

Pengujian Tahanan Konduktor Dan Kekuatan Hot Set Isolasi Pada Kabel Solar

Nurmiati Pasra^{1*}; Samsurizal²; Rahmat Kurniawan²; Nana Suryana³

1. Prodi Teknologi Listrik, Fakultas Ketenaga Listrikan dan Energi Terbarukan
2. Prodi Teknik Elektro, Fakultas Ketenaga Listrikan dan Energi Terbarukan.
3. Prodi Teknik Sipil, Fakultas Teknologi Infrastruktur dan Kewilayahan,
Institut Teknologi PLN, Menara PLN, Jl. Lingkar Luar Barat, Duri Kosambi, Cengkareng,
Jakarta Barat, DKI Jakarta 11750, Indonesia

*Email: nurmiati@itpln.ac.id

Received: 9 Oktober 2023 | Accepted: 9 Desember 2023 | Published: 2 Januari 2024

ABSTRACT

Solar cables are very influential on the safety of Solar Power Plant installations, component damage and fire can occur in installations caused by outer casing dimensions and insulation that do not comply with EN 50396 standards. Conductor resistance that does not meet IEC 60228 standards can cause insulation to break and make cable life shorter. The test results found that VOKSEL type cables have an average value of sheath thickness of 0.90 mm, an average insulation thickness of 0.90 mm and conductor resistance of $4.92\Omega / km$, while HENGTONG type cables have an average value of sheath thickness of 0.94 mm, an average insulation thickness of 0.87 mm and a conductor resistance value of $3.20\Omega / km$, for APAR-UNICAB type cables have an average value of sheath thickness of 0.88 mm, The average insulation thickness is 0.85 mm and the conductor resistance value is $5.58 \Omega/km$. From these tests, VOKSEL & HENGTONG type cables have met the standards of both EN 50618 standard tests for dimensions & IEC 60228 for conductor resistance. Meanwhile, APAR-UNICAB type cables have met the EN 50618 standard for solar cable dimensions but have not met IEC 60228 standards based on conductor resistance testing.

Keywords: Conductor Resistance, Insulation Strength, Solar Cable, Cable Dimensions

ABSTRAK

Kabel solar sangat berpengaruh terhadap keamanan instalasi Pembangkit Listrik Tenaga Surya, kerusakan komponen serta kebakaran dapat terjadi pada instalasi yang disebabkan dimensi selubung luar dan isolasi yang tidak sesuai dengan standar EN 50396. Tahanan konduktor yang tidak memenuhi standar IEC 60228 dapat menyebabkan isolasi putus dan membuat usia pakai kabel akan semakin singkat. Hasil pengujian didapatkan kabel jenis VOKSEL memiliki nilai rata-rata ketebalan selubung sebesar 0,90 mm, rata-rata ketebalan isolasi sebesar 0,90 mm dan tahanan konduktor sebesar $4,92\Omega/km$, sedangkan kabel jenis HENGTONG memiliki nilai rata-rata ketebalan selubung sebesar 0,94 mm, rata-rata ketebalan isolasi sebesar 0,87 mm dan nilai tahanan konduktor sebesar $3,20\Omega/km$, untuk kabel jenis APAR-UNICAB memiliki nilai rata-rata ketebalan selubung sebesar 0,88 mm, rata-rata ketebalan isolasi sebesar 0,85 mm dan nilai tahanan konduktor sebesar $5,58 \Omega/km$. Dari pengujian tersebut kabel jenis VOKSEL & HENGTONG telah memenuhi standar dari kedua pengujian standar EN 50618 untuk dimensi & IEC 60228 untuk tahanan konduktor. Sedangkan kabel jenis APAR-UNICAB telah memenuhi standar EN 50618 untuk dimensi kabel solar namun belum memenuhi standar IEC 60228 berdasarkan pengujian tahanan konduktor.

