

## FAKTOR KESEREMPAKAN BEBAN TERHADAP PEMILIHAN KAPASITAS TRANSFORMATOR DISTRIBUSI PERUMAHAN

Iqbal Al Hidayah<sup>1</sup>, Spto Nisworo<sup>2</sup>, Deria Pravitasari<sup>3</sup>

Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Tidar Magelang

<sup>1</sup>[iqbalalhidayah1@gmail.com](mailto:iqbalalhidayah1@gmail.com) <sup>2</sup>[saptonisworo@untidar.ac.id](mailto:saptonisworo@untidar.ac.id) <sup>3</sup>[deria.pravitasari@untidar.ac.id](mailto:deria.pravitasari@untidar.ac.id)

### ABSTRAK

**Abstrak** – Distribusi energi listrik membutuhkan kinerja yang andal dan kontinu pada bangunan rumah tinggal khususnya perumahan. Faktor keserempakan beban merupakan perbandingan antara beban maksimum dari suatu kelompok beban terhadap jumlah beban maksimum dari setiap unit beban. Metode yang digunakan adalah dengan melakukan pengukuran beban pada kWh meter dengan tang *ampere* serta dengan data pendukung berupa data pengukuran pembebanan transformator distribusi. Perhitungan dilakukan dengan menghitung presentase pembebanan transformator distribusi. Hasil penelitian berupa perhitungan presentase pembebanan yang menjadi acuan untuk menentukan kapasitas transformator pada tipe perumahan yang serupa.

**Kata Kunci:** Jaringan Distribusi, Faktor Keserempakan, Transformator.

### ABSTRACT

**Abstract** - Distribution of electrical energy requires reliable and continuous performance in residential buildings, especially housing. Simultaneous load factor is the ratio between the maximum load of a group of loads to the maximum load of each unit load. The method used is to measure the load on the kWh meter with ampere pliers and with supporting data in the form of measurement data for distribution transformer loading. The calculation is done by calculating the percentage of distribution transformer loading. The results of the study are in the form of a calculation of the percentage of loading which is a reference for determining the capacity of the transformer in a similar type of housing.

**Keywords:** Distribution Network, Simultaneous Factor, Transformer.

### PENDAHULUAN

Sistem distribusi tenaga listrik merupakan sistem yang bekerja untuk menyalurkan tenaga listrik kepada konsumen. Faktor utama dalam perancangan sistem jaringan distribusi tenaga listrik adalah karakteristik beban. Karakteristik beban listrik tergantung pada jenis beban yang dilayani. Karakteristik beban menjadi parameter dalam menentukan peralatan distribusi tenaga listrik [1].

Perumahan dengan pelanggan rumah tangga merupakan salah satu konsumen energi listrik yang besar dibandingkan dengan sektor industri, sosial, dan bisnis. Beban energi listrik yang terdapat pada perumahan lebih merata jika dibandingkan dengan sektor rumah tangga pedesaan dan daerah terpencil lainnya. Perumahan modern yang dibangun pada daerah kota dengan mayoritas penghuni menengah keatas membutuhkan pelayanan energi listrik yang maksimal dan efisien. [2].

Beban listrik pada setiap sektor memiliki perbedaan. Sektor rumah tangga memiliki fluktuasi yang cukup tinggi karena konsumsi listrik yang dominan pada waktu malam hari. Kondisi demikian berbeda dengan sektor lain, seperti sektor komersial dan industri yang

memiliki fluktuasi konsumsi listrik yang sama karena waktu penggunaan listrik yang merata [3].

Peralatan utama dalam distribusi tenaga listrik pada perumahan adalah transformator distribusi. Penggunaan transformator distribusi dengan kapasitas yang sesuai dengan beban listrik menjadi penunjang kontinuitas pelayanan energi listrik pada sektor perumahan serta mampu mengurangi gangguan pada distribusi tenaga listrik perumahan. Gangguan yang dapat terjadi pada transformator distribusi adalah kelebihan beban (*overload*) dan kekurangan beban (*underload*) yang mampu menyebabkan kerusakan pada transformator distribusi. [4].

Berdasarkan uraian di atas, penelitian yang direncanakan bertujuan untuk menentukan kapasitas transformator distribusi khususnya pada sektor perumahan berdasarkan faktor keserempakan beban. Studi penelitian pada Perumahan Griya Asri 1 Magelang dapat dijadikan acuan penentuan kapasitas transformator pada sektor perumahan yang setara dengan Perumahan Griya Asri 1 Magelang. Penelitian diharapkan mampu menentukan kapasitas transformator pada setiap

pembangunan perumahan dengan menyesuaikan target pengguna dan tipe rumah.

