

ANALISIS GANGGUAN ARUS LISTRIK PADA GARDU INDUK MENGUNAKAN *K-MEANS CLUSTERING* (Studi kasus : PT PLN Persero)

Tri Prasetyo

Program Studi Teknik Informatika, Universitas Pamulang, Jl. Surya Kencana No.1
Pamulang Barat, Tangerang Selatan, 15417

e-mail: dosen02669@unpam.ac.id

ABSTRAK

Gangguan arus listrik yang terjadi pada gardu induk PT. PLN (Persero) wilayah Tangerang, Banten disebabkan adanya trafo yang telah mencapai beban tinggi. Tetapi data beban trafo belum dimanfaatkan secara optimal. Oleh karena itu penelitian yang dilakukan ini bertujuan untuk melakukan pengelompokan data beban trafo dengan menggunakan metode algoritma *K-Means Clustering*. Terdapat tiga *cluster* yang digunakan, dimana masing-masing *cluster* terdiri dari beban tinggi, sedang, rendah serta menggunakan 3 variasi waktu dalam sehari yaitu siang pada pukul 11.00 sampai 14.00, sore pada pukul 15.00 sampai 18.00, dan malam pada pukul 19.00 sampai 23.00. Hasil *clustering* didapatkan pada *cluster* 1 berisi 97 trafo memiliki beban tinggi karena pelanggan industri mendominasi pada *cluster* ini, *cluster* 2 berisi 106 trafo dan *cluster* 3 berisi 97 trafo. Dengan kategori pelanggan pada tiap *cluster* industri, bisnis, dan rumah. Sehingga hasil ini membantu area pemeliharaan untuk mengantisipasi kerusakan pada trafo dengan melakukan pemeliharaan, perpindahan sistem atau penambahan trafo.

Kata kunci : Data Beban, Trafo, *K-Means Clustering*, PT PLN Persero

ABSTRACT

Disruption of electric current that occurs at the substation PT. PLN (Persero) Tangerang area, Banten is caused by a transformer that has reached the high load. But the transformer load data has not been utilized optimally. Therefore the research conducted aims to group transformer load data using the K-Means Clustering algorithm method. There are three clusters used, where each cluster consists of high, medium, low loads and uses 3 time variations in a day, namely 11.00 to 14.00, afternoon at 3:00 p.m. to 6:00 p.m., and 7:00 p.m. to 11:00 p.m. The clustering results obtained in cluster 1 containing 97 transformers have a high load because industrial customers dominate in this cluster, cluster 2 contains 106 transformers and cluster 3 contains 97 transformers. With customer categories in each industry, business and home cluster. So that these results help the maintenance area to anticipate damage to the transformer by carrying out maintenance, transferring the systems or adding a transformer.

Keywords: Data on Load, Transformer, *K-Means Clustering*, PT PLN Persero

1. Pendahuluan

Sejalan dengan berkembangnya gaya hidup pada saat ini dimana kebutuhan energi listrik terus meningkat dan sangat diperlukan oleh masyarakat, serta dengan banyaknya peralatan yang menggunakan listrik. Oleh sebab itu melihat kondisi ini untuk ketersediaan energi listrik haruslah berkualitas dan efisien. Efisien dalam arti bahwa hasil produksi haruslah berguna secara maksimal bagi pelanggan dan tidak terjadi kehilangan energi pada jaringan maupun pada peralatan listrik.

Dengan meningkatnya kebutuhan manusia terhadap listrik, maka listrik adalah sesuatu hal yang penting dalam kehidupan sehari-hari. Karena energi listrik juga digunakan untuk memenuhi kebutuhan industri. Energi listrik disalurkan kepada pelanggan menggunakan jaringan distribusi. Terdapat dua tipe jaringan distribusi yang ada saat ini yaitu primer dan sekunder (Ariwibowo, 2009). Perusahaan yang menyediakan kebutuhan listrik di

Indonesia dimulai dari pedesaan hingga perkotaan adalah PT PLN (Persero) (Erhaneli, 2013).