Kata Kunci: Tahanan Konduktor, Kekuatan Isolasi, Kabel Solar, Dimensi Kabel

1. PENDAHULUAN

Dengan ketersediaan sumber daya dan perkembangan teknologi yang semakin efisien, akses pada produk sel surya yang semakin mudah dan turunnya harga pembangkitan listrik energi surya dengan sel surya, telah mendorong penggunaan sel surya yang dipasang di atas atap (*rooftop solar*) maupun di atas tanah (*ground mounted*) semakin meningkat secara global, termasuk di Indonesia[1][2]. Indonesia merupakan negara yang terletak digaris khatulistiwa, sehingga memiliki sumber energi matahari yang berlimpah dengan intensitas radiasi matahari rata rata sekitar 4,8 kWh/m² per hari di seluruh wilayah Indonesia[3][4]. Hal ini dapat menjadi salah satu solusi pembangkit listrik mengingat masih terdapat sebagian wilayah Indonesia yang belum mendapatkan aliran listrik oleh PLN.

Adapun manfaat yang dapat di hasilkan dari PLTS dibanding dengan pembangkit lainnya adalah mengurangi biaya penggunaan listrik harian, PLTS juga tidak mengeluarkan suara ketika beroperasi, dan tidak memerlukan penggunaan bahan bakar sehingga sangat ramah terhadap lingkungan, selain itu PLTS juga tidak membutuhkan banyak perawatan, cukup dengan menjaga kebersihan dari permukaan sel surya[4][5]. PLTS memiliki kekurangan dimana biaya yang awal yang dibutuhkan cukup tinggi, PLTS juga memiliki sifat ketergantungan terhadap cuaca matahari, dimana efisiensinya menurun ketika cuaca mendung dan hujan[6][7]. Dengan banyaknya manfaat yang didapatkan mendorong minat masyarakat untuk menggunakan pembangkit listrik tenaga surya, akan tetapi terkadang tidak memperhitungkan faktor keamanan. Salah satunya yaitu tidak menggunakan kabel sesuai dengan fungsinya, misalnya menggunakan kabel yang tidak sesuai dengan ukuran diameter yang dibutuhkan. Masyarakat cenderung lebih memilih melakukan hal tersebut dengan alasan untuk mengurangi biaya instalasi yang lebih murah[8][9]. Hal ini dapat menyebabkan kabel akan cepat rusak dan dapat mengakibatkan lapisan pembungkus kabel lebih mudah rusak. Selain itu tahanan konduktor yang tidak sesuai dengan standar dapat menyebabkan kerugian pada arus listrik dan mengakibatkan panas yang berlebih, sehingga mudah meleleh jika bekerja pada arus yang tinggi. Lelehan kabel akan terbakar dan mampu membakar kabel yang digunakan.

Uji kabel Hot Set adalah cara langsung untuk menentukan apakah bahan yang digunakan dalam insulasi atau selubung telah cukup disambung-silang. Bahan ikatan silang adalah bahan yang telah diubah untuk mengencangkan dan meningkatkan ikatan antara rantai polimer[11][15]. Ketika bahan isolasi dan selubung luar dihubungkan silang, biasanya untuk meningkatkan sifat mekanik dan listrik. Penautan silang dapat dilakukan selama polimerisasi atau pasca polimerisasi[10][11]. Hal tersebut mendorong peneliti untuk menganalisis tahanan konduktor, kuat tarik dan ketahanan isolasi terhadap uji *hot set* jenis kabel solar yang digunakan pada pembangkit listrik tenaga surya[12][14]. Untuk mengoptimalkan penggunaan pembangkit listrik tenaga surya dan menghambat terjadinya korsleting yang dapat menyebabkan kebakaran pada saat temperatur kabel naik.

