

Analisis Pembebanan Trafo Sebelum Penambahan Gardu Sisipan Terhadap Besarnya Kapasitas Daya untuk Memperbaiki Pembebanan pada Gardu Distribusi

Wawan Setiawan Anjas¹, Muh. Ilham²

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Makassar

Email : Ancolwawan@gmail.com¹, illangillang969@gmail.com²

Abstract : Wawan Setiawan Anjas and Muh. Ilham (2022) Analysis of Transformer Loading Before Adding Insertion Substations to the Large Power Capacity to Improve Loading at Distribution Substations guided by Zahir Zainuddin and Rizal A Duyo. The purpose of this study is to explain how to deal with the distribution transformer (PRC041) which is overloaded in planning to add an insert substation to the Racing feeder and calculate the amount of power loss before and after installing the insertion substation to the distribution substation (PRC041) Racing feeder. The method used in this study was to conduct research and data collection at the Arbor Biz Makassar hotel building. The results obtained in this study are. The addition of the PRC055 insertion substation to the PRC041 feeder distribution substation was carried out to overcome the overload that occurred at the PRC041 substation. Before adding the PRC055 insertion substation, it is very necessary to pay attention to the layout and transformer capacity calculations at the PRC041 distribution substation. In addition to referring to the results of these calculations, it is also necessary to pay attention to field conditions and the development of the load at the location. And from the results of the calculation of the value of the power loss before the addition of the PRC055 insert substation in each direction at the PRC041 distribution substation, it is equal to 19.07 kW, so that the total power loss experienced by the transformer GT.PRC041 distribution of 5.65 kW and 4.7 kW.

Keywords; Transformers, Substations and Power

Intisari : Wawan Setiawan Anjas dan Muh. Ilham (2022) Analisis Pembebanan Trafo Sebelum Penambahan Gardu Sisipan Terhadap Besarnya Kapasitas Daya Untuk Memperbaiki Pembebanan Pada Gardu Distribusi dibimbing oleh Zahir Zainuddin, Rizal A Duyo. Adapun tujuan dari pada penelitian ini adalah Menjelaskan cara mengatasi transformator distribusi (PRC041) yang mengalami overload dalam perencanaan penambahann gardu sisipan pada penyulang Racing dan

Menghitung besarnya rugi daya sebelum dan sesudah dipasangnya gardu sisipan pada gardu distribusi (PRC041) penyulang Racing. Metode yang dipergunakan pada penelitiann ini adalah mengadakan penelitian dan pengambilan data di gedung hotel Arbor Biz Makassar. Hasil yang didapatkan pada penelitian ini adalah. Penambahan gardu sisipan PRC055 pada gardu distribusi PRC041 penyulang dilakukan untuk mengatasi overload yang terjadi pada gardu PRC041. Sebelum penambahan gardu sisipan PRC055, perhitungan tata letak dan kapasitas trafo pada gardu distribusi PRC041 sangat perlu diperhatikan. Selain mengacu pada hasil perhitungan tersebut juga perlu di perhatikan kondisi lapangan dan perkembangan beban dilokasi.dan dari hasil perhitungan nilai rugi daya sebelum penambahan gardu sisipan PRC055 pada tiap jurusan di gardu distribusi PRC041 yaitu sebesar 19,07 kW, sehingga rugi daya total yang dialami trafo distribusi GT.PRC041 sebesar 5,65 kW dan sebesar 4,7 kW.

Kata kunci ; Trafo, Gardu dan Daya

I. PENDAHULUAN

Latar Belakang

Pesatnya pertumbuhan jumlah penduduk menyebabkan meningkatnya kebutuhan energi listrik. Energi listrik ini dapat digunakan dalam berbagai macam hal, seperti menyetrika, memasak nasi, mencuci pakaian, mendinginkan ruangan, menyalakan pompa dan lain-lain. Dalam pendistribusian energi listrik hingga sampai ke konsumen sering terjadi berbagai macam gangguan yang dapat menghambat proses pendistribusian energi listrik [1]. Salah satu dampak dari bertambahnya penggunaan energi listrik yaitu terjadinya overload (beban lebih) pada transformator distribusi. Apabila transformator kelebihan beban atau overload maka dapat mengakibatkan kerugian seperti pendistribusian energi listrik

dapat terhambat, sebab umur transformator akan menurun dan akan rusak akibat panas berlebihan, sehingga untuk kedepannya harus dilakukan perbaikan yang akan menyebabkan terganggunya suplai listrik ke pelanggan. Sebaliknya, apabila transformator yang memiliki kapasitas besar namun pembebanan terlalu sedikit, maka PT. PLN (Persero) akan mengalami kerugian dari segi ekonomis. Overload yang terjadi pada transformator yang terpasang mengalami beban diatas rating kapasitas pembebanan yang mencapai 80% dimana kapasitas tersebut melebihi kapasitas pembebanan yang di anjurkan SPLN 50/1982 dan D3.002-1:2007 yang membahas mengenai beban maksimal continue transformator tidak melebihi 80% dan SPLN 50/1997 membahas mengenai transformator distribusi dari permasalahan beban lebih tersebut dapat ditangani dengan metode transformator gardu sisip, pecah beban, atau mutasi transformator [1]. Pembebanan transformator distribusi diatur dalam standar ketentuan PLN (SPLN) yang dimaksudkan untuk dijadikan pedoman dalam pengoperasian dan pemeliharaan transformator distribusi, berdasarkan regulasi dari PLN (SPLN No.1 Tahun 1995) syarat keandalan sistem antara lain persentase pembebanan transformator tidak boleh melebihi 80% dari bebannya dan persentase jatuh tegangan di sisi pelanggan tidak boleh lebih dari +5% dan -10% dari tegangan normalnya [2].

Untuk mengantisipasi terjadinya hal yang tidak diinginkan pada transformator distribusi maka dilakukanlah pemasangan gardu sisipan. Dengan dipasangnya gardu sisipan diharapkan dapat memperbaiki kualitas penyaluran energi listrik dan meningkatkan pelayanan kepada pelanggan PT. PLN itu sendiri. Berdasarkan dari kondisi tersebut, penulis melakukan analisa penambahan gardu sisipan khususnya pada penyulang Racing di PT.PLN (Persero) Rayon Makassar Selatan yang terletak di Jalan Hertasing Raya Makassar.

