

## PENEMPATAN DAN PEMILIHAN KAPASITAS TRANSFORMATOR DISTRIBUSI SECARA OPTIMAL PADA PENYULANG PERUMNAS

I Made Aditya Nugraha <sup>1\*</sup>, I Gusti Made Ngurah Desnanjaya <sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mekanisasi Perikanan, Politeknik Kelautan dan Perikanan Kupang  
Jl. Kampung Baru Pelabuhan Fery Bolok, RT 14, RW 07, Kupang Barat, Nusa Tenggara Timur, Indonesia

<sup>2</sup>Sistem Komputer, STMIK STIKOM Indonesia  
Jl. Tukad Pakerisan No.97, Panjer, Kec. Denpasar Sel., Kota Denpasar, Bali, Indonesia

e-mail: [made.nugraha@kcp.go.id](mailto:made.nugraha@kcp.go.id)<sup>1</sup>, [ngurah.desnanjaya@stiki-indonesia.ac.id](mailto:ngurah.desnanjaya@stiki-indonesia.ac.id)<sup>2</sup>

Received : Desember, 2020

Accepted : March, 2021

Published : April, 2021

### Abstract

*Some distribution transformers in densely populated areas have a loading percentage of more than 100% and also less than 10%. This problem shows that the use of a distribution transformer is inappropriate. With descriptive, correlational and comparative research methods, it is hoped that it can optimize the placement and capacity selection of distribution transformers. Data were taken from 25 people living in the Pemecutan Kelod and Tegal Harum areas using questionnaires and interviews. The data were tested using the T and Pearson tests to determine the effect of placing the distribution transformer. The results of equalization of the load with the addition of a new distribution transformer and relocation of the distribution transformer capacity to the feeder are expected to get optimal results. The technical solution is obtained with a voltage of less than 10% and a distribution transformer capacity that is in accordance with the growth of the population electrical load. Socially and culturally, for the level of conformity there is an increase in the harmony of the population after the placement of a new distribution substation ( $t = -7.71$  and  $p < 0.05$ ), for the comfort level there is an increase in the comfort of the population after the placement of a new distribution substation ( $t = -9.57$  and  $p < 0.05$ ), and for the level of security there was an increase in the tranquility of the population after the placement of a new distribution substation ( $t = -8.42$  and  $p < 0.05$ ). The relationship between suitability and comfort obtained a very strong relationship ( $r = 0.90$ ), the relationship between suitability and safety obtained a very strong relationship ( $r = 0.85$ ), and the relationship between comfort and safety obtained a very strong relationship ( $r = 0.86$ ).*

**Keywords:** *distribution transformers, distribution transformer placement, distribution transformer capacity selection, social, cultural.*

### Abstrak

Beberapa transformator distribusi di daerah padat penduduk memiliki persentase pembebanan lebih dari 100% dan juga kurang dari 10%. Permasalahan ini menunjukkan penggunaan transformator distribusi sudah tidak sesuai. Dengan metode penelitian deskriptif, korelasional dan komparatif, diharapkan dapat mengoptimalkan penempatan dan pemilihan kapasitas transformator distribusi. Data diambil dari 25 orang penduduk yang tinggal di daerah Pemecutan Kelod dan Tegal Harum dengan menggunakan kuesioner dan wawancara. Data diuji dengan Uji T dan Pearson untuk mengetahui pengaruh penempatan transformator distribusi. Hasil pemerataan beban dengan penambahan transformator distribusi baru dan perelokasian kapasitas transformator distribusi pada penyulang diharapkan

mendapatkan hasil yang optimal. Penyelesaian secara teknis didapatkan dengan tegangan kurang dari 10% dan kapasitas transformator distribusi yang sesuai dengan pertumbuhan beban listrik penduduk. Secara sosial budaya, untuk tingkat kesesuaian terdapat peningkatan keselarasan penduduk setelah penempatan gardu distribusi baru ( $t=-7,71$  dan  $p<0,05$ ), untuk tingkat kenyamanan terdapat peningkatan kenyamanan penduduk setelah penempatan gardu distribusi baru ( $t=-9,57$  dan  $p<0,05$ ), dan untuk tingkat keamanan terdapat peningkatan ketentraman penduduk setelah penempatan gardu distribusi baru ( $t=-8,42$  dan  $p<0,05$ ). Hubungan antara kesesuaian dan kenyamanan diperoleh hubungan yang sangat kuat ( $r= 0,90$ ), hubungan antara kesesuaian dan keamanan diperoleh hubungan yang sangat kuat ( $r=0,85$ ), dan hubungan antara kenyamanan dan keamanan diperoleh hubungan yang sangat kuat ( $r=0,86$ ).

**Kata Kunci:** transformator distribusi, penempatan transformator distribusi, pemilihan kapasitas transformator distribusi, sosial, budaya

## 1. PENDAHULUAN

Jaringan distribusi merupakan bagian dalam penyaluran tenaga listrik dari gardu induk sampai ke konsumen. Tenaga listrik yang dibangkitkan oleh pusat pembangkit tenaga listrik yang letaknya jauh dari pusat beban disalurkan melalui tahapan jaringan transmisi dan distribusi, sedangkan untuk pembangkit yang dekat dengan pusat beban, seperti PLTD, tenaga listrik yang dibangkitkan dapat disalurkan ke gardu induk dengan menggunakan transformator *step up*, kemudian didistribusikan kepada konsumen melalui jaringan distribusi dengan menggunakan transformator distribusi [1][2][3][4].

Dalam penyaluran tenaga listrik dari gardu induk ke konsumen, transformator distribusi merupakan suatu komponen yang sangat penting karena sangat menentukan dalam pendistribusian tenaga listrik tegangan rendah [5]. Transformator distribusi berfungsi mengubah tegangan listrik arus bolak-balik dari tegangan menengah 20 kV menjadi tegangan rendah 380/220V dengan frekuensi tetap [6]. Transformator distribusi dapat dipasang di luar ruangan (pemasangan luar) atau di ruangan (pemasangan dalam) tergantung kepada keadaan lokasi beban. Sistem distribusi yang tepat dan kapasitas transformator distribusi yang sesuai dengan kebutuhan beban akan dapat memperkecil tegangan jatuh pada konsumen dan akan menaikkan efisiensi penggunaan transformator distribusi. Jadi transformator distribusi merupakan salah satu peralatan yang perlu dipelihara dan dipergunakan sebaik mungkin, sehingga keandalan dan kontinuitas pelayanan terhadap

konsumen terjamin [7][8][9][10][11].