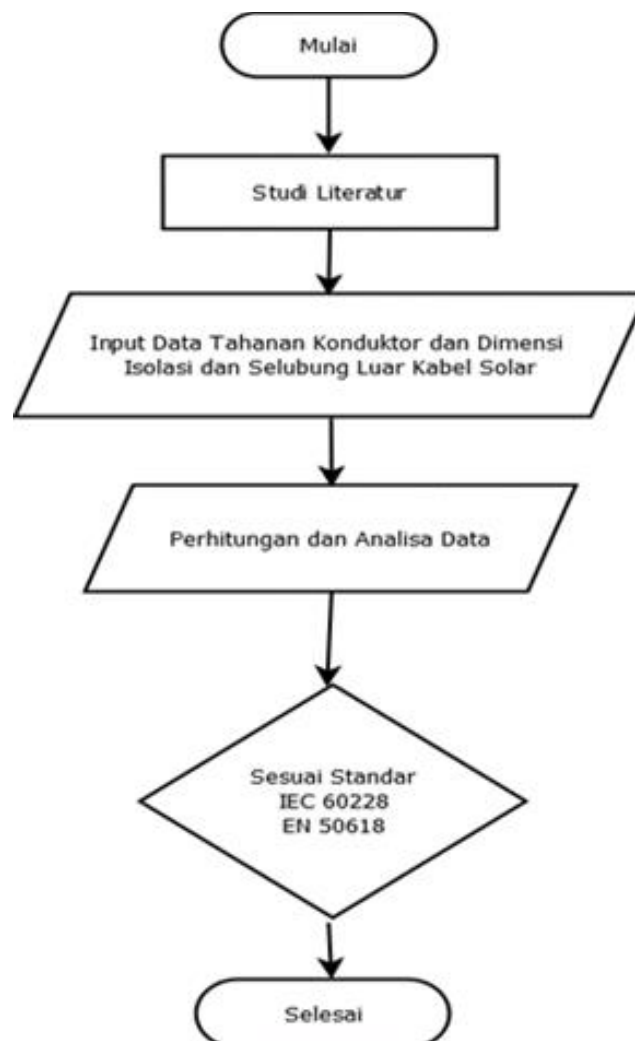
2. METODE PENELITIAN

Lokasi penelitian berada di PT. VOKSEL Electric Tbk. Cileungsi, Bogor. Peneliti menggunakan metode kuantitatif dalam penelitian ini, dengan teknik yang digunakan berupa teknik penelitian lapangan untuk melakukan pengukuran dimensi dan tahanan konduktor kabel solar jenis BS EN 50168 VOKSEL H1Z2Z2-K 1x4 mm², APAR-UNICAB INDIA EBXL XLPO/XLPO 120°C H1Z2Z2-K SOLAR CABLE 1X4mm² & 62930 IEC 131 1x6 mm² *Halogeen Free Low Smoke* HENG TONG.

Penelitian ini diawali dengan dilakukannya metode pengumpulan data dari tiap-tiap bahan penelitian yang mempunyai keterkaitan dengan penelitian yang dilakukan oleh penulis atau lebih dikenal dengan metode studi literatur. Berikutnya ada pengumpulan data yang dilakukan dengan berbagai metode. Setelah itu, perhitungan untuk menentukan nilai tahanan konduktor dan dimensi sampel kabel solar. Dalam menyelesaikan penelitian ini, maka peneliti menggunakan beberapa tahap yang ditunjukkan Gambar 1.

2.1. Diagram Alir Penelitian

Secara sederhana proses penelitian dapat dilihat melalui diagram alir pada Gambar1.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.2. Perancangan Penelitian.

Pada sub bab ini menjelaskan perhitungan untuk menentukan nilai rata-rata dimensi dan tahanan konduktor kabel solar:

2.2.1. Perhitungan Nilai Rata - Rata Dimensi

Perhitungan nilai dimensi isolasi dan selubung luar bisa dengan menggunakan persamaan rata-rata yaitu:

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n} \quad (1)$$

Dimana :

$\bar{X}$ = Rata - rata

$\sum X$ = Jumlah nilai rata-rata

n = Banyaknya data

2.2.2. Perhitungan Nilai Tahanan Konduktor

Pada perhitungan nilai tahanan konduktor dengan menggunakan persamaan pada standar IEC 60228 yaitu :

$$R_{20} = R_t \times K_t \times \frac{1000}{L} \quad (2)$$

Dimana :

R_t = Tahanan konduktor terukur (Ω)

K_t = Faktor koreksi suhu terukur (0.977)

L = Panjang Kabel (m)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Perhitungan Dimensi Kabel Solar Jenis VOKSEL

Dari hasil pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan kaliper digital didapatkan data yaitu ketebalan dari isolasi dan selubung luar. Nilai yang didapatkan akan dimasukkan pada perhitungan menggunakan persamaan (1) yaitu perhitungan rata rata untuk menentukan besarnya nilai ketebalan isolasi dan selubung luar. Maka didapatkan nilai rata-rata ketebalan selubung sebesar 0,90 mm dan isolasi sebesar 0,90 mm. Hasil perhitungan akan dibandingkan dengan standar pada tabel 1. Hasil perbandingan disajikan pada tabel berikut.