## METODE

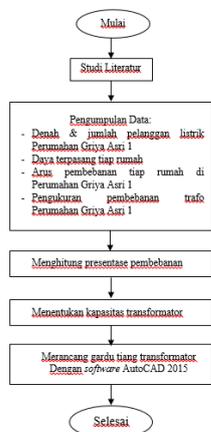
Penelitian faktor keserempakan beban terhadap pemilihan kapasitas transformator distribusi pada perumahan menggunakan alat, bahan sebagai fasilitas pendukung. Alat dan bahan yang digunakan untuk mendukung penelitian adalah alat ukur tang *ampere* dan *software AutoCAD 2015*.

Pengukuran dilaksanakan dengan mengukur nilai arus beban pada kWh meter setiap rumah di Perumahan Griya Asri 1 Magelang menggunakan alat ukur tang *ampere*. Pengukuran dilaksanakan mulai sore hari pada pukul 16.00 WIB sampai pukul 19.00 WIB. Nilai pengukuran beban listrik (arus) pada kWh meter selanjutnya menjadi bahan perhitungan presentase pembebanan.

Penelitian yang dilaksanakan juga menggunakan data pengukuran pembebanan transformator distribusi pada Perumahan Griya Asri 1 Magelang oleh PLN Rayon Magelang Kota. Perhitungan pembebanan sekaligus dilakukan dengan perbandingan antara pengukuran kWh meter dengan tang *ampere* dan pengukuran pembebanan transformator distribusi oleh PLN.

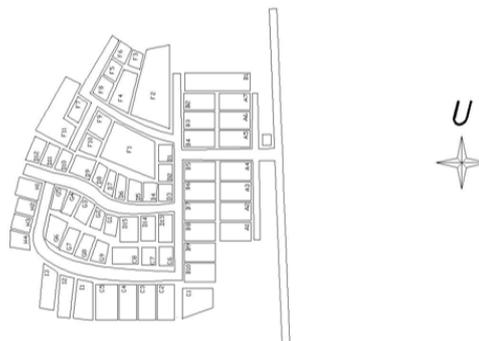
Hasil perhitungan pembebanan pada transformator distribusi Perumahan Griya Asri 1 Magelang sekaligus faktor pembebanan dijadikan menjadi acuan untuk menentukan kapasitas transformator distribusi pada tipe perumahan yang serupa dengan Perumahan Griya Asri 1 Magelang.

Kapasitas transformator distribusi yang sudah ditentukan, selanjutnya dilakukan desain gardu tiang transformator distribusi dengan menggunakan *software AutoCAD 2015*. Metode penelitian dijelaskan pada Gambar 1. Flowchart Metode Penelitian



Gambar 1. Flowchart Metode Penelitian

Pengukuran beban transformator distribusi dilakukan pada transformator yang terpasang pada Perumahan Griya Asri 1 Magelang oleh PLN Rayon Magelang Kota. Perumahan terletak pada kota Magelang berjarak  $\pm 4,5$  km dengan pusat kota Kota Magelang. Perumahan Griya Asri 1 merupakan perumahan dengan semua bangunan merupakan hunian rumah tinggal dengan jumlah total 67 rumah. Perumahan Griya Asri 1 terdiri dari 8 blok yaitu blok A terdiri dari 7 rumah ; blok B terdiri dari 10 rumah ; blok C terdiri dari 8 rumah ; blok D terdiri dari 15 rumah ; blok F terdiri dari 11 rumah ; blok G terdiri dari 9 rumah ; blok H terdiri dari 4 rumah ; blok I terdiri dari 3 rumah. Kondisi lingkungan pada Perumahan Griya Asri 1 termasuk dalam lingkungan hunian yang berimbang dalam bidang ekonomi, sosial, dan budaya. Denah perumahan adalah seperti pada gambar 2 berikut.



Gambar 2. Denah Perumahan Griya Asri 1

Proses pengukuran beban pada kWh meter menggunakan tang *ampere* dimulai dengan baca meter. Baca meter dilakukan untuk pencatatan daya terpasang pada setiap rumah di kawasan perumahan. Daya pada kWh meter dapat dibaca pada tulisan di kWh meter atau pada MCB. Tabel langganan daya dan pembatas arus atau *rating* arus MCB adalah seperti pada tabel 1 berikut.

Tabel 1. Tabel langganan tegangan rendah sistem 220V PT. PLN Persero

Daya Tersambung (VA)	Pembatas Arus (A)
450	1 x 2
900	1 x 4
1300	1 x 6
2200	1 x 10
3500	1 x 16
4400	1 x 20

Transformator yang digunakan pada Perumahan Griya Asri 1 merupakan transformator 1 fasa dengan kapasitas 50 kVA. Spesifikasi (*nameplate*) transformator distribusi

yang digunakan adalah seperti pada tabel 2 berikut.