Penyulang merupakan salah satu bagian dari jaringan distribusi. Penyulang ini melayani pendistribusian tenaga listrik hingga ke konsumen. Kapasitas total beban penyulang adalah berbagai macam dengan jumlah transformator distribusi sesuai dengan kebutuhan beban. Masing-masing transformator distribusi memiliki kapasitas yang berbeda-beda, yaitu: 100 kVA, 160 kVA, 200 kVA, 250 kVA dan 400 kVA. Perbedaan kapasitas transformator distribusi ini disebabkan karena kebutuhan beban yang bervariasi pada konsumen [12][13].

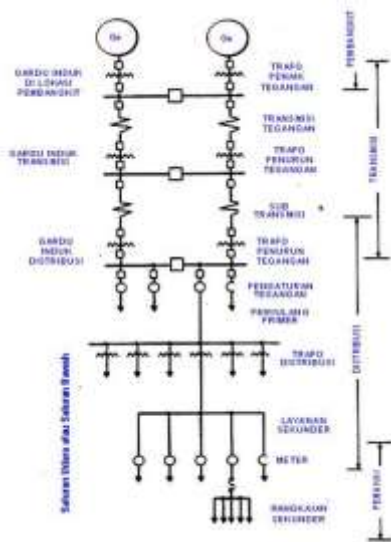
Hasil pengukuran pada penyulang, diperoleh rata-rata tegangan ujung yang terjadi pada konsumen sebesar 222 V. Hal ini menunjukkan bahwa pada jaringan distribusi, tegangan yang diterima oleh konsumen masih dalam batas tegangan yang ditetapkan, yaitu +5% s/d -10%. Sedangkan untuk persentase pembebanan transformator distribusi, persentase pembebanan terbesar bisa mencapai 104,01% (DB 257, Penyulang Perumnas), dan yang terkecil sebesar 6,1% (DB 645). Hal ini menunjukkan transformator distribusi sudah tidak sesuai dilihat dari besar persentase pembebanan meskipun drop tegangan masih sesuai dengan batas yang ditentukan. Ketidakesesuaian ini disebabkan penggunaan yang kurang efektif terhadap kebutuhan beban. Diperlukan perhatian dalam pemilihan dan penempatan transformator distribusi karena akan menentukan tingkat stabilitas sistem tenaga listrik pada suatu daerah. Pemilihan kapasitas transformator yang tidak sesuai dengan kebutuhan beban akan menyebabkan sistem menjadi tidak efisien. Penempatan

lokasi transformator distribusi yang tidak sesuai akan berakibat terhadap teknis, ekonomi serta sosial budaya [12][13][14][15][16][17]. Sehingga dengan menganalisis secara teknis, ekonomis dan sosial budaya maka diharapkan penempatan dan pemilihan kapasitas transformator distribusi menjadi optimal.

## 2. SITEM TENAGA LISTRIK

Suatu sistem tenaga listrik yang lengkap terdiri dari atas empat komponen, yaitu [5]:

1. Pembangkit tenaga listrik.
2. Sistem transmisi.
3. Saluran distribusi.
4. Konsumen.



Gambar 1. Sistem Tenaga Listrik

Pada gambar 1, memperlihatkan suatu sistem tenaga listrik dari pembangkit sampai dengan konsumen. Tenaga listrik yang dibangkitkan pada pusat tenaga listrik yang letaknya jauh dari pusat beban disalurkan kepada konsumen melalui tahapan transmisi dan distribusi. Sedangkan untuk pembangkit yang dekat dengan pusat-pusat beban, seperti PLTD, tenaga listrik yang dibangkitkan dapat langsung disalurkan ke gardu induk kemudian didistribusikan kepada konsumen. Tenaga listrik ini dibangkitkan oleh generator sinkron 3 fasa pada tegangan 6,6 kV, 11 kV, atau bahkan 13,2 kV dan bahkan ada yang 32 kV [18][19].

Tenaga listrik yang dihasilkan oleh unit pembangkit sebelum disalurkan melalui saluran transmisi tegangan dinaikan menjadi 70 kV, 150 kV, 500 kV dan 700 kV dengan transformator

penaik tegangan. Dari sistem tegangan transmisi kemudian diturunkan lagi menjadi tegangan menengah atau tegangan distribusi primer 20 kV, untuk dapat didistribusikan langsung kepada konsumen. Tegangan menengah ini kemudian diturunkan kembali menjadi tegangan rendah 380/220 V pada transformator distribusi [18][19].

Untuk menyalurkan tenaga listrik dari suatu sumber daya listrik baik berupa pusat pembangkit maupun gardu induk sampai ke pusat-pusat beban digunakan tegangan menengah 20 kV [20]. Konsumen yang memiliki daya tersambung yang besar tidak dapat disambung melalui Jaringan Tegangan Rendah (JTR) melainkan disambung langsung pada Jaringan Tegangan Menengah (JTM) dengan transformator sendiri. Bahkan ada juga disambung langsung pada Jaringan Tegangan Tinggi (JTT), tergantung dari besarnya daya yang terpasang [21]

### 2.1. Sistem Jaringan Distribusi Tenaga Listrik

Sistem jaringan distribusi tenaga listrik merupakan salah satu bagian dari penyaluran tenaga listrik dari gardu induk sampai ke konsumen tenaga listrik. Sistem jaringan distribusi dapat dibedakan menjadi dua, yaitu sistem jaringan distribusi primer dan sistem jaringan distribusi sekunder. Kedua sistem tersebut dibedakan berdasarkan pada tegangan kerjanya. Pada umumnya, tegangan kerja sistem jaringan distribusi primer adalah 20 kV, sedangkan tegangan kerja sistem jaringan distribusi sekunder adalah 380/220 V [22][23].

