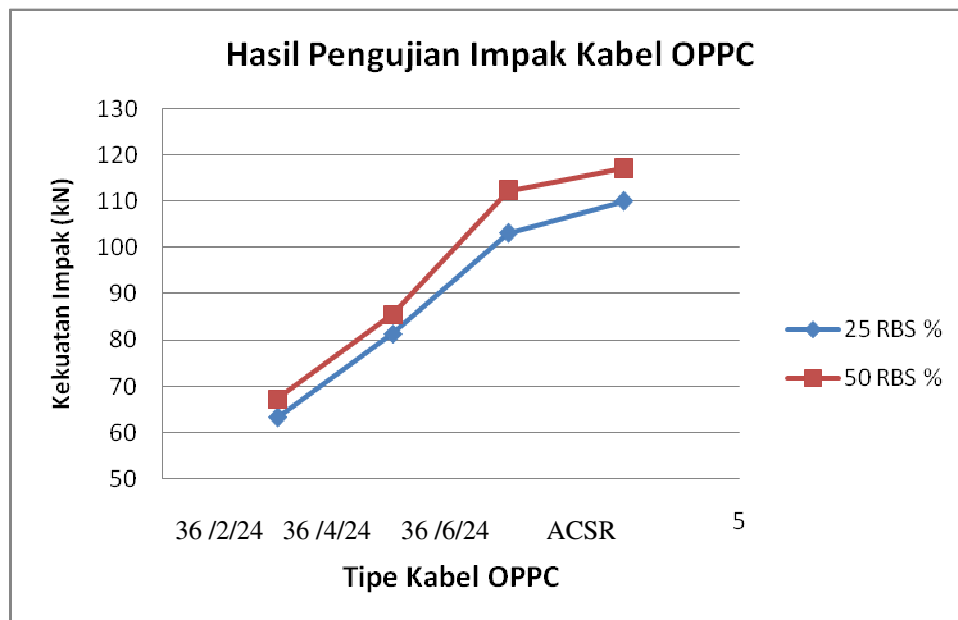
Hasil pengujian impact kabel OPPC ditampilkan pada **Tabel 1**. Kawat baja galvanis meningkatkan kekuatan beban impact, semakin banyak kawat baja galvanis, kekuatan beban impact akan naik. Kawat baja galvanis memiliki kekerasan 134,66 HVN dan kekuatan tarik 45 kg/mm² (Raharjo,2012). Apabila dibandingkan dengan material dasar lainnya, untuk kekuatan mekanisnya lebih baik dalam menahan beban impact.

Tabel 1. Hasil Pengujian Uji Impact Kabel OPPC

Tegangan Puntir (RBS %)	Kekuatan Uji Impact (kN)			
	Kabel OPPC (Ø 3)			Kabel SUTET (ACSR)
	36 /2/24	36 /4/24	36/6/24	
Beban 25 (RBS %)	63,24	81,45	103,11	110
Beban 50 (RBS %)	67,33	85,56	112,27	117

Keterangan : a) 36 /2/24 : 30 kawat aluminium, 2 baja galvanis, 24 serat optik
 b) 36 /4/24 : 30 kawat aluminium, 4 baja galvanis, 24serat optik
 c) 36 /6/24 : 30 kawat aluminium, 6 baja galvanis, 24 serat optik

Hasil data pengujian kabel OPPC berdiameter 3 cm yang memiliki kekuatan menahan beban impak paling tinggi pada kabel OPPC tipe 36/6/24 karena penguat kawat baja galvanis lebih banyak. Ini dipengaruhi juga dengan tegangan puntir pemilinan dan pengaruhnya yang sangat besar. Untuk tegangan puntir 25 RBS % memiliki kekuatan impak 103,11 kN sedangkan 50 RBS % sebesar 112,27 kN terjadi selisih 9,16 kN yang bisa dilihat pada **Gambar 5**. Tegangan puntir pemilinan yang besar menghasilkan pemilinan kabel OPPC lebih rapat dan rapi, sedikit rongga-rongga kosong pada kabel yang akan mempengaruhi kekuatan impak kabel (Suprihadi, 2007).