Hilangnya energi listrik dapat diprediksi dan diantisipasi agar semuanya masuk dalam keadaan normal. Adanya pembangkit listrik saat ini yang jauh dari pemukiman pelanggan, oleh sebab itu PLN membuat sistem transmisi dan distribusi yang berfungsi untuk menyalurkan energi listrik agar sampai kepada pelanggan. Rugi-rugi energi atau jatuh tegangan yang terjadi selama ini disebabkan adanya kejadian resistensi yang mengakibatkan tekanan melalui jaringan atau trafo, maka kehilangan energi dan jatuh tegangan adalah sesuatu hal yang sulit dihindari (Nolki Jonal Hontong, 2015).

Peningkatan yang dilakukan melalui pembangkit listrik serta infrastruktur yang ada saat ini, menyebabkan penyaluran energi listrik menuju pelanggan menjadi seimbang, sehingga saluran energi listrik dapat bekerja sesuai dengan mestinya

serta dapat memenuhi standar kualitas dari segi energi itu sendiri (Prabowo, 2013).

Jaringan tenaga listrik sendiri berfungsi menyalurkan energi listrik dari pembangkit menuju kepada pelanggan. Pada Jaringan transmisi, jaringan distribusi (sistem untuk tegangan menengah dan tegangan rendah) adalah termasuk kedalam sistem jaringan. Energi listrik dalam penyaluran bebannya sangat memungkinkan terjadi rugi-rugi teknis atau bias disebut (losses) rugi daya, rugi energi, hal itu bisa terjadi dimulai dari pembangkit menuju transmisi dan yang terakhir distribusi.

Sistem tenaga listrik yang terdapat pada jaringan distribusi berfungsi untuk mensuplay daya listrik menuju ke beban. Dilihat baik buruknya sistem penyaluran ataupun tenaga distribusi listrik yaitu dari segi kualitas tegangan yang telah diterima ke pelanggan. Seperti dilihat saat ini sistem kelistrikan telah mengalami kemajuan peningkatan yaitu dalam segi efisiensi energi listrik pada penyaluran, serta meningkatnya efisiensi dalam mengurangi rugi daya dan merendahkan drop tegangan pada jaringan. Pada jaringan distribusi ada hal yang dapat terjadi yaitu drop tegangan jaringan menengah (JTM), jaringan tegangan rendah (JTR), drop beban pada trafo, serta yang terakhir sampai pada saluran rumah pelanggan.

Pelaporan beban trafo dilakukan tiga kali dalam sehari oleh operator gardu induk yaitu pada siang hari, sore hari dan malam hari. Ketika dilakukan pengukuran terdapat perbedaan beban yang signifikan antara pengukuran siang hari dan malam hari. Beban akan terlihat lebih rendah pada siang hari berbanding terbalik dengan beban yang terpakai pada malam hari. Oleh sebab itu hal ini dapat menyulitkan dalam melakukan pendeteksian apakah trafo tersebut masih masuk dalam trafo beban tinggi atau rendah. Dengan sulitnya menentukan sebuah trafo ini maka kebijakan perusahaan dalam melakukan keputusan terkait trafo menjadi terkendala. Oleh sebab itu untuk mengetahui trafo yang mencapai beban tinggi dalam mensuplay beban ke pelanggan dibutuhkan suatu teknik agar dapat ditemukan apakah trafo tersebut masuk kedalam beban tinggi atau rendah

Banyaknya hasil penelitian berkaitan dengan kelistrikan yaitu membahas melalui prediksi kebutuhan listrik seperti penelitian Ade Gafar Abdullah yang memprediksi beban listrik jangka pendek melalui *Fuzzy Subtractive Clustering*. (Abdullah, 2008). Kemudian penelitian oleh Syahfrizal melalui Algoritma Genetika (Syahfrizal, 2008). Serta penelitian yang sebelumnya dilakukan Paramita serta Iriawan dengan realibilitas pada trafo (Paramita, 2014). Variable yang digunakan pada penelitian tersebut beban trafo dan jumlah pelanggan. Pada penelitian tersebut memakai data usia trafo dengan mengikuti pada pola mixture weibull adalah suatu reliabilitas pada trafo dengan berbanding terbalik dengan usia pakai trafo dan untuk menghindari bila terjadi gangguan seperti

pemadaman trafo, maka ditetapkan batasnya pada usia trafo menjadi 20 tahun dengan reliabilitas 7,5% yang untuk sistem peringatan dini (Tutik Khotimah, 2017).

