

PERENCANAAN PEMASANGAN GARDU SISIPAN PADA GARDU DISTRIBUSI MNK 008 PENYULANG KASUARI DI PT.PLN (PERSERO) ULP MANOKWARI KOTA

¹ Willy Armando Wabes, ² I Made Wartana, ³ Irrine Budi S

^{1,2,3} Teknik Elektro S1 ITN Malang, Malang, Indonesia

¹willyneymar11@gmail.com, ² m.wartana@lecturer.itn.ac.id, ³irrine@lecturer.itn.ac.id

Abstrak— Pemasangan gardu sisipan ini dimaksudkan untuk mengurangi beban pada gardu distribusi, dengan memindahkan beban ke gardu sisipan. Dalam penelitian ini akan melakukan perencanaan penentuan pemasangan gardu sisipan untuk mengurangi beban pada gardu distribusi MNK 008 Penyulang Kasuari di PT. PLN (Persero) ULP Manokwari Kota, dengan memindahkan sebagian beban pada gardu distribusi MNK 008 ke gardu sisipan tersebut. Dengan metode analisis aliran daya listrik (Load Flow), dalam software ETAP (Electrical Transient Analisis Program) untuk mempermudah dan mempercepat proses perhitungan aliran daya, untuk melihat kondisi gardu distribusi MNK 008 sebelum dan setelah pemasangan gardu sisipan. Sehingga dapat menentukan pembebanan, besar drop tegangan, rugi daya, dan besar daya transformator sisipan yang akan di pasang pada gardu distribusi MNK 008 Penyulang Kasuari. Hasil simulasi di software ETAP diketahui bahwa transformator di MNK 008 terdapat overload karena beban tidak sesuai dengan kapasitas transformator yang ada di gardu distribusi MNK 008, sehingga menambahkan transformator sisipan sebagai penambah daya sekaligus meregulasi kinerja gardu distribusi MNK 008, sehingga dapat mengurangi beban pada transformator distribusi tersebut, sesuai dengan perhitungan di simulasi ETAP, hanya menambahkan satu gardu sisipan yang berkapasitas 150 KVA yang di hubungkan dengan penyulang rajawali sehingga beban dari trafo MNK 008 tidak terjadi overload dan drop tegangan yang begitu besar.

Kata Kunci: Gardu sisipan, drop tegangan, rugi daya, load flow, transformator sisipan, ETAP.

I. PENDAHULUAN

Suatu sistem ketenagalistrikan terus mengalami perkembangan, salah satunya yaitu dengan terjadinya pertumbuhan pengguna energi listrik dari tahun ke tahun. Didapatkan bahwa tingkat pertumbuhan kebutuhan energi listrik nasional dapat mencapai 8,2 persen rata-rata per tahun. (www.energi.lipi.go.id) Seiring dengan pertumbuhan tersebut maka akan terjadinya perluasan jaringan listrik dan

berakibat pada penambahan beban pada transformator distribusi.[1]

Penyaluran listrik ke konsumen melalui jaringan tegangan rendah ketika terjadi pembebanan yang berlebih menyebabkan arus yang cukup besar mengalir pada penghantar, terlebih lagi jika jarak beban yang dilayani terlampaui jauh dari transformator, hal ini tentu menyebabkan *drop* tegangan sampai ke konsumen.[1]

Transformator dikatakan *overload* jika kapasitas pembebanannya lebih dari 80%. Apabila hal ini terjadi dalam waktu yang lama, isolasi pada transformator mengalami kerusakan karena panas yang berlebihan yang berujung pada rusaknya transformator. Selain hal tersebut, kelebihan beban pada transformator distribusi juga dapat menyebabkan terjadinya *drop* (jatuh) tegangan. [1]

Transformator overload ini juga terjadi di salah satu gardu distribusi MNK 008 Penyulang Kasuari di PT. PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan (ULP) Manokwari Kota, dengan kapasitas sebesar 250 kVA. Persentase pembebanannya telah mencapai 129,1%. Tentu hal ini menunjukkan perlu adanya tindakan terhadap transformator distribusi tersebut.

Melihat hal tersebut salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengatasi pembebanan berlebih pada transformator adalah dengan menambahkan transformator sisipan, dengan prinsip kerja membagi dua beban yang terdapat pada trafo sebelumnya. Pemasangan transformator sisipan ini akan berdampak baik pada penyaluran energi listrik ujung.

