

EVALUASI JENIS KABEL DARI TEMBAGA KE ALUMINIUM UNTUK DISTRIBUSI POWER SUPPLY 20 KV COAL CONVEYOR

Daeny Septi Yansuri¹, Subianto²/ Muhammad Ali Akbar³

sdaeny@yahoo.com¹

maakbar1614@gmail.com³

*Dosen Tetap Prodi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Palembang^{1&2}
Alumni Prodi Teknik Elektro Universitas Palembang³*

ABSTRAK

Distribusi energi listrik dari pusat pembangkit listrik (power plant) ke jaringan beban tambang yang letaknya berjauhan selalu mengalami terjadinya rugi-rugi (losses), salah satunya adalah rugi tegangan. Rugi tegangan akan menyebabkan terjadinya jatuh tegangan (drop voltage) yang cukup besar, yang mengakibatkan rendahnya tegangan terima terutama yang berada di ujung saluran jaringan tegangan menengah (JTM). Drop Voltage pada saluran tenaga listrik secara umum berbanding terbalik dengan luas penampang penghantar. Sehingga penambahan luas penampang penghantar akan sangat berpengaruh terhadap perbaikan jatuh tegangan. Metode untuk memperbaiki jatuh tegangan pada sistem distribusi jaringan tegangan menengah (JTM) 20 kV di suatu feeder diantaranya adalah rekonduktor penghantar yaitu dengan mengganti luas penampang menjadi lebih besar dan mengganti jenis penampang konduktor. Penelitian ini menganalisis penambahan luas penampang penghantar terhadap drop voltage. Perhitungannya dilakukan dengan cara memasukan data-data yang didapat dari katalog spesifikasi kabel serta sebagai pembanding dilakukan pengukuran nilai resistansi dan induktansi pada kabel AL 3 x 240 mm dan CU 3 x 70 mm dengan mengambil sampel langsung dilapangan. Penelitian dilakukan pada penghantar jenis kabel AAAC (All Aluminium Alloy Conductor) 3 x 240 mm², dan kabel CU 3 x 70 mm. Hasil simulasi perhitungan menunjukkan nilai drop voltage nya 1,11% untuk kabel tembaga, 0,83% untuk kabel Aluminium. Dengan dilakukannya rekonduktor penghantar dengan penambahan luas penampang penghantar akan menurunkan drop voltage, sehingga dapat meningkatkan kualitas serta keandalan sistem tenaga listrik.

Kata kunci : *drop voltage, jatuh tegangan, losses, rekonduktor,*

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kabel memiliki peranan yang sangat penting dalam proses penyaluran energi listrik tersebut. Permasalahan yang banyak terjadi pada kabel adalah permasalahan pada bahan isolasi dimana sering kali terjadi kegagalan isolasi sehingga bahan isolasi tidak dapat melakukan fungsinya dengan baik. Kegagalan dari isolasi tersebut disebutkan disebabkan oleh banyak hal dan salah satunya adalah karena panas yang terjadi pada kabel sehingga isolasi kabel tersebut menjadi rusak.

Di dalam merencanakan pemasangan suatu sistem tenaga listrik perlu sekali memperhitungkan dan memilih bahan-bahan kabel yang akan digunakan, apakah bahan kabel tersebut sudah sesuai dengan kebutuhan baik itu secara dimensi ukuran, sifat dan karakteristik bahan yang akan digunakan serta dari segi ke ekonomisan harga kabel pada saat perencanaan awal. Berdasarkan pemilihan bahan yang sesuai, maka akan sangat menunjang keberhasilan dalam perencanaan tersebut.