Adanya alat seperti relay proteksi masih belum dapat meminimalisir gangguan yang akan terjadi, karena relay hanya berfungsi untuk membaca kondisi arus gangguan yang telah terjadi pada peralatan sistem tenaga listrik ataupun trafo dalam suatu rangkaian dan mengukur besaran beban listrik yang terpakai saja (Prayoga Setiajje, 2015).

Oleh sebab itu peningkatan mutu, layanan serta keamanan dan kelayakan peralatan harus ditingkatkan, demi menjaga kestabilan pada saat operasi. Karena sistem tenaga listrik memiliki ambang batas kestabilan serta adanya gangguan sistem yang bersifat sementara (Tofan Aryanto, 2013).

Meningkatnya permintaan energi listrik dalam hal ini mengakibatkan terjadinya kenaikan gangguan pada trafo. Gangguan yang sering terjadi adalah gangguan arus lebih pada trafo, hubung singkat antar fasa atau pada fasa tanah. Adanya arus gangguan yang besar inilah yang terjadi pada sistem trafo. Sehingga dalam penelitian ini, penulis tertarik untuk menganalisa gangguan arus listrik yang terjadi pada trafo di gardu induk menggunakan *K-Means Clustering*.

2. METODE

2.1 Perancangan Penelitian

Rancangan penelitian ini adalah proses untuk mendapatkan data beban trafo, setelah itu dilakukan seleksi berdasarkan hasil observasi. Berikut tahapan yang telah dilakukan :

1. Pada trafo menghasilkan data yang mana data tersebut bisa digunakan untuk keperluan penelitian serta analisis.
2. Setelah itu data diolah yang kemudian dimasukan kedalam tabel sementara dan selanjutnya dibuatlah sebuah *clustering* agar tercapainya pembagian kelompok beban trafo yang diinginkan.
3. Kemudian setelah data beban pada trafo dimasukkan kedalam tabel sementara maka dilakukan pengklusteran yang bertujuan untuk melihat berapakah iterasi yang dibutuhkan sampai data tersebut tidak lagi berpindah dari satu *cluster* ke *cluster* lainnya. Pada penelitian ini digunakan 3 *cluster*

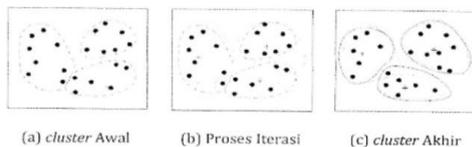
2.2 Teknik Analisis

Data beban pada trafo yang telah didapatkan pada penelitian ini setelah itu diproses sehingga dibuatkan rancangan tabel untuk kemudian data tersebut dianalisis dengan cara dikelompokkan menggunakan *K-Means clustering*. Dari proses tersebut dilihat berapakah iterasi yang diperlukan untuk mendapatkan suatu pola pada kelompok untuk masing-masing *cluster* dengan kategori *cluster* beban tinggi, beban sedang, beban rendah. Kemudian

setelah itu peneliti dapat menentukan beberapa trafo yang menjadi 1 kelompok berdasarkan dari tingkat beban. Data beban pada trafo diambil lalu dijadikan