Dalam pendistribusian tenaga listrik, harus diperhatikan hal-hal sebagai berikut [24]:

1. Regulasi tegangan, yaitu variasi tegangan pelayanan (tegangan terminal konsumen) harus pada batas-batas yang diijinkan maksimum 5% dan minimum 10% (SPLN 1, 1995).
2. Kontinuitas pelayanan dan pengamanan, yaitu tidak sering terjadi pemadaman listrik karena gangguan dan jika terjadi dapat dengan cepat diatasi. Hal tersebut dapat dicapai dengan sistem pengamanan dengan peralatan pengaman, pentanahan, dsb.

3. Efisiensi sistem distribusi listrik, yaitu menekan serendah mungkin rugi-rugi teknis dengan pemilihan peralatan dan pengoperasian yang baik, dan juga menekan rugi-rugi *non* teknis dengan mencegah pencurian dan kesalahan pengukuran.

Fleksibilitas terhadap penambahan beban. Untuk menyalurkan tenaga listrik dari sumber daya listrik baik berupa pusat pembangkit maupun gardu induk sampai ke pusat-pusat beban digunakan jaringan tegangan menengah.

## 2.2 Transformator Distribusi

Transformator distribusi merupakan suatu komponen yang sangat penting dalam penyaluran tenaga listrik dari gardu induk ke konsumen karena sangat menentukan dalam pendistribusian tenaga listrik tegangan rendah. Transformator distribusi berfungsi mengubah tegangan listrik arus bolak-balik dari tegangan menengah 20 kV menjadi tegangan rendah 380/220V dengan frekwensi tetap.

Sesuai dengan kebutuhan besarnya daya yang akan disalurkan serta keadaan faktor-faktor lingkungan, transformator distribusi yang terpasang pada gardu transformator dilaksanakan sebagai gardu pasang luar dalam bentuk gardu bangunan dan gardu tiang. Gardu tiang umumnya dipakai untuk penyaluran tenaga listrik di suatu daerah dimana daya yang disalurkan ke konsumen relatif kecil atau kepadatan beban di daerah penyaluran rendah, sedangkan gardu bangunan digunakan untuk daerah penyaluran dengan kepadatan yang tinggi. Landasan tepat transformator umumnya diperhitungkan kekuatannya untuk pemasangan transformator distribusi. Oleh karena itu transformator distribusi yang terpasang umumnya sesuai dengan daya yang terpasang[25][26].

Transformator distribusi yang terpasang adalah transformator distribusi tiga fasa, dimana memiliki kapasitas dari 25 kVA - 2500 kVA [27].

## 2.3 Permasalahan Pada Transformator Distribusi

Permasalahan yang terjadi pada transformator distribusi antara lain [28][29][30][31][32]:

1. Pemeliharaan transformastor distribusi

yang tidak teratur akan memudahkan terjadinya kerusakan sehingga akan menimbulkan pemadaman yang mengakibatkan kerugian.

2. Penggunaan kapasitas transformator distribusi yang tidak sesuai dengan kebutuhan beban akan menyebabkan sistem menjadi tidak ekonomis.
3. Penempatan transformator distribusi yang tidak tepat atau diletakkan terlalu jauh dari konsumen akan menyebabkan tegangan jatuh yang besar sehingga tegangan pada konsumen menjadi turun.

## 2.4. Perencanaan Transformator Distribusi Secara Optimal

Kebutuhan akan energi listrik dari pelanggan selalu bertambah dari waktu ke waktu. Untuk tetap dapat melayani kebutuhan tenaga listrik dari para pelanggan, maka sistem tenaga listrik haruslah dikembangkan seiring dengan kenaikan kebutuhan tenaga listrik dari pelanggan [29][33].

Perencanaan transformator distribusi mempunyai peranan yang amat penting dalam usaha-usaha pembangunan, perbaikan dan pengembangan sistem distribusi guna memenuhi kebutuhan akan tenaga listrik yang terus meningkat. Perencanaan transformator distribusi tenaga listrik merupakan bagian yang esensial dalam mengantisipasi pertumbuhan kebutuhan energi listrik yang cukup pesat [34].

Perencanaan transformator distribusi ini harus dilakukan secara sistematis dengan pendekatan yang didasarkan pada peramalan beban untuk memperoleh suatu pola pelayanan yang optimal. Pengembangan sistem yang terlambat memberikan resiko terjadinya pemadaman dalam penyediaan tenaga listrik bagi pelanggan sebagai akibat terjadinya penambahan beban. Sebaliknya pengembangan sistem yang terlalu cepat merupakan pemborosan energi [29][31][32].

Tujuan perencanaan transformator distribusi adalah untuk mendapatkan suatu fleksibilitas pelayanan optimal yang mampu dengan cara cepat mengantisipasi pertumbuhan kebutuhan energi listrik yang terkait dengan makin tingginya konsumsi energi listrik dan kerapatan beban yang harus dilayani. Perencanaan yang

baik akan memberikan kontribusi besar terhadap kualitas dan keandalan sistem distribusi. Kondisi ini disebabkan oleh kenyataan bahwa sistem distribusi merupakan pelayanan energi listrik yang langsung berhubungan dengan konsumen sehingga adanya gangguan pada sistem distribusi akan berakibat langsung pada konsumen. Di Indonesia, PT. PLN (Persero) merupakan lembaga BUMN yang bertugas untuk melayani kebutuhan tenaga listrik kepada masyarakat serta bertanggung jawab atas suplai tenaga listrik yang andal dan memiliki kualitas yang baik [35].

Ada beberapa faktor yang yang berpengaruh dan perlu diperhatikan dalam perencanaan transformator distribusi agar diperoleh hasil yang optimal, antara lain:

1. Faktor teknis
2. Faktor ekonomi
3. Faktor sosial budaya

#### 2.4.1 Faktor Teknis

Faktor teknis merupakan prioritas utama dalam merencanakan sistem kelistrikan guna mendapatkan kontinuitas pelayanan yang baik. Penggunaan peralatan yang memenuhi persyaratan dari segi teknis akan dapat menurunkan kerugian pada sistem penyalurannya. Adapun hal-hal yang diperhatikan dalam perencanaan faktor teknis antara lain

[30][31][32][36][37][38][39][40][41][42]:

1. Pemilihan kapasitas transformator.

Pemilihan kapasitas transformator distribusi yang sesuai dengan beban konsumen akan menyebabkan efisiensi yang baik dan begitu juga dengan penempatan transformator distribusi yang tepat akan memperkecil tegangan jatuh pada konsumen. Persentase pembebanan transformator distribusi dapat dicari dengan perbandingan antara daya terpasang dengan kapasitas transformator distribusi, yang dapat dinyatakan dalam persen (%) atau dengan persamaan.

$$\text{Pembebanan} = \frac{\text{Daya Terpasang(VA)}}{\text{Kapasitas Transformator(VA)}} \times 100\% \quad (1)$$

Diusahakan persentase pembebanan transformator distribusi mendekati 80%

(toleransi 70% - 90%), untuk mencegah terjadinya *over blast* yang akan menyebabkan cepat rusaknya transformator distribusi.