1.2. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Menghitung arus dan daya terpasang pada Jalur power Supply 20 kV Coal Conveyor CE 43 New-Inpit
2. Menentukan diameter kabel Tembaga (Copper) dan Alumunium (AL) pada Jalur power Supply 20 kV Coal Conveyor CE 43 New-Inpit
3. Mengetahui perbandingan perbedaan nilai efisiensi biaya pada penggunaan kabel Tembaga (Copper) dan Alumunium (AL) pada Jalur power Supply 20 kV Coal Conveyor New-Inpit CE 43

1.3. Manfaat Penelitian

1. Dapat mengetahui besaran arus dan daya terpasang pada arus dan daya terpasang pada Jalur power Supply 20 kV Coal Conveyor New-Inpit CE 43
2. Dapat mengetahui diameter kabel Tembaga (Copper) dan Alumunium (AL) pada Jalur power Supply 20 kV Coal Conveyor New-Inpit CE 43

1.4. Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian dilakukan dalam batasan-batasan yang berhubungan dengan hasil yang di inginkan yaitu pada perbandingan perbedaan nilai efisiensi biaya pada penggunaan kabel Tembaga (Copper) dan Alumunium (AL) pada Jalur power Supply 20 kV Coal Conveyor New-Inpit CE 43.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penghantar Listrik ^{[2], [3]}

Dalam penyaluran tenaga listrik, ada banyak faktor yang mempengaruhi baik atau tidaknya penyaluran tersebut. Bahan hantaran listrik dibagi menjadi beberapa bagian yaitu :

a) Karakteristik Konduktor

Ada 2 (dua) jenis karakteristik konduktor, yaitu :

1. Karakteristik mekanik, yang menunjukkan keadaan fisik dari konduktor yang menyatakan kekuatan tarik dari pada konduktor (dari SPLN 41-8:1981, untuk konduktor 70 AAAC-S pada suhu sekitar 30° C dari konduktor untuk menghantar arus adalah 275 A)
2. Karakteristik listrik, yang menunjukkan kemampuan dari konduktor terhadap arus listrik yang melewatinya (dari SPLN 41-10 : 1991, untuk konduktor 70 berselubung AAAC-S pada suhu sekitar 30° C, maka kemampuan maksimum dari konduktor untuk menghantar arus adalah 275 A)

b) Sifat Bahan Konduktor

Bahan penghantar memiliki sifat-sifat penting, yaitu:

1. Daya Hantar Listrik Arus yang mengalir dalam suatu penghantar selalu mengalami hambatan dari penghantar itu sendiri. Besar hambatan tersebut tergantung dari bahannya. Besar hambatan tiap meternya dengan luas penampang 1 pada temperatur 200° C dinamakan hambatan jenis
2. Koefisien Temperatur HambatanTelah kita ketahui bahwa dalam suatu bahan akan mengalami perubahan volume bila terjadi perubahan temperatur. Bahan akan memuai jika temperatur suhu naik dan akan menyusut jika temperatur suhu turun.
3. Daya Hantar Panas Daya hantar panas menunjukkan jumlah panas yang melalui lapisan bahan tiap satuan waktu. Diperhitungkan dalam satuan Kkal/jam 0° C. Terutama diperhitungkan dalam pemakaian mesin listrik beserta perlengkapannya. Pada umumnya logam mempunyai daya hantar panas yang tinggi
4. Daya Tegangan Tarik Sifat mekanis bahan sangat penting, terutama untuk hantaran di atas tanah. Oleh sebab itu, bahan yang dipakai untuk keperluan tersebut harus

diketahui kekuatannya. Terutama menyangkut penggunaan dalam pendistribusian tegangan tinggi

5. Timbulnya Daya Elektro-Motoris Termo Sifat ini sangat penting sekali terhadap dua titik kontak yang terbuat dari dua bahan logam yang berlainan jenis, karena dalam suatu rangkaian, arus akan menimbulkan daya elektro-motoris termo tersendiri bila terjadi perubahan temperatur suhu.
6. Daya Elektro-Motoris Termo Daya elektro-motoris termo dapat terjadi lebih tinggi, sehingga dalam pengaturan arus dan tegangan dapat menyimpang meskipun sangat kecil. Besarnya perbedaan tegangan yang dibangkitkan tergantung pada sifat-sifat kedua bahan yang digunakan dan sebanding dengan perbedaan temperaturnya. Daya elektro-motoris yang dibangkitkan oleh perbedaan temperatur disebut dengan daya elektro-motoris termo.

