

Studi Prakiraan Beban Listrik Secara Mikrospasial Berdasarkan Simulasi