Dalam penelitian ini akan membahas Analisis rencana pemasangan gardu sisipan pada gardu distribusi MNK 008 Penyulang Kasuari di PT. PLN (Persero) Unit Layanan Pelanggan (ULP) Manokwari Kota. Diharapkan dengan penelitian ini, didapatkan perencanaan yang baik dan tentunya menambah keandalan sistem distribusi listrik di Jaringan Tegangan Rendah (JTR) gardu distribusi MNK 008 Penyulang Kasuari. Rumusan Masalah penelitian ini adalah

1. Apakah pembebanan pada gardu distribusi MNK 008

melebihi 80%?

2. Berapa besar drop tegangan dan rugi daya pada gardu distribusi MNK 008 Penyulang Kasuari?

Adapun tujuannya sebagai berikut:

1. Menentukan pembebanan pada gardu distribusi MNK 008.
2. Menentukan besar drop tegangan dan rugi daya pada gardu distribusi MNK 008, Penyulang Kasuari.

II. KAJIAN PUSTAKA

1. 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 trafo atau gardu sisipan adalah:

1. Trafo sebelumnya sudah overload Overload terjadi karena beban yang terpasang pada trafo melebihi kapasitas maksimum ($\geq 80\%$ dari kapasitas) yang dapat dipikul trafo dimana arus beban melebihi arus beban penuh (full load) dari trafo.
2. Overload akan menyebabkan trafo 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 trafo. Besarnya drop tegangan pada JTR, SR, dan transformator distribusi.

Menurut SPLN No. 72 tahun 1987, jatuh tegangan yang diperbolehkan sepanjang penghantar JTR adalah 4% dari tegangan kerja tergantung kepadatan beban. Jatuh tegangan pada SR diperbolehkan 1% dari tegangan nominal, sedangkan pada transformator distribusi diperbolehkan 3% dari tegangan kerja.[2]

2. Pembebanan Transformator

Menurut PT. PLN, 1997, yang tertuang dalam SPLN No. 50, transformator distribusi diusahakan agar tidak dibebani lebih dari 80 % atau dibawah 40 %. Jika melebihi atau kurang dari nilai tersebut transformator bisa dikatakan overload atau underload. Diusahakan agar transformator tidak dibebani keluar dari range tersebut.

3. Penempatan Transformator Sisipan

Jarak transformator yang terlalu jauh dengan beban yang akan dilayani, maka menyebabkan drop tegangan yang besar. Oleh sebab itu, pada saat pendataan kVA transformator harus diperhatikan jarak maksimum dari transformator distribusi tersebut terhadap konsumen. Perhitungan penempatan transformator dapat dihitung dengan rumus:

$$L = \frac{10\% \times V_{F-F}}{I_{rata-rata} \times R_{saluran}} \quad (1)$$

Dimana:

L = Jarak trafo sisipan dipasang terhadap gardu utama (km)

V_{F-F} = Tegangan fasa-fasa sisi sekunder trafo (V)

$I_{rata-rata}$ = Arus rata-rata sisi sekunder trafo (A)

$R_{saluran}$ = Resistansi penghantar (Ω/km) [3]

4. Jatuh Tegangan

Jatuh tegangan (*drop voltage*) atau juga rugi tegangan adalah perbedaan tegangan kirim dan tegangan terima karena adanya impedansi pada penghantar. Adapun penyebab jatuh tegangan yang paling berpengaruh adalah :

1. Panjang jaringan, jauhnya jaringan dari transformator.
2. Rendahnya tegangan yang diberikan dari transformator distribusi.
3. Jenis penghantar yang digunakan.
4. Sambungan penghantar atau konektor yang tidak baik.
5. Arus yang dihasilkan terlalu besar.