Adapun tujuan dari penyusunan laporan akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Menjelaskan cara mengatasi transformator distribusi (PRC041) yang mengalami *overload* dalam perencanaan penambahann gardu sisipan pada penyulang Racing.
2. Menghitung besarnya rugi daya sebelum dan sesudah dipasangnya gardu sisipan pada gardu distribusi (PRC041) penyulang Racing.

Hasil penelitian ini diharapkan memberi manfaat dalam bentuk :

1. Untuk mengantisipasi terjadinya hal yang tidak diinginkan pada transformator distribusi
2. Dengan dipasangnya gardu sisipan diharapkan dapat memperbaiki kualitas penyaluran energi listrik dan meningkatkan pelayanan kepada pelanggan PT. PLN itu sendiri.

II. TINJAUAN PUSTAKA

Sistem distribusi merupakan bagian dari sistem tenaga listrik. Sistem distribusi ini berguna untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik besar (*Bulk power source*) sampai ke konsumen. Jadi, fungsi distribusi tenaga listrik adalah pembagian atau penyaluran tenaga listrik ke beberapa tempat (pelanggan), dan merupakan sub sistem tenaga listrik yang langsung berhubungan dengan pelanggan. Hal ini disebabkan karena satu daya pada pusat-pusat beban (pelanggan) dilayani langsung melalui jaringan distribusi. Tenaga listrik yang dihasilkan oleh pembangkit tenaga listrik besar dengan tegangan dari 11 kV sampai 24 kV dinaikkan tegangannya oleh gardu induk dengan transformator penaik tegangan menjadi 70 kV, 154 kV, 220 kV atau 500 kV kemudian disalurkan melalui saluran transmisi. Tujuan menaikkan tegangan ialah untuk memperkecil kerugian daya listrik pada saluran transmisi di mana dalam hal ini kerugian daya adalah sebanding dengan kuadrat arus yang mengalir (12.R) [3].

Dari saluran transmisi, tegangan diturunkan lagi menjadi 20 kV dengan transformator penurun tegangan pada gardu induk distribusi, kemudian dengan sistem tegangan tersebut penyaluran tenaga listrik dilakukan oleh saluran distribusi primer. Dari saluran distribusi primer inilah gardu-gardu distribusi mengambil tegangan untuk diturunkan tegangannya dengan transformator distribusi menjadi sistem tegangan rendah, yaitu 220/380 Volt . Selanjutnya disalurkan oleh saluran distribusi sekunder ke konsumen-konsumen. Hal ini membuktikan bahwa sistem distribusi merupakan bagian yang penting dalam sistem tenaga listrik secara keseluruhan.

Pada sistem penyaluran daya jarak jauh, selalu digunakan tegangan setinggi mungkin, dengan menggunakan transformator *step up* [4]. Nilai tegangan yang sangat tinggi ini menimbulkan beberapa konsekuensi antara lain: berbahaya bagi lingkungan dan mahalnya harga perlengkapan-perengkapannya, selain menjadi tidak cocok dengan nilai tegangan yang dibutuhkan pada sisi beban. Maka pada daerah-daerah pusat beban tegangan saluran yang tinggi ini diturunkan kembali dengan menggunakan transformator *step down*.

Akibatnya, bila ditinjau nilai tegangannya, maka mulai dari titik sumber hingga di titik beban, terdapat bagian-bagian saluran yang memiliki nilai tegangan berbeda-beda.[4]

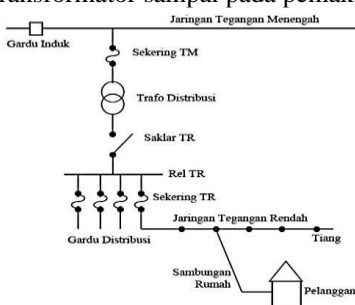
1. Jaringan Sistem Distribusi Primer

Jaringan distribusi primer merupakan suatu sistem tenaga listrik yang dapat menyalurkan tenaga listrik dari gardu transmisi ke gardu distribusi. Untuk tegangan menengah atau tegangan jaringan primer. Biasanya terdiri dari sistem tiga fasa.

Jaringan distribusi primer berfungsi menyalurkan daya listrik, menjelajahi daerah asuhan ke gardu / transformator distribusi. Jaringan distribusi primer dilayani oleh gardu hubung atau langsung dari gardu induk atau dari pusat pembangkit. Bentuk jaringan radial merupakan bentuk yang paling sederhana, banyak digunakan dan murah. Dinamakan radial karena saluran ini ditarik secara radial dari suatu titik yang merupakan sumber dari jaringan itu dan dicabang-cabangkan ke titik-titik beban yang dilayani [5]

2. Jaringan Sistem Distribusi Sekunder

Sistem distribusi sekunder merupakan salah satu bagian dalam sistem distribusi, yaitu mulai dari gardu transformator sampai pada pemakai akhir atau konsumen.



Gambar 1. Hubungan Tegangan Menengah ke Tegangan Rendah dan Konsumen

Melihat letaknya, sistem distribusi ini merupakan bagian yang langsung berhubungan dengan konsumen, jadi sistem ini berfungsi menerima daya listrik dari sumber daya (transformator distribusi), juga akan mengirimkan serta mendistribusikan daya tersebut ke konsumen. mengingat bagian ini berhubungan langsung dengan konsumen, maka kualitas listrik selayaknya harus sangat diperhatikan. Sistem penyaluran daya listrik pada Jaringan tegangan rendah dapat dibedakan menjadi dua yaitu sebagai berikut:

1. Saluran Udara Tegangan Rendah (SUTR) Jenis penghantar yang dipakai adalah kabel telanjang (tanpa

isolasi) seperti kabel AAAC, kabel ACSR.

2. Saluran Kabel Udara Tegangan Rendah (SKUTR) Jenis penghantar yang dipakai adalah kabel berisolasi seperti kabel LVTC (*Low Voltage Twisted Cable*) ukuran kabel LVTC adalah : 2x10mm², 2x16mm², 4x25mm², 3x35mm², 3x50mm², 3x70mm². [6]

1. Deskripsi Gardu Distribusi

Yang dimaksud dengan Gardu Distribusi adalah suatu tempat/bangunan instalasi listrik yang di dalamnya terdapat alat-alat: Pemutus, penghubung, pengaman dan transformator distribusi untuk mendistribusikan tenaga listrik sesuai dengan kebutuhan tegangan konsumen.