Berdasarkan faktor beban yang ada, kita dapat mengoptimalkan penggunaan transformator distribusi. Untuk melaksanakan program ini perlu dilakukan pendataan kapasitas transformator distribusi yang terpasang serta pengukuran beban. Disamping faktor beban, penentuan kapasitas transformator juga memperhatikan perkembangan kebutuhan tenaga listrik konsumen dilokasi yang dilayani oleh transformator distribusi tersebut. Bila beban transformator terlalu besar maka dilakukan penggantian transformator atau penyisipan transformator atau mutasi transformator (transformator yang melayani beban kecil dimutasikan kebeban besar, dan begitu sebaliknya).

Kapasitas transformator dalam perencanaan dapat ditentukan dengan yaitu dengan rumus: kVATransformator

$$\text{Distribusi} = \frac{\text{kVA Beban (kVA)}}{0,8} \quad (2)$$

Kemudian besarnya kVA dari hasil perhitungan disesuaikan dengan kapasitas transformator yang ada. Kapasitas tranformator dalam perencanaan sama dengan atau sedikit lebih besar dari kapasitas transformator distribusi.

2. Penempatan transformator distribusi.

Penempatan transformator distribusi yang tepat ialah penempatan yang dapat memberikan keandalan dan kontinuitas pelayanan yang baik terhadap konsumen serta dapat menanggulangi tegangan jatuh yang terjadi pada konsumen tanpa mengabaikan faktor ekonomi dan sosial budaya. Bila jarak transformator terlalu jauh terhadap konsumen, maka akan menyebabkan tegangan jatuh yang besar.

Tegangan jatuh adalah perbedaan tegangan antara tegangan sumber dengan tegangan pada beban yang diakibatkan oleh adanya perubahan arus beban, impedansi saluran serta faktor daya. Dengan menggunakan rumus pendekatan untuk jaringan distribusi sekunder saluran pendek, maka tegangan jatuh dapat dinyatakan dengan persamaan berikut :

$$V_d = I \cdot R \cdot \cos \theta + I \cdot X \cdot \sin \theta \quad (3)$$

Jika diketahui jarak atau panjang saluran L (m), maka tegangan jatuh dapat dicari dengan :

$$V_d = I \cdot L \cdot (R \cdot \cos \theta + X \cdot \sin \theta) \quad (4)$$

$$\cos \theta = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X^2}} \quad (5)$$

$$\sin \theta = \sin (\text{Arc cos } \theta) \quad (6)$$

Tegangan jatuh dalam persentase:

$$\frac{V_d}{V} \% = \frac{I \cdot L \cdot (R \cdot \cos \theta + X \cdot \sin \theta)}{V} 100\% \quad (7)$$

Berdasarkan persyaratan yang ada, penurunan tegangan maksimum pada beban penuh, yang dibolehkan dibeban titik pada JTR 10%. Jika tegangan jatuh melebihi 10%, untuk mengatasinya dapat dilakukan penyisipan transformator distribusi. Sebelumnya dicari besarnya arus saluran terlebih dahulu, yaitu dengan rumus:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V} \quad (8)$$

Setelah mendapatkan arus saluran, penempatan transformator sisipan dapat dicari dengan rumus sebagai berikut:

$$L \text{ maksimum} = \frac{10\% \times V \text{ JTR}}{I \cdot (R \cdot \cos \theta + X \cdot \sin \theta)} \quad (9)$$

Kapasitas transformator distribusi sisipan yang dipilih perlu memperhatikan perkembangan beban lokasi. Oleh karena itu pada saat pendataan kapasitas transformator distribusi harus diperhatikan jarak maksimum dari transformator distribusi terhadap konsumen.

#### 2.4.2. Faktor Ekonomi

Suatu perencanaan dapat dikatakan ekonomis bila dengan biaya pengeluaran yang sedikit tujuan yang diinginkan dapat tercapai dengan hasil yang maksimal dan masih dalam batas-batas yang diijinkan. Demikian juga dalam perencanaan sistem distribusi diharapkan akan mendapatkan jaringan yang ekonomis, yaitu dengan biaya seefisien mungkin diperoleh suatu sistem distribusi tenaga listrik yang

mampu menyalurkan tenaga listrik dalam jumlah besar, mempunyai tingkat kontinuitas yang tinggi terhadap konsumen serta dapat meningkatkan perekonomian daerah perencanaan tersebut.

Menurut konsepnya, analisis-analisis tersebut perlu dilakukan untuk membandingkan antara besarnya keuntungan yang akan didapatkan dengan biaya pembangunannya, sehingga dapat digunakan untuk menentukan kelayakan proyek [15].

#### 2.4.3. Faktor Sosial Budaya

Terdapat beberapa hal yang mempengaruhi faktor sosial budaya, diantaranya adalah struktur sosial masyarakat, pola budaya, pertumbuhan penduduk, adat istiadat, kebiasaan, lingkungan, dan ideologi yang ada di masyarakat [15].

Beberapa perencanaan dapat menyebabkan relokasi yang kemudian mengganggu kenyamanan dan keamanan warga, serta menimbulkan dampak *negative* terhadap mereka (berupa polusi). Ketidaksiharian ini juga bisa menyebabkan tegangan yang diterima oleh konsumen tidak sesuai dan pada akhirnya tidak efektif, tidak efisien, dan berbahaya [9][10][12][13]. Hal ini dapat dilihat dari penelitian yang dilakukan di Desa Ban yang memberikan beberapa dampak kepada masyarakat. Energi listrik memberikan kehidupan yang lebih baik dan dampak positif terhadap perekonomian, sosial dan kesehatan masyarakat. Namun karena perencanaan yang kurang tepat menyebabkan sistem tidak bisa bekerja secara optimal dilihat dari besar energi listrik yang dihasilkan [15][16][17]. Dampak ini tidak dapat dinilai dengan uang sehingga dalam perencanaan sistem distribusi perlu dipelajari tentang sosial budaya pada tempat perencanaan agar perencanaan distribusi berjalan dengan apa yang diinginkan. Oleh karena itu tujuan dari segi sosial budaya dalam perencanaan sistem distribusi tenaga listrik adalah memberikan pelayanan sebaik mungkin dan dapat mencapai ke semua konsumen. Tujuan ini meliputi kesesuaian, kenyamanan dan keamanan penempatan gardu distribusi.