Tabel 1. Perbandingan Hasil Perhitungan Dimensi Kabel VOKSEL dengan Standar EN 50618

Luas Penampang Kabel (mm ²)	Bagian	Rata-Rata Ketebalan (mm)	Standar Ketebalan (mm)	Ket
4	Selubung	0,90	0,8	Sesuai Standar
	Isolasi	0,90	0,7	Sesuai Standar

Dari tabel 1 perbandingan hasil perhitungan dengan standar yang berlaku, dapat disimpulkan bahwa nilai dimensi ketebalan selubung dan isolasi kabel solar jenis VOKSEL telah memenuhi standar EN 50618 dan layak untuk digunakan pada instalasi listrik Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).

3.2. Hasil Perhitungan Dimensi Kabel Solar Jenis APAR-UNICAB

Dari hasil pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan kaliper digital didapatkan data yaitu ketebalan dari isolasi dan selubung luar. Nilai yang didapatkan akan dimasukkan pada perhitungan menggunakan persamaan (1) yaitu perhitungan rata rata untuk menentukan besarnya nilai ketebalan isolasi dan selubung luar. Maka didapatkan nilai rata-rata ketebalan selubung sebesar 0,88 mm dan isolasi sebesar 0,85 mm. Hasil perhitungan akan dibandingkan dengan standar pada tabel 1. Hasil perbandingan disajikan pada tabel berikut.

Tabel 2. Perbandingan Hasil Perhitungan Dimensi Kabel APAR-UNICAB dengan Standar EN 50618

Luas Penampang Kabel (mm ²)	Bagian	Rata-Rata Ketebalan (mm)	Standar Ketebalan (mm)	Ket
4	Selubung	0,88	0,8	Sesuai Standar
	Isolasi	0,85	0,7	Sesuai Standar

Dari tabel 2 perbandingan hasil perhitungan dengan standar yang berlaku, dapat disimpulkan bahwa nilai dimensi ketebalan selubung dan isolasi kabel solar jenis APAR-UNICAB telah memenuhi standar EN 50618 dan layak untuk digunakan pada instalasi listrik Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).

3.3. Hasil Perhitungan Dimensi Kabel Solar Jenis HENGTONG

Dari hasil pengukuran yang dilakukan dengan menggunakan kaliper digital didapatkan data yaitu ketebalan dari isolasi dan selubung luar. Nilai yang didapatkan akan dimasukkan pada perhitungan menggunakan persamaan (1) yaitu perhitungan rata rata untuk menentukan besarnya nilai ketebalan isolasi dan selubung luar. Maka didapatkan nilai rata-rata ketebalan selubung sebesar 0,94 mm dan isolasi sebesar 0,87 mm. Hasil perhitungan akan dibandingkan dengan standar pada tabel 1. Hasil perbandingan disajikan pada tabel berikut.

Tabel 3. Perbandingan Hasil Perhitungan Dimensi Kabel HENGTONG dengan Standar EN 50618

Luas Penampang Kabel (mm ²)	Bagian	Rata-Rata Ketebalan (mm)	Standar Ketebalan (mm)	Ket
4	Selubung	0,94	0,8	Sesuai Standar
	Isolasi	0,87	0,7	Sesuai Standar

Dari tabel 3 perbandingan hasil perhitungan dengan standar yang berlaku, dapat disimpulkan bahwa nilai dimensi ketebalan selubung dan isolasi kabel solar jenis HENGTONG telah memenuhi standar EN 50618 dan layak untuk digunakan pada instalasi listrik Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).