Peralatan-peralatan ini adalah untuk menunjang mencapai pendistribusian tenaga listrik secara baik yang mencakup kontinuitas pelayanan yang terjamin, mutu yang tinggi dan menjamin keselamatan bagi manusia.

Fungsi Gardu Distribusi adalah sebagai berikut :

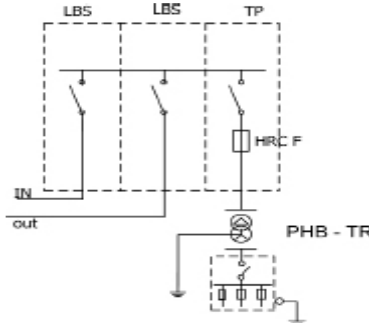
1. Menyalurkan/ meneruskan tenaga listrik tegangan menengah ke konsumen tegangan rendah;
2. Menurunkan tegangan menengah menjadi tegangan rendah selanjutnya disalurkan ke konsumen tegangan rendah;
3. Menyalurkan/ meneruskan tenaga listrik tegangan menengah ke gardu distribusi lainnya dan ke gardu hubung.

System disrbusi daya listrik meliputi semua jaringan tengangsn menengah (JTM) 20K dan semua jaringan tegangan rendah(JTM) 380?220 Volt hingga meter meter pelanggan.pendistribusi daya listrik dilakukan dengan menarik kawat –kawat distribusi melalui penghantar udara.Penghantar bawah tanah dari mulai gardu induk higgsa kepusat beban.pada sistem di ranting galang ada terpasang jaringan bawah tanah karena keadaan kota atau daerahnya belum mumungkingan untuk di bangun jaringan tersebut .jadi untuk daerah ini tewtapa disuplai melalui hantaran udara 3 phasa 3 kawat.[7]

Untuk Gardu Tiang pada sistem jaringan lingkaran terbuka (*open-loop*), seperti pada sistem distribusi dengan saluran kabel bawah tanah, konfigurasi peralatan adalah π sectiondimana transformator distribusi dapat di catu dari arah berbeda yaitu posisi *Incoming – Outgoing* atau dapat sebaliknya.

Guna mengatasi faktor keterbatasan ruang pada Gardu Portal, maka digunakan konfigurasi *switching/proteksi* yang sudah terakit ringkas sebagai RMU

(Ring Main Unit). Peralatan switching *incoming-outgoing* berupa Pemutus Beban atau LBS (*Load Break Switch*) atau Pemutus Beban Otomatis (PBO) atau CB (*Circuit Breaker*) yang bekerja secara manual (atau digerakkan dengan remote control).[8]



Gambar 2. Bagan satu garis Gardu Portal
Sumber : PT. PLN (Persero) Buku 4, 2010

Fault Indicator (dalam hal ini PMFD : *Pole Mounted Fault Detector*) perlu dipasang pada *section* jaringan dan percabangan untuk memudahkan pencarian titik gangguan, sehingga jaringan yang tidak mengalami gangguan dapat dipulihkan lebih cepat.[8]

2. Gardu Sisipan

Gardu sisipan merupakan gardu tambahan yang dipasang oleh PT.PLN (Persero) untuk menanggulangi berbagai kerugian yang ditimbulkan oleh transformator pada gardu sebelumnya. Beberapa faktor yang dipertimbangkan oleh PT.PLN(Persero) untuk menambah transformator atau gardu sisipan adalah :

1. Transformator sebelumnya sudah *overload*

Overload terjadi karena beban yang terpasang pada transformator melebihi kapasitas maksimum penuh (*full load*) dari transformator. *Overload* akan menyebabkan transformator menjadi panas dan kawat tidak sanggup lagi menahan beban, sehingga timbul panas yang menyebabkan naiknya suhu lilitan tersebut. Kenaikan ini menyebabkan rusaknya isolasi lilitan pada kumparan transformator. Menurut SPLN No. 50 tahun 1997 ideal pembebanan sebuah trafo bernilai 60% – 80% dari kapasitas trafo distribusi, lebih dari standar tersebut dapat dikatakan berada dalam kategori trafo *overload*.

2. Besarnya *drop* tegangan pada JTR Penyebab timbulnya *drop* tegangan adalah

- Arus beban puncak (ampere);
- Tahanan saluran (ohm/km);

c. Panjang saluran (km)

Drop tegangan akan semakin besar jika satu atau lebih dari faktor di atas nilainya besar. Yang dimaksud dengan *drop* tegangan di sini yaitu *drop* tegangan yang ujung pada jaringan tegangan rendah (JTR) yaitu tegangan yang jatuh pada saluran JTR yang menyebabkan jatuhnya/turunnya tegangan pada ujung saluran konsumen. Menurut SPLN No. 72 tahun 1987 pasal 4 ayat 19 tentang pengaturan tegangan dan turun tegangan, bahwa jatuh tegangan yang diperbolehkan pada transformator distribusi dibolehkan 3% dari tegangan kerja. Turun tegangan pada STR dibolehkan sampai 4% dari tegangan kerja.[9]

3. Jenis Rugi-Rugi Pada Sistem Distribusi

Setiap peralatan listrik yang digunakan tidak selamanya bekerja dengan sempurna. Semakin lama waktu pemakaian maka akan berkurangnya efisiensi dari peralatan tersebut sehingga akan mengakibatkan rugi-rugi yang semakin besar pula (Hadi, Abdul, 1994: 3).[10]

Pada sistem distribusi listrik rugi daya (*losses*) dibedakan menjadi beberapa jenis. Menurut Keputusan Direksi PT.PLN (Persero) No.217-1.K/DIR/2005 (2005:2) tentang Pedoman Penyusunan Laporan Neraca Energi (Kwh), “Jenis susut (rugi daya) energi listrik dapat dibedakan menjadi dua, yaitu:

- Berdasarkan tempat terjadinya, susut transmisi dan susut distribusi.
 - Berdasarkan sifatnya, susut teknis dan non teknis
- Rugi-rugi pada sistem tenaga listrik berdasarkan tempat terjadinya dibagi menjadi dua yaitu:
- Rugi-rugi sistem transmisi yaitu rugi-rugi transformator *step up* (trafo tegangan tinggi), saluran transmisi, dan transformator di gardu induk
 - Rugi-rugi pada sistem distribusi yaitu rugi-rugi pada *feeder* utama (penyulang utama) serta jaringan, transformator distribusi, peralatan distribusi, dan pengukuran.