c) **Konduktivitas Listrik**

Sifat daya hantar listrik material dinyatakan dengan konduktivitas, yaitu kebalikan dari resistivitas atau tahanan jenis penghantar. Memberikan kemudahan suatu material untuk menghantarkan arus listrik. Satuan konduktivitas adalah (ohm meter).

d) **Kriteria Mutu Penghantar**

Konduktivitas logam penghantar sangat dipengaruhi oleh unsur-unsur pepadu, impurity atau ketidak-sempurnaan dalam kristal logam, yang ketiganya banyak berperan dalam proses pembuatan penghantar itu sendiri. Unsur-unsur pepadu selain mempengaruhi konduktivitas listrik, akan mempengaruhi sifat-sifat mekanika dan fisika lainnya. Logam murni memiliki konduktivitas listrik yang lebih baik daripada yang lebih rendah kemurniannya. Akan tetapi kekuatan mekanis logam murni adalah rendah.

Pada saat ini, logam tembaga dan aluminium adalah logam yang terpilih diantara jenis logam penghantar lainnya yang memenuhi nilai kompromi teknis ekonomis termurah. Disamping persyaratan sifat listrik seperti konduktivitas listrik diatas, kriteria mutu lainnya yang juga harus dipenuhi meliputi seluruh atau sebagian dari sifat-sifat atau kondisi berikut ini, yaitu:

1. Komposisi kimia
2. Sifat tarik seperti kekuatan tarik (tensile strength) dan regangan tarik (elongation)
3. Sifat bending atau pembengkokan
4. Diameter dan variasi yang diijinkan
5. Kondisi permukaan kawat harus bebas dari cacat, dan lain-lain

2.2. Bahan Isolator

Bahan Isolator berfungsi agar tidak terjadi short circuit di kabel. gangguan yang paling sering terjadi pada penyaluran tenaga listrik menggunakan penghantar ber isolasi adalah rusaknya bahan isolasi. Secara umum bahan isolator harus mempunyai sifat-sifat sebagai berikut :

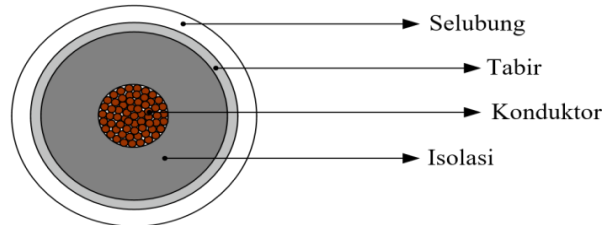
1. Ketahanan dielektrik yang tinggi.
2. Tahanan jenis tinggi.
3. Bekerja pada temperatur rendah ataupun tinggi.
4. Tidak menghisap air/ uap air
5. Fleksibel
6. Tidak mudah terbakar
7. Tegangan impuls yang tinggi dapat dihambat

2.3. Konstruksi Kabel Tegangan Menengah

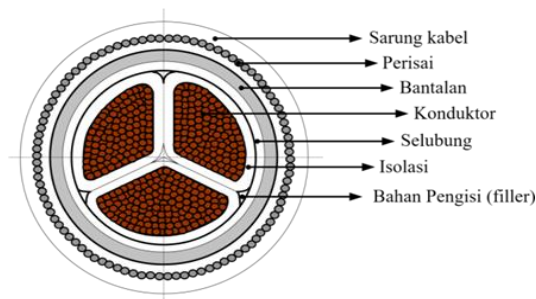
Umumnya kabel tegangan menengah memiliki konstruksi yang sama dengan kabel tegangan tinggi. Dalam penggunaannya kabel dirancang dengan konstruksi yang berbeda-beda sesuai dengan kebutuhannya. Sebagai konduktor berisolasi, konstruksi kabel dibagi menjadi bagian utama dan bagian pelengkap.