Menurut PT. Perusahaan Listrik Negara (PT. PLN), 1987, tertuang dalam SPLN No. 72 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 5% dari tegangan kerja. Persentase drop tegangan dapat dihitung melalui persamaan berikut :

$$V_{drop}(\%) = \left(\frac{V_s - V_r}{V_r} \right) \times 100\% \quad (2)$$

dimana :

$V_{drop}(\%)$ = drop tegangan (%)

V_s = tegangan kirim (V)

V_r = tegangan terima (V) [3]

5. Penyebab Beban Overload Pada Transformator Distribusi Dan Solusi Penanganannya

Overload yang terjadi pada transformator yang terpasang mengalami beban di atas rating kapasitas pembebanan yang mencapai 80% dimana kapasitas tersebut melebihi kapasitas pembebanan yang dianjurkan SPLN 50/1982 dan D3.002-1:2007[4] yang membahas mengenai beban maksimal *Continue* Transformator tidak melebihi 80% dan SPLN 50/1997 membahas mengenai transformator distribusi dan permasalahan beban lebih tersebut dapat ditangani dengan metode Gardu Sisipan. Transformator tersebut mengalami Overload dapat terjadi dikarenakan:

1. Tidak dilakukannya pengukuran beban transformator secara rutin untuk mengetahui beban transformator sebenarnya.
2. Kurangnya perencanaan bagaimana cara untuk mengurangi beban transformator tersebut baik dengan cara manajemen beban JTR maupun manajemen transformator.

Solusi penanganan transformator yang mengalami beban Overload adalah :

- Pemasangan Gardu Sisipan

Metode yang dimaksud dengan Gardu Sisip ialah penambahan gardu yang ada dengan syarat transformator sebelum Gardu Sisip dipasang mengalami drop tegangan, beban Overload, dan tegangan tidak seimbang. Dengan adanya penambahan transformator sisipan yang terpasang beban transformator yang ada bisa dibagi dengan

transformator baru. Dengan adanya Gardu Sisip dapat diharapkan beban transformator Overload dapat berkurang.[4]

6. Metode Perhitungan Aliran Daya

Analisis aliran daya ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik aliran daya yang berupa pengaruh dari variasi beban dan rugi-rugi transmisi pada aliran daya dan juga mempelajari adanya jatuh tegangan di sisi beban (Multa & Aridani, 2013)[5], terdapat metode yang dapat digunakan untuk perhitungan aliran daya yaitu Metode *Newton-Raphson*.

- Metode *Newton-Raphson* (N-R)

Metode N-R ini lebih efektif dan menguntungkan untuk sistem jaringan yang lebih besar. Selain itu juga tingkat ketelitiannya lebih baik, kemudian membutuhkan jumlah iterasi yang lebih sedikit dan mampu menghitung dengan waktu yang lebih cepat. Menurut Martínez-Molina dan Ledezma (2016), metode N-R telah berhasil membuktikan dalam sebagian besar kasus bahwa memiliki karakteristik konvergensi yang kuat.[6]

7. Rugi – Rugi Daya

Rugi daya yang terjadi pada saluran transmisi sangat perlu di perhatikan, karena bisa menyebabkan hilangnya daya yang cukup besar. Rugi daya merupakan kehilangan energi yang tidak dapat di hindari. Arus yang mengalir pada penghantar mengakibatkan panas disekitar konduktor sehingga ada daya yang terbuang selama proses pengiriman daya ke beban.[8]

Kerugian perusahaan pemasok listrik disebabkan oleh hilangnya energi yang ditimbulkan dari rugi-rugi daya, sehingga dapat merugikan perusahaan pemasok energi listrik tersebut. Kerugian tersebut diakibatkan karena energi yang disalurkan tidak sama dengan besarnya energi yang diterima, sehingga energi yang disalurkan tidak dapat terjual seluruhnya. [9]

8. Software Electrical Transient Analyzer Program

Dalam perancangan dan analisa sebuah sistem tenaga listrik, sebuah software aplikasi sangat dibutuhkan untuk mempresentasikan kondisi real sebelum sebuah sistem direalisasikan. ETAP (*Electrical Transient Analyzer Program*) merupakan salah satu software aplikasi yang digunakan untuk mensimulasikan sistem tenaga listrik.

ETAP mampu bekerja dalam keadaan offline untuk simulasi tenaga listrik, dan online untuk pengelolaan data real-time atau digunakan untuk mengendalikan sistem secara real-time. Fitur yang terdapat di dalamnya pun bermacam-macam antara lain fitur yang digunakan untuk menganalisa pembangkit tenaga listrik, sistem transmisi maupun sistem distribusi tenaga listrik. Software ini sangat bermanfaat untuk melakukan berbagai analisa sistem tenaga listrik.[7]

III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Metode

Metode Penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah menganalisa pembebanan, besar drop tegangan, rugi daya dan menentukan besar daya transformator sisipan yang akan di pasang pada gardu distribusi dan menganalisa dampak sesudah pemasangan gardu sisipan terhadap gardu distribusi. Dimana analisa yang dilakukan menggunakan *software ETAP (Electrical Transient Analisis Program)*. Simulasi dilakukan dengan analisis load flow yang ada didalam *software ETAP* untuk mengetahui kinerja transformator sisipan. Sehingga dapat mengetahui kontribusi yang dihasilkan dari transformator sisipan pada gardu distribusi.