Tahanan Penghantar (R)

Penyaluran daya listrik pada jaringan distribusi primer dipengaruhi oleh parameter resistansi, induktansi dan kapasitansi, ketiga parameter ini mengakibatkan terjadinya jatuh tegangan dan susut daya. Untuk panjang jaringan yang

pendek pengaruh kapasitansi dapat diabaikan. Menurut Stevenson, William, 1994 (Nasir, M M. 2009), [11]

ρ adalah resistansi jenis masing-masing penghantar, aluminium = $28.25 \Omega\text{-mm}^2/\text{m}$.

Untuk mencari tahanan penghantar dapat dicari dengan persamaan:

$$R = \rho \frac{l}{A} \dots \dots \dots (6)$$

dimana:

R = tahanan penghantar (Ω)

ρ = hambatan jenis ($\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$)

L = panjang penghantar (m)

A = luas penampang penghantar (mm^2)

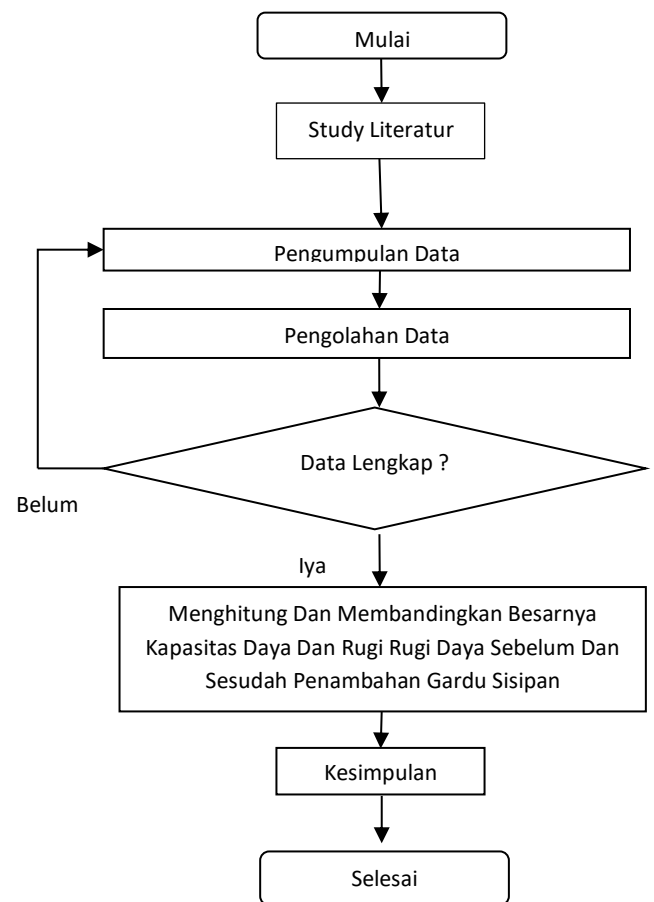
III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Prosedur Penelitian

Pengambilan data dalam penelitian kali ini dilakukan pada penyulang Racing di PT. PLN (Persero) Rayon Makassar Selatan. Adapun waktu pengambilan data dalam penelitian ini, dimulai pada bulan Maret 2022 sampai dengan Agustus 2023.

Dalam menyelesaikan laporan penelitian proyek akhir ini, tentu harus mengikuti langkah-langkah yang terstruktur dan sistematis agar dalam menganalisis penambahan gardu sisipan pada sistem distribusi dapat di kerjakan dengan baik dan benar, adapun gambar *flow chart* penelitian bisa dilihat pada gambar di samping dengan penjelasan sebagai berikut:

1. Penelitian di mulai dengan mengumpulkan data dengan cara melakukan studi literatur, wawancara, observasi dan dokumentasi.
2. Melakukan pengolahan data penelitian yang telah diperoleh dengan mengacu pada tinjauan pustaka.
3. Melakukan analisis terhadap data-data yang telah diolah, salah satunya dengan membandingkan hasil pengolahan data terhadap teori sesuai standar dan ketentuan yang ada, dan menjadikan rumusan masalah serta tinjauan pustaka sebagai acuan analisa dan pembahasan.
4. Menarik kesimpulan dari hasil analisis yang telah dilakukan sehingga tujuan ataupun rumusan masalah dari obyek penelitian dapat terjawab.



Flow Chart Penelitian

B. Teknik Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data ialah cara yang ditempuh untuk mengambil data dari variabel penelitian tersebut. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah wawancara, observasi secara langsung, pengumpulan data (dokumentasi). Metode di atas akan di jelaskan lebih rinci sebagai berikut:

1. Studi literatur

Studi literatur dilakukan dengan menggunakan berbagai referensi, baik melalui buku, tugas akhir ataupun jurnal penelitian, hingga melalui internet berbentuk dokumen a taupun *digital library*.

2. Wawancara

Wawancara dilakukan dengan mewawancarai narasumber yang berkompeten dengan bidang yang terkait terhadap topik dari tugas akhir yang diangkat. Teknik wawancara yang penulis lakukan adalah menanyakan segala sesuatu yang tidak diketahui atau tidak jelas.

3. Observasi

Observasi yaitu peneliti melakukan pengamatan secara jelas terhadap penyebab permasalahan dan nyata serta pencatatan secara sistematis terhadap gejala atau fenomena yang diselidiki.

4. Dokumentasi

Dokumentasi adalah metode yang dilakukan untuk mengumpulkan seluruh data yang terkait dengan hal hal penelitian. Ke semua data tersebut diperoleh dari *softcopy database* PLN .

D. Analisis Data

Dalam penelitian ini metode analisis data yang digunakan adalah analisis deskriptif dan perhitungan berdasarkan teori, yaitu untuk mengetahui cara mengatasi transformator distribusi yang mengalami *overload* dalam perencanaan penambahann gardu sisipan serta mengetahui besar rugi daya pada suatu wilayah di PT. PLN (Persero) Rayon Makassar Selatan khususnya Penyulang Racing.

IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Dalam penelitian ini, mengambil data pada gardu distribusi PRC041 yang merupakan salah satu gardu distribusi yang ada pada penyulang Racing di PT.PLN (Persero) Rayon Makassar Selatan.

1. Gardu Distribusi PRC041

Ketidakoptimalan kerja sebuah gardu distribusi akibat beban lebih mengakibatkan mutu layanan kepada konsumen PT. PLN (Persero) berkurang. Hal itulah yang terjadi pada gardu distribusi PRC041 yang mengalami beban lebih pada Waktu Beban Puncak (WBP). Untuk itulah dibuat sebuah solusi pemasangan gardu distribusi sisipan yang nantinya akan mengurangi beban lebih pada gardu PRC041.Gardu ini berkapasitas 400 kVA terdiri dari lima jurusan dan terletak di

Jl. Poros Sukaria Raya. Dibawah ini adalah gambar dari gardu PRC041:



Gambar 3. Gardu distribusi GT.PRC041 Penyulang Racing

2. Data Pengukuran Gardu Distribusi PRC041 Sebelum Penambahan Gardu Sisipan (pengukuran WBP)

Table 1. Hasil pengukuran beban trafo GT.PRC041 sebelum penambahan gardu sisipan

Data pengukuran							
Jurusan penampang	Arus (ampere)				Tegangan (volt)		
	R	S	T	N	Phb f-n	Phb f-f	Ujung f-n
A (lvtc 3x70+50mm)	205	164	208				205
B (lvtc 3x70+50mm)	63	91	74				212
C (lvtc 3x70+50mm)	204	191	169				215
D (lvtc 3x70+50mm)	25	28	11				210
E (lvtc 3x70+50mm)	28	67	69				218
Total	525	541	531	151	220	382	205

3. Perhitungan Gardu Distribusi PRC041 Sebelum Penambahan Gardu Sisipan PRC055

Dengan menggunakan data yang didapatkan dari pengukuran PLN Rayon Makassar Selatan yang dilakukan pada tanggal 13 September 2021 di lokasi gardu distribusi PRC041 yaitu di Jl. Poros Sukaria Raya.

Tabel 2. Panjang penghantar jurusan GT. PRC041 sebelum penambahan gardu sisipan PRC055

JURUSAN PENAMPANG	PANJANG SALURAN (KM)
-------------------	----------------------

A (LVTC 3X70+50MM)	0,44
B (LVTC 3X70+50MM)	0,56
C (LVTC 3X70+50MM)	0,64
D (LVTC 3X70+50MM)	0,28
E (LVTC 3X70+50MM)	0,28

Perhitungan pembebanan GT. PRC041 sebelum penambahan gardu sisipan

Untuk dapat dihitung besarnya kapasitas daya setiap jurusan dengan menggunakan data hasil pengukuran pada tabel 4.1 serta persamaan 3, yakni:

- Total Arus Per Fasa GT. PRC041

Beban fasa R	=	220 x 525	=	115,5 kVA
Beban fasa S	=	220 x 541	=	119,02 kVA
Beban fasa T	=	220 x 531	=	116,82 kVA
Total Beban GT. PRC041	=		=	<u>351,34 Kva</u>

Sedangkan untuk menghitung persentase pembebanan (% Beban) pada GT.PRC041 dapat menggunakan persamaan 11 yakni:

$$\% \text{ Beban GT.PRC041} = \frac{351,34}{400} \times 100\% = 87,83 \%$$

Untuk mengetahui beban setiap jurusan, dapat dihitung menggunakan *Microsoft Office Excel* dengan rumus yang sama seperti di atas. Berikut hasil perhitungan menggunakan *Microsoft Office Excel*.

Table 3. Hasil perhitungan beban GT.PRC041 sebelum penambahan gardu sisipan

Data Perhitungan								
Jurusan Penampang	Arus (Ampere)			Beban (kVA)			Beban Per Jurusan (kva)	Persen (%)
	R	S	T	R	S	T		
A (LVTC 3X70+50 MM)	205	164	208	45,1	36,08	45,76	126,94	31,735
B (LVTC 3X70+50 MM)	63	91	74	13,86	20,02	16,28	50,16	12,54
C (LVTC 3X70+50 MM)	204	191	169	44,88	42,02	37,18	124,08	31,02
D (LVTC 3X70+50 MM)	25	28	11	5,5	6,16	2,42	14,08	3,52
E (LVTC 3X70+50 MM)	28	67	69	6,16	14,74	15,18	36,08	9,02

TOTAL	525	541	531	115.5	119.02	116.82	351,34	87,835
-------	-----	-----	-----	-------	--------	--------	--------	--------

Setelah dilakukan perhitungan presentase pembebanan pada GT.PRC041 dan hasilnya menunjukkan bahwa GT.PRC041 mengalami *overload* karena total prosentase beban trafo adalah 87,84 % sehingga harus dilakukan perbaikan. Cara yang digunakan untuk memperbaiki pembebanan pada gardu distribusi ini adalah dengan membangun gardu baru (sisipan) di dekat GT.PRC041 sehingga beban pada GT.PRC041 dapat dibagi ke gardu yang baru.

Menghitung Rugi Daya Sebelum ditambah Gardu Sisipan PRC055

- Resistansi setiap jurusan

Untuk mencari nilai resistansi pada setiap jurusan, digunakan persamaan 6, yakni:

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

$$R_a = 28,25 \Omega \text{ mm}^2/\text{km} \times \frac{0,44 \text{ km}}{70 \text{ mm}^2} = 0,17 \Omega$$

$$R_b = 28,25 \Omega \text{ mm}^2/\text{km} \times \frac{0,56 \text{ km}}{70 \text{ mm}^2} = 0,22 \Omega$$

$$R_c = 28,25 \Omega \text{ mm}^2/\text{km} \times \frac{0,64 \text{ km}}{70 \text{ mm}^2} = 0,25 \Omega$$

$$R_d = 28,25 \Omega \text{ mm}^2/\text{km} \times \frac{0,28 \text{ km}}{70 \text{ mm}^2} = 0,11 \Omega$$

$$R_e = 28,25 \Omega \text{ mm}^2/\text{km} \times \frac{0,28 \text{ km}}{70 \text{ mm}^2} = 0,11 \Omega$$