3 kategori yaitu beban tinggi, beban sedang dan beban kecil. Data beban pada trafo yang diambil adalah beban pada trafo yang berada pada wilayah Tangerang dengan jumlah 300 trafo. Pendataan beban pada trafo dilakukan melalui 3 tahap yaitu pengambilan data beban pada siang hari 11.00 sampai 14.00, sore hari 15.00 sampai 18.00, serta malam hari 19.00 sampai 23.00. Pada setiap pergantian waktu beban pada trafo dapat berubah secara drastis oleh sebab itu fungsi dari pengklusteran sendiri adalah bertujuan untuk mendapatkan sebuah pola dari suatu trafo berdasarkan data beban pada trafo yang bisa dijadikan patokan dalam menentukan kondisi pada suatu trafo apakah masuk kedalam beban yang selalu mencapai kapasitas maksimal atau masih memenuhi syarat normal untuk pemakaian. Oleh sebab itu agar perusahaan dapat melakukan keputusan seperti melakukan penambahan trafo pada suatu wilayah yang memang sudah mendekati beban maksimal, pengfokusan trafo pada suatu wilayah yang kadang mendekati beban maksimal atau penambahan beban pada trafo disuatu wilayah yang masih memiliki beban kecil agar dapat tetap efisien dalam segi pembiayaan.

Secara garis besar metode *K-Means Clustering* :



Gambar 1. 1 *Partitional Clustering* (Han J, 2015)

3. Hasil

3.1 Hasil Implementasi

Data yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari perusahaan nasional di bidang tenaga listrik. Data beban berasal dari beberapa trafo yang terpasang pada tiap daerah yang ada dengan acuan data pada tahun 2018, digunakan 300 data beban trafo dalam penelitian ini sebagai sampling yang diberikan oleh PT PLN (Persero). Pada data sementara beban trafo ini terdapat beberapa yang digunakan sebagai acuan dalam perhitungan *K-Means clustering*.

Pengelompokkan data beban trafo dibagi menjadi 3 (tiga) *cluster*, dimana *cluster* pertama berisi data beban trafo yang mencapai nilai maksimal, *cluster* kedua berisi data beban trafo yang masih mencapai beban normal, dan *cluster* yang ketiga berisi data beban trafo yang masih memiliki beban rendah. Pada setiap pengelompokkan data beban trafo akan terlebih dahulu melewati tahap iterasi (perulangan) dimana pada penelitian ini tahap iterasi dilakukan sebanyak 8 kali dan dilakukan

sampai tahap iterasi selesai yang artinya nilai akhir data yang telah di proses tidak berubah lagi titik pusatnya dan tidak ada lagi data yang berpindah dari *cluster* satu dengan *cluster* lainnya.

Pada tahap iterasi pertama titik pusat ditentukan secara random dimana pada data yang telah dihimpun titik pusat awal pada iterasi pertama untuk *cluster* 1 adalah data ke-99 dari 300 data dengan nilai awal pusat 1.600, 1.302, 1.455. lalu kemudian pada *cluster* 2 mempunyai titik pusat data ke-49 dari 300 data dengan nilai awal pusat 1.097, 1.127, 1.275, dan *cluster* 3 adalah data ke-133 dari 300 data dengan nilai awal pusat 350, 198, 401.

Setelah dilakukan proses iterasi sebanyak 8 (delapan) kali yang menghasilkan nilai terdekat dengan titik pusat maka hasil tersebut akan menentukan data beban trafo mana yang akan masuk ke dalam salah satu *cluster*.

1. Penentuan Pusat *Cluster*

Penentuan pusat awal *cluster* adalah bagian awal dari perhitungan metode *K-Means clustering* yang bertujuan untuk membagi jumlah data dengan menghitung masing-masing *cluster* ke titik pusat *cluster* (centroid). Setelah masing-masing *cluster* memiliki titik pusat awal selanjutnya menghitung data yang ada menggunakan bantuan program Microsoft Excel.

Tabel 1. 1 Penentuan Pusat *Cluster*

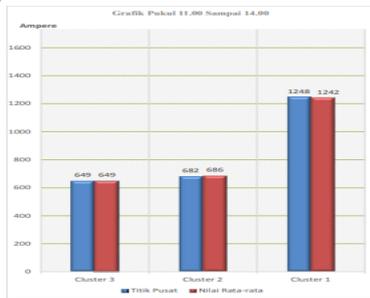
Keterangan	11.00 – 14.00	15.00 – 18.00	19.00 – 23.00
Data ke-99 sebagai pusat <i>cluster</i> ke-1	1.600	1.302	1.455
Data ke-49 sebagai pusat <i>cluster</i> ke-2	1.097	1.127	1.275
Data ke-3 sebagai pusat <i>cluster</i> ke-3	350	198	401