Bagian utama kabel adalah bagian yang harus dimiliki oleh kabel tenaga, yaitu konduktor (*conductor*), isolasi (*insulation*), tabir (*screen*) dan selubung (*sheath*). Sedangkan bagian pelengkap kabel adalah bagian yang hanya melengkapi kabel digunakan untuk memperbaiki sifat-sifat kabel atau untuk melindungi kabel, bagian-bagian tersebut adalah bantalan (*bedding*), perisai (*armor*), bahan pengisi (*filler*) dan sarung kabel (*serving*).

Gambar berikut menunjukkan bagian utama kabel berinti tunggal dan bagian-bagian kabel berinti tiga.



Gambar : Bagian utama kabel berinti tunggal



Gambar : Bagian-bagian kabel berinti tiga

2.4. Daya Listrik ^{[2], [4]}

a. Daya Aktif

Daya ini dinyatakan dengan simbol P dengan satuan W atau kW. Besar dari daya aktif ini, dinyatakan dengan persamaan :

$$P = 1,73 \times V \times I \times \cos \varphi$$

Dengan:

P = Daya nyata (W)

V = Tegangan 3 fasa (volt)

Cos φ = Faktor daya (0,85)

I = Arus (ampere)

b. Daya Reaktif

Daya reaktif dinyatakan dengan simbol Q dengan satuan VAR (Volt Ampere Reaktif). Besar dari daya reaktif ini, dinyatakan dengan persamaan:

$$Q = V \times I \times \sin \Phi$$

Dengan:

Q = Daya reaktif (VAR)

V = Tegangan 3 fasa (volt)

Sin φ = Faktor kerja untuk daya reaktif

I = Arus (ampere)

c. Daya Semu

Daya semu adalah daya yang terbentuk dari daya aktif dan reaktif. Daya ini dinyatakan dengan simbol S dengan satuan (volt ampere/VA). Daya nyata ini merupakan penjumlahan vektor dari daya aktif dan reaktif.

$$S = \sqrt{3} \times V \times I$$

Dengan :

S = Daya semu (VA)

P = Daya nyata (Watt)

Q = daya reaktif (VAR)

V = Tegangan 3 fasa (volt)

I = Arus (ampere)

2.5. Susut Tegangan (Losses/Drop Voltage)

Drop voltage atau disebut dengan susut tegangan merupakan perbedaan antara tegangan sumber dengan tegangan di beban, karena tegangan di beban tidak sama dengan tegangan sumber yaitu tegangan di beban lebih kecil dari tegangan sumber, dapat disebabkan oleh faktor arus dan impedansi saluran.

Jatuh tegangan merupakan besarnya tegangan yang hilang pada suatu penghantar, Jatuh tegangan pada saluran tenaga listrik secara umum berbanding lurus dengan panjang saluran dan beban serta berbanding terbalik dengan luas penampang penghantar. Besarnya jatuh tegangan dinyatakan baik dalam persen atau dalam besaran Volt. Besarnya batas atas dan bawah ditentukan oleh kebijaksanaan perusahaan kelistrikan. Perhitungan jatuh tegangan praktis pada batas-batas tertentu dengan hanya menghitung besarnya tahanan masih dapat dipertimbangkan, namun pada sistem jaringan khususnya pada sistem tegangan menengah masalah induktansi dan kapasitansinya diperhitungkan karena nilainya cukup berarti.

Tegangan jatuh secara umum adalah tegangan yang digunakan pada beban. Tegangan jatuh ditimbulkan oleh arus yang mengalir melalui tahanan kawat. Tegangan jatuh V pada penghantar semakin besar jika arus I di dalam penghantar semakin besar dan jika tahanan penghantar Rl semakin besar pula. Tegangan jatuh merupakan penanggung jawab terjadinya kerugian pada penghantar karena dapat menurunkan tegangan pada beban. Akibatnya hingga berada di bawah tegangan nominal yang dibutuhkan.