- Rugi daya GT.PRC041 pada jurusan A

Untuk mencari nilai rugi daya pada penghantar jurusan A, digunakan persamaan 7, 8 dan 9 yakni:

Untuk fasa R

$$P = V \cdot I \cdot \cos\phi = 220 \times 205 \times 0,85 = 38.335 \text{ Watt}$$

$$\Delta P = I^2 \cdot R = (205)^2 \times 0,17 = 7.144,25 \text{ Watt}$$

$$\% \Delta P = \frac{\Delta P}{P} \times 100\% = \frac{7.144,25}{38.335} \times 100\% = 18,6 \%$$

Untuk fasa S

$$P = V \cdot I \cdot \cos\phi$$

$$= 220 \times 164 \times 0.85$$

$$= 30.668 \text{ Watt}$$

$$\Delta P = I^2 \cdot R$$

$$= (164)^2 \times 0.17$$

$$= 4.572,32 \text{ Watt}$$

$$\% \Delta P = \frac{\Delta P}{P} \times 100\%$$

$$= \frac{4.572,32}{30.668} \times 100\%$$

$$= 14,9 \%$$

Untuk fasa T

$$P = V \cdot I \cdot \cos \phi$$

$$= 220 \times 208 \times 0.85$$

$$= 38.896 \text{ Watt}$$

$$\Delta P = I^2 \cdot R$$

$$= (208)^2 \times 0.17$$

$$= 7.354,88 \text{ Watt}$$

$$\% \Delta P = \frac{\Delta P}{P} \times 100\%$$

$$= \frac{7.354,88}{38.896} \times 100\%$$

$$= 18,9 \%$$

Rata-Rata Persentasi Rugi Daya GT.PRC041 Pada Jurusan A

$$\% \text{ Rugi Daya} = \frac{18,6\% + 14,9\% + 18,9\%}{3}$$

$$= 17,5\%$$

Untuk jurusan B, C, D, E dan total beban dapat dihitung menggunakan *Microsoft Office Excel* dengan rumus yang sama seperti di atas.

Table 4. Hasil perhitungan rugi daya trafo GT.PRC041 sebelum penambahan gardu sisipan

DATA PERHITUNGAN													
Jurusan Penampang	Arus (Ampere)			P (Watt)			ΔP (Watt)			ΔP (%)			ΔPrata-rata (%)
	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T	
A (LVTC 3X70+ 50MM)	205	164	208	38.335	30.668	38.896	7.144,25	4.572,32	7.354,88	18,6	14,9	18,9	17,5
B (LVTC 3X70+ 50MM)	63	91	74	11.781	17.017	13.838	873,18	1.821,82	1.204,72	7,41	10,7	8,71	8,94
C (LVTC 3X70+ 50MM)	204	191	169	38.148	35.717	31.603	10.404,00	9.120,25	7.140,25	27,3	25,5	22,6	25,1
D (LVTC 3X70+50MM)	25	28	11	4.675	5.236	2.057	68,75	86,24	13,31	1,47	1,65	0,65	1,25
E (LVTC 3X70+ 50MM)	28	67	69	5.236	12.529	12.903	86,24	493,79	523,71	1,65	3,94	4,06	3,22
TOTAL	525	541	531	98.175	101.167	99.297	18.576,42	16.094,42	16.236,87	11,3	11,3	11	11,2

Hasil perhitungan rugi daya trafo sebelum penambahan gardu sisipan terbilang cukup besar dimana rata rata penjumlahan total berada di angka 11,2

4. Data Pengukuran Gardu Distribusi PRC041 Setelah Penambahan Gardu Sisipan PRC055 (pengukuran WBP)

Table 5. Hasil pengukuran beban trafo GT.PRC041 setelah penambahan gardu sisipan

Data Pengukuran							
Jurusan penampang	Arus (ampere)				Tegangan (volt)		
	R	S	T	N	Phb f-n	Phb f-f	Ujung f-n
A (lvtc 3x70+50mm)	198	180	211				218
B (lvtc 3x70+50mm)	4	4	5				217
C (lvtc 3x70+50mm)	68	1	37				211
D (lvtc 3x70+50mm)	23	21	21				216
E (lvtc 3x70+50mm)	37	83	60				217
Total	330	289	334	110	224	386	211

5. Perhitungan Gardu Distribusi PRC041 Setelah Penambahan Gardu Sisipan PRC055

Dengan menggunakan data yang didapatkan dari pengukuran PLN Rayon Makassar Selatan yang dilakukan pada tanggal 5 Juni 2022 di lokasi gardu distribusi PRC041 yaitu di Jl. Poros Sukaria Raya.

Tabel 6. Panjang penghantar jurusan GT. PRC041 setelah penambahan gardu sisipan PRC055

JURUSAN PENAMPANG	PANJANG SALURAN (KM)
A (LVTC 3X70+50MM)	0,44
B (LVTC 3X70+50MM)	0,56
C (LVTC 3X70+50MM)	0,24
D (LVTC 3X70+50MM)	0,28
E (LVTC 3X70+50MM)	0,28

Perhitungan pembebanan pada PRC041 Setelah Penambahan Gardu Sisipan

Untuk dapat dihitung besarnya kapasitas daya setiap jurusan dengan menggunakan data hasil pengukuran pada tabel 4.5 yakni:

- Total Arus Per Fasa GT. PRC041

$$\begin{aligned} \text{Beban fasa R} &= 224 \times 330 = 73,92 \text{ kVA} \\ \text{Beban fasa S} &= 224 \times 289 = 64,736 \text{ kVA} \\ \text{Beban fasa T} &= 224 \times 334 = 74,816 \text{ kVA} \\ \text{Total Beban GT. PRC041} &= 213,272 \text{ kVA} \end{aligned}$$

Sedangkan untuk menghitung persentase pembebanan (% Beban) pada GT.PRC041 dapat menggunakan persamaan 11 yakni:

$$\begin{aligned} \% \text{ Beban GT.PRC041} &= \frac{213,272}{400} \times 100\% \\ &= 53,36\% \end{aligned}$$

Untuk mengetahui beban setiap jurusan, dapat dihitung menggunakan *Microsoft Office Excel* dengan rumus yang sama seperti di atas. Berikut hasil perhitungan menggunakan *Microsoft Office Excel*.

