



**Analisis Tegangan Jatuh Lokasi Penempatan Trafo Distribusi 20 kV
Untuk Penyaluran Energi**

***Fall Voltage Analysis Location of Distribution Transformer 20 kV for
Energy Distribution***

Indra Roza

Program Studi Teknik Elektro
Universitas Harapan Medan, Indonesia

*Corresponding author: indraroza.ir@gmail.com

Abstrak

Dalam menyalurkan energi listrik dari pusat pembangkit ke pusat beban baik itu menggunakan sistem transmisi maupun sistem distribusi akan timbul jatuh tegangan di sepanjang saluran yang dilalui. Hal ini disebabkan selain oleh saluran yang cukup panjang, luas penampang, tahanan jenis, dan sambungan yang tidak baik juga disebabkan oleh arus yang mengalir pada penghantar dan daya yang diterima oleh beban serta faktor kerjanya. Guna mengatasi jatuh tegangan yang diterima oleh pihak pengguna (konsumen) maka pihak PT. PLN (Persero) melakukan evaluasi untuk mengatasi jatuh tegangan yang berdasarkan Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN) akan batas-batas toleransi tegangan pelayanan (maksimal +5% dan minimal -10% dari tegangan nominal). Adapun suatu upaya oleh pihak PT. PLN (Persero) untuk mengatasi jatuh tegangan tersebut adalah melakukan pemasangan transformator distribusi baru (penyisipan trafo) pada jaringan tegangan rendah, dengan pemasangan transformator distribusi baru (trafo sisip) pada jaringan tegangan rendah maka akan dapat meminimalkan besarnya jatuh tegangan pada saluran sehingga rugi daya listrik dapat diminimalkan. Besar jatuh tegangan pada jaringan Rayon Card BL 34-1 sebelum pemasangan transformator distribusi baru (BL 255-1) tertinggi mencapai 12,28 % yaitu berdasarkan pengukuran kedua dengan rugi daya mencapai 21,168 kW. Besar jatuh tegangan pada jaringan Rayon Card BL 34-1 setelah pemasangan transformator distribusi baru (BL 255-1) tertinggi mencapai 8,29 % yaitu berdasarkan pengukuran kedua dengan besar rugi daya mencapai 10,633 kW dan untuk Rayon Card BL 255-1 (Transformator distribusi baru) besar jatuh tegangan tertinggi mencapai 3,55 % yaitu berdasarkan pengukuran kedua dengan besar rugi daya mencapai 1,594 kW. Besar jatuh tegangan yang dapat dikurangi dengan dilakukannya pemasangan transformator distribusi baru (BL 255-1) pada jaringan Rayon Card BL 34-1 adalah sebesar 0,44 %, dimana nilai jatuh tegangan sebelum pemasangan transformator distribusi baru pada jaringan Rayon Card BL 34-1 sebesar 12,28 % dan setelah pemasangan transformator distribusi baru nilai jatuh tegangan pada jaringan Rayon Card BL 34-1 sebesar 8,29 % dan pada jaringan Rayon Card BL 255-1 sebesar 3,55%.

Kata Kunci : *Analisis, Tegangan Jatuh, Penempatan, trafo Distribusi 20kV*

Abstract

In channeling electrical energy from the building center to the center of the load whether it uses a transmission system or a distribution system will emerge a voltage drop along the channel that is passed. This is due to the fact that in addition to the channel which is quite long, the cross-sectional area, type resistance, and poor connection are also caused by the current flowing in the conductor and the power received by the load and its working factors. In order to overcome the voltage drop received by the user (consumer), the PT. PLN (Persero) conducts an evaluation to overcome the voltage drop based on the State Electricity Company Standard (SPLN) on the limits of service voltage tolerance (max + 5% and minimum - 10% of nominal voltage). As for an effort by the PT. PLN (Persero) to overcome the voltage drop is to install a

new distribution transformer (transformer insertion) on a low voltage network, with the installation of a new distribution transformer (transformer insert) on a low voltage network it will be able to minimize the magnitude of the voltage drop in the channel so that the loss of electrical power can be minimized. Large voltage drop on Rayon Card network BL 34-1 before installation of new distribution transformer (BL 255-1) highest reach 12.28% that is based on second measurement with power loss reach 21,168 kW. The voltage drop on Rayon Card network BL 34-1 after the installation of the new distribution transformer (BL 255-1) is the highest reaching 8.29% based on the second measurement with a power loss reaching 10.633 kW and for Rayon Card BL 255-1 (Distribution Transformer new) the highest voltage drop reaches 3.55% which is based on the second measurement with a power loss of 1,594 kW. The voltage drop that can be reduced by installing a new distribution transformer (BL 255-1) on the Rayon Card BL 34-1 network is 0.44%, where the voltage drop value before installation of a new distribution transformer on the Rayon Card network BL 34-1 amounting to 12.28% and after the installation of the new distribution transformer the voltage drop value on the Rayon Card BL 34-1 network is 8.29% and on the Rayon Card network BL 255-1 is 3.55%.

Keywords : Analysis, Falling Voltage, Placement, 20kV Distribution transformer

How to Cite: Roza, I. (2018), Analisis Tegangan Jatuh Lokasi Penempatan Trafo Distribusi 20 kV Untuk Penyaluran Energi, 1(2): 72-82.

PENDAHULUAN

Dengan bertambahnya jumlah penduduk yang semakin berkembang, meningkatnya kegiatan industri dan sebagainya. Energi listrik mempunyai fungsi yang dapat memberikan suatu kebutuhan pelayanan bagi daya listrik yang diperlukan konsumen.