3.4. Pengaruh Nilai Dimensi Terhadap Kinerja Kabel Solar

Selubung dan isolasi kabel merupakan bagian yang memiliki peran utama untuk memberikan perlindungan terhadap kabel. Adapun kegunaan utama dari isolasi yaitu untuk mengisolasi konduktor dari konduktor yang lainnya, isolasi juga mampu menahan gaya mekanis dari adanya arus pada penghantar. Selubung merupakan bagian terluar dari kabel yang memiliki sifat tidak dapat menghantarkan arus listrik. Sedangkan isolasi merupakan bagian pembungkus dalam dari konduktor.

Apabila nilai dari ketebalan isolasi dan selubung kabel tidak memenuhi standar yang berlaku maka dapat menyebabkan kebocoran arus hingga dapat menyengat ketika tersentuh. Selain dari itu selubung luar juga memberikan perlindungan terhadap suhu dan kondisi lingkungan sehingga bagian konduktor tetap aman.

3.5. Hasil Perhitungan Nilai Tahanan Konduktor Kabel Solar

Pengukuran tahanan konduktor dilakukan dengan menggunakan alat double bridge. Dari hasil pengukuran nilai tahanan konduktor dimasukkan pada persamaan (2) untuk menentukan besarnya tahanan konduktor pada saat suhu 20 °C. Sehingga didapatkan nilai tahanan konduktor sebagai berikut.

Tabel 4. Hasil Perhitungan Tahanan Konduktor Kabel Solar

No	Jenis Kabel Solar	Luas penampang (mm ²)	Standar Tahanan Konduktor (Ω/km)	Tahanan Konduktor (Ω/km)	Keterangan
1	VOKSEL	4	Max 5,09	4,92	Sesuai Standar
2	APAR-UNICAB	4	Max 5,09	5,58	Tidak Sesuai standar
3	HENGTONG	6	Max 3,39	3,20	Sesuai standar

Dari tabel 4 perbandingan hasil perhitungan tahanan konduktor dengan standar yang berlaku, dapat disimpulkan bahwa kabel jenis VOKSEL dan HENGTONG telah memenuhi standar IEC 60228 sehingga layak untuk digunakan. Sedangkan untuk kabel jenis HENGTONG belum memenuhi standar IEC 60228 sehingga dapat dikatakan belum layak untuk digunakan.

3.6. Pengaruh Nilai Tahanan Konduktor Terhadap Kinerja Kabel Solar

Tahanan konduktor merupakan salah satu hal utama yang harus diperhatikan saat memilih kabel. Nilai dari tahanan konduktor sendiri harus atau wajib di bawah nilai standar yang telah ditentukan atau paling maksimal nilainya sama dan tidak boleh lebih. Apabila melebihi nilai standar yang telah ditentukan maka dapat menyebabkan *losses* pada arus

listrik dan mengakibatkan panas yang berlebih. Panas tersebut dapat menyebabkan kebakaran dimana isolasi dari kabel dapat meleleh karena panasnya konduktor.