2. Grafik 11.00-14.00 dan 15.00-18.00

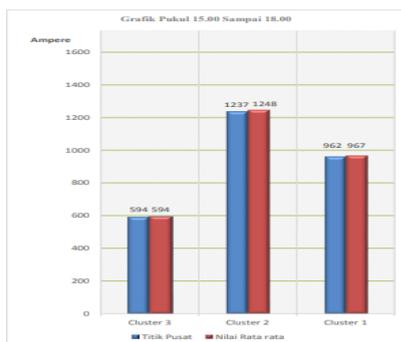
Data didapat dari hasil *clustering* pada proses iterasi. Adapun grafik tersebut terbagi menjadi 3 variasi waktu dalam 1 hari yaitu siang, sore, malam dengan menggunakan 3 *cluster* yaitu *cluster* 1, *cluster* 2, dan *cluster* 3. Sehingga bisa menjadi acuan untuk area pemeliharaan dilakukan seperti :

1. Dilakukannya tindakan seperti berupa perpindahan sistem melalui jaringan pada trafo disalah satu *cluster* yang telah mencapai beban tinggi agar dapat dijaga keandalannya.
2. Dilakukannya tindakan seperti pemantauan beban secara lebih intensif pada salah satu *cluster* yang telah mencapai beban tinggi melalui sistem.
3. Dilakukannya penambahan trafo pada daerah yang memang sudah terjadi beban tinggi sehingga tidak melakukan perpindahan

- beban melalui sistem.
- Dilakukannya penambahan bangunan berupa gardu induk agar perusahaan menjadi siap untuk melayani suatu wilayah yang sedang mengalami pertumbuhan penduduk dan industri.



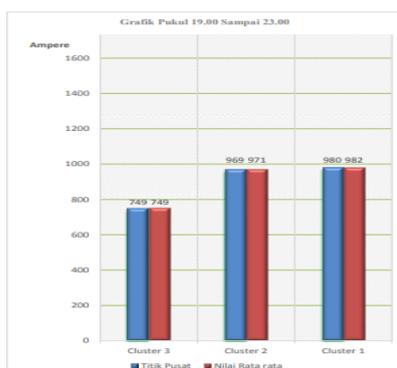
Gambar 1. 2 Grafik Cluster 11.00 sd 14.00



Gambar 1. 3 Grafik Cluster 15.00 sd 18.00

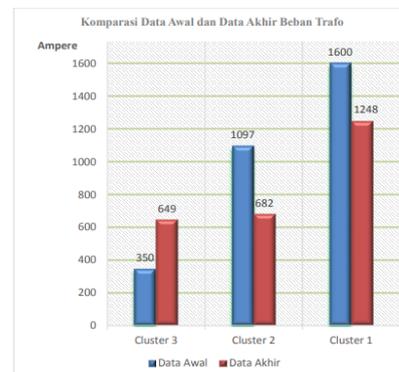
3. Grafik 19.00 sampai 23.00

Pada grafik batang terlihat bahwa pada *cluster* 3 beban yang masih memiliki beban rendah karena hanya menyentuh tingkat beban rendah, dengan nilai tertinggi secara maksimal adalah 1.600 ampere sehingga dapat diketahui pada trafo mana yang masih memiliki beban rendah. Data didapat dari hasil *clustering* pada proses sebelumnya. Adapun grafik tersebut terbagi menjadi 3 *cluster* yaitu *cluster* 1, *cluster* 2, dan *cluster* 3. Sehingga bisa menjadi acuan untuk area pemeliharaan dilakukan seperti :



Gambar 1. 4 Grafik Cluster 19.00 sd 23.00. Komparasi Awal dan Akhir Beban

Gambar pada dibawah menunjukkan terdapat data beban awal dan data beban akhir. Setelah dihitung menggunakan metode *K-Means clustering* dan mengalami peningkatan akurasi data dari yang awalnya berdasarkan data awal *cluster* 1 sebanyak 1600 kemudian mengalami pergerakan setelah dilakukan perhitungan lewat iterasi menjadi 1248, data awal *cluster* 2 sebanyak 1097 kemudian mengalami pergerakan setelah dilakukan perhitungan lewat iterasi menjadi 682, data awal *cluster* 3 sebanyak 350 kemudian mengalami pergerakan setelah dilakukan perhitungan lewat iterasi menjadi 649.