Dalam menyalurkan energi listrik dari pusat pembangkit ke pusat beban baik itu menggunakan sistem transmisi maupun sistem distribusi akan timbul jatuh tegangan di sepanjang saluran yang dilalui. Hal ini disebabkan selain oleh saluran yang cukup panjang, luas penampang, tahanan jenis, dan sambungan yang tidak baik juga disebabkan oleh arus yang mengalir pada penghantar dan daya yang diterima oleh beban serta faktor kerjanya. Guna mengatasi jatuh tegangan yang diterima oleh pihak pengguna (konsumen) maka pihak PT. PLN (Persero) melakukan evaluasi untuk mengatasi jatuh tegangan yang berdasarkan Standar Perusahaan Listrik Negara (SPLN) akan batas-batas toleransi tegangan pelayanan (maksimal +5% dan minimal -10% dari tegangan nominal). Adapun suatu upaya oleh pihak PT. PLN (Persero) untuk mengatasi jatuh tegangan tegangan tersebut adalah

melakukan pemasangan transformator distribusi baru (penyisipan trafo) pada jaringan tegangan rendah, dengan pemasangan transformator distribusi baru (trafo sisip) pada jaringan tegangan rendah maka akan dapat meminimalkan besarnya jatuh tegangan pada saluran sehingga rugi daya listrik pun dapat diminimalkan. Dengan meminimalkan rugi daya tersebut maka rugi dari segi ekonomis juga dapat diperkecil.

Pengertian Sistem Distribusi

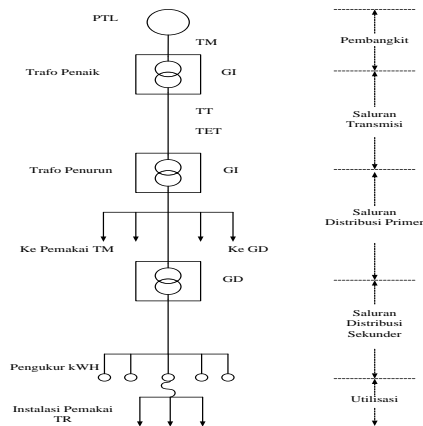
Jaringan distribusi terdiri atas dua bagian, yang pertama adalah jaringan tegangan menengah/primer (JTM), biasanya memakai tiga fasa tiga kawat. Jaringan distribusi primer berada antara gardu induk dan transformator distribusi. Jaringan yang kedua adalah jaringan tegangan rendah (JTR) dengan tegangan 380/220 Volt, dimana sebelumnya tegangan tersebut ditransformasikan oleh transformator distribusi dari 20 kV menjadi 380/220 Volt, jaringan ini dikenal pula dengan jaringan distribusi sekunder. Jaringan ditribusi sekunder terletak antara transformator distribusi dan pelayanan (beban) menggunakan penghantar terbuka atau kabel dengan sistem tiga

phasa empat kawat (tiga kawat phasa dan satu kawat netral).

Dapat kita lihat pada Gambar 1 proses penyediaan tenaga listrik bagi konsumen yang berawal dari pusat tenaga listrik sampai pada instalasi pemakai yang merupakan unsur utilisasi.

Keterangan Gambar 1:

- PTL = Pembangkit Tenaga Listrik
 GI = Gardu Induk
 TT = Tegangan Tinggi
 TET = Tegangan Ekstra Tinggi
 TM = Tegangan Menengah
 GD = Gardu Distribusi
 TR = Tegangan Rendah



Gambar 1. Sistem Tenaga Listrik

Distribusi Primer

Distribusi primer adalah sistem distribusi yang mempergunakan tegangan menengah, dimana jaringan tegangan menengah merupakan jaringan tenaga listrik yang menyalurkan daya listrik dari gardu induk sub transmisi sebagai suplai tenaga ke gardu-gardu distribusi maupun ke pelanggan yang memakai tegangan menengah seperti industri.

Dalam pelayanan jaringan distribusi primer ini memiliki beberapa variasi bentuk, dari mana masing-masing bentuk jaringan memiliki kelebihan dan kelemahan tersendiri. Pada umumnya terdapat empat bentuk dasar dari sistem jaringan distribusi primer yaitu:

Sistem Radial

Sistem radial merupakan sistem yang paling sederhana dan paling banyak dipakai, terdiri atas fider (feeders) atau rangkaian tersendiri, yang seolah-olah keluar dari suatu sumber atau wilayah tertentu secara radial. Fider itu dapat juga dianggap sebagai terdiri atas suatu bagian utama dari mana saluran samping atau lateral lain bersumber dan dihubungkan dengan transformator distribusi. Saluran samping sering disambungkan pada fider dengan sekering (fuse). Dengan demikian maka gangguan pada saluran samping tidak akan mengganggu seluruh saluran fider. Bilamana sekering itu tidak bekerja atau terdapat gangguan pada fider, proteksi pada saklar daya di gardu induk akan bekerja, dan seluruh fider akan kehilangan energi. Pemasokan pada rumah sakit atau pemakai vital lain tidak boleh mengalami gangguan yang berlangsung lama. Dalam hal demikian satu fider tambahan disediakan, yang menyediakan suatu sumber penyedia tenaga alternatif

Sistem Lup

Suatu cara lain guna mengurangi lama interupsi daya yang disebabkan gangguan adalah dengan mendesain fider sebagai lup (loop) dengan menyambungkan kedua ujung saluran. Hal ini mengakibatkan bahwa suatu pemakaian dapat memperoleh pasokan energi dari dua arah. Bilamana pasokan dari salah satu arah terganggu, pemakai itu akan disambungkan pada pasokan arah lainnya. Kapasitas cadangan yang cukup besar harus tersedia pada tiap fider. Sistem lup dapat dioperasikan secara terbuka, ataupun secara tertutup.

Sistem Jaringan Primer

Walaupun beberapa studi memeberikan indikasi bahwa pada kondisi-kondisi tertentu sistem jaringan primer lebih murah dan lebih handal dari sistem radial, secara relatif tidak banyak sistem jaringan primer yang kini dioperasikan. Sistem ini terbentuk dengan menyambung saluran-saluran utama atau fider yang terdapat pada sistem radial sehingga merupakan suatu kisi-kisi atau jaringan . Kisi-kisi diisi dari beberapa sumber atau gardu induk. Sebuah saklar daya antara transformator dan jaringan yang dikendalikan oleh relai-relai arus balik (reverse current) dan relai-relai penutupan kembali otomatis (automatic reclosing relays), melindungi jaringan terhadap arus-arus gangguan bila hal ini terjadi pada sisi pengisian dari gardu induk. Bagian-bagian jaringan yang terganggu akan dipisahkan oleh saklar daya dan sekring.