Table 7. Hasil perhitungan beban GT.PRC041 sebelum penambahan gardu sisipan

Data Perhitungan								
Jurusan Penampangan	Arus (Ampere)			Beban (kVA)			Beban Per Jurusan (kva)	Persen (%)
	R	S	T	R	S	T		
A (LVTC 3X70+ 50 MM)	198	180	211	44,352	40,32	47,264	131,94	32,98
B (LVTC 3X70+ 50 MM)	4	4	5	0,896	0,896	1,12	2,912	0,728
C (LVTC 3X70+ 50 MM)	68	1	37	15,232	0,224	8,288	23,744	5,936
D (LVTC 3X70+ 50 MM)	23	21	21	5,152	4,704	4,704	14,56	3,64
E (LVTC 3X70+ 50 MM)	37	83	60	8,288	18,592	13,44	40,32	10,08
TOTAL	330	289	334	73,92	64,736	74,816	213,476	53,37

Menghitung Rugi Daya Setelah ditambah Gardu Sisipan PRC055

- Resistansi setiap jurusan

Untuk mencari nilai resistansi pada setiap jurusan, digunakan persamaan 6, yakni:

$$\begin{aligned} R &= \rho \\ R_a &= 28,25 \Omega \text{ mm}^2/\text{km} \times \frac{0,44 \text{ km}}{70 \text{ mm}^2} = 0,17 \Omega \\ R_b &= 28,25 \Omega \text{ mm}^2/\text{km} \times \frac{0,56 \text{ km}}{70 \text{ mm}^2} = 0,22 \Omega \\ R_c &= 28,25 \Omega \text{ mm}^2/\text{km} \times \frac{0,24 \text{ km}}{70 \text{ mm}^2} = 0,09 \Omega \\ R_d &= 28,25 \Omega \text{ mm}^2/\text{km} \times \frac{0,28 \text{ km}}{70 \text{ mm}^2} = 0,11 \Omega \\ R_e &= 28,25 \Omega \text{ mm}^2/\text{km} \times \frac{0,28 \text{ km}}{70 \text{ mm}^2} = 0,11 \Omega \end{aligned}$$

- Rugi daya GT.PRC041 pada jurusan A

Untuk mencari nilai rugi daya pada penghantar jurusan A, digunakan persamaan 7, 8 dan 9 yakni:

Untuk phasa R

$$P = V \cdot I \cdot \cos\phi$$

$$= 224 \times 198 \times 0.85$$

$$= 37.699,2 \text{ Watt}$$

$$\Delta P = I^2 \cdot R$$

$$= (198)^2 \times 0.17$$

$$= 6.664,68 \text{ Watt}$$

$$\% \Delta P = \frac{\Delta P}{P} \times 100\%$$

$$= \frac{6.664,8}{37.699,2} \times 100\%$$

$$= 17,67 \%$$

Untuk phasa S

$$P = V \cdot I \cdot \cos\phi$$

$$= 224 \times 180 \times 0.85$$

$$= 34.272 \text{ Watt}$$

$$\Delta P = I^2 \cdot R$$

$$= (180)^2 \times 0.17$$

$$= 5.508 \text{ Watt}$$

$$\% \Delta P = \frac{\Delta P}{P} \times 100\%$$

$$= \frac{5.580}{34272} \times 100\%$$

$$= 16.07 \%$$

Untuk phasa T

$$P = V \cdot I \cdot \cos\phi$$

$$= 224 \times 211 \times 0.85$$

$$= 40.174,4 \text{ Watt}$$

$$\Delta P = I^2 \cdot R$$

$$= (211)^2 \times 0.17$$

$$= 7.568,57 \text{ Watt}$$

$$\% \Delta P = \frac{\Delta P}{P} \times 100\%$$

$$= \frac{7.568,57}{40.174,4} \times 100\%$$

$$= 18,83 \%$$

Rata-Rata Persentasi Rugi Daya GT.PRC041 Pada Jurusan A

$$\% \text{ Rugi Daya} = \frac{17.67\% + 16.07\% + 18.83\%}{3}$$

$$= 17,53\%$$

Untuk jurusan B, C, D, E dan total beban dapat dihitung menggunakan *Microsoft Office Excel* dengan rumus yang sama seperti di atas. Berikut hasil perhitungan menggunakan *Microsoft Office Excel*.

Tabel 8. Hasil perhitungan rugi daya trafo GT.PRC041 setelah penambahan gardu sisipan

Data perhitungan													
Jurusan Penampang	ARUS (Ampere)			P (Watt)			ΔP (Watt)			ΔP (%)			ΔPrata-rata (%)
	R	S	T	R	S	T	R	S	T	R	S	T	
A (LVTC 3X70+50MM)	198	180	211	37.699	34.272	40.174	6.664,68	5.508,00	7.568.57	17,68	16,07	18,8	17,5
B (LVTC 3X70+50MM)	4	4	5	762	762	952	3,52	3,52	5,5	0,462	0,462	0,58	0,5
C (LVTC 3X70+50MM)	68	1	37	12.947	190	7.045	416,16	0,09	123.21	3,214	0,047	1,75	1,67
D (LVTC 3X70+50MM)	23	21	21	4.379	3.998	3.998	58,19	48,51	48.51	1,329	1,213	1,21	1,25
E (LVTC 3X70+50MM)	37	83	60	7.045	15.803	11.424	150,59	757,79	396	2,138	4,795	3,47	3,47
Total	330	289	334	62.832	55.026	63.594	7.293,14	6.317,91	8.141,79	4,964	4,518	5,17	4,88

Setelah penambahan gardu sisipan Dari hasil perhitungan nilai rugi daya sebelum penambahan gardu sisipan PRC055 pada tiap jurusan di gardu distribusi PRC041 yaitu sebesar 19,07 kW, sehingga rugi daya total yang dialami trafo distribusi GT.PRC041 sebesar sebesar 4,88 kW.

6. Gardu Sisipan PRC055

Gardu sisipan yang ditambahkan untuk mengurangi beban lebih pada penyulang Racing khususnya pada GT.PRC041 yaitu gardu PRC055 dengan kapasitas beban 100 kVA, gardu ini terbagi menjadi 2 jurusan yang berlokasi di Jl. App Rani II D.