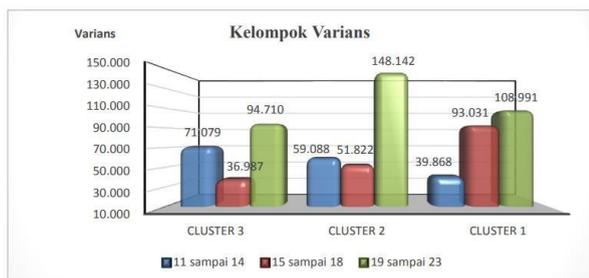
Gambar 1. 5 Komparasi Awal dan Akhir Beban Trafo

5. Varians Pada Tiap Trafo

Setelah dilakukan variansi pada tabel dibawah didapatkan hasil pada *cluster* 1 pada pukul 11.00 sampai 14.00 (39,868), pukul 15.00 sampai 18.00 (93,031), pukul 19.00 sampai 23.00 (108,991). *Cluster* 2 pada pukul 11.00 sampai 14.00 (59,088), pukul 15.00 sampai 18.00 (51,822), pukul 19.00 sampai 23.00 (148,142). *Cluster* 3 pada pukul 11.00 sampai 14.00 (71,079), pukul 15.00 sampai 18.00 (38,987), pukul 19.00 sampai 23.00 (94,710). Gambar pada grafik dibawah menggambarkan variansi data beban pada trafo. Dengan menghitung menggunakan rata-rata, lalu hasil rata rata dikurangkan dengan jumlah data yang telah di input, lalu hasilnya di pangkatkan dua (2), kemudian di jumlah kan hasil dari pangkat 2, yang terakhir nya hasil dari penjumlahan pangkat 2 di bagi dengan total data awal yang telah di input.

Tabel 1. 2 Varians Pada Tiap Cluster

Keterangan	11 sd 14	15 sd 18	19 sd 23
Cluster 3	71.079	36.987	94.710
Cluster 2	59.088	51.822	148.142
Cluster 1	39.868	93.031	108.991



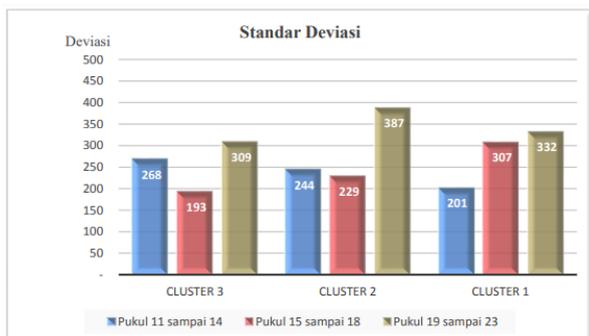
Gambar 1. 6 Grafik Varians Pada Tiap Cluster

6. Standar Deviasi Pada Tiap Cluster

Didapatkan standar deviasi pada tabel dibawah pada cluster dengan tiap cluster memiliki standar deviasi bervariasi. Dengan 3 waktu didapatkan hasil cluster 1 pada pukul 11.00 sampai 14.00 (201), pukul 15.00 sampai 18.00 (307), pukul 19.00 sampai 23.00 (332). Cluster 2 pada pukul 11.00 sampai 14.00 (244), pukul 15.00 sampai 18.00 (229), pukul 19.00 sampai 23.00 (387). Cluster 3 pada pukul 11.00 sampai 14.00 (268), pukul 15.00 sampai 18.00 (193), pukul 19.00 sampai 23.00 (309). Gambar pada grafik dibawah menggambarkan standar deviasi data beban pada trafo. Dengan menjumlahkan data awal, mencari rata-rata, mencari nilai maksimal, mencari nilai minimal, kemudian mencari standar deviasi.