Sistem Spindel

Terutama di kota yang besar, terdapat suatu jenis gardu tertentu, yang tidak terdapat transformator daya. Gardu demikian dinamakan Gardu Hubung (GH). GH pada umumnya menghubungkan dua atau lebih bagian jaringan primer kota itu. Dapat juga terjadi bahwa pada suatu GH terdapat sebuah transformator pengatur tegangan. Karena besar kota itu, kabel-kabel tegangan menengah (TM) mengalami terlampau banyak turun tegangan. Tegangan yang agak rendah ini dinaikkan kembali dengan bantuan transformator pengatur tegangan. Dapat juga terjadi bahwa pada GH, ditumpangi atau "dititipi" sebuah Gadu Distribusi (GD).

Distribusi Sekunder

Distribusi sekunder mempergunakan tegangan rendah. Sebagaimana halnya dengan distribusi primer, terdapat pula pertimbangan-pertimbangan perihal keandalan pelayanan dan regulasi tegangan. Sistem sekunder terdiri atas empat jenis umum:

Pelayanan Dengan Transformator Tersendiri

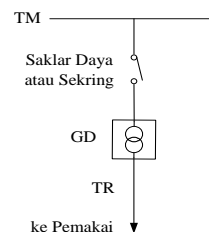
Pelayanan dengan transformator tersendiri dilakukan untuk pemakai yang agak besar atau bila para pemakai terletak agak berjauhan terutama didaerah luar kota, sehingga saluran tegangan rendahnya akan terjadi terlampau panjang. Skema ini dapta terlihat pada Gambar 2.

Keterangan Gambar 2:

TM = Tegangan Menengah

GD = Gardu Distribusi

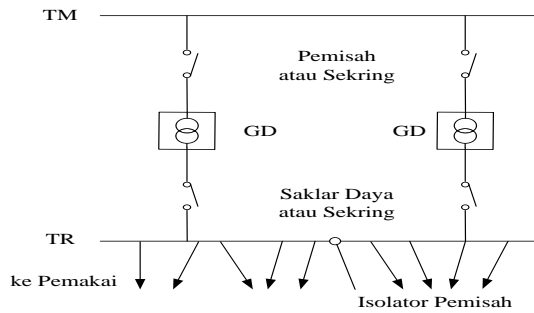
TR = Tegangan Rendah



Gambar 2. Sambungan ke Pemakai Besar Dengan Satu Gardu Distribusi Tersendiri

Penggunaan Satu Transformator Untuk Sejumlah Pemakai

Yang mungkin paling terbanyak adalah sistem yang mempergunakan satu tranformator dengan saluran tegangan rendah yanag melayani sejumlah pemakai. Sistem ini memperhatikan beban dan keperluan pemakai yang berbeda-beda sifatnya. Gambar 3 memperlihatkan situasi ini. Di Indonesia sistem ini banyak dipakai.



Gambar 3. Penggunaan Satu Gardu Distribusi Untuk Sejumlah Pemakai

Keterangan Gambar 3:

TM = Tegangan Menengah

GD = Gardu Distribusi

TR = Tegangan Rendah

Bangking Sekunder

Penggunaan satu saluran tegangan rendah yang tersambung pada beberapa transformator secara paralel. Sejumlah pemakai dilayani dari saluran tegangan rendah ini. Transformator-transformator diisi dari satu sumber energi. Hal ini disebut banking sekunder transformator.

Sistem yang mempergunakan banking sekunder tidak terlalu banyak dipakai. Antara Transformator dan saluran sekunder biasanya terdapat sekring atau saklar daya otomatis guna melepaskan transformator dari saluran tegangan rendah bila terdapat gangguan pada transformator. Dapat juga dipasang sekring antara seksi-seksi pada jaringan tegangan rendah. Lihat pada Gambar 2.10. Kelebihan sistem ini dianggap dapat memberikan pelayanan yang tidak terganggu dalam waktu begitu lama. Dilain pihak bilamana salah satu transformator terganggu, beban tambahan yang harus dipikul transformator-transformator lain dapat mengakibatkan banyak transformator turut terganggu.

Jaringan Sekunder

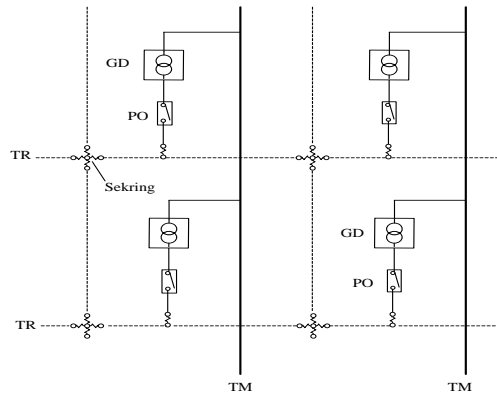
Suatu jaringan tegangan rendah yang agak besar diisi oleh beberapa transformator yang pada gilirannya diisi oleh dua energi atau lebih. Jaringan tegangan rendah ini melayani suatu jumlah pemakai yang cukup besar. Hal ini dikenal sebagai jaring sekunder atau jaringan tegangan rendah (JTR).

Sistem jaringan sekunder yang baik pada saat ini memberikan taraf keandalan pada jaringan tegangan rendah di daerah dengan beban kepadatan paling tinggi, sehingga biayanya yang tinggi dapat dipertanggungjawabkan dan tingkat keandalan ini dipandang diperlukan. Pada keadaan tertentu dapat terjadi bahwa satu pelanggan tunggal mendapta penyediaan tenaga listrik dengan jenis sistem yang dikenal dengan nama jaringan spot (Spot networks).

Pada umumnya, jaringan sekunder terjadi dengan menghubungkan semua sisi tegangan rendah dari gardu-gardu transformator yang diisi dua atau lebih fider tegangan menengah. Pada sisi teganga rendah gardu distribusi terdapat saklar daya yang dioperasikan secara otomatis dan dikenal dengan nama proteksi otomatis. Lihat Gambar 2.4. Proteksi ini akan melepaskan transformator dari jaringan sekunder bilamana pengisian primer hilang tegangan. Hal ini akan menghindari suatu arus balik dari sisi tegangan rendah kesisi tegangan menengah. Saklar daya didukung oleh sebuah sekring sehingga, bilamana proteksi otomatis gagal, sekring akan bekerja dan melepaskan transformator dari jaringan sekunder.