Dibawah ini adalah gambar dari gardu PRC055:



Gambar 4. Gardu distribusi GT. PRC055 Penyulang Racing

7. Data Pengukuran Beban Gardu Sisipan PRC055 (pengukuran WBP)

Table 9. Hasil pengukuran beban gardu sisipan PRC055

Data Pengukuran								
Jurusan Penampang	Arus (ampere)				Tegangan (volt)			
	R	S	T	N	PHB F-N	PHB F-F	Ujung F-N	
A (LVTC 3X70+50MM)	76	55	97				219	
B (LVTC 3X70+50MM)	42	19	56				217	
Total	118	74	153	93	226	389	217	

8. Perhitungan Gardu Sisipan PRC055

Dengan menggunakan data yang didapatkan dari pengukuran PLN Rayon Makassar Selatan yang dilakukan pada tanggal 9 Juni 2021 di lokasi gardu distribusi PRC055 yaitu di App Rani II D.

Tabel 10. Panjang penghantar jurusan GT. PRC055

JURUSAN PENAMPANG	PANJANG SALURAN (KM)
-------------------	----------------------

A (LVTC 3X70+50MM)	0,22
B (LVTC 3X70+50MM)	0,28

Perhitungan pembebanan Gardu Sisipan PRC055

Untuk dapat dihitung besarnya kapasitas daya setiap jurusan dengan menggunakan data hasil pengukuran pada tabel 4.9 yakni:

- Total Arus Per Fasa GT. PRC055

$$\text{Beban fasa} = 226 \times = 26,668 \text{ kVA}$$

$$R = 118$$

$$\text{Beban fasa S} = 226 \times 74 = 16,724 \text{ kVA}$$

$$\text{Beban fasa T} = 226 \times = 34,578 \text{ kVA}$$

$$153$$

$$\text{Total Beban GT. PRC055} = \underline{77,97 \text{ kVA}}$$

Sedangkan untuk menghitung persentase pembebanan (% Beban) pada .PRC041 yang berkapasitas 100 kVA dapat menggunakan persamaan 11 yakni:

$$\begin{aligned} \% \text{ Beban GT. PRC055} &= \frac{77,79}{100} \times 100\% \\ &= 77,97 \% \end{aligned}$$

Untuk mengetahui beban setiap jurusan, dapat dihitung menggunakan *Microsoft Office Excel* dengan rumus yang sama seperti di atas. Berikut hasil perhitungan menggunakan *Microsoft Office Excel*.

Table 11 .Hasil perhitungan beban gardu sisipan PRC055

Data Perhitungan								
Jurusan Penampang	Arus (Amper)			Beban (kVA)			Beban Per Jurusan (kVA)	Persen (%)
	R	S	T	R	S	T		
A (LVTC 3X70+50MM)	76	55	97	17,18	12,43	21,92	51,53	51,53
B (LVTC 3X70+50MM)	42	19	56	9,492	4,294	12,66	26,446	26,446
Total	118	74	153	26,67	16,72	34,58	77,97	77,97

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Penambahan gardu sisipan PRC055 pada gardu distribusi PRC041 penyulang dilakukan untuk mengatasi *overload* yang terjadi pada gardu PRC041. Sebelum penambahan gardu sisipan PRC055, perhitungan tata letak dan kapasitas trafo pada gardu distribusi PRC041 sangat perlu diperhatikan. Selain

mengacu pada hasil perhitungan tersebut juga perlu di perhatikan kondisi lapangan dan perkembangan beban dilokasi.

2. Dari hasil perhitungan nilai rugi daya sebelum penambahan gardu sisipan PRC055 pada tiap jurusan di gardu distribusi PRC041 yaitu sebesar 19,07 kW, sehingga rugi daya total yang dialami trafo distribusi GT.PRC041 sebesar 5,65 kW dan sebesar 4,7 kW.

B. SARAN

Perlu adanya koordinasi yang baik antara pemerintah terkait dengan pihak PLN berkenaan dengan perencanaan beban di daerah tersebut. Hal ini bertujuan agar kebutuhan listrik di masyarakat dapat diprediksi sedini mungkin.

REFERENSI

- [1] B. Kurniawan, "Studi Analisis Pemasangan Gardu Sisip Guna Mengurangi Beban Berlebih Pada Transformator Distribusi Di PT. PLN (Persero) UP3 Yogyakarta," Institut Teknologi PLN, p. 76, 2020.
- [2] PT. PLN (PERSERO), Buku Pedoman Pemeliharaan Transformator Tenaga. Jakarta: PT PLN (PERSERO), 2014.
- [3] Suhadi, dkk. 2008. *Teknik Distribusi Tenaga Listrik*. Jilid 1. Jakarta. Direktorat Pembinaan Sekolah menengah kejuruan
- [4] Bambang Winarti, Agung Warsito Dan Meigy Restanaswari Kartika, "Analisis Perbaikan Susuk Teknis Dan Susuk Tegangan Pada Penyulung KLS 06 di GI Kalisari Dengan Menggunakan Software ETAP 7.5.0"2015.
- [5] Badruddin. 2019. *Modul II Sistem Distribusi*. Bengkulu: Pusat Pengembangan Bahan Ajar UMB
- [6] Ardiansyah, A. 2020. *Analisis Keandalan Sistem Jaringan Distribusi 20 kV*. Medan: Departemen Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara
- [7] anri muhaimin afif . 2011, *pembagian jaringan distribusi dan sistem proteksinya , magtrika , universitas gajamada , Yogyakarta*
- [8] Keputusan Direksi PT. PLN (Persero) Nomor : 605. K/DIR/2010. *Tentang Gardu Distribusi dan Gardu Hubung Tenaga Listrik*. Buku 4. Jakarta 2010.
- [9] SPLN No. 72 tahun 1987 pasal 4 ayat 19 *tentang pengaturan tegangan dan turun tegangan*
- [10] Hadi, Abdul. 2019. *Sistem Distribusi Daya Listrik*. Jakarta: Erlangga.
- [11] Nasir, M M. 2020. *Analisis Loses Jaringan Distribusi Primer*. Media Elektrik.