Gambar 5. Hasil Pengujian Impak kabel OPPC

Kabel OPPC buatan memiliki kekuatan impak mendekati kabel SUTET jenis ACSR yang sekarang dipakai di Indonesia, dari grafik kabel OPPC tipe 36/6/24 dengan beban puntir 50 RBS % memiliki selisih kekuatan impak sebesar 4,73 kN sedangkan dengan kabel OPPC komersial sebesar 3,75 kN (nkt cable, 2010). Kekuatan impak kabel OPPC buatan mendekati kekuatan impak kabel ACSR dan OPPC komersial, diharapkan dengan menambah 2-4 kawat baja galvanis untuk kekuatan impak nilainya sama dengan kabel komersial dan bisa dipakai di Indonesia (SPLN, 1981). Kekuatan impak berpengaruh terhadap kabel OPPC menahan beban kejut baik yang dipengaruhi hujan, angin dan gempa bumi yang menjadikan kabel rusak atau putus.

b. Uji Tarik

Pengujian tarik kabel OPPC berpengaruh terhadap kekuatan kabel menahan beban sampai kabel putus. Hasil pengujian tarik ditampilkan pada **Tabel 2**, menjelaskan besarnya kekuatan tarik dari masing-masing tipe pembuatan kabel OPPC dan ACSR.

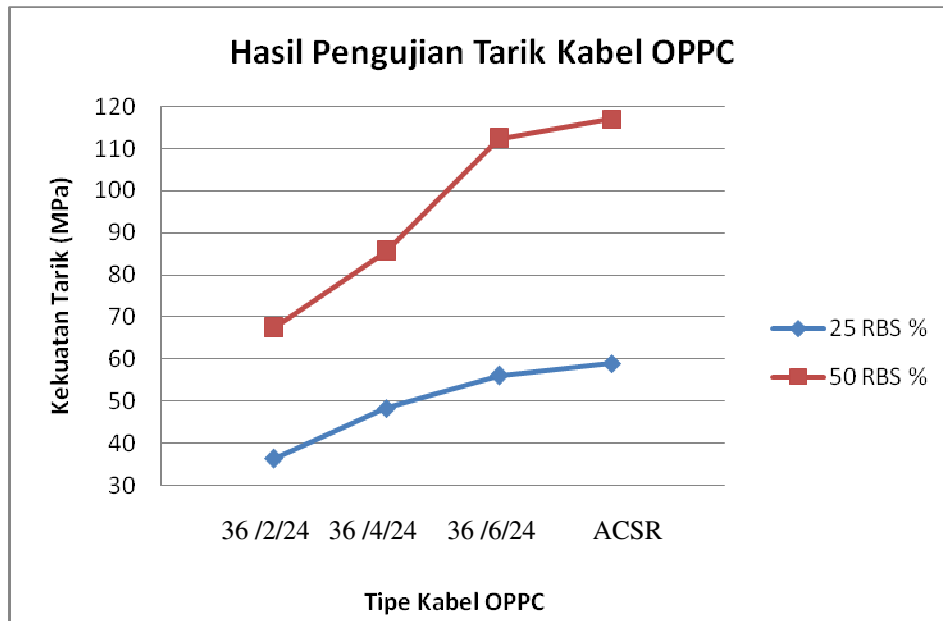
Tabel 2. Hasil Pengujian Uji Tarik kabel OPPC

Tegangan Puntir (RBS %)	Kekuatan Uji Tarik (MPa)			
	Kabel OPPC (Ø 3)			Kabel SUTET (ACSR)
	36 /2/24	36 /4/24	36 /6/24	
Beban 25 (RBS %)	36,36	48,35	56,05	59
Beban 50 (RBS %)	39,67	52,77	61,26	65

Keterangan : a) 36 /2/24 : 30 kawat aluminium, 2 baja galvanis, 24 serat optik
 b) 36 /4/24 : 30 kawat aluminium, 4 baja galvanis, 24serat optic
 c) 36 /6/24 : 30 kawat aluminium, 6 baja galvanis, 24 serat optik