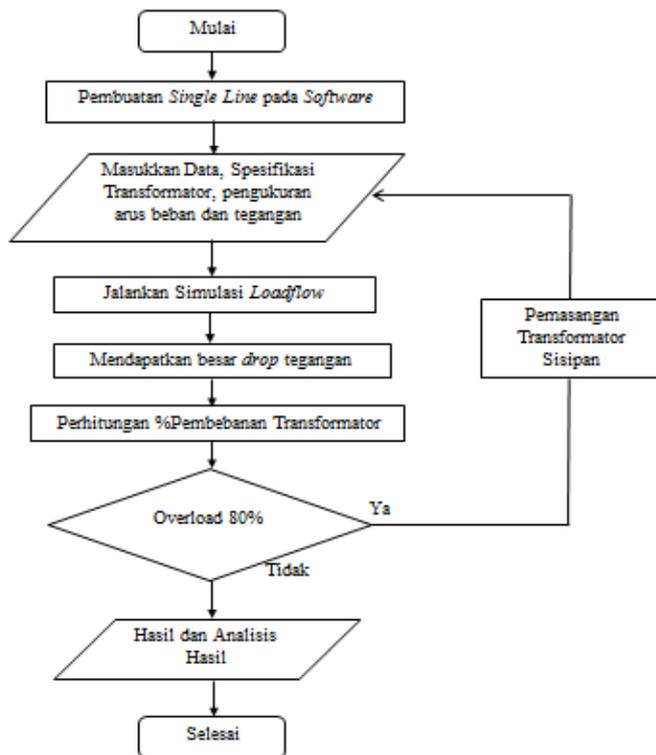
Penelitian ini dilaksanakan berdasarkan data yang di dapat dari PT. PLN (persero) Unit Layanan Pelanggan (ULP) Manokwari Kota.

B. Pemasangan Gardu Sisipan

Pemasangan gardu distribusi sisipan ini dimaksudkan untuk mengurangi beban pada gardu distribusi yang sudah ada sebelumnya dengan memindahkan sebagian beban ke gardu distribusi sisipan yang baru. Disamping mengurangi beban dari gardu distribusi yang sudah ada. Pemasangan gardu sisipan ini juga dapat mengurangi panjang saluran / radius pelayanan dari gardu distribusi yang sudah terpasang sebelumnya, sehingga jatuh tegangan pada jaringan distribusi sekunder juga ikut berkurang. Penempatan gardu distribusi sisipan ini harus diperhitungkan dengan matang agar diperoleh posisi yang tepat, sehingga sisipan ini dapat berfungsi untuk meningkatkan kualitas tegangan di ujung jaringan distribusi. Sehingga rugi-rugi daya yang terjadi dapat ditekan serta mampu mengantisipasi kepadatan / perkembangan beban.

C. Simulasi load flow pada software ETAP (*Electrical Transient Analisis Program*).

1. Mulai.
2. Menggambar single line diagram.
3. Input data : Spesifikasi transformator, data beban, dan data tegangan.
4. Menjalankan simulasi load flow.
5. Mendapatkan besar *drop* tegangan.
6. Menghitung % pembebanan transformator.
7. Mengecek apakah % pembebanan melebihi 80%.
 - a. "Tidak" : Cek hasil dan analisa hasil
 - b. "Ya" : Lakukan pemasangan transformator sisipan. Setelah itu kembali di proses load flow. Analysis untuk menganalisis kondisi transnformator distribusi setelah dipasang transformator sisipan.
8. Setelah proses simulasi load flow selesai dan drop tegangan dapat diminimalisir menggunakan transformator sisipan.
9. Analisis Hasil.
10. Selesai.