Jumlah pengisian primer pada sisi tegangan menengah adalah penting. Bila misalnya hanya ada dua fider, dapat terjadi bahwa satu fider terganggu, maka akan perlu adanya kapasitas cadangan

transformator yang cukup agar sistem yang masih bekerja tidak mengalami kelebihan beban. Jenis jaringan ini sering dinamakan jaringan kesiapan pertama (single-contingency network).



Gambar 4. Jaringan Sekunder Tegangan Rendah

Keterangan Gambar 4:

- TM = Tegangan Menengah
- GD = Gardu Distribusi
- TR = Tegangan Rendah
- PO = Proteksi Otomatik

Jaringan sekunder tegangan rendah mendapat pengisian terbanyak dari tiga atau lebih fider, sehingga bilamana salah satu fider terganggu, sisa jaring sekunder akan dapat dengan mudah menampung beban dari fider yang terganggu itu. Sistem demikian dinamakan jaringan kedua (second-contingency network). Jaringan sekunder tegangan rendah harus didesain sedemikian rupa hingga terdapat pembagian beban dan pengaturan tegangan (voltage regulation) yang baik pada semua transformator, juga dalam keadaan salah satu pengisi tegang menengah terganggu.

METODE PENELITIAN

Rayon Card BL 34-1

Rayon Card BL 34-1 terletak di JL. Medan Belawan Makden Lama yang

merupakan salah satu gardu distribusi yang menyalurkan energi listrik ke konsumen dari tegangan menengah 20 kV menjadi 380/230 Volt di PT. PLN (Persero) Cabang Medan Ranting Belawan. Rayon Card BL 34-1 ini disuplai dari fider LB02 (Biawak) yang berasal dari Gardu Induk Labuhan dan terbagi atas 2 (dua) jurusan yaitu utara dan selatan. Panjang penghantar jaringan untuk jurusan utara rayon card tersebut adalah 1395 m dan panjang penghantar jaringan untuk jurusan selatan adalah 1880 m dengan masing-masing jenis kabel TIC 70 mm² dan sistem proteksi pada jaringan digunakan fuse dengan tipe NTFUSE 250 A.

Rayon Card BL 255-1

Rayon Card BL 255-1 merupakan transformator distribusi baru (trafo tambaha/trafo sisip di jaringan Rayon Card BL 34-1). Trafo distribusi terletak di JL. Medan Belawan KM 21 yang menyalurkan energi listrik ke konsumen dari tegangan menengah 20 kV menjadi 380/230 Volt. Rayon Card BL 255-1 ini disuplai dari fider LB02 (Biawak) yang berasal dari Gardu Induk Labuhan dan terbagi atas 2 (dua) jurusan yaitu utara dan selatan. Panjang penghantar jaringan untuk jurusan utara rayon card tersebut adalah 530 m dan panjang penghantar jaringan untuk jurusan selatan adalah 250 m dengan masing-masing jenis kabel TIC 70 mm² dan sistem proteksi pada jaringan digunakan fuse dengan tipe NTFUSE 250 A.

Tabel 3.1 Data Transformator BL 34-1

Kode Gardu - No. Trafo	BL 34-1
Lokasi	JL. Medan Belayan Makden Lama
Feeder	LB02
Daya (kVA)	250
Fasa	3
No. Seri	10152004
Merk	Mobile
Tegangan Primer L-L (kV)	20
Tegangan Sekunder L-L (Volt)	380
Arus Primer (Amp)	7
Arus Sekunder (Amp)	380
Jenis Minyak	Mineral
Vektor Group	YZN5
Impedansi (%)	4
Temperatur	50
Konstruksi	Double Pole

Tabel 3.2 Data Transformator BL 255-1

Kode Gardu - No. Trafo	BL 255-1
Lokasi	JL. Medan Belayan KM 21
Feeder	LB02
Daya (kVA)	100
Fasa	3
No. Seri	87226
Merk	Unitas Baru
Tegangan Primer L-L (kV)	20
Tegangan Sekunder L-L (Volt)	400
Arus Primer (Amp)	2.9
Arus Sekunder (Amp)	144.3
Jenis Minyak	Mineral
Vektor Group	YZN5
Impedansi (%)	4
Temperatur	50
Konstruksi	Single Pole Gantung

Tabel 3.3 Data Pengukuran 1 Rayon Card BL 34-1 Jurusan Selatan Sebelum Pemasangan Transformator Distribusi Baru

Tegangan (Volt)		Arus Beban Terpakai (I) Ampere								Cos φ	
Pangkal	Ujung	Luar Waktu Beban Puncak (LWBP)				Waktu Beban Puncak (WBP)				LWBP	WBP
		R	S	T	N	R	S	T	N		
228	201	154	152	175	44	265	270	290	99	0,8	0,9

Tabel 3.4 Data Pengukuran 2 Rayon Card BL 34-1 Jurusan Selatan Sebelum Pemasangan Transformator Distribusi Baru

Tegangan (Volt)		Arus Beban Terpakai (I) Ampere								Cos φ	
Pangkal	Ujung	Luar Waktu Beban Puncak (LWBP)				Waktu Beban Puncak (WBP)				LWBP	WBP
		R	S	T	N	R	S	T	N		
228	200	160	158	181	50	261	279	300	105	0,81	0,91

Tabel 3.5 Data Pengukuran 3 Rayon Card BL 34-1 Jurusan Selatan Sebelum Pemasangan Transformator Distribusi Baru

Tegangan (Volt)		Arus Beban Terpakai (I) Ampere								Cos φ	
Pangkal	Ujung	Luar Waktu Beban Puncak (LWBP)				Waktu Beban Puncak (WBP)				LWBP	WBP
		R	S	T	N	R	S	T	N		
228	202	148	146	169	38	258	268	285	93	0,81	0,9

Tabel 3.6 Data Pengukuran 1 Rayon Card BL 34-1 Jurusan Selatan Setelah Pemasangan Transformator Distribusi Baru

Tegangan (Volt)		Arus Beban Terpakai (I) Ampere								Cos φ	
Pangkal	Ujung	Luar Waktu Beban Puncak (LWBP)				Waktu Beban Puncak (WBP)				LWBP	WBP
		R	S	T	N	R	S	T	N		
229	211	106	116	139	20	179	201	204	80	0,83	0,91

Tabel 3.7 Data Pengukuran 2 Rayon Card BL 34-1 Jurusan Selatan Setelah Pemasangan Transformator Distribusi Baru