Tabel 1. 3 Standar Deviasi Pada Tiap Cluster

Keterangan	11 sd 14	15 sd 18	19 sd 23
Cluster 3	268	193	309
Cluster 2	244	229	387
Cluster 1	201	307	332



Gambar 1. 7 Standar Deviasi Pada Tiap Cluster

7. Sebaran Wilayah Trafo

Pada tabel dibawah ini wilayah trafo yang berada pada masing-masing cluster didapati bahwa cluster 1 memiliki data pelanggan industri sebanyak 57 yang merupakan pelanggan dengan nilai beban tertinggi. Pada cluster 2 didapati data pelanggan untuk industri sebanyak 41 dan pada cluster 3 didapati data pelanggan industri sebanyak 42. Dengan demikian pada penelitian ini terlihat pada cluster 1 telah banyak terisi pelanggan dari kategori industri.

Tabel 1. 4 Sebaran Wilayah Trafo

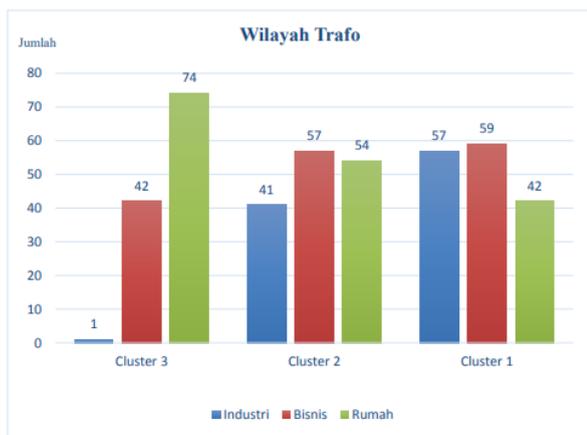
Keterangan	Industri	Bisnis	Rumah
Cluster 3	1	42	74
Cluster 2	41	57	54
Cluster 1	57	59	42

Pada grafik sebaran wilayah trafo dibawah ini didapati bahwa pada cluster 1 terdapat 3 kategori pelanggan yang telah menggunakan beban trafo. Grafik biru (cluster 1) adalah beban pelanggan yang masuk kedalam kategori pelanggan industri yang merupakan pelanggan dengan tingkat pemakaian beban tertinggi diantara 3 cluster. Grafik merah (cluster 1) menunjukkan data dengan kategori pelanggan bisnis yaitu merupakan pelanggan yang memiliki beban pemakaian terbanyak didalam cluster 1 serta tertinggi diantara 3 cluster. Kemudian pelanggan rumah dengan grafik berwarna abu-abu (cluster 1) menempati grafik terendah karena tingkat pemakaian yang kecil. Cluster 1 terdapat 97 trafo dengan beban tertinggi dari hasil pengklasteran.

Pada cluster 2 terdapat 3 kategori pelanggan yang telah menggunakan beban trafo. Grafik biru (cluster 2) adalah beban pelanggan yang masuk kedalam kategori pelanggan industri yang merupakan pelanggan dengan tingkat pemakaian beban terendah didalam cluster 2. Grafik merah (cluster 2) menunjukkan data dengan kategori pelanggan bisnis yaitu merupakan pelanggan yang memiliki beban pemakaian tertinggi didalam cluster 2. Kemudian pelanggan rumah dengan grafik berwarna abu-abu (cluster 2) menempati grafik tertinggi kedua diantara 3 cluster. Cluster 2 terdapat 106 trafo dengan beban sedang dari hasil pengklasteran.