Gambar 1. Flowchart Pemasangan Transformator Sisipan

IV SIMULASI DAN ANALISA

1. Data Pengukuran Gardu Distribusi MNK 008 sebelum Rencana Gardu Sisipan
 MNK 008 merupakan gardu distribusi terdiri dari 4 jurusan yaitu jurusan 1 Jl. Brawijaya, jurusan 2 Kodim, jurusan 3 Sarinah dan jurusan 4 Jl.Brawijaya dua. Berikut adalah data pengukuran.

Tabel 1. Pengukuran Tegangan Sisi Sekunder Transformator

DAYA	RN	SN	TN	RS	ST	RT
250 KV	223	228	224	391	385	393
A						

Tabel 2. Pengukuran arus sisi sekunder transformator

PENGUKURAN ARUS BEBAN (A)					
FASA	LINE/ JURUSAN				
	1/jln brawijaya a	2/jln kodim	3/jln sarinah	4/jln brawijaya 2	TOTAL
R	215	83	37	50	385
S	180	70	57	15	322
T	251	76	50	40	417
N	116	35	28	14	193

2. Analisis Beban Transformator Utama MNK 008

Seiring bertambahnya waktu, pembebanan Transformator Distribusi MNK 008 terus mengalami peningkatan. Hal ini diakibatkan adanya penambahan jumlah pelanggan listrik, ataupun adanya penambahan daya yang dilakukan oleh pelanggan. Bahkan pembebanan transformator telah mencapai 129,1% pada pengukuran terakhir bulan Februari 2021. Sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan yaitu besarnya pembebanan yang diizinkan pada transformator adalah 80% dari kapasitas keseluruhan. Transformator Distribusi MNK 008 ini dinyatakan telah mengalami overload (pembebanan lebih).

3. Analisis Tata Letak Transformator Sisipan

Letak yang ideal dalam penempatan transformator sisipan dari transformator utama dalam penelitian ini dapat dihitung dengan persamaan. Dengan menggunakan nilai data pengukuran arus total pada Tabel 2, yaitu dengan I fasa R = 385 A, I fasa S = 322, dan I fasa T = 417 A. Sebelum menghitung nilai jarak maksimal, terlebih dahulu dihitung nilai I rerata dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 \text{I rerata} &= \frac{(I_R + I_S + I_T)}{3} \\
 &= \frac{(385 + 322 + 417)}{3} \\
 &= \frac{(1124)}{3} \\
 &= 374,67 \text{ A}
 \end{aligned}$$

Kemudian menghitung nilai jarak ideal transformator sisipan dari transformator utama MNK 008 , dengan perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 L \text{ ideal} &= \frac{10\% \times V \text{ lvs}}{I \text{ Beban Puncak (rerata)} \times R \text{ saluran}} \\
 &= \frac{10\% \times 400}{374,67 \times 0,443} \\
 &= 0,31388 \text{ km} \\
 &= 313,18 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Beberapa hal yang menjadi pertimbangan adalah sebagai berikut :

1. Tegangan ujung terendah terjadi pada ujung beban tiang A12 dengan tegangan sebesar : fasa R = 185,2 V; fasa S = 184,5; fasa T = 183,85. Sehingga penempatan transformator sisipan harus dekat dengan tiang ini untuk menaikkan tegangan ujung tiang A12.
2. Saluran JTM yang terdekat dengan tiang A12 adalah gawang A8-A9.
3. Rencana penempatan transformator sisipan juga dekat dengan lahan kosong, yang memungkinkan pengembangan jaringan atau gawang baru disaat yang akan datang.
4. Jarak antara transformator MNK 008 dengan rencana transformator sisipan dapat memenuhi jarak ideal.

4. Perhitungan Kapasitas Transformator Sisipan

Berdasarkan persentase pembebanan transformator yang menggunakan data pengukuran terakhir yaitu sebesar 129,1%. Sedangkan persentase beban maksimal yang diperbolehkan PT. PLN adalah 80%. Sehingga dapat dihitung juga kelebihan bebannya yaitu :

$$\begin{aligned} \text{Kelebihan beban} &= 129,1\% - 80\% \\ &= 49,1\% \end{aligned}$$