Tegangan (Volt)		Arus Beban Terpakai (I) Ampere								Cos φ	
Pangkal	Ujung	Luar Waktu Beban Puncak (LWBP)				Waktu Beban Puncak (WBP)				LWBP	WBP
		R	S	T	N	R	S	T	N		
229	210	114	122	146	24	197	208	210	97	0,83	0,91

Tabel 3.8 Data Pengukuran 3 Rayon Card BL 34-1 Jurusan Selatan Setelah Pemasangan Transformator Distribusi Baru

Tegangan (Volt)		Arus Beban Terpakai (I) Ampere								Cos φ	
Pangkal	Ujung	Luar Waktu Beban Puncak (LWBP)				Waktu Beban Puncak (WBP)				LWBP	WBP
		R	S	T	N	R	S	T	N		
228	210	109	119	141	22	192	204	206	86	0,82	0,91

HASIL DAN PEMBAHASAN

Jatuh Tegangan Pada Jaringan Rayon Card BL 34-1

Jatuh tegangan yang dimaksud di sini adalah selisih antara tegangan sumber atau pangkal dengan tegangan di ujung saluran konsumen. Adapun faktor utama yang menyebabkan jatuh tegangan adalah:

1. Arus beban luar puncak (Ampere)
2. Tahanan saluran (Ω / km)
3. Panjang saluran (km)
4. Sambungan yang tidak baik pada penghantar

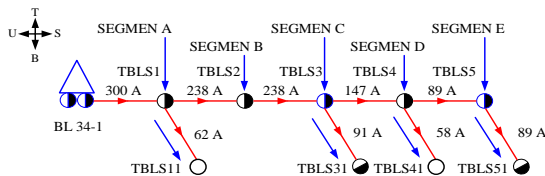
Menurut peraturan SPLN (Standar Perusahaan listrik Negara) No. 1 Tahun 1995 drop tegangan ujung yang diperbolehkan adalah minimal -10% dari tegangan nominal sekunder transformator distribusi. Seperti halnya pada jaringan Rayon Card BL 34-1 untuk jurusan selatan, pada jaringan ini timbul jatuh tegangan yang cukup besar yang melebihi batas tegangan ujung yang diperbolehkan. Guna mengatasi persoalan tersebut dilakukanlah pemasangan transformator

distribusi baru pada daerah jaringan Rayon Card BL 34-1 jurusan selatan. Dengan pemasangan transformator distribusi baru akan memberikan dampak terhadap jatuh tegangan dan pengaruhnya terhadap rugi daya dan rugi dari segi ekonomis. Adapun dampak dari pemasangan transformator distribusi baru tersebut diuraikan pada perhitungan jatuh tegangan, rugi daya dan rugi dari segi ekonomis di bawah ini, dimana data perhitungan yang dipakai merupakan hasil data ukur ketika waktu beban puncak. (kode gardu distribusi baru yang dipasang di daerah jaringan Rayon Card BL 34-1 adalah BL 255-1).

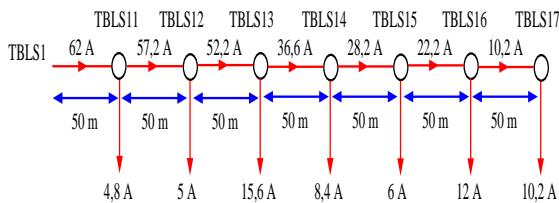
Data pengukuran Pada Jaringan Rayon Card BL 34-1 Sebelum pemasangan Transformator Ditribusi Baru (BL 255-1) pada jaringan.

No	Tegangan Sumber (Vs)	Tegangan Ujung (V _s)	I _s (A)	I _s (A)	I _r (A)	ΔV	%ΔV
1	228 V	201	265	270	300	27	11,8
2	228	200	261	279	300	28	12,28
3	228	202	258	268	285	26	11,4

Data yang diambil pada pengukuran kedua dengan arus beban terpakai tertinggi di fasa T yaitu 300A. Adapun perhitungannya didasarkan oleh gambar dibawah ini:



Perhitungan jatuh tegangan dibagi dalam beberapa segmen yang mana besar nilai jatuh tegangan total merupakan penjumlahan dari tiap-tiap jatuh tegangan segmen A



Dengan menggunakan persamaan (2.1) dan asumsi jarak antara tiang 50 m jenis kabel TIC 70 mm², tahanan jenis aluminium 0,0286Ω mm²/m maka besarnya hambatan (R) adalah:

$$R = \frac{\rho x l}{A} = \frac{0,0286\Omega mm^2 / m x 50m}{70mm^2} = 0,0204\Omega$$

Dan dengan persamaan (2.15) bahwa besarnya jatuh tegangan adalah:

$$\Delta V = I_s \times R_s \times \cos \phi \text{ Volt}$$

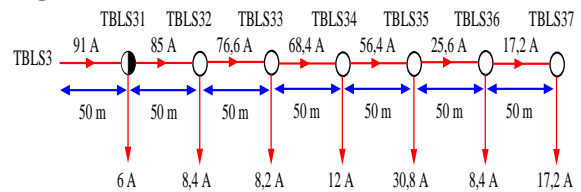
Data Total jatuh tegangan untuk segmen A

Cos φ = 0,9							
TBLS1 - TBLS11	TBLS11 - TBLS12	TBLS12 - TBLS13	TBLS13 - TBLS14	TBLS14 - TBLS15	TBLS15 - TBLS16	TBLS16 - TBLS17	Total ΔV
1,141V	1,052V	0,960V	0,673	0,519V	0,408V	0,188V	4,942V

Segmen B

Berdasarkan gambar besar jatuh tegangan dianggap nol karena penjabaran beban tidak ada.