### 3. METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada PT. PLN (Persero) Area Jaringan Bali Selatan Pada Penyulang Perumnas, yaitu Desa Pemecutan Kelod dan Tegal Harum dari bulan April - September. Penelitian dilakukan oleh dua orang dosen yang memiliki kualifikasi dalam bidang teknik elektro. Besar sampel yang digunakan sebanyak 25 penduduk yang berada disekitar gardu distribusi pada Desa Pemecutan Kelod dan Desa Tegal Harum dengan radius 20 meter. Pengambilan sampel dilakukan dengan kuesioner dan wawancara tidak terstruktur. Kuesioner terdiri dari 21 pertanyaan dan 4 pilihan jawaban untuk memperbesar variasi jawaban responden dan mengurangi kecenderungan responden memberikan jawaban pada kategori tengah. Kuesioner yang diberikan telah diuji validitas dan realibilitasnya dengan korelasi faktor positif ( $>0,3$ ) dan dengan uji Alpha Cronsbach berada dia atas 0,6. Pengujian dilakukan dengan menggunakan program SPSS. Pengambilan data dengan metode wawancara tidak terstruktur dilakukan sebelum melakukan penelitian, yaitu pada bulan Maret. Dari hasil wawancara awal inilah ditemukan beberapa permasalahan dari penempatan transformator distribusi di daerah tersebut.

Dalam penelitian ini data hasil kuesioner dilakukan Uji T berpasangan dan Uji Pearson. Uji T berpasangan dilakukan untuk mengetahui pengaruh sebelum dan setelah transformator distribusi dipasang terhadap masyarakat. Uji Pearson dilakukan untuk mengetahui bagaimana hubungan antara kesesuaian, kenyamanan, dan keamanan penempatan transformator distribusi.

Karakteristik responden pada penelitian ini rata-rata sebagai pengguna PLN adalah 9,3 tahun (1 - 31) dan dominan dengan beban listrik sebesar 1300 VA. Pertanyaan tersebut meliputi kesesuaian terhadap gardu distribusi, kenyamanan terhadap penempatan gardu distribusi, dan keamanan terhadap penempatan gardu distribusi. Pengambilan sampel dilakukan dengan dengan cara *purposive sampling* berdasarkan pertimbangan dari peneliti dengan tujuan memperoleh sampel yang mempunyai sangkut paut erat

dengan penempatan gardu distribusi pada Penyulang Perumnas.

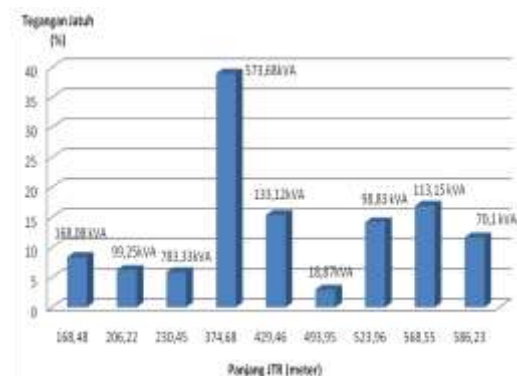
Data sekunder yang digunakan dalam analisis penelitian, yaitu: diagram segaris Penyulang Perumnas, data beban Penyulang Perumnas, data spesifikasi transformator distribusi, data panjang saluran jaringan tegangan rendah Penyulang Perumnas, data spesifikasi penghantar. Data sekunder diperoleh dari PT. PLN dan beberapa buku literatur.

### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam menentukan penempatan transformator distribusi maka terlebih dahulu ditentukan pertumbuhan daya listrik pada daerah penempatan transformator distribusi untuk mengatasi pertumbuhan daya listrik penduduk.

#### 4.1. Teknis

Penentuan besar daya listrik pada transformator distribusi dapat diperhitungkan dengan memperhatikan persentasi pertumbuhan daya listrik penduduk. Dengan asumsi panjang JTR, jenis penghantar, dan faktor daya saluran masih sama, maka besarnya tegangan jatuh yang terjadi berdasarkan pertumbuhan daya listrik dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 2. Drop Tegangan Pada JTR

Dari gambar grafik di atas, dapat diketahui bahwa tegangan jatuh yang melebihi 10% terjadi pada lima kawasan JTR. Selain disebabkan oleh panjang saluran JTR, tegangan jatuh yang terjadi disebabkan juga oleh besarnya arus beban yang mengalir dan tahanan saluran. Tegangan jatuh yang terjadi

pada lima kawasan tersebut tidak sesuai dengan SPLN 1, 1995, sehingga perlu dilakukan pemasangan gardu distribusi sisipan dan pemerataan beban dengan transformator disekitarnya.

Berdasarkan analisis penempatan gardu distribusi sisipan yang baru dan analisis secara sosial budaya, selanjutnya digunakan sebagai acuan penempatan dan pemilihan kapasitas transformator distribusi yang baru. Dalam hasil terdapat perubahan beban kapasitas transformator distribusi, yaitu 3 buah transformator distribusi dengan kapasitas 400kVA, 2 buah transformator distribusi sisipan dengan kapasitas 315 kVA, dan 1 buah transformator distribusi dengan ukuran 160 kVA. Perubahan ini memberikan nilai tegangan jatuh sesuai dengan yang diharapkan, yaitu dari

1,14% sampai dengan 9, 52%. Ini sesuai dengan SPLN 1, 1995.

#### 4.2. Sosial Budaya

Selain dipengaruhi oleh pertumbuhan daya listrik penduduk, sosial budaya daerah penempatan transformator distirbusi juga mempunyai hubungan yang sangat kuat. Berdasarkan hal tersebut maka dilakukan kuisioner terhadap penduduk sekitar gardu distribusi.

Karakteristik penduduk yang diuji dalam penelitian ini adalah berapa lama berlangganan listrik dan berapa besar daya listrik yang digunakan. Berdasarkan karakteristik tersebut didapatkan rerata lama sebagai pelanggan PLN adalah 9,3 tahun (1 - 31) dan dominan dengan beban listrik sebesar 1300 VA

Tabel 1. Hasil Uji T Kesesuaian Penempatan Transformator Distribusi

	n	Rerata±s.b	t	p
Kesesuaian Sebelum Penempatan Transformator Distribusi	25	19,52±3,38	-7,76	< 0,001
Kesesuaian Setelah Penempatan Transformator Distribusi	25	22,60±1,56		

Tabel 2. Hasil Uji T Kenyamanan Penempatan Transformator Distribusi

	n	Rerata±s.b	t	p
Kenyamanan Sebelum Penempatan Transformator Distribusi	25	23,52±2,16	-9,57	< 0,001
Kenyamanan Setelah Penempatan Transformator Distribusi	25	26,44±0,87		

Tabel 2. Hasil Uji T Keamanan Penempatan Transformator Distribusi

	n	Rerata±s.b	t	p
Keamanan Sebelum Penempatan Transformator Distribusi	25	21,16±3,54	-8,42	< 0,001
Keamanan Setelah Penempatan Transformator Distribusi	25	24,48±1,85		

1. Perbandingan kesesuaian, kenyamanan, dan keamanan sebelum dan setelah penempatan gardu distribusi. Dari uji normalitas *Kolmogorov-Smirnov*, diperoleh hasil kemaknaan untuk 6 kelompok data adalah  $(p) > 0,05$ , dan dilakukan uji T berpasangan. Diperoleh hasil sesuai dengan Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3.

a. Hasil analisis antara kesesuaian sebelum dan setelah penempatan gardu distribusi diperoleh nilai  $t = -7,71$  dan nilai  $p < 0,05$ , yang berarti terdapat perbedaan tingkat kesesuaian sebelum dan setelah penempatan gardu distribusi, maka hasil ini berbeda bermakna. Dari hasil perbedaan rerata yang mengalami peningkatan maka masyarakat merasa

sesuai dengan gardu distribusi baru. Dengan harapan pemasangan gardu distribusi baru tersebut dapat mengatasi pemadaman-pemadaman yang sering terjadi serta dapat diterima secara adat istiadat daerah tersebut.

b. Hasil analisis antara kenyamanan sebelum dan setelah penempatan gardu distribusi diperoleh nilai  $t = -9,57$  dan nilai  $p < 0,05$ , yang berarti terdapat perbedaan tingkat kenyamanan sebelum dan setelah penempatan gardu distribusi, maka hasil ini berbeda bermakna. Dari hasil perbedaan rerata yang mengalami peningkatan maka masyarakat merasa nyaman dengan gardu distribusi baru. Dengan harapan pemasangan gardu



distribusi baru tersebut dapat memberikan rasa nyaman terhadap masyarakat seperti tidak mengganggu pemandangan, menimbulkan bising, menimbulkan bau yang tidak sedap, menghalangi kelancaran lalu lintas, mempengaruhi aktifitas masyarakat, dan terpasang rapi.

- c. Hasil analisis antara keamanan sebelum dan setelah penempatan gardu distribusi diperoleh nilai  $t = -8,42$  dan nilai  $p < 0,05$ , yang berarti terdapat perbedaan tingkat kenyamanan sebelum dan setelah penempatan gardu distribusi, maka hasil ini berbeda bermakna. Dari hasil perbedaan rerata yang mengalami peningkatan maka masyarakat merasa

aman dengan gardu distribusi baru. Dengan harapan pemasangan gardu distribusi baru tersebut dapat memberikan rasa aman terhadap masyarakat seperti tidak menimbulkan masalah, tidak berbahaya, memberikan rasa tenteram, dan jika berada di dekat gardu dapat memberikan rasa aman terhadap masyarakat disekitarnya.

Dari hasil analisis di atas maka masyarakat setuju untuk pemasangan gardu distribusi baru, dengan diharapkan dapat memberikan kesesuaian, kenyamanan, dan keamanan terhadap masyarakat.

Tabel 4. Hasil Analisis Korelasi Pearson

		Skor Kenyamanan Penempatan Transformator Distribusi	Skor Keamanan Penempatan Transformator Distribusi
Skor Kesesuaian Penempatan Transformator Distribusi	<i>r</i>	0,904	0,849
	<i>p</i>	< 0,001	< 0,001
	<i>n</i>	25	25

- 2. Hubungan antara kesesuaian, kenyamanan, dan keamanan penempatan gardu distribusi Dari uji normalitas *Kolmogorov-Smirnov* diperoleh hasil kemaknaan untuk 3 kelompok data adalah  $(p) > 0,05$ . Dengan demikian 3 kelompok data berdistribusi normal. Karena syarat distribusi normal terpenuhi maka uji yang digunakan selanjutnya adalah uji *Pearson*. Diperoleh hasil Tabel 4.

- a. Hasil analisis korelasi uji *Pearson* menunjukkan hubungan yang signifikan antara kesesuaian dengan kenyamanan penempatan gardu distribusi ( $p < 0,05$ ). Dengan nilai korelasi yang sangat kuat ( $r = 0,90$ ), yang berarti semakin tinggi tingkat kesesuaian maka akan diikuti dengan peningkatan kenyamanan terhadap penempatan gardu distribusi.
- b. Hasil analisis korelasi uji *Pearson* menunjukkan hubungan yang signifikan antara kesesuaian dengan keamanan penempatan gardu distribusi ( $p < 0,05$ ). Dengan nilai korelasi yang sangat kuat ( $r = 0,85$ ), yang berarti semakin tinggi tingkat kesesuaian

maka akan diikuti dengan peningkatan keamanan terhadap penempatan gardu distribusi.

- c. Hasil analisis korelasi uji *Pearson* menunjukkan hubungan yang signifikan antara kenyamanan dengan keamanan penempatan gardu distribusi ( $p < 0,05$ ). Dengan nilai korelasi yang sangat kuat ( $r = 0,86$ ), yang berarti semakin tinggi tingkat kenyamanan maka akan diikuti dengan peningkatan keamanan terhadap penempatan gardu distribusi.

Dari hasil analisis di atas maka dapat disimpulkan bahwa kesesuaian, kenyamanan, dan keamanan saling berpengaruh sangat kuat satu sama lainnya. Dengan demikian semakin sesuai penempatan gardu distribusi maka semakin nyaman dan aman penempatan gardu distribusi tersebut untuk masyarakat sekitarnya.

## 5. KESIMPULAN

Penempatan transformator distribusi secara optimal pada Penyulang Perumnas dilakukan

dengan penempatan yang dapat memberikan kesesuaian, kenyamanan, dan keamanan terhadap penduduk sekitar gardu distribusi dengan persentase tegangan jatuh tidak melebihi 10%. Dari hasil pembahasan dapat ditarik beberapa simpulan sebagai berikut:

1. Hasil analisis antara kesesuaian sebelum dan setelah penempatan gardu distribusi diperoleh hasil berbeda bermakna dengan nilai  $t = -7,71$  dan nilai  $p < 0,05$ , yang berarti terdapat peningkatan tingkat kesesuaian setelah penempatan gardu distribusi. Hasil analisis antara kenyamanan sebelum dan setelah penempatan gardu distribusi diperoleh hasil berbeda bermakna dengan nilai  $t = -9,57$  dan nilai  $p < 0,05$ , yang berarti terdapat peningkatan tingkat kenyamanan setelah penempatan gardu distribusi. Hasil analisis antara keamanan sebelum dan setelah penempatan gardu distribusi diperoleh hasil berbeda bermakna dengan nilai  $t = -8,42$  dan nilai  $p < 0,05$ , yang berarti terdapat peningkatan tingkat keamanan setelah penempatan gardu distribusi. Sehingga dari hasil peningkatan tingkat kesesuaian, kenyamanan, dan keamanan, maka masyarakat setuju terhadap penempatan gardu distribusi baru, dengan harapan sesuai, nyaman, dan aman untuk masyarakat.
2. Hasil korelasi antara kesesuaian dan nyaman diperoleh hubungan yang sangat kuat dengan nilai  $r = 0,90$  dan berbeda bermakna dengan nilai  $p < 0,05$ . Hasil korelasi antara kesesuaian dan keamanan diperoleh hubungan yang sangat kuat dengan nilai  $r = 0,85$  dan berbeda bermakna dengan nilai  $p < 0,05$ . Hasil korelasi antara kenyamanan dan keamanan diperoleh hubungan yang sangat kuat dengan nilai  $r = 0,86$  dan berbeda bermakna dengan nilai  $p < 0,05$ . Sehingga tingkat kesesuaian, kenyamanan, dan keamanan terhadap penempatan gardu distribusi saling berpengaruh sangat kuat satu sama lainnya.
3. Penambahan transformator distribusi sisipan sebanyak 3 buah dan perubahan kapasitas transformator distribusi memberikan hasil yang optimal terhadap kebutuhan energi listrik masyarakat.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Stieven N. R. (2019). Perancangan Distribusi Tenaga Listrik Terpusat Perpektif: Industri Kelapa Sawit. SETRUM, Vol. 8, No.1, Hal. 18 – 27.
- [2] Andik C., Hersis K. H., Saiful A., Machrus A.. (2017). Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Radial Untuk Mengurangi Rugi Daya Pada Penyulang Jatirejo Rayon Mojoagung Menggunakan Metode Binary Particle Swarm Optimization (BPSO), SAINTEK II, Hal 103 – 206.
- [3] Tony K. (2019). Studi Evaluasi Pemadaman Pada Jaringan Distribusi Tenaga Listrik 20 kV. Jurnal Ilmiah Energi & Kelistrikan, 8(2), 133-136.
- [4] Permana S. F., Aris B., "Analisis Pengaruh Pemasangan Distributed Generation Pada Jaringan Distribusi Pusdiklat Migas Cepu," Skripsi. Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2016.
- [5] Mochtar W, "Dasar-Dasar Mesin Listrik," Djambatan, Jakarta, 2001.
- [6] Rinjono Y, "Dasar Teknik Tenaga Listrik," Andi Offset, Yogyakarta, 1997.
- [7] Warman, "Pemilihan dan Peningkatan Penggunaan/Pemakaian Serta Manajemen Trafo Distribusi," Digitized by USU digital library, Sumatera Utara, 2004.
- [8] Hidayah N., Agus R., Machurs A. (2017). Rekonfigurasi Jaringan Distribusi Radial Menggunakan Modified Firefly Algorithms (MFA) Pada Penyulang Tanjung Rayon Jombang. Journal of Electrical and Electronic Engineering, Vol. 1, No. 2.
- [9] Mucharam L. N., "Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral Dan Losses Pada Transformator Distribusi 200 kVA." Undergraduate Thesis. Universitas Islam Sultan Agung, 2019.
- [10] Saputro, Ahmad E Y, Agus S., "Analisis Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Efisiensi Transformator Distribusi di PT.PLN (PERSERO) Rayon Palur Karanganyar," Skripsi. Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2018.
- [11] Ogens Y. B., Prastyono E. P., Beny F. (2018). Analisis Keandalan Jaringan

- Distribusi Tenaga Listrik 20 kV Menggunakan Indeks SAIDI dan SAIFI Pada PT PLN (Persero) APJ Yogyakarta. *Jurnal Elektrikal*, Vol. 5, No. 1.
- [12] Zainal S., Tri R. (2019). Analisis Ketidakseimbangan Beban Transformator Distribusi 20 kV dan Solusinya Pada Jaringan Tegangan Rendah. *Jurnal Teknik Elektro*, Vol. 8, No.1, Hal. 173 – 180.
- [13] I P Sutawinaya, I W Teresna, Febry S. P. (2017). Studi Analisis Penambahan Transformator Sisipan Untuk Menopang Beban Lebih dan Drop Tegangan Pada Transformator Distribusi KA 1516 Penyulang Buduk Menggunakan Simulasi Program ETAP 7.0. *Logic: Jurnal Rancang Bangun dan Teknologi*, Vol. 14, No. 3, Hal. 133.
- [14] Wright P. H, “Penghantar Engineering/Edisi Ketiga,” Penerbit Erlangga, Jakarta, 2002.
- [15] Nugraha, I M A., Giriantari, I A D., Kumara, I N S. (2013). Studi Dampak Ekonomi dan Sosial PLTS Sebagai Listrik Pedesaan Terhadap Masyarakat Desa Ban Kubu Karangasem. *Prosiding Conference on Smart-Green Technology in Electrical and Information Systems*, Hal. 43 – 46.
- [16] Nugraha, I M A., Ridhana, P A., Listuayu, K. (2018). Optimalisasi Pemasangan Solar Home System Untuk Kehidupan Masyarakat Pedesaan di Ban Kubu Karangasem. *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, Vol 17, No. 1, Hal. 116 – 123.
- [17] Nugraha, I. M. A., & Arimbawa, P. A. R. (2019). Solar Home System Dapat Meningkatkan Kesehatan Masyarakat Desa Ban di Bali. *Bali Health Journal*, 3(1), 21-26.
- [18] Kadir, A, “Distribusi dan Utilitas Tenaga Listrik,” UI-Press, Jakarta, 2006.
- [19] Arismunandar, A. dan Kuwara, S, “Teknik Tenaga Listrik Jilid II Saluran Transmisi,” PT. Pradnya Paramita, Jakarta, 1982.
- [20] Hamles L. L. (2018). Analisa Umur Pakai Transformator Distribusi 20 KV di PT. PLN Cabang Ambon. *Jurnal Simetrik*, Vol. 8, No. 2, Hal. 126 – 132.
- [21] Gonen, “Elektric Power Distribution System Engineering,” McGraw-Hill, Singapore, 1986.
- [22] Pandjaitan, “Teknologi Sistem Pengendalian Tenaga Listrik Berbasis Scada,” Prenhanlindo, Jakarta, 1999.
- [23] Suhandi, “Teknik Distribusi Tenaga Listrik Jilid 1,” Direktorat Pembinaan Sekolah Kejuruan, Jakarta, 2008.
- [24] SPLN 1, Tegangan-Tegangan Standar, Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Tenaga Listrik Negara, Jakarta, 1995.
- [25] Muhammad A. R. (2017). Minimalisasi Biaya Sistem Dengan Pemilihan Penghantar Jaringan Distribusi Menggunakan PSO. *Jurnal Sains dan Teknologi*, Vol. 6, No. 1.
- [26] Kafrawi M. T., Ahmad A. S., Adhi S., “Perancangan Penerapan Optimaslisasi Algoritma Pada Sistem Interkoneksi Jaringan Distribusi Enegi Listrik,” Thesis. Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada, 2018.
- [27] SPLN 50, Spesifikasi Transformator Distribusi. Departemen Pertambangan dan Energi Perusahaan Umum Tenaga Listrik Negara, Jakarta, 1997.
- [28] Dwiyanto T. (2018). Analisis Pengaruh Ketidakseimbangan Beban Terhadap Arus Netral dan Losses Pada Transformator Distribusi di PT. PLN (Persero) Area Sorong. *Electro Lucea*, Vol. 4, No. 1, Hal. 5 – 14.
- [29] Marsudi, “Operasi Sistem Tenaga Listrik,” Balai Penerbit & Humas ISTN, Jakarta, 1990.
- [30] Haysim. (2003). Perbaikan Tegangan Untuk Konsumen. *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer Emitter* Vol. 3, No. 2.
- [31] Theraja, B.L, “A Text Book Of Electrical Technology,” Publication Of Nirja Contruction and Development Co, New Delhi, 1980.
- [32] Herman, S. L, “Electrical Transformers And Rotating Machines 2nd Edition,” Delmar Learning, USA, 2006.
- [33] Yaved P. Tondok, Lily S. P., Fielman L. (2019). Perencanaan Tranformator Distribusi 125 kVA, *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, Vol. 8, No. 2, Hal. 83 – 92.
- [34] Wahyu A, “Studi Analisis Susut Umur Transformator Distribusi 20 KV di Kota Bandung,” Thesis. Universitas Pendidikan Indonesia, 2019.
- [35] SPLN 68-2, Tingkat Jaminan Sistem Tenaga Listrik Bag. 2: Sistem Distribusi,

- Departemen Pertambangan dan Energi  
Perusahaan Umum Tenaga Listrik  
Negara, Jakarta, 1986.
- [36] Mangera, Paulus and Hardiantono, Damis. (2019). *Analisis Rugi Tegangan Jaringan Distribusi 20 kV Pada PT. PLN (Persero) Cabang Merauke*. Musamus of Journal Electro and Machine Engineering (MJEME), 1 (2). Hal. 61-69.
- [37] Reinald M. (2019). Prototype Monitoring Arus, dan Suhu Pada Transformator Distribusi Berbasis Internet Of Thing (IoT). *Jurnal Teknik Elektro*, Vol. 8, No. 1, Hal. 111 – 119.
- [38] Parlindungan G. (2017). Studi Susut Umur Transformator Distribusi 20 KV Akibat Pembebanan Lebih di PT. PLN (Persero) Kota Pontianak. *Jurnal Teknik Elektro Universitas Tanjungpura*, Vol. 2.
- [39] Muhammad S, “*Analisis Perkiraan Umur Transformator Distribusi Berdasarkan Susut Umur Pada Penyulang F5-Bukit Intan Kota Pangkalpinang*,” Skripsi. Universitas Bangka Belitung, 2020.
- [40] Seniari N. M, Fadli M. N, Ginarsa I M. (2020). Analisis Rencana Pemasangan Transformator Sisipan Pada Saluran Transformator Distribusi Penyulang Pagutan (Studi Kasus: Transformator Distribusi AM097 Di Jalan Banda Seraya, Pagesangan, Kota Mataram). *DIELEKTRIKA*, Vol. 7, No. 1, Hal. 56 – 63.
- [41] Djauhari, Dwi Hardian and Andayani, Oktaria, “*Penyeimbangan Beban Transformator Distribusi di PT. PLN (Persero) Area Bandengan*,” Bachelors Degree (S1) Thesis. Sekolah Tinggi Teknik PLN, 2019.
- [42] Berahim H, “*Pengantar Teknik Tenaga Listrik Teori Ringkas dan Penyelesaian Soal*,” Andi Offset, Yogyakarta, 1996.