Tabel 2. Spesifikasi Transformator

TRANSFORMATOR 1 PHASE	
Product	PT. Bambang Djaja (B&D)
Phase	1
Operation Type	In / Outdoor
Cooling	ONAN
Frequency (Hz)	50
Rated Power (kVA)	50
High Voltage (V)	11547
Low Voltage (V)	462 – 231
HV Current (A)	4.33
LV Current (A)	108.2 – 216.45
Impedance 75°C (%)	2.50
Ambient Temp. (°C)	40
Temp. Rise (°C)	50/55
Oil Volume (L)	80
Total Weight (kg)	368

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Penentuan kapasitas transformator distribusi dilakukan berdasarkan faktor keserempakan beban listrik yang digunakan. Penentuan kapasitas berdasarkan pada pengukuran pembebanan pada perumahan dijadikan sebagai bahan untuk perhitungan. Perhitungan prosentase pembebanan sebagai acuan untuk pemilihan kapasitas transformator.

Ringkasan pengukuran arus beban listrik dengan menggunakan pengukuran tang *ampere* pada kWh meter setiap rumah Perumahan Griya Asri 1 Magelang adalah sebagai berikut.

Tabel 3. Pengukuran Beban

Jumlah Rumah	67
Daya Terpasang (kVA)	71,9
Arus I (A)	113,806
Arus II (A)	107,39
Arus III (A)	106,43
Arus Beban Rata-rata	109,213

Tabel 3 diatas diperoleh berdasarkan pengukuran arus beban pada kWh meter dengan menggunakan tang *ampere*. Pengukuran dilaksanakan tiga kali dengan selang waktu 5 menit. Sebagai pembandingan terdapat pengukuran pembebanan pada transformator distribusi Perumahan Griya Asri 1 yang diperoleh dari data PLN Rayon Magelang Kota, sebagai berikut.

Tabel 4. Pengukuran Beban Transformator

Daya (kVA)	50
Merk	B&D
Fasa	1
Beban Nominal (A)	216,45
Beban Terpakai (A)	98,4
Pengukuran Beban Jurusan A	
X1	29,6
X2	68,8
X0	25,9
Pengukuran Beban Jurusan B	
X1	
X2	
X0	
Beban Terukur (%)	45,46
Pengukuran Tegangan Pangkal	
X1	219
X2	218
Pengukuran Tegangan Ujung	
X1	217
X2	216

Langkah pertama adalah menentukan faktor keserempakan beban berdasarkan kelompok data pengukuran beban pada kWh meter. Faktor keserempakan beban dihitung dengan menghitung terlebih dahulu faktor keragaman beban (*diversity*). Faktor keragaman beban dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$F_{div} = \frac{D_{max 1} + D_{max 2} + \dots + D_{max n}}{D_{max} (1 + 2 + \dots + n)}$$

$$F_{div} = \frac{3 + 4,4 + 6,434}{6,434}$$

$$F_{div} = \frac{13,834}{6,434}$$

$$F_{div} = 2,15$$

Faktor keragaman beban (*diversity*) pada beban listrik Perumahan Griya Asri 1 adalah 2,15. Perhitungan keragaman beban bisa dijadikan sebagai acuan perhitungan faktor keserempakan beban. Faktor keserempakan beban adalah perbandingan antara beban maksimum dari suatu kelompok beban terhadap jumlah beban maksimum dari setiap unit beban. Faktor keserempakan beban merupakan perbandingan terbalik dari faktor keragaman beban, sehingga perhitungan faktor keragaman beban mampu dijadikan acuan untuk perhitungan faktor keserempakan beban. Faktor keserempakan beban dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$F_{cf} = \frac{D_{\max s}}{\sum_{i=1}^n D_{\max i}}$$

$$F_{cf} = \frac{1}{(F_{div})}$$

$$F_{cf} = \frac{1}{(2,15)}$$

$$F_{cf} = 0,46$$

Pemilihan kapasitas transformator distribusi dilaksanakan berdasarkan beban yang akan dilayani. Presentase pembebanan transformator diusahakan tidak melebihi 80% karena akan menyebabkan *overload*. Pemilihan kapasitas kVA transformator distribusi pada Perumahan Griya Asri 1 dihitung menggunakan persamaan berikut:

