ANALISIS KEKUATAN KAWAT LISTRIK DITINJAU DARI SIFAT-SIFAT MEKANIK

Charles Pangaribuan
Program Studi Teknik Elektro Universitas Balikpapan
Email : pangaribuan_charles@yahoo.com

ABSTRACT

Electrical cables are produced by several manufactures thus it is no doubt that the same size of the cables are found in the market. Each electrical cable with same size has different price as well. The objective of the research is to explore particular mechanical characteristic of the cable in the market. However, due to limitation of electrical cable in terms of the brand names the researcher will only analyze three brand names electrical cables. The different cables need to be evaluated in terms of their mechanical characteristics because these cables will be used as the passage of electrical current and will also be used for the other means and conditions for electrical installations. Mechanical characteristics to be observed consist of tensile test and torsion test. The results of the tensile test and torsion test show that Supreme electrical cable has higher yield strength, tensile strength and amount of twist until the cable broken better then Eterna Cable and Extrana cable which indicates that Supreme electrical cable has good mechanical characteristics compared to Eterna Cable and Extrana cable.

By finding out mechanical characteristics of electrical cable, there will be two advantages. The first benefit will be beneficial for consumers to decide which electrical cable is suitable for their needs. The second advantage, it will also be fruitful for the producer in order to determine the price for the cable. The same methods will also be applicable to evaluate the other cables including their size.

Keywords : *electrical cable, yield strength, tensile strength, torsion, mechanical strength*

ABSTRAK

Kawat listrik diproduksi oleh berbagai-bagai perusahaan manufaktur sehingga berbagai-bagai kawat listrik untuk ukuran yang sama banyak terdapat dipasar. Untuk setiap jenis produk kawat listrik dengan ukuran yang sama terdapat harga yang bervariasi dari harga yang murah hingga ke harga yang lebih mahal. Dengan banyaknya kawat listrik yang terdapat dipasar peneliti ingin mengetahui dimana perbedaan dari masing-masing kawat tersebut. Perbedaan yang perlu diamati yaitu sifat-sifat bahan kawat listrik karena kawat listrik ini dipergunakan sebagai penghantar listrik dan juga dipergunakan untuk berbagai macam keperluan dalam berbagai keadaan untuk instalasi listrik. Sifat-sifat bahan yang perlu diketahui pada kawat listrik sangat banyak, tetapi penulis akan meneliti sifat-sifat bahan kawat listrik yang didasarkan pada sifat-sifat mekanik yaitu mengenai kekuatan kawat listrik yang meliputi : Kekuatan Tarik dan Kekuatan Torsi atau Putaran, untuk itu perlu melakukan pengujian tarik dan pengujian torsi atau putaran pada kawat listrik. Dari hasil pengujian tarik dan pengujian torsi atau putaran yang diperoleh dan analisis yang dilakukan dari hasil pengukuran maka didapat bahwa jenis kawat listrik Supreme memiliki nilai kekuatan tarik yang lebih besar serta jumlah putaran hingga kawat

putus yang terbanyak dibandingkan dengan kawat listrik Eterna dan kawat listrik Extrana, artinya sifat mekanik kawat listrik merek Supreme adalah yang lebih baik.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kekuatan mekanik kawat listrik, sehingga dapat diketahui kualitas dari kawat listrik yang terdapat dipasar. Dengan mengetahui sifat mekanik dari berbagai-bagai kawat yang ada maka akan berguna bagi konsumen untuk memilih kawat listrik merek yang mana yang lebih baik kualitasnya serta bagi produsen menjadi kriteria dalam menentukan harga jual kawat listrik.

***Kata kunci* :** kawat listrik, kekuatan luluh, kekuatan tarik, torsi, kekuatan mekanik

1. PENDAHULUAN

Kawat listrik sangat banyak digunakan untuk kehidupan sehari-hari sebagai penghantar listrik. Penggunaan kawat listrik ini semakin meningkat seiring dengan pembangunan fisik semakin bertambah terlebih dengan adanya perhatian pemerintah untuk meningkatkan rasio elektrifikasi. Kawat listrik diproduksi oleh berbagai-bagai perusahaan manufaktur sehingga berbagai-bagai merek kawat listrik untuk ukuran yang sama banyak terdapat dipasar. Untuk setiap merek kawat listrik dengan ukuran yang sama terdapat harga yang bervariasi satu sama lain.

Dengan berbagai merek kawat listrik untuk ukuran yang sama maka penulis ingin mengetahui sifat-sifat mekanik dari masing-masing merek kawat listrik tersebut karena kawat listrik tersebut dipergunakan sebagai penghantar listrik dan untuk berbagai macam keperluan dalam berbagai keadaan untuk instalasi listrik.

Untuk itulah penulis ingin meneliti sifat mekanik dari setiap kawat yang diproduksikan dan dipasarkan oleh berbagai-bagai produsen kawat yaitu dengan melakukan "Analisis Kekuatan Kawat Listrik Ditinjau Dari Sifat-sifat Mekanik". Dengan mengetahui sifat mekanik dari berbagai-bagai kawat yang ada maka akan berguna bagi konsumen untuk memilih kawat dari manufaktur mana yang lebih baik kualitasnya serta menjadi kriteria dalam penentuan harga jual oleh produsen.