Pada kabel solar sendiri menggunakan konduktor dengan tipe *single core flexible copper conductors*. Dimana nilai tahanan konduktor maksimalnya telah diatur pada standar IEC 60228. Nilai Tahanan konduktor maksimum dari kabel menyesuaikan dengan besarnya ukuran dari luas penampang kabel tersebut. Kabel yang tidak memenuhi standar IEC 60228 tahanan konduktor dapat menimbulkan *losses* yaitu terjadinya kebocoran arus atau daya yang hilang disepanjang penghantar yang disebabkan oleh resistansi yang ada pada konduktor melebihi nilai standar. Dengan adanya *losses* tentu akan menurunkan efisiensi distribusi listrik sehingga suplai daya yang didapatkan lebih rendah. Bahaya lain adalah adanya potensi kebakaran akibat panasnya konduktor saat diberi arus yang besar.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Pengujian dilakukan dengan menggunakan 3 jenis kabel yang berbeda diantaranya yaitu kabel jenis VOKSEL, HENGTONG dan APAR-UNICAB. Berdasarkan hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa kabel jenis VOKSEL dan HENGTONG lebih baik dan aman untuk digunakan karena telah memenuhi kedua standar pengujian yaitu EN 50618 dan IEC 60228, sedangkan untuk kabel jenis APAR-UNICAB belum memenuhi standar IEC 60228 yaitu tahanan konduktornya melebihi nilai standar yang ditetapkan. Dalam instalasi listrik nilai ketebalan isolasi dan selubung memiliki peran penting untuk melindungi konduktor dari suhu dan kondisi lingkungan selain itu apabila tidak memenuhi standar maka dapat menimbulkan arus bocor sehingga dapat menyengat ketika tersentuh. Tahanan konduktor merupakan salah satu hal utama yang harus diperhatikan saat memilih kabel. Nilai dari tahanan konduktor sendiri harus atau wajib di bawah nilai standar yang telah ditentukan atau paling maksimal nilainya sama dan tidak boleh lebih. Apabila melebihi nilai standar yang telah ditentukan maka dapat menyebabkan *losses* pada arus listrik dan mengakibatkan panas yang berlebih. Panas tersebut dapat menyebabkan kebakaran dimana isolasi dari kabel dapat meleleh karena panasnya konduktor.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anwar Ilmar Ramadhan., Deni Almada. (2014). Evaluasi Perbandingan Kabel NYM 3 x 1,5mm² Merk A dan B di Tinjau Dari Tahanan Panas Isolasi Kabelnya. 12(11), 2407-1846.
- [2] Dewi, K. R., & Yuninda, N. H. (2019). Pengaruh peningkatan suhu dan besaran arus terhadap tahanan penghantar kabel listrik tegangan rendah jenis NYM. 4(1), 35-40.
- [3] EN 50618. (2014). Electric Cables For Photovoltaic Systems.
- [4] Ferry Setiawan., Haris Ardianto. (2018). Karakteristik Sifat Mekanis Kekuatan Tarik Komposit Nano Partikel Daur Ulang Pet Dengan Limbah Abu Bagase Boiler. 5(2). 30-44. 2460-1608.
- [5] Hadi Maulana. (2018). Analisis Karakteristik Termal Kabel NYY Untuk Aplikasi Instalasi Listrik Luar Ruangan. 1-47.
- [6] Herman Hasyim., Hersal. (2015). Pengujian Kemampuan Ketahanan Hubung Singkat Isolasi Pada Kabel NYM dan NYM-HY. 1-35.
- [7] Halliday, D dan Resnick, R. (1978). Physics.
- [8] IEC 60228, (1993). Conductors of insulated cables.
- [9] Bi, Z., Pomalaza-Ráez, C., Hersherberger, D., Dawson, J., Lehman, A., Yurek, J., &

- Ball, J. (2017). Automation of electrical cable harnesses testing. *Robotics*, 7(1), 1.
- [10] G. F. Moore, Bsc, Phd, FInstP, FIEEE (1997). *Electric Cables Handbook Third Edition*. 97-24044.
- [11] Setiawan, F., & Ardianto, H. (2018). Karakteristik sifat mekanis kekuatan tarik komposit nano partikel daur ulang PET dengan limbah abu bagase boiler. 5(2), 30-44.
- [12] Bi, Z., Pomalaza-Ráez, C., Lehman, A., Dawson, J., Hershberger, D., Yurek, J., & Ball, J. (2018, May). Automated testing of electrical cable harnesses. In *2018 13th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA)* (pp. 2704-2709). IEEE.
- [13] Amina H. Umar, S.Kom.,MT. (2011). Studi Penuaan Akibat Panas Pada Bahan Isolasi Kabel Instalasi Tegangan Rendah. 1-15.
- [14] Syafriudin, (2011). Pengujian Hot Set Kabel N2xsry 12/20 Kv Terhadap Karakteristik Bahan Isolasi. A(1), 21-26.
- [15] Yusuf Fadil Muhamad., Sapto Nisworo., Deria Pravitasari. (2021). Pengujian Tingkat Isolasi Instalasi Listrik Rumah Tinggal. 2747-1217.
- [16] Mazzanti, G., Castellon, J., Chen, G., Fothergill, J. C., Fu, M., Hozumi, N., & Wu, K. (2019). The insulation of HVDC extruded cable system joints. Part 1: Review of materials, design and testing procedures. *IEEE transactions on dielectrics and electrical insulation*, 26(3), 964-972.