Pada cluster 3 terdapat 3 kategori pelanggan yang telah menggunakan beban trafo. Grafik biru (cluster 3) adalah beban pelanggan yang masuk kedalam kategori pelanggan industri yang merupakan pelanggan dengan tingkat pemakaian beban terendah didalam cluster 3 serta terendah diantara 3 cluster. Grafik merah (cluster 3) menunjukkan data dengan kategori pelanggan bisnis yaitu merupakan pelanggan yang memiliki beban pemakaian terendah diantara 3 cluster. Kemudian pelanggan rumah dengan grafik berwarna abu-abu (cluster 3) menempati grafik tertinggi diantara 3 cluster. Cluster 3 terdapat 97 trafo dengan beban terendah dari hasil pengklasteran.

Maka dalam pengklasteran dihasilkan cluster 1 merupakan cluster yang memiliki trafo dengan beban tertinggi diantara cluster lainnya, karena pada cluster 1 berisi trafo yang sebagian besar didominasi pelanggan industri, sedangkan pada cluster 3 berisi trafo dengan beban terendah karena pada cluster 3 didominasi oleh pelanggan rumah



Gambar 1. 8 Grafik Sebaran Wilayah Trafo

4. KESIMPULAN

Pada penelitian yang telah dilakukan menggunakan algoritma K-Means Clustering didapatkan 3 cluster yang berisi trafo berdasarkan data beban yang telah dipakai oleh pelanggan seperti industri, bisnis, rumah. Untuk mencari trafo mana yang sudah mencapai beban tertinggi agar masuk kedalam cluster 1.

Cluster 1 berisi trafo dengan beban tinggi diantara cluster lainnya. Tingginya beban trafo pada cluster 1 karena didominasi oleh pelanggan industri, karena pelanggan industri adalah pelanggan dengan pemakaian beban trafo terbesar dibandingkan dengan pelanggan lainnya.

Cluster 3 berisi trafo dengan beban terendah diantara cluster lain. Rendahnya beban pada cluster 3 disebabkan oleh banyaknya beban trafo yang terpakai oleh pelanggan rumah, karena pelanggan rumah adalah pelanggan dengan pemakaian beban trafo terkecil dibandingkan pelanggan lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Ariwibowo, C. (2009). Trafo Distribusi pada Jaringan Tegangan Menengah 20kV di PT PLN (Persero) UPJ Tangerang Selatan. Semarang: Laporan Kerja Praktek, Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Diponegoro.
- [2] Erhaneli, A. R. (2013). Pengaruh Penambahan Jaringan Terhadap Drop Tegangan Pada SUTM 20kV Feeder Kersik Tuo Rayon Kersik Tuo Kabupaten Kerinci.
- [3] Nolki Jonal Hontong, M. T. (2015). Analisa Rugi-Rugi Daya Pada Jaringan Distribusi di PT. PLN Palu. Palu.
- [4] Prabowo, A. T. (2013). Analisis Keandalan Sistem Distribusi 20kV Pada Penyulang Pekalongan 8 dan 11, 9. Pekalongan.
- [5] Abdullah, A. G. (2008). Sort Term Load Forecasting (STLF) Melalui Pendekatan Logika Fuzzy. *Electrans*, Vol 7, No.14, pp 1-6.
- [6] Syahfrizal, M. W. (2008). Peramalan Kebutuhan Beban Sistem Tenaga. Konferensi dan Temu Nasional Teknologi Informasi, pp 1-5.

- [7] Paramita, Z. (2014). Analisis Realibilitas Transformator (Trafo) PLN APJ Surabaya Barat dengan Pendekatan Bayesian Mixture. *Jurnal Sains dan Seni PomITS*, Vol 3, No. 2, pp D85-D90.
- [8] Tutik Khotimah, A. S. (2017). Clustering Trafo Distribusi Menggunakan Algoritma Self Organizing Map. 6.
- [9] Prayoga Setiajie, J. S. (2015). Evaluasi Setting Relay Arus Lebih dan Setting Relay Gangguan Tanah Pada Gardu Induk Spondol. 8.
- [10] Tofan Aryanto, S. S. (2013). Frekuensi Gangguan Terhadap Kinerja Sistem Proteksi di Gardu Induk 150kV Jepara. *Jurnal Teknik Elektro*, Vol.5, No. 2.
- [11] Han J, K. (2015). *Advanced Clustering*. DeePublish