Karena terbatasnya kawat listrik di pasar Balikpapan, maka dilakukanlah penelitian untuk tiga merek kawat listrik, yaitu kawat listrik Extrana, Kawat listrik Eterna dan kawat listrik Supreme.

Ada berbagai macam sifat-sifat mekanik suatu bahan, tetapi dalam penelitian ini peneliti akan menganalisis sifat-sifat mekanik kawat listrik yang meliputi : Pengujian Tarik dan Pengujian Torsi.

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah berapa kekuatan tarik dan kekuatan puntir untuk mematahkan atau merusak suatu kawat listrik untuk masing-masing produk atau merek kawat listrik tersebut.

Adapun batasan masalahnya adalah sebagai berikut. Pertama, spesimen berupa kawat listrik, pengukuran dilakukan pada satu kawat tunggal dengan diameter rata-rata 2,25 mm. Kedua, bahan kawat listrik adalah tembaga. Ketiga, kawat listrik yang diteliti yaitu spesimen dengan ukuran diameter rata-rata 2,25 mm dan panjang 300 mm. Keempat, kedua ujung kawat ditambah atau dibalut dengan bahan campuran yang terdiri dari *Polyester Resin* dan *Catalis* dalam bentuk silinder dengan panjang rata-rata 100 mm dan diameter 17 mm sebagai tempat untuk menjepit kawat tersebut pada Mesin Uji Tarik dan bahan campuran ini dianggap menyatu dengan kawat listrik yang dia balut. Kelima, untuk uji torsi spesimen dengan diameter rata-rata 2,25 mm dan panjang 270 mm dan panjang diantara tumpuan *Torsion Tester* 252 mm dan dengan jalan memutar spesimen hingga patah. Keenam, kawat dianggap lurus. Ketujuh, karena terbatas tersedianya kawat listrik dari berbagai produsen di pasaran, maka peneliti mengambil tiga merek kawat listrik sebagai sampel dalam penelitian ini, yaitu kawat listrik merek Extrana, Eterna dan Supreme.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat-sifat mekanik dari kawat listrik ditinjau dari kekuatan tarik dan

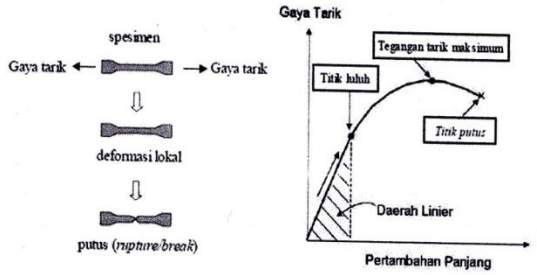
kekuatan torsi atau puntir. Jika sifat-sifat mekanik tersebut dapat diperoleh maka hal yang sama dapat dilakukan untuk kawat listrik dengan ukuran yang sama bahkan ukuran yang lebih besar dari 2,25 mm dari berbagai-bagai merek kawat listrik yang diproduksi oleh berbagai-bagai produsen.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengujian Tarik

Sifat-sifat khas bahan kawat listrik perlu dikenal secara baik karena bahan tersebut dipergunakan untuk berbagai macam keperluan dalam berbagai keadaan. Sifat-sifat bahan yang diinginkan sangat banyak, tetapi dalam penelitian ini yang diteliti adalah sifat-sifat mekanik yaitu kekuatan. Kawat listrik ini akan tetap memiliki sifat-sifat kekuatan asalkan tidak ada perubahan struktur dalam bahan. Akan tetapi bila produk mengalami perubahan struktur akibat penggunaannya, maka sifat dan perilakunya akan berubah pula.

Kita dapat mengidentifisir dua pengertian kekuatan, pertama kekuatan luluh yaitu kekuatan pada saat terjadi deformasi plastik dan yang kedua kekuatan yang dikaitkan dengan beban maksimum yang dapat dipikul. Pengujian tarik dilakukan untuk mencari tegangan dan regangan. Hasil dari pengujian ini dapat dilihat pada gambar 1 yang merupakan grafik hubungan antara beban terhadap perpanjangan (elongasi).



Gambar 1 Gaya tarik terhadap pertambahan panjang

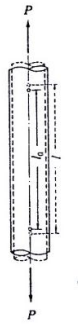
Yang menjadi perhatian pada gambar tersebut adalah kemampuan maksimum bahan dalam menahan beban. Kemampuan ini umumnya disebut *Ultimate Tensile Strength* yang disebut juga *Tensile Strength*. Untuk semua bahan, pada tahap awal uji tarik, hubungan antara beban atau gaya yang diberikan berbanding lurus dengan perubahan panjang bahan tersebut. Ini disebut daerah linier atau *linear zone*. Didaerah ini, kurva pertambahan panjang versus beban mengikuti hokum Hooke, yaitu rasio tegangan (stress) dan regangan (strain) adalah konstan.

Deformasi terjadi bila bahan mengalami gaya. Regangan (strain), ε, adalah besar deformasi persatuan panjang, dan tegangan (stress), σ, adalah gaya persatuan luas. Selama deformasi, bahan menyerap energi sebagai akibat adanya gaya vang bekerja sepanjang jarak deformasi. Kekuatan (*strength*) adalah ukuran besar gaya yang diperlukan untuk mematahkan atau merusak suatu bahan. Alat yang digunakan untuk pengujian tarik ini yaitu alat uji tarik *HT-9501 Computer Servo Hydraulic Universal Testing Machine* seperti pada gambar 2.