Atas dasar hal tersebut maka tegangan jatuh yang diijinkan untuk instalasi arus kuat hingga 1.000 V yang ditetapkan dalam persen dari tegangan kerjanya (Daryanto, 2010). Berdasarkan dari standar SPLN 1 :1978, dimana ditentukan bahwa variasi tegangan pelayanan, sebagian akibat jatuh tegangan, karena adanya perubahan beban, maksimum +5% dan minimum -10% dari tegangan nominalnya. Besarnya rugi tegangan pada saluran distribusi diukur pada titik yang paling jauh (ujung). Persamaan jatuh tegangan adalah sebagai berikut :^[5]

$$\Delta V = I (R \cos \theta + X \sin \theta)$$

Keterangan :

ΔV = Jatuh tegangan (Volt)

I = Arus yang mengalir (Ampere)

R = Tahanan saluran (Ohm)

θ = Sudut dari factor daya beban

X = Reaktansi Saluran (Ohm)

Untuk mencari presentase susut tegangan dapat digunakan persamaan sebagai berikut :

$$\% \Delta V = \left(\frac{\Delta V}{V_{in}} \right) \times 100 \%$$

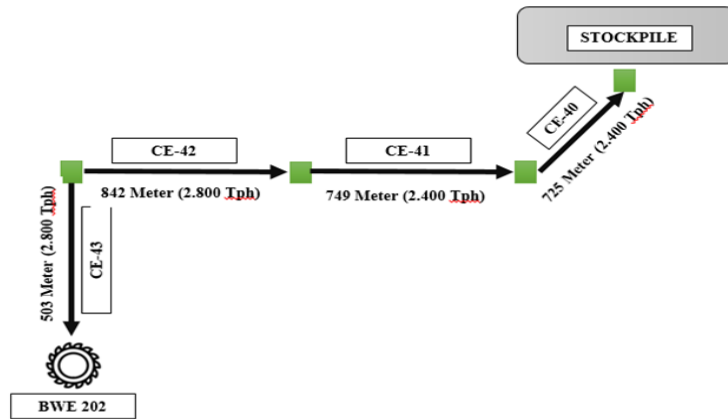
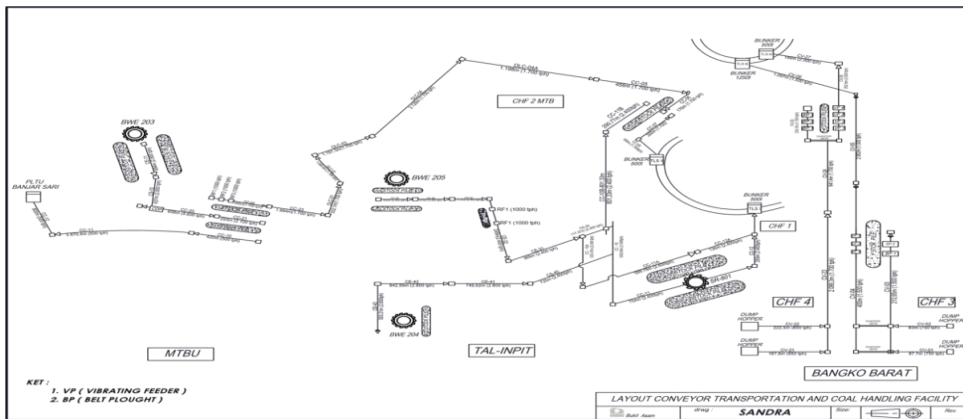
Keterangan :

V_{in} = Tegangan Input (Volt)