Hasil uji tarik hampir sama dengan uji impak, semakin tinggi kekuatan impak, maka kekuatan tarik lebih tinggi. Kekuatan tarik tertinggi pada kabel OPPC berdiameter 3 cm tipe 36/6/26 dengan beban puntir 50 RBS % karena beban ditopang oleh kawat baja galvanis sebanyak 6 buah dengan kekuatan tarik sebesar 61,26 MPa sedangkan kekuatan impak kabel ACSR sebesar 65 MPa yang memiliki selisih 3,74 MPa. Peningkatan kekuatan tarik kabel juga dipengaruhi tegangan puntir pemilinan, dimana ada perbedaan antara 25 dan 50 RBS % yang bisa dilihat pada **Gambar 6**.

Kerapatan antar kawat aluminium pada Kabel OPPC tergantung dari tegangan pemilinan kabel. Semakin rapat kawat antar aluminium, kekuatan tarik akan meningkat karena gaya bebas antar kawat aluminium pada waktu uji tarik lebih kecil (Suprihadi,2007). Kekuatan tarik kabel OPPC tipe 36/6/26 mendekati kekuatan tarik kabel OPPC komersil. Kekuatan tarik kabel OPPC komersil sebesar 63 MPa memiliki selisih kekuatan tarik sebesar 1,74 MPa dari kabel OPPC buatan (nkt cable, 2010). Dari segi sifat mekanik kabel OPPC buatan mendekati kabel ACSR dan OPPC komersil tetapi untuk uji listrik dan thermal belum di uji.



Gambar 6. Hasil Pengujian tarik kabel OPPC

KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan maka bisa diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kekuatan impak dan tarik kabel OPPC dipengaruhi jumlah penguat kawat baja galvanis. Semakin banyak jumlah penguat kawat baja galvanis, kekuatan impak dan tarik semakin tinggi.
2. Tegangan puntir pemilinan semakin besar prosentasenya, kekuatan impak dan tarik juga meningkat.
3. Semakin tinggi tegangan puntir pemilinan, kerapatan dan kerapian kabel OPPC menjadi lebih baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan Nasional Republik Indonesia yang telah memberikan dana untuk penelitian Hibah Bersaing tahun anggaran 2011-2012.

DAFTAR PUSTAKA

ASTM D256-00

ANSI C119.4, (Connector testing)

Aluminum Association Guide for Stress-Strain Testing, 1999

A. S. Pabla.,1994, “ Sistem Distribusi Daya Listrik”, Erlangga, Jakarta, 1994, p.181.

3M corporation..2003,” *Conductor and Accessory Testing*. Aluminum Conductor Composite Reinforced (ACCR)” Technical Notebook, 2003

- Harsono Wiryosumarto, 2000, *Teknik Pengelasan Logam*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Koran Jakarta.,2009, “Persoalan Listrik yang Tak Kunjung Padam”
- Nkt cable, 2010., optical OPGW Ground Wire Optical OPPC Phase Conductor and Accessories
- Reinhard Girbig, 2005., “Advanced OPPC Accessories for the Use on Power Lines up to 36 kV”
- Reinhard Girbig and Philippe Bernon.,2005,” OPPC Solutions for 63 kV, 90 kV and 225 kV Power Lines.
- Supriyadi.,2007,” Analisis Unjuk Kerja Mekanis Konduktor ACCR Akibat Perubahan Arus Saluran”.
- Samsudi Raharjo, Solechan, 2012., Studi karakterisasi pembuatan optical phasa conductor untuk kondisi iklim tropis Indonesia. Journal UMP. Vol.03.
- SNI 07-0408, 1989
- SNI 08-0409-1989
- SPLN, 1981., Hantaran aluminium berpenguat baja. Standar Perusahaan listrik Negara., SPLN 41-7:
- Tempo, 2009 pemerintah menargetkan *electrical capacity* secara nasional 57 ribu Megawatt pada tahun 2016., 2009
- William D. Stevenson Jr., 1990, “Analisis Sistem Tenaga Listrik”, Erlangga, Jakarta, V.10 No.6,1990.
- www.tvonenews.tv, 2012