Gambar 2 Mesin Uji Tarik

2.1.1 Daerah Elastik

Gambar 2 menunjukkan keadaan apabila beban yang diberikan kepada batang uji. Deformasi tidak berubah pada pembebanan. Daerah tegangan yang tidak meninggalkan deformasi apabila beban dihilangkan disebut daerah elastik.



Gambar 3 Deformasi disebabkan oleh beban tarik, $\delta_l = l - l_o$

Besarnya *beban* yang harus ditahan oleh batang untuk setiap unit luas disebut tegangan (*stress*). Apabila dibebani gaya tarik maka batang akan mengecil dan memanjang. Gaya tarik kemudian akan didistribusikan secara merata setiap unit luas menjadi tegangan tarik.

Hubungan antara tegangan dan regangan pada beban tarik ditentukan sebagai berikut. :

$$P = \sigma A \text{ atau } \sigma = P/A \qquad (1)$$

dimana σ = tegangan (N/mm^2)
P = beban (N)
A = luas penampang (mm^2)

Regangan dinyatakan sebagai :

$$\varepsilon = \delta_l / l_o \qquad (2)$$

dimana ε = regangan (mm/mm)
δ_l = pertambahan panjang, deformasi (mm)
l_o = panjang awal (mm)

ε dinyatakan dalam m/m atau mm/mm bilangan tak berdimensi atau sering dinyatakan dalam persen.

Deformasi didaerah elastik menunjukkan sifat proporsional atau berbanding lurus dengan tegangan. Hubungan lurus ini disebut modulus elastik, dan dalam deformasi tarik disebut modulus elastik memanjang atau Modulus Young yang dinyatakan dengan E adalah perbandingan antara tegangan σ dan regangan ε.

$$E = \sigma / \varepsilon \qquad (3)$$

dimana E = modulus Young (N/mm^2)
σ = tegangan (N/mm^2)
ε = regangan (mm/mm)

Regangan elastik, yang merupakan satu-satunya gejala deformasi dibawah kekuatan luluh. Regangan elastik ini mampu balik.

2.1.2 Daerah Plastik

Apabila diberikan suatu tegangan melampaui batas elastik, maka perpanjangan permanen terjadi pada batang uji tersebut. Perpanjangan tersebut dinamakan deformasi plastis, dan tegangan terendah dimana deformasi plastis terjadi disebut tegangan mulur.

Regangan akan terus naik dengan naiknya tegangan sampai terjadi deformasi plastik, regangan plastik ini tidak mampu balik (*ductility*).

Keuletan (*ductility*) dikaitkan dengan regangan permanen yang merupakan besar deformasi plastik sampai patah.

Keuletan atau besar regangan plastik sampai perpatahan εf dapat dinyatakan dalam persentasi perpanjangan (percent elongation). Sebagaimana halnya Regangan, besaran ini tidak berdimensi.

$$\varepsilon_f = (l_f - l_o) / l_o \qquad (4)$$

dimana ε_f = perpanjangan atau regangan plastik
l_f = panjang akhir (mm)
l_o = panjang awal (mm)

2.2 Kekuatan Luluh

Ketahanan suatu bahan terhadap deformasi plastik disebut kekuatan luluh (*yield strength*, Sy) nilai besaran ini adalah besar gaya pada saat luluh dibagi luas penampang. Untuk material yang tidak mempunyai titik luluh yang jelas, kekuatan tariknya harus didefinisikan dengan menggunakan garis *offset*. Garis offset ini digambar parallel dengan kurva elastik dan di-*offset* sejauh 0,2% dari regangan total pada sumbu regangan.

$$S_y = P_l (0{,}2\%) / A_o \qquad (5)$$

Dimana

S_y = kekuatan luluh (*yield strength*) material (N/mm^2)

P_l (0,2%) = besarnya gaya pada saat luluh (N)

A_o = luas penampang mula-mula (mm^2)

2.3 Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik (*tensile strength*, S_t) yang disebut juga *Ultimate Tensile Strangth* suatu bahan ditetapkan dengan membagi gaya maksimum dengan luas penampang mula. Dimensinya sama dengan tegangan.

$$S_t = P_m / A_o \qquad (6)$$

dimana

S_t = kekuatan tarik (*tensile strength*) material (N/mm^2)

P_m = besarnya gaya maksimum (*peak*) (N)

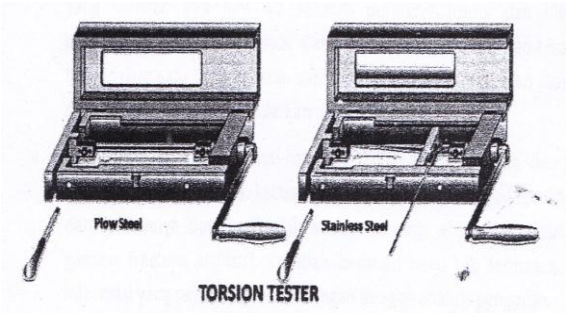
A_o = luas penampang mula-mula (mm^2)

2.4 Pengujian Torsi

Torsi atau Puntiran adalah suatu pembebanan yang penting. Sebagai contoh, kekuatan puntir menjadi permasalahan pada poros-poros. Pengujian torsi yang dilakukan pada penelitian ini yaitu dengan melakukan putaran pada spesimen (kawat listrik) lalu dihitung sejauh mana dan berapa putaran kawat dapat bertahan ketika dipelintir/diputar hingga kawat putus. Deformasi puntiran tidak menunjukkan tegangan uniform pada potongan lintang seperti halnya pada deformasi lenturan.