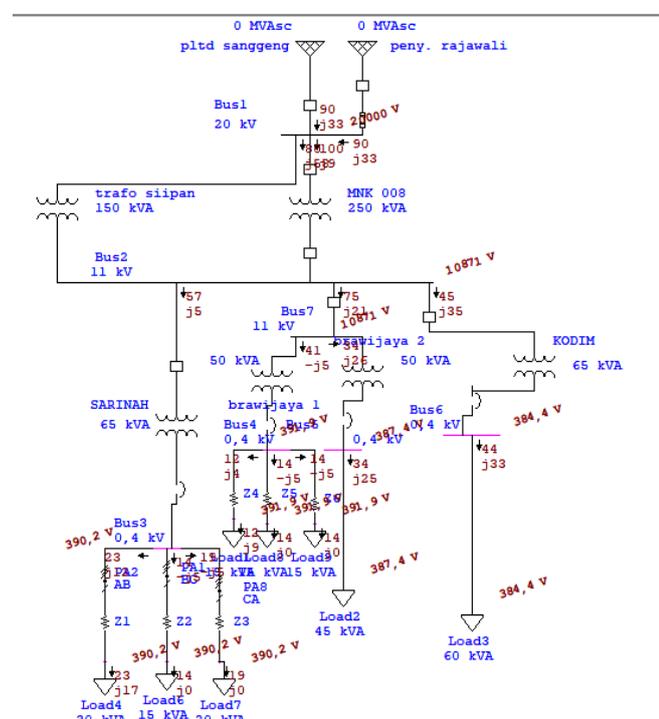
Sedangkan 49,1% dari 250 kVA adalah sebesar :

$$\begin{aligned} \text{Kelebihan beban} &= \left(\frac{49,1\%}{100\%}\right) \times 250 \\ &= 122,75 \text{ kVA} \end{aligned}$$

Akan tetapi, dalam perancangannya beban maksimal yang tersisa dari transformator utama tidak boleh 80%. Hal ini didasari oleh perkembangan beban yang terus terjadi, penambahan jumlah pelanggan maupun penambahan daya di beban. Sehingga kapasitas transformator sisipan yang direncanakan dipasang adalah sebesar 150 kVA. Dengan mempertimbangkan perkembangan beban kedepannya, dan juga nilai susut umur transformator yang rendah.

5. Simulasi Load Flow yang di jalankan.

Pemasangan transformator sisipan yang disimulasikan dalam software ETAP sendiri dengan menginjeksikan tegangan dari penyulang lain agar bisa memberikan tegangan atau menyuplai tegangan agar bisa membantu meringankan kinerja dari transformator distribusi MNK 008.



Gambar 2. Load flow setelah pemasangan gardu sisipan

Pembebanan transformator distribusi MNK 008 dikatakan overload ketika load flow dijalankan untuk menghitung keseluruhan penyulang kasuari, dimana ketika load flow dirunning bus transformator MNK 008 berwarna merah,

yang berarti under voltage pada bus tersebut, kemudian pengecekan beban pada transformator MNK 008 tersebut.

Dalam single line diagram yang ada pada penyulang kasuari tersebut dalam keadaan kondisi steady state, ketika disimulasikan di software ETAP diketahui bahwa transformator di gardu MNK 008 terjadi overload karena beban tidak sesuai dengan kapasitas transformator yang ada di gardu distribusi MNK 008, sehingga ditambahkan transformator sisipan sebagai penambah daya sekaligus meregulasi kinerja transformator di gardu MNK 008, dan ini dapat mengurangi beban pada transformator distribusi tersebut, sesuai dengan perhitungan dan simulasi di ETAP, penulis hanya menambahkan satu gardu sebagai sisipan yang berkapsitas 150 kVA yang di hubungkan dengan penyulang rajawali sehingga beban dari trafo MNK 008 tidak terjadi overload dan drop tegangan yang begitu besar.

Tabel 3. Perbandingan drop tegangan setelah penambahan transformator sisipan

Prosentase drop tegangan	
Sebelum Penambahan	129,1%
Sesudah Penambahan	66,8%

6. Perhitungan Pembebanan Transformator

Setelah dilakukannya simulasi pemasangan transformator sisipan sebesar 150 kVA, beban dari transformator MNK 008 masih overload, oleh karena itu untuk mengurangi beban maka dilakukan tapping transformator sisipan sebesar 2,5% untuk membantu menurunkan beban dari transformator tersebut. Setelah dilakukan tapping transformator sisipan sebesar 2,5% maka beban dari transformator distribusi menjadi 66,8 %.