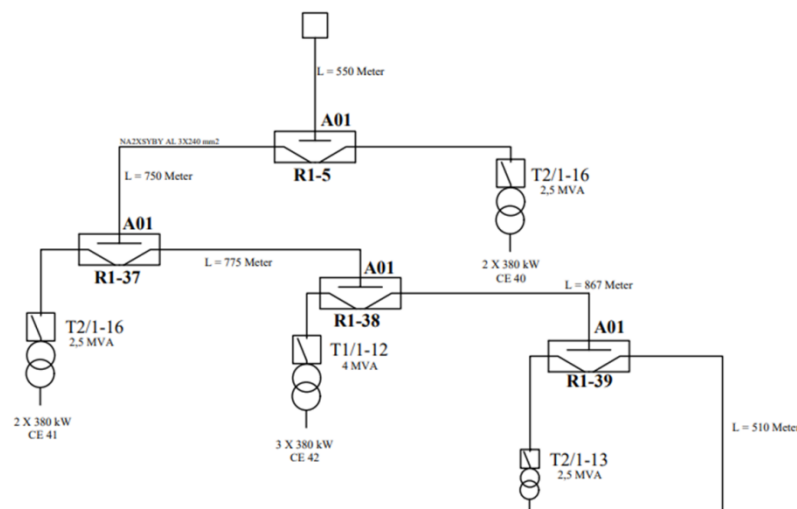
3. METODELOGI PENELITIAN

3.1. Layout Coal Conveyor Unit Pertambangan Tanjung Enim (UPTE)^{[1], [2]}

Secara umum, layout Coal Conveyor unit Pertambangan Tanjung Enim dapat dilihat pada berikut ini :



3.2. Single Line Diagram Jalur Power Supply 20 kV New-Inpiti CE43^{[1], [2]}



Gambar : Penyerdehanaan SLD New-Inpit

4. ANALISA PEMBAHASAN

4.1. Perhitungan arus nominal motor coal conveyor CE 43 New-Inpit

Tabel 4.1. Data Motor Conveyor

No	Data Motor Conveyor	Unit Conveyor				
		CE 40	CE 41	CE 42	CE 43	BWE 202
1	Daya (kW)	760	760	1140	760	1700
2	Tegangan (Volt)	6000	6000	6000	6000	6000
3	Cos θ	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85

Berdasarkan tabel diatas dapat dilakukan perhitungan untuk mencari arus nominal (In) pada motor conveyor dan arus primer (IP) pada transformator, hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada table berikut :

Tabel 4.2 Arus Motor Conveyor & Arus primer Trafo

No	Unit Conveyor	Arus Motor Conveyor	Arus Primer Trafo	Kuat Hantar Arus x 125%
1	CE40	86,13	25,83	32,2875
2	CE41	86,13	25,83	32,2875
3	CE42	129,2	38,76	48,45
4	CE43	86,13	25,83	32,2875
5	BWE 202	192,67	57,8	72,25
Total		580,26	174,05	217,5625

4.2. Penentuan diameter kabel menggunakan jenis tembaga dan alumunium

Berdasarkan perhitungan susut tegangan antara kabel Tembaga (Copper) berukuran 3x70 mm² dan kabel alumunium berukuran 3x95 mm² pada beban Coal conveyor CE43-New Inpit dengan besaran arus nominal 217,56 Ampere, memiliki perbedaan nilai susut tegangan yang tidak terlalu jauh atau masih dalam ambang batas wajar nilai susut tegangan jaringan distribusi yaitu dibawah niali 5 %, untuk nilai akhir perhitungan susut tegangan dapat dilihat pada table berikut ini :

Tabel 4.3 Hasil perhitungan susut tegangan

No	Jenis Kabel	Ukuran Kabel	Metode Perhitungan Susut tegangan		Susut Tegangan (%)	
			Dengan Data Sheet Kabel Nilai R & X	Dengan Pengukuran Nilai R & X		
1	Tembaga	3x70mm	223,80 Volt	0,097 Volt	1,11	0,0004
2	Alumunium	3x95mm	167,24 Volt	0,135 Volt	0,83	0,00675