Segmen C

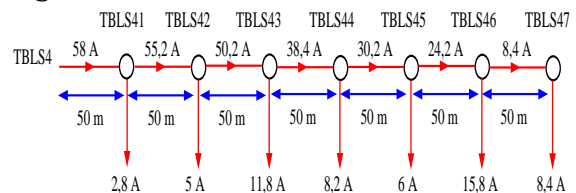


Dengan menggunakan persamaan (2.1) dan asumsi jarak antara tiang 50 m jenis kabel TIC 70 mm², tahanan jenis aluminium 0,0286Ω mm²/m

Data Total jatuh tegangan untuk segmen C

Cos φ = 0,9							
TBLS3 - TBLS31	TBLS31 - TBLS32	TBLS32 - TBLS33	TBLS33 - TBLS34	TBLS34 - TBLS35	TBLS35 - TBLS36	TBLS36 - TBLS37	Total ΔV
1,674V	1,564V	1,409V	1,259V	1,038V	0,471V	0,316V	7,732V

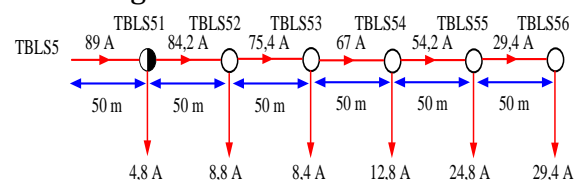
Segmen D



Data Total jatuh tegangan untuk segmen D

Cos φ = 0,9							
TBLS4 - TBLS41	TBLS41 - TBLS42	TBLS42 - TBLS43	TBLS43 - TBLS44	TBLS44 - TBLS45	TBLS45 - TBLS46	TBLS46 - TBLS47	Total ΔV
1,067V	1,016V	0,924V	0,707V	0,556V	0,445V	0,155V	4,869V

❖ Segmen E



Dengan menggunakan persamaan (2.1) dan asumsi jarak antara tiang 50 m jenis kabel TIC 70 mm², tahanan jenis

aluminium $0,0286\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$

Data Total jatuh tegangan untuk segmen E

Cos φ = 0,9						
TBLS5 - TBLS51	TBLS51 - TBLS52	TBLS52 - TBLS53	TBLS53 - TBLS54	TBLS54 - TBLS55	TBLS55 - TBLS56	Total ΔV
1,638V	1,549V	1,387V	1,233V	0,997V	0,541V	7,345V

Sehingga besar jatuh tegangan seluruhnya pada jaringan berdasarkan gambar sebelum pemasangan transformator distribusi baru adalah sebesar:

$$\Delta V = \Delta VA + \Delta VB + \Delta VC + \Delta VD + \Delta VE$$

$$\Delta V = (4,942 + 0 + 7,732 + 4,869 + 7,345) \text{ Volt}$$

$$\Delta V = 24,887 \text{ Volt}$$

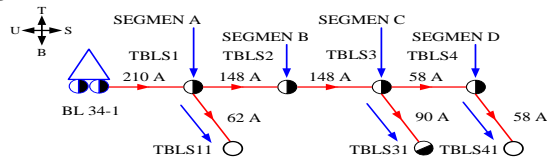
Dalam bentuk persen (%) adalah:

$$\% \Delta V = \frac{24,887}{230} \times 100\% = 10,82\%$$

Data Pengukuran Pada Jaringan Rayon Card BL 34-1 Setelah pemasangan Transformator Distribusi Baru (BL 255-1) pada jaringan

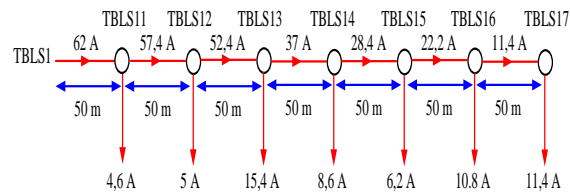
No	Tegangan Sumber (Vs)	Tegangan Ujung (Va)	I ₁ (A)	I ₂ (A)	I ₃ (A)	ΔV	%ΔV
1	229	211	179	201	204	18	7,86
2	229	210	197	208	210	19	8,29
3	228	210	192	204	206	18	7,89

Data yang diambil pada pengukuran kedua dengan arus beban terpakai tertinggi di fase T yaitu 210A. Adapun perhitungannya didasarkan oleh gambar dibawah ini:



Perhitungan jatuh tegangan dibagi dalam beberapa segmen yang mana besar nilai jatuh tegangan total merupakan penjumlahan dari tiap-tiap jatuh tegangan segmen:

Segmen A



Dengan menggunakan persamaan (2.1) dan asumsi jarak antara tiang 50 m jenis kabel TIC 70 mm², tahanan jenis aluminium $0,0286\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ maka besarnya hambatan (R) adalah:

$$R = \frac{\rho x l}{A} = \frac{0,0286\Omega \text{ mm}^2 / \text{m} \times 50\text{m}}{70\text{mm}^2} = 0,0204\Omega$$

Dan dengan persamaan (2.15) bahwa besarnya jatuh tegangan adalah:

$$\Delta V = I_s \times R_s \times \text{Cos } \phi \text{ Volt}$$

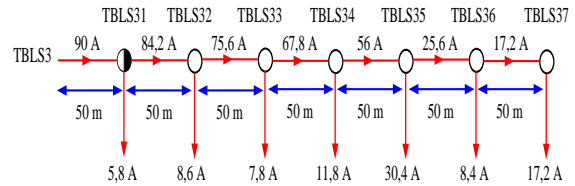
Data Total jatuh tegangan untuk segmen A

Cos φ = 0,9							
TBLS1 - TBLS11	TBLS11 - TBLS12	TBLS12 - TBLS13	TBLS13 - TBLS14	TBLS14 - TBLS15	TBLS15 - TBLS16	TBLS16 - TBLS17	Total ΔV
1,133V	1,068V	0,975V	0,688V	0,528V	0,413V	0,212V	5,037V

Segmen B

Berdasarkan gambar besar jatuh tegangan dianggap nol karena penjabaran beban tidak ada.