Transformator MNK008 tidak lagi memikul beban seperti semula. Karena sebagian beban transformator MNK 008 sebagian telah dipindahkan ke transformator sisipan. Beban yang tersisa pada transformator utama sebesar 138,326 kVA. Sehingga presentase pembebanannya yang terbaru dapat di hitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \% \text{ beban} &= \frac{\text{kVA Beban}}{\text{kVA Trafo}} \times 100\% \\ &= \frac{138,326}{250} \times 100\% \\ &= 66,8\% \end{aligned}$$

Berdasarkan hasil perhitungan dapat dilihat bahwa persentase pembebanan transformator MNK 008 berkurang menjadi 66,8%. Nilai tersebut masih berada dibawah nilai maksimum yang diperbolehkan yaitu 80%.

IV. KESIMPULAN

Setelah dilakukan analisis dan simulasi rencana Pemasangan Gardu Sisipan pada Gardu Distribusi MNK 008 di PT. PLN (Persero) ULP Manokwari Kota. Dapat dilihat bahwa seiring bertambahnya waktu, pembebanan Transformator Distribusi MNK 008 terus mengalami

peningkatan. Hal ini diakibatkan adanya penambahan jumlah pelanggan listrik, ataupun adanya penambahan daya yang dilakukan oleh pelanggan. Bahkan pembebanan transformator telah mencapai 129,1%. Sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan yaitu besarnya pembebanan yang diizinkan pada transformator adalah 80% dari kapasitas keseluruhan. Transformator Distribusi MNK008 ini dinyatakan telah mengalami overload (pembebanan lebih). maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Letak gardu sisipan di JTR gardu distribusi MNK 008 dekat dengan lahan kosong yang memungkinkan pengembangan jaringan disat yang akan datang.
2. Adanya penambahan gardu sisipan pada gardu distribusi MNK 008 berpengaruh terhadap kondisi pembebanan pada gardu distribusi MNK 008 mengalami penurunan dari 129,1% menjadi 66,8%, karena adanya pembagian beban ke gardu sisipan. Sehingga dengan presentase pembebanan 66,8% gardu distribusi MNK 008 tidak lagi mengalami

Saran

1. Perlu adanya kordinasi yang baik antara pemerintah terkait dengan pihak PLN berkenan dengan perencanaan beban di daerah tersebut. Hal ini bertujuan agar kebutuhan listrik di masyarakat dapat diprediksi sedini mungkin.
2. Berkaitan dengan penempatan transformator sisipan sebaiknya tidak hanya mengandalkan perhitungan saja, namun tetap dilakukan survei lokasi untuk mempertimbangkan pertumbuhan dan perkembangan beban untuk beberapa tahun ke

depan agar mendapatkan hasil yang lebih baik bagi PLN maupun masyarakat.

V. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Nurjanah, Triani (2015) Analisa Pengaruh Pemasangan Transformator Sisipan Di Gardu I.1913 Dan I.762 Pada Penyulang Kresna Pt Pln (Persero) Rayon Sukarami. *Other Thesis, Politeknik Negeri Sriwijaya*.
- [2] Ahmad Zainudin, S.ST, M.T Workshop Metode Numerik 2014
- [3] Suprianto (2018), Analisa Tegangan Jatuh pada Jaringan Distribusi 20 kV PT.PLN Area Rantau Prapat Rayon Aek Kota Batu.
- [4] STANDAR PT PLN (PERSERO) SPLN D3.002-1: 2007 Lampiran Surat Keputusan Direksi PT PLN (PERSERO) No.161.K/DIR/2007
- [5] Multa & Aridani, (2013) Metode Perhitungan Aliran Daya
- [6] Martínez-Molina dan Ledezma (2016)
- [7] <https://novikaginanto.wordpress.com/2012/03/24/etap-electric-transient-analysis-program/>
- [8] D. dan D. S. K. Arismunandar Artono, "Teknik Tenaga Listrik Jilid II, Pradnya," 1993.
- [9] M. Dewantara, P. Studi, T. Elektro, F. Teknik, and U. M. Surakarta, "Analisis rugi-rugi daya pada saluran transmisi tegangan tinggi 150 kv dari gardu induk wonogiri sampai gardu induk wonosari," *TK Electr. Eng. Electron. Nucl. Eng.*, 2018, [Online]. Available: <http://eprints.ums.ac.id/60172/>.