4.3. Perbandingan nilai efisiensi biaya pada penggunaan kabel Tembaga (Copper) dan Alumunium (AL)

Perhitungan nilai efisiensi biaya adalah langkah terakhir dalam evaluasi penggunaan jenis kabel Tembaga (Copper) dan kabel Alumunium (AL) pada jalur distribusi power supply 20 kV Coal Conveyor CE 43 New-Inpit, dapat di hitung nilai efisiensi sebagai berikut :

Tabel 4.4. Nilai perbandingan efisiensi biaya pembelian kabel

No	Jenis kabel	Harga Acuan	Panjang kabel (Meter)	Total Biaya
1	Tembaga (Copper)	Rp. 3.475.000	3.452	Rp11.995.700.000
2	Alumunium (AL)	Rp. 449.064	3.452	Rp 1.550.168.928

4.4. Analisa

- 1 Pada hasil perhitungan berdasarkan persamaan diketahui bahwa arus total pada motor coal conveyor CE43 New Inpit sebesar 174,05 Ampere dan setelah dilakukan perhitungan dengan menentukan KHA kabel melalui pengukuran, di ketahui arusnya menjadi 217,56 Ampere.
- 2 Setelah diketahui bahwa besar arus pada jalur distribusi 20 kV Coal conveyor CE43 New Inpit sebesar 217,56 Ampere, selanjutnya yang harus kita lakukan adalah melihat spesifikasi data kabel dan menentukan diameter kabel, baik Kabel tembaga (Copper) ataupun Alumunium (AL) sesuai dengan Arus yang di hitung sebelumnya yaitu untuk kabel Tembaga bisa menggunakan diameter 3x70mm² sedangkan untuk alumunium 3x95 mm², dengan besaran susut tegangan pada kabel tembaga (Copper) dibawah nilai 2% dan untuk kabel alumunium dibawah 1%.
- 3 Berdasarkan hasil perhitungan pada table 4.4, antara kabel Tembaga (Copper) dan kabel Alumunium (AL) memiliki selisih harga yang sangat jauh dimana jika kita menggunakan kabel tembaga (Copper) dengan panjang 3.452 Meter memerlukan biaya sebesar Rp.11.995.700.000, sedangkan jika menggunakan kabel Alumunium (AL) hanya memerlukan biaya sebesar Rp.1.550.168.928

5. PENUTUP

Dari hasil analisa dan perhitungan diperoleh sebagai berikut :

1. Besar arus primer yang mengalir pada jalur distribusi power supply 20 kV Coal conveyor New-Inpit sebesar 174,05 Ampere.
2. Setelah dilakukan perhitungan diketahui bahwa jika akan menggunakan kabel jenis tembaga (Copper) harus menggunakan kabel berukuran 3x70mm², sedangkan jika menggunakan kabel Alumunium (AL) harus menggunakan kabel berukuran 3x95mm², dari perhitungan susut

tegangan antara kabel tembaga dan alumunium memiliki nilai susut tegangan dibawah 2% untuk kabel tembaga dan nilai dibawah 1% untuk kabel Alumunium.

3. Berdasarkan hasil perhitungan antara kabel Tembaga (Copper) dan kabel Alumunium (AL) memiliki selisih harga yang sangat besar, dimana jika kita menggunakan kabel tembaga (Copper) dengan panjang 3.452 Meter memerlukan biaya sebesar Rp.11.995.700.000, sedangkan jika menggunakan kabel Alumunium (AL) hanya memerlukan biaya sebesar Rp.1.550.168.928.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. *"Data Lapangan"*, PT. Bukit Asam (Persero)
- [2]. Diklat PT. Bukit Asam Persero, *"Modul Pelatihan Listrik Dasar"*, Tanjung Enim, 1983.
- [3]. *"Persyaratan Umum Instalasi Listrik"*, PUIL, 2000.
- [4]. *"Supplementary Technical Information and Rating Factory of Power Cable"*, PT. KMI Wire and Cable (Tbk), 2913.
- [5]. Dedi Nugroho, ST., MT., *"Konferensi Ilmiah Mahasiswa UNISSULA"*, Semarang, 18 Oktober 2018.