Segmen C

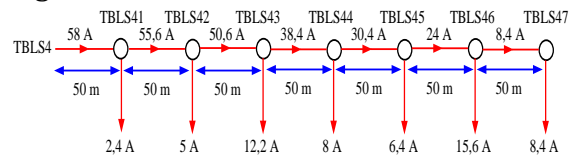


Dengan menggunakan persamaan (2.1) dan asumsi jarak antara tiang 50 m jenis kabel TIC 70 mm², tahanan jenis aluminium $0,0286\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ maka besarnya hambatan (R)

Data Total jatuh tegangan untuk segmen C

Cos φ = 0,91							
TBLS3 - TBLS31	TBLS31 - TBLS32	TBLS32 - TBLS33	TBLS33 - TBLS34	TBLS34 - TBLS35	TBLS35 - TBLS36	TBLS36 - TBLS37	Total ΔV
1,674V	1,566V	1,406V	1,261V	1,042V	0,476V	0,320V	7,743V

Segmen D



Dengan menggunakan persamaan (2.1) dan asumsi jarak antara tiang 50 m jenis kabel TIC 70 mm², tahanan jenis aluminium $0,0286\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$ maka besarnya hambatan (R)

Data Total jatuh tegangan untuk segmen D

Cos φ = 0,91							
TBLS4 - TBLS41	TBLS41 - TBLS42	TBLS42 - TBLS43	TBLS43 - TBLS44	TBLS44 - TBLS45	TBLS45 - TBLS46	TBLS46 - TBLS47	Total ΔV
1,079V	1,034V	0,941V	0,714V	0,363V	0,446V	0,136V	4,936V

Sehingga besar jatuh tegangan seluruhnya pada jaringan berdasarkan gambar setelah pemasangan transformator distribusi baru adalah sebesar:

$$\Delta V = \Delta VA + \Delta VB + \Delta VC + \Delta VD$$

$$\Delta V = (5,037 + 0 + 7,745 + 4,936) \text{ Volt}$$

$$\Delta V = 17,718 \text{ Volt}$$

Dalam bentuk persen (%) adalah:

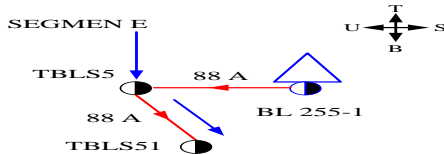
Roza, I. Analisis Tegangan Jatuh Lokasi Penempatan Trafo Distribusi 20 kV Untuk Penyaluran Energi

$$\% \Delta V = \frac{17,718}{230} \times 100\% = 7,70\%$$

Data Pengukuran Pada Jaringan Rayon Card BL 255-1 (Transformator distribusi baru)

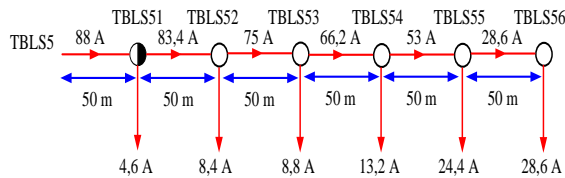
No	Tegangan Sumber (Vs)	Tegangan Ujung (V _u)	I _s (A)	I _u (A)	I _r (A)	ΔV	%ΔV
1	224	217	78	73	85	7	3,12
2	225	217	80	78	88	8	3,55
3	225	218	78	74	78	7	3,11

Data yang diambil pada pengukuran kedua dengan arus beban terpakai tertinggi di fasa T yaitu 88A. Adapun perhitungannya didasarkan oleh gambar dibawah ini:



Perhitungan jatuh tegangan dibagi dalam beberapa segmen yang mana besar nilai jatuh tegangan total merupakan penjumlahan dari tiap-tiap jatuh tegangan segmen

Segmen E



Dengan menggunakan persamaan (2.1) dan asumsi jarak antara tiang 50 m jenis kabel TIC 70 mm², tahanan jenis aluminium 0,0286Ω mm²/m maka besarnya hambatan (R) adalah:

$$R = \frac{\rho x l}{A} = \frac{0,0286\Omega mm^2 / m \times 50m}{70mm^2} = 0,0204\Omega$$

Dan dengan persamaan (2.15) bahwa besarnya jatuh tegangan adalah:

$$\Delta V = I_s \times R_s \times \cos \phi \text{ Volt}$$

Data Total jatuh tegangan untuk segmen E

Cos φ = 0,81						
TBLSS5 - TBLSS1	TBLSS1 - TBLSS2	TBLSS2 - TBLSS3	TBLSS3 - TBLSS4	TBLSS4 - TBLSS5	TBLSS5 - TBLSS6	Total ΔV
1,452V	1,376V	1,238V	1,092V	0,875V	0,472V	6,504V

Sehingga besar jatuh tegangan seluruhnya pada jaringan berdasarkan gambar adalah:

$$\Delta V = \Delta VE = 6,504 \text{ Volt}$$

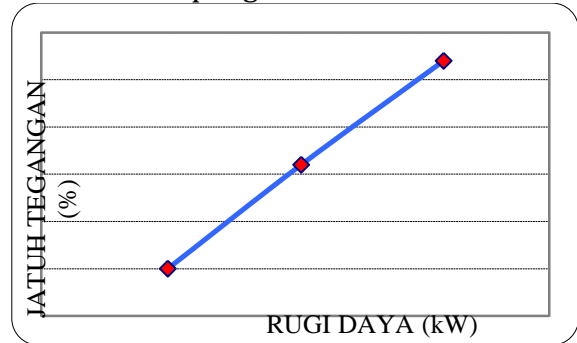
Dalam bentuk persen (%) adalah:

$$\% \Delta V = \frac{6,504}{225} \times 100\% = 2,89\%$$

Tabel 4.1 Jatuh Tegangan dan Rugi Daya

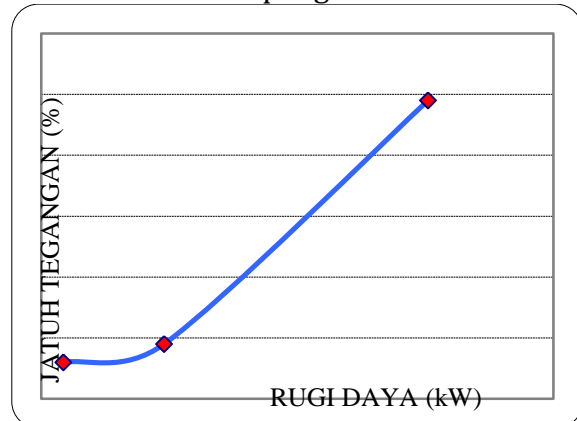
No	Rayon Card	Arusan	Berdasarkan Teori						Berdasarkan Pengukuran					
			Data sirkus 1		Data sirkus 2		Data sirkus 3		Data sirkus 1		Data sirkus 2		Data sirkus 3	
			ΔV (%)	ΔP (kW)	ΔV (%)	ΔP (kW)	ΔV (%)	ΔP (kW)	ΔV (%)	ΔP (kW)	ΔV (%)	ΔP (kW)	ΔV (%)	ΔP (kW)
1	BL 34-1 sebelum pemasangan transformator distribusi baru	Selatan	10,82	18,814	11,84	20,047	12,28	21,168	11,40	18,977				
2	BL 34-1 setelah pemasangan transformator distribusi baru	Selatan	7,70	9,915	7,86	9,565	8,29	10,633	7,89	9,860				
3	BL 2551 (transformator distribusi baru)	Utara	2,89	1,295	3,12	1,338	3,55	1,594	3,11	1,304				