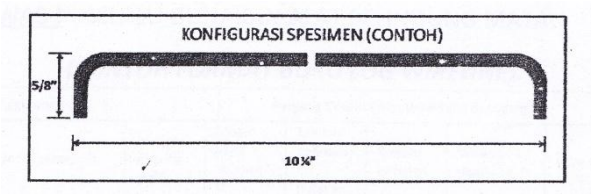
2.5 Wireline Torsion Tester

Untuk mengetahui kekuatan puntir suatu bahan digunakan alat penguji yaitu *Wireline Torsion Tester* seperti terlihat pada gambar 4. *Wireline Torsion Tester* dirancang untuk dapat melakukan pengujian kawat dilapangan.



Gambar 4 Torsion Tester

Tujuan dari pengukuran ini untuk mengetahui berapa putaran kawat dapat bertahan ketika dipelintir terhadap contoh kawat yang diuji sebelum kawat menjadi patah atau putus. Konfigurasi spesimen dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 5. Konfigurasi spesimen

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat Penelitian dan Peralatan yang Digunakan

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Politeknik Balikpapan dan di *Petroleum Courses* Balikpapan.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Untuk uji tarik digunakan alat uji tarik *HT-9501 Computer Servo Hydraulic Universal Testing Machine*.
2. Untuk uji torsi digunakan alat uji torsi yang disebut *Wireline Torsion Tester*.

3.2 Objek Penelitian

Objek penelitian dilakukan pada kawat listrik berukuran diameter penampang kawat bervariasi dari 2,18 mm hingga 2,32 mm, panjang kawat 30 cm dan bahan kawat terbuat dari tembaga.

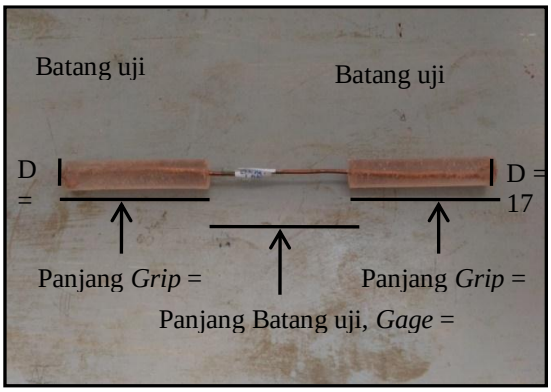
Benda uji (Spesimen) yang digunakan adalah kawat listrik dengan tiga macam merek, yaitu :

1. Extrana NYA 4 mm2 450 / 750 V LMK SNI 04 – 2698 SPLN 42 Hitam
2. Eterna NYA 4 mm2 450 / 750 V LMK SNI 04 – 2698 SPLN 42 Hitam
3. Supreme Cable NYA 4 mm2 450 / 750 V LMK SNI 04 –2698 SPLN Merah

3.3 Benda Uji Untuk Uji Tarik

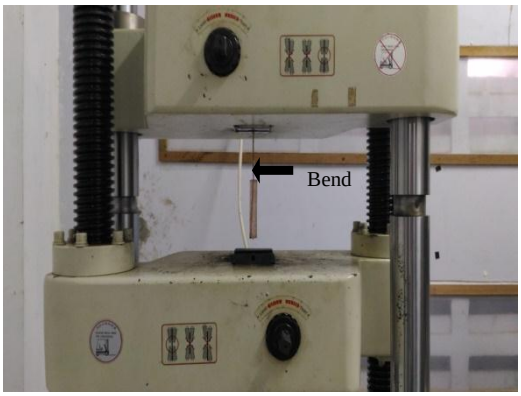
Untuk uji tarik ini perlu membuat benda uji terlebih dahulu karena diameter kawat listrik yang diuji kecil yaitu berkisar dari 2,18 mm ke 2,32 mm sehingga benda uji ini tidak dapat di kelem atau dijepit/digenggam oleh alat penggenggam mesin tarik.

Pada benda uji (spesimen) yaitu kawat listrik perlu ditambahkan pada kawat listrik tersebut batang uji tambahan. Panjang kawat rata-rata yang digunakan 330 mm dengan rincian pada kedua ujung sepanjang 15 mm masing-masing ujung ditekuk, setelah itu kedua ujung kawat dibalut/dicor dengan bahan campuran *Polyester Resin* dan *Catalis* dalam bentuk silinder dengan panjang rata-rata 100 mm dan diameter 17 mm sebagai batang uji tambahan (*Grip length*) agar kawat dapat dijepit bersama batang uji tambahan pada mesin uji tarik dan selanjutnya batang uji sepanjang rata-rata 100 mm (*Gage length*) seperti pada gambar 6.



Gambar 6 Benda uji berupa kawat listrik disertai dengan batang uji tambahan

Panjang batang uji tambahan (*Grip*) dan panjang batang uji (*Gage*) pada gambar adalah rata-rata 100 mm tetapi ukuran sebenarnya pada saat dilakukan pengujian bervariasi dapat dilihat pada tabel 1.



Gambar 7 Benda uji berupa kawat listrik ditaruh pada mesin uji tarik

Tabel 1 Dimensi Ukuran Benda Kerja

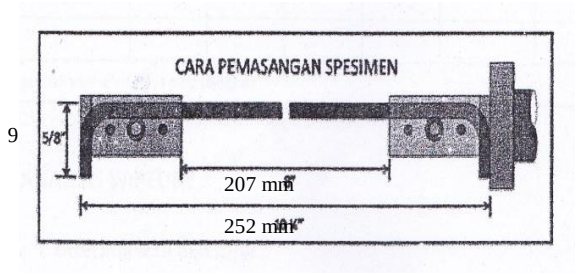
No	Tanggal pengujian	Spesimen	Panjang *Grip* Mm	Panjang*Gage*, l_o mm	Panjang keseluruhan mm	Diameter mm
1	14 Apr 2016	Extrana NYA 4 mm^2	194	106	300	2,18
2			192	105	297	2,32
3			197	99	296	2,22
1	21 Apr 2016	Eterna NYA 4 mm^2	196	101	297	2,28
2			197	99	296	2,28
3			196	103	299	2,28
1	21 Apr 2016	Supreme NYA 4 mm^2	192	105	297	2,26
2			196	104	300	2,26
3			198	104	302	2,26

3.4 Benda Uji Untuk Uji Torsi

Spesimen disiapkan berupa kawat listrik dengan panjang 270 mm kemudian pada kedua ujung ditekuk masing-masing sepanjang 9 mm, sehingga panjang batang uji menjadi 252 mm seperti terlihat pada gambar 8.

Gambar 8. Benda uji berupa kawat listrik panjang batang uji 252 mm

Contoh kawat yang diuji sepanjang 252 mm, spesimen diletakkan pada jepitan *tester* seperti pada gambar 9.



Gambar 9. Cara Pemasangan Spesimen

Perletakan spesimen/benda uji pada *Torsion Tester* dapat dilihat pada gambar 10.

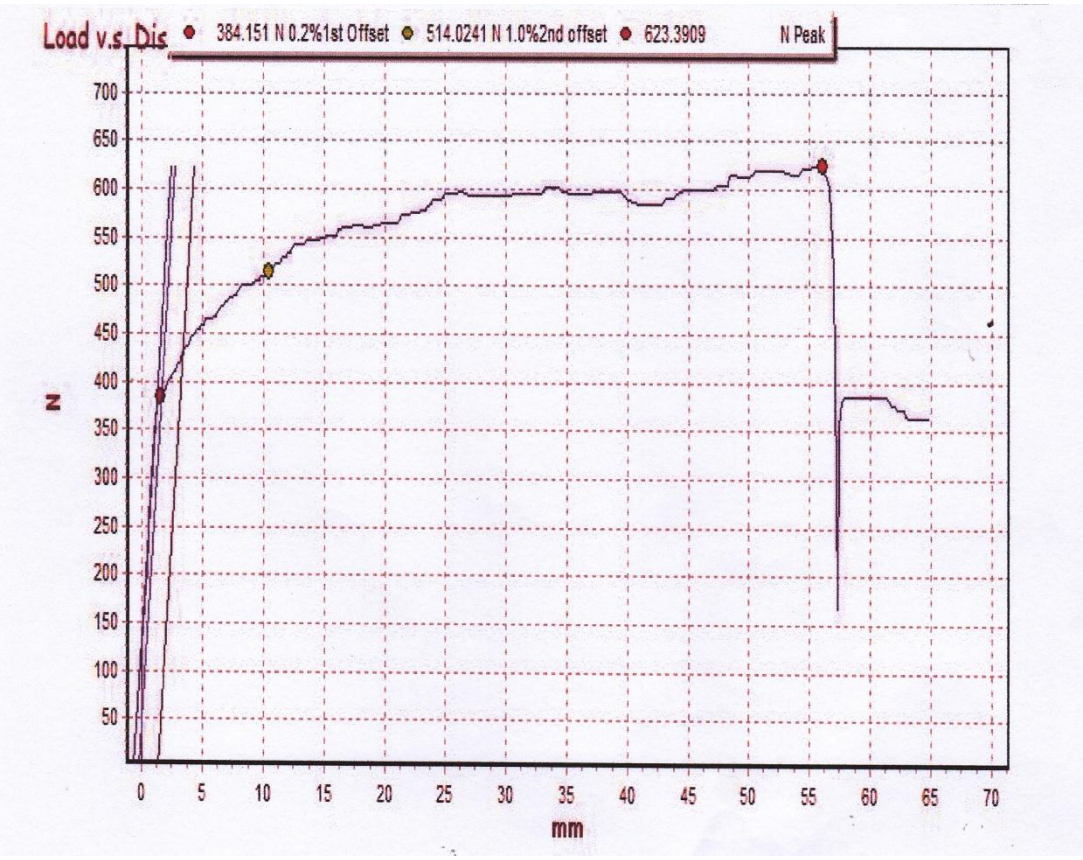
Gambar 10. Perletakan Spesimen pada *Torsion Tester*

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

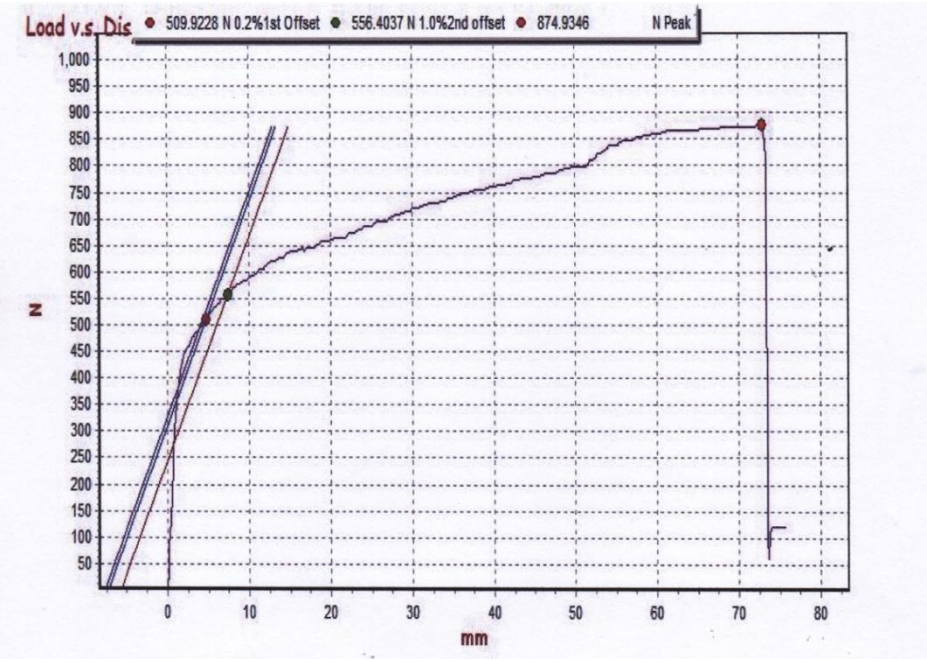
4.1 Hasil Pengujian Tarik

Hasil pengujian tarik diperoleh untuk masing-masing spesimen bervariasi baik untuk setiap spesimen maupun untuk masing-masing merek kawat listrik.

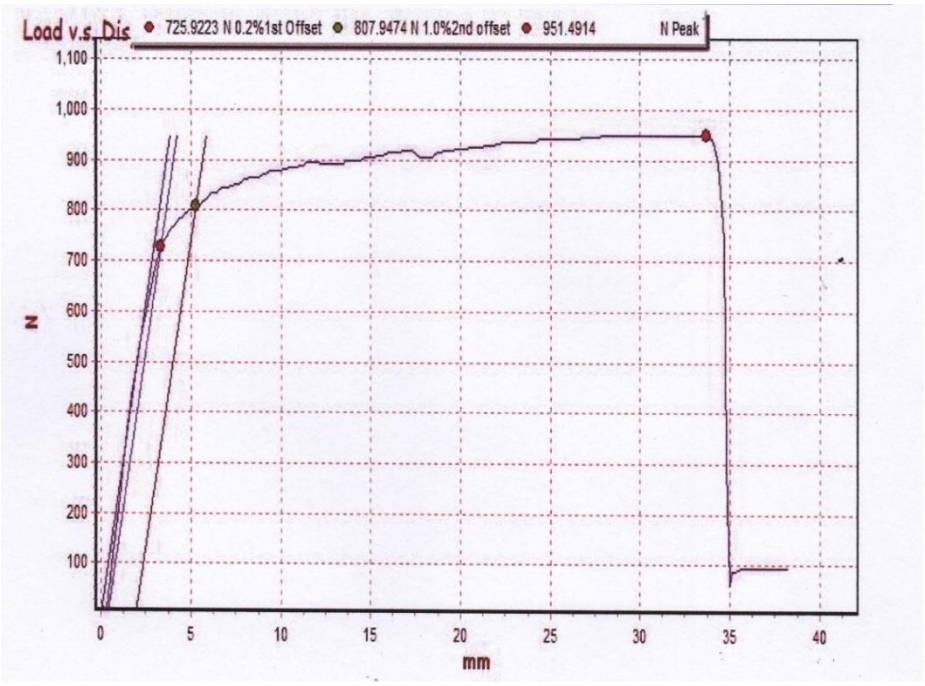
Grafik antara gaya tarik (*load*) terhadap pertambahan panjang (*distance*) kawat listrik digambarkan untuk satu jenis spesimen, kawat listrik Extrana, kawat listrik Eterna dan kawat listrik Supreme dari pengujian laboratorium dapat dilihat pada gambar 11, gambar 12 dan gambar 13.



Gambar 11 Grafik antara gaya tarik terhadap pertambahan panjang kawat listrik Extrana



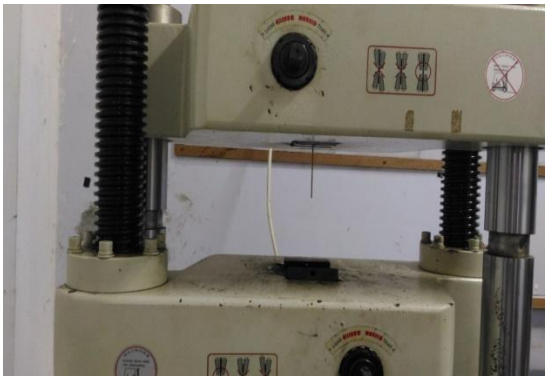
Gambar 12 Grafik antara gaya tarik terhadap pertambahan panjang kawat listrik Eterna



Gambar 13 Grafik antara gaya tarik terhadap pertambahan panjang kawat listrik Supreme

Dari grafik gambar 11, gambar 12 dan gambar 13 dilihat bahwa daerah luluh (*yielding*) tidak tampak jelas, kekuatan tariknya harus didefinisikan dengan menggunakan garis offset. Garis *offset* ini digambar paralel dengan kurva elastis dan di-*offset* sejauh 0,2% dari regangan total pada sumbu regangan dan hasil uji yang diperoleh : gaya tarik untuk masing-masing spesimen dapat dilihat pada table 4.1.

Gambar 14 memperlihatkan contoh sebuah spesimen/benda uji, kawat listrik dalam kondisi patah saat dilakukan uji tarik di laboratorium



Gambar 14 Benda uji, kawat listrik kondisi patah saat dilakukan uji tarik

4.1.1 Perhitungan Kekuatan Luluh (*yield strength*)

Dari grafik gaya tarik terhadap pertambahan panjang, untuk kawat listrik ini tidak mempunyai titik luluh (*yield point*) yang jelas, kekuatan tariknya harus didefinisikan dengan menggunakan garis offset. Kekuatan luluhnya dihitung dengan menggunakan persamaan (5) sebagai berikut:

$S_y = P_l\ (0{,}2\%) / A_o$

Dari hasil uji laboratorium untuk masing-masing kawat listrik diperoleh Kekuatan Luluh, S_y :

kawat listrik Extrana

P_l (0,2%) = 384,151 N
A_o = 3,87 mm^2
S_y = 384,151 N / 3,87 mm^2
= 99,26 N/mm^2

kawat listrik Eterna

P_l (0,2%) = 509,9228 N
A_o = 4,08 mm^2
S_y = 509,9228 N / 4,08 mm^2
= 124,98 N/mm^2

kawat listrik Supreme

P_l (0,2%) = 725, 9223 N
A_o = 4,01 mm^2
S_y = 725,9223 N / 4,01 mm^2
= 181,03 N/mm^2

Dengan cara perhitungan yang sama dengan diatas, nilai Kekuatan luluh (*yield strength*) untuk semua spesimen dapat dilihat dalam table 4.1

4.1.2 Perhitungan Kekuatan Tarik (*tensile strength*)

Untuk menghitung kekuatan tarik menggunakan persamaan (6) sebagai berikut:
$S_t = P_m / A_o$

Dari hasil uji laboratorium untuk masing-masing kawat listrik diperoleh Kekuatan Tarik, S_t :

kawat listrik Extrana,
P_m = 623,4 N
A_o = 3,87 mm^2
S_t = 623,4 N / 3,87 mm^2 = 161,05 N/mm^2

kawat listrik Eterna
P_m = 874,9 N
A_o = 4,08 mm^2
S_t = 874,9 N N / 4,08 mm^2 = 214,30 N/mm^2

kawat listrik Supreme
P_m = 951,5 N
A_o = 4,01 mm^2
S_t = 951,5 N / 4,01 mm^2 = 237,1 N/mm^2

Dengan cara perhitungan yang sama dengan diatas, nilai Kekuatan Tarik (*tensile strength*) untuk semua spesimen dapat dilihat dalam table 2

Tabel 2. Hasil uji laboratorium berikut hasil perhitungan Kekuatan luluh dan Kekuatan tarik

No	Tanggal Uji	Spesimen	*Diemeter **Luas Spesimen *Mm **mm^2	Gaya Mak Pm N	P_l (0,2 %) N	Kekuatan Luluh, S_y (*Yield Strength*) N/mm^2	Kekuatan Tarik, S_t (*Tensile Strength*) N/mm^2	Panjang Akhir l_f mm	Regangan Plastik, ε_f
1	14 Apr 2016	Extrana NYA 4 mm^2	* 2,18 **3,73	694,5	434,7	116,6	186,2	160	0,509
2			*2,32 **4,23	683,5	363,6	86,0	161,6	152	0,448
3			*2,22 **3,87	623,4	384,2	99,3	161,1	153	0,545
			Rata-rata	**667.1**		**100,6**	**169.6**		
1	21 Apr 2016	Eterna NYA 4 mm^2	*2,28 **4,08	998,0	697,2	170,9	244,6	151	0,495
2			*2,28 **4,08	874,9	509,9	125,0	214,4	171	0,727
3			*2,28 **4,08	905,0	527,7	129,3	221,8	177	0,718
			Rata-rata	**926,0**		**141,7**	**226,9**		
1	21 Apr 2016	Supreme NYA 4 mm^2	*2,26 **4,01	809,3	581,0	144,9	201,8	140	0,333
2			*2,26 **4,01	903,6	649,4	161,9	225,3	146	0,404
3			*2,26 **4,01	951,5	725,9	181,0	237,3	135	0,298
			Rata-rata	**888,1**		**162,6**	**221,5**		

4.2 Analisis Uji Tarik

Dari gambar 11, gambar 12 dan gambar 13 hubungan gaya tarik terhadap pertambahan panjang kawat listrik terlihat pada grafik bahwa tanpa titik luluh yang jelas sehingga kekuatan tariknya harus didefinisikan dengan menggunakan garis *offset* sebesar 0,2%.

Gaya maksimum yang diterapkan pada spesimen hingga terjadi patah bervariasi disebabkan karena luas penampang atau diameter spesimen tidak sama yaitu berbeda-beda pada tiap spesimen dan pada setiap merek kawat listrik. Bahkan untuk merek kawat Eterna dan Supreme meskipun luas penampang atau diameter untuk spesimen sama tetapi gaya maksimum hingga kawat patah bervariasi satu sama lain.

Dari hasil uji laboratorium dan perhitungan maka diperoleh Kekuatan Luluh (*Yield Strength*) yang terbesar terdapat pada merek kawat listrik Supreme (162,6 N/mm^2) kemudian diikuti oleh kawat listrik Eterna (141,7 N/mm^2) dan Extrana (100,6 N/mm^2).

Untuk Kekuatan Tarik (*Tensile Strength*) lebih besar sedikit untuk kawat listrik Eterna (226,9 N/mm^2) dari pada kawat listrik Supreme (221,5 N/mm^2) kemudian terendah pada kawat listrik Extrana (169,6 N/mm^2).

4.3 Analisis Uji Torsi

Spesimen diletakkan pada jepitan tester. Pegangan (Handle) *Tester* diputar kemudian dihitung putarannya hingga kawat listrik putus dan putarannya dicatat. Hasil pengujian untuk masing-masing kawat listrik dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3 Hasil uji torsi berupa jumlah putaran hingga spesimen putus

No	Tanggal pengujian	Spesimen	Diameter mm	Jumlah Putaran	Jumlah Putaran Rata-rata
1	25 Apr 2016	Extrana NYA 4 mm^2	2,27	172	160
2				141	
3				167	
1	25 Apr 2016	Eterna NYA 4 mm^2	2,34	131	120
2				117	
3				113	
1	25 Apr 2016	Supreme NYA 4 mm^2	2,33	197	202
2				199	
3				210	

Dari hasil pengujian dapat dilihat pada table 3, diperoleh bahwa jumlah putaran bervariasi untuk setiap spesimen. Jumlah putaran terbanyak hingga kawat listrik putus yaitu kawat listrik merek Supreme (202 putaran), kemudian kawat listrik merek Extrana (160 putaran) dan jumlah putaran terendah yaitu kawat merek Eterna (120 putaran).

Gambar 15 memperlihatkan contoh sebuah spesimen/benda uji, kawat listrik dalam kondisi patah saat dilakukan uji torsi.

Gambar 15 Benda uji kawat listrik kondisi patah saat dilakukan uji torsi

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Diameter penampang kawat atau luas penampang kawat berbeda untuk setiap merek bahkan diameter untuk jenis kawat yang samapun bervariasi di setiap panjang kawat sehingga diperoleh hasil pengukuran yang bervariasi pula.
2. Dari grafik antara gaya tarik terhadap pertambahan panjang kawat listrik untuk ketiga jenis kawat tersebut tanpa titik luluh yang jelas sehingga Kekuatam Luluh (*Yield Strength*) dihitung pada 0,2 persen offset sehingga jenis bahan adalah bahan ulet karena deformasi plastik yang cukup besar.
3. Ketahanan terhadap deformasi plastik mula yang merupakan kekuatan luluh atau *yield strength* yang terbesar terdapat pada merek kawat listrik Supreme kemudian diikuti oleh kawat listrik Eterna dan Extrana.
4. Gaya yang diperlukan untuk mematahkan atau merusak bahan yang merupakan *ultimate tensile strength* lebih besar sedikit untuk kawat listrik Eterna dibandingkan dengan kawat listrik Supreme kemudian lebih kecil untuk kawat listrik Extrana.
5. Dari hasil uji putaran diperoleh bahwa jumlah putaran terbanyak hingga kawat putus terdapat pada kawat listrik Supreme kemudian diikuti oleh kawat listrik Extrana dan yang terendah adalah kawat listrik Eterna.
6. Dari hasil pengujian dilaboratorium diperoleh bahwa jenis kawat listrik Supreme adalah yang terbaik ditinjau dari kekuatan mekaniknya dibandingkan dengan kedua kawat listrik Extrana dan Eterna.
7. Dengan hasil penelitian ini dapat dipakai sebagai acuan dalam memilih kawat yang akan digunakan sesuai dengan yang dikehendaki dan juga sebagai dasar penentuan harga beli atau jual kawat listrik tersebut.

5.2 Saran

1. Penelitian kekuatan mekanik terhadap kawat listrik dapat dilakukan pada kawat listrik merek yang lain dan untuk diameter yang berbeda-beda.
2. Sebaiknya kawat listrik untuk uji tarik menggunakan mesin uji tarik yang kawat listrik tersebut dapat dipegang oleh mesin tarik sehingga tidak diperlukan material tambahan pada kawat listrik sebagai pegangan atau *grip* yang berupa campuran *Polyester Resin* dan *Catalis* sehingga hasil pengujian akan lebih baik.
3. Penelitian ini sangat baik lagi jika dilanjutkan meneliti sifat-sifat listrik karena kawat listrik ini akan digunakan sebagai penghantar listrik.

DAFTAR PUSTAKA

Lawrence H. Van Vlack, Ir. Sriati Djaprie, 1987, Ilmu dan Teknologi Bahan, Penerbit Erlangga

Tata Surdia, Shinroku Saito, 1992, Pengetahuan Bahan Teknik, PT Pradnya Paramita

NN, Buku Kursus *Wireline*

Widodo Pawirodikromo, 2014, Analisis Tegangan Bahan, Pustaka Pelajar

William F. Smith, 1996, *Principles of Materials Science and Engineering*, McGraw-Hill, Inc