Daya trafo (S) = Total Beban x Faktor Keserempakan

$$\text{Daya trafo (S)} = 71900 \times 0,46$$

$$\text{Daya trafo (S)} = 33074 \text{ VA}$$

$$\text{Daya trafo (S)} = 33,074 \text{ kVA}$$

Transformator yang dipilih untuk memenuhi daya yang digunakan adalah untuk menentukan kuat hantar arus adalah 50 kVA. Perhitungan presentase pembebanan berdasarkan pengukuran arus pada kWh meter. Presentase pembebanan transformator distribusi dihitung dengan menghitung terlebih dahulu arus beban penuh (*full load*). Arus pembebanan penuh pada transformator distribusi 50 kVA 1 fasa dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$I_{FL} = \frac{S}{V (1 \text{ fasa})}$$

$$I_{FL} = \frac{50000}{231}$$

$$I_{FL} = 216,45 \text{ A}$$

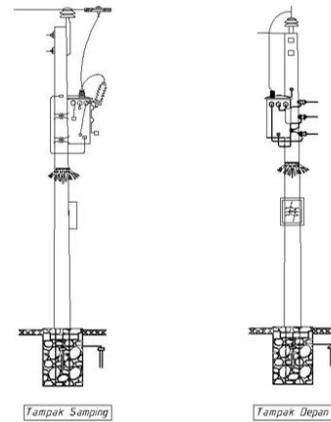
Perhitungan presentase pembebanan transformator distribusi dengan berdasarkan arus beban penuh ( $I_{FL}$ ) dan pengukuran arus pada kWh meter adalah sebagai berikut:

$$\% \text{ beban} = \frac{I_{ph}}{I_{FL}} \times 100\%$$

$$\% \text{ beban} = \frac{109,213}{216,45} \times 100\%$$

$$\% \text{ beban} = 50,46\%$$

Perhitungan presentase pembebanan untuk pengukuran arus pada kWh meter adalah 50,46%. Sedangkan presentase pembebanan untuk pengukuran transformator distribusi adalah 45,46%. Terdapat selisih tingkat presentase karena pada pengukuran kWh meter tidak dapat dilakukan pengukuran 1 waktu untuk semua rumah. Pembebanan transformator dengan presentase 45,46% dan 50,46% termasuk dalam pembebanan yang ideal, yaitu tidak *underload* dan *overload*. Pemasangan transformator distribusi menggunakan gardu cantol, desain yang dibuat adalah seperti pada gambar 3 berikut.



Gambar 3. Desain Gardu Cantol

Pemilihan kapasitas transformator distribusi untuk perumahan dengan tipe dan jenis pengguna yang serupa seperti Perumahan Griya Asri 1 Magelang dapat menggunakan transformator 1 fasa dengan kapasitas 50 kVA. Sehingga dapat menjadi acuan lebih lanjut untuk menentukan kapasitas trafo pada perumahan yang akan dibangun.

## KESIMPULAN

Faktor keserempakan beban adalah perbandingan antara beban maksimum dari suatu kelompok beban terhadap jumlah beban maksimum dari setiap unit beban. Pengukuran pembebanan sekaligus dilakukan sebagai pendukung untuk mencari presentase pembebanan pada transformator Perumahan Griya Asri 1. Pemilihan kapasitas transformator distribusi untuk perumahan dengan tipe tersebut adalah 1 fasa dengan kapasitas beban 50 kVA. Transformator distribusi 50 kVA masih termasuk dalam kategori efisien dalam sisi pembebanan. Pembebanan terdapat pada nilai 45,46% sampai 50,46%, kondisi demikian termasuk dalam kategori ideal karena tidak *underload* dan *overload*. Penggunaan transformator yang ideal mampu mendukung kontinuitas pelayanan yang maksimal distribusi tenaga listrik kepada pelanggan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sallam, Abdelhay., Malik, OM. 2011. *Electric Distribution Systems*. New Jersey: John Wiley and Son.
- [2] Short, T.A. 2014. *Electric Power Distribution Handbook*. Florida: CRC Press Taylor and Francis Group.
- [3] Wadhwa, C.L. 2012. *Electrical Power System*. Kent: New Academic Science Limited.
- [4] Yuniarto., Ariyanto, Eko. 2018, Korektor Faktor Daya Otomatis pada Instalasi Listrik Rumah Tangga. *Gema Teknologi, Universitas Diponegoro*, Vol.19 (4);

- [5] Dong, Ming., Nassif, A. B., Li, B. 2018, A Data-Driven Residential Transformer Overloading Risk Assesment Method, *IEEE Transactions on Power Delivery*. IEEE
- [6] Zheng., Lin, J.Q., Chen. 2018, A New Capacity Inspection Method for Distribution Transformer based on Big Data, *China International Conference on Electricity Distribution*, (pp 38-41). IEEE.