Grafik 1 Hubungan jatuh tegangan dan rugi daya BL 34-1 Sebelum pemasangan transformator distribusi baru berdasarkan pengukuran



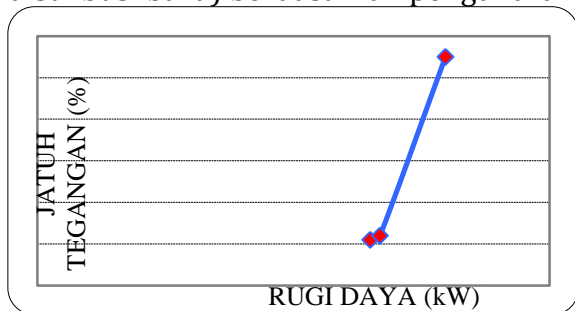
Dari grafik di atas dapat dinyatakan bahwa semakin besar nilai jatuh tegangan maka akan semakin besar pula nilai rugi dayanya, seperti yang ditunjukkan pada grafik di atas ketika nilai jatuh tegangan sebesar 11,40 % maka rugi daya-nya sebesar 18,977 kW, ketika nilai jatuh tegangan sebesar 11,84 % maka rugi daya-nya sebesar 20,047 kW dan ketika nilai jatuh tegangan sebesar 12,28 % maka rugi daya-nya sebesar 21,168 kW.

Grafik 2 Hubungan jatuh tegangan dan rugi daya BL 34-1 Setelah pemasangan transformator distribusi baru berdasarkan pengukuran.



Dari grafik di atas dapat dinyatakan bahwa semakin besar nilai jatuh tegangan maka akan semakin besar pula nilai rugi dayanya, seperti yang ditunjukkan pada grafik di atas ketika nilai jatuh tegangan sebesar 7,86 % maka rugi daya-nya sebesar 9,565 kW, ketika nilai jatuh tegangan sebesar 7,89 % maka rugi daya-nya sebesar 9,860 kW dan ketika nilai jatuh tegangan sebesar 8,29 % maka rugi daya-nya sebesar 10,633 kW.

Grafik 3 Hubungan jatuh tegangan dan rugi daya BL 255-1 (Transformator distribusi baru) berdasarkan pengukuran.



Dari grafik di atas dapat dinyatakan bahwa semakin besar nilai jatuh tegangan maka akan semakin besar pula nilai rugi dayanya, seperti yang ditunjukkan pada grafik di atas ketika nilai jatuh tegangan sebesar 3,11 % maka rugi daya-nya sebesar 1,304 kW, ketika nilai jatuh tegangan sebesar 3,12 % maka rugi daya-nya sebesar 1,338 kW dan ketika nilai jatuh tegangan sebesar 3,55 % maka rugi daya-nya sebesar 1,594 kW.

SIMPULAN

Besar jatuh tegangan pada jaringan Rayon Card BL 34-1 sebelum pemasangan transformator distribusi baru (BL 255-1) tertinggi mencapai 12,28 % yaitu berdasarkan pengukuran kedua dengan rugi daya mencapai 21,168 kW. Besar jatuh tegangan pada jaringan Rayon Card BL 34-1 setelah pemasangan transformator distribusi baru (BL 255-1) tertinggi mencapai 8,29 % yaitu berdasarkan pengukuran kedua dengan besar rugi daya mencapai 10,633 kW dan untuk Rayon Card BL 255-1 (Transformator distribusi baru) besar jatuh tegangan tertinggi mencapai 3,55 % yaitu berdasarkan pengukuran kedua

dengan besar rugi daya mencapai 1,594 kW. Besar jatuh tegangan yang dapat dikurangi dengan dilakukannya pemasangan transformator distribusi baru (BL 255-1) pada jaringan Rayon Card BL 34-1 adalah sebesar 0,44 %, dimana nilai jatuh tegangan sebelum pemasangan transformator distribusi baru pada jaringan Rayon Card BL 34-1 sebesar 12,28 % dan setelah pemasangan transformator distribusi baru nilai jatuh tegangan pada jaringan Rayon Card BL 34-1 sebesar 8,29 % dan pada jaringan Rayon Card BL 255-1 sebesar 3,55%.

DAFTAR PUSTAKA

- Kadir, Abdul, "Distribusi Dan Utilisasi Tenaga Listrik", Penerbit Universitas Indonesia (UI Press), Jakarta, 2000.
- Stevenson, Jr., William D, "Analisis Sistem Tenaga Listrik", Edisi Keempat, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1983.
- Zuhal, "Dasar Teknik Tenaga Listrik Dan Elektronika Daya", Penerbit P.T. Gramedia", Jakarta, 1988.
- Suryatmo, F., "Teknik listrik Instalasi Penerangan", Penerbit P.T. Rineka Cipta, Jakarta, 1988.
- Lister, "Mesin Dan Rangkaian Listrik", Edisi Keenam, Penerbit Erlangga, Jakarta, 1988.
- Morris, Noel M, "Aplikasi Listrik Dan Elektronika", Penerbit PT Elex Media Komputindo Kelompok Gramedia, Jakarta, 1988.
- Suryatmo, F., "Dasar-dasar Teknik Listrik", Penerbit P.T. Rineka Cipta, Jakarta, 1992.
- Linsley, Trevor, "Instalasi Listrik Tingkat Lanjut", Edisi Ketiga, Penerbit Erlangga, 2004.
- Hutauruk, T.S, "Transmisi Daya Listrik", Penerbit Erlangga, Institut Teknologi Bandung, 1982.
- Alat ukur Dan Pengukuran, Jurusan Teknik Listrik Politeknik Negeri Medan.
- SPLN 1 (Standar Perusahaan Listrik Negara), "Tegangan-tegangan Standar", Penerbit P.T. PLN (Persero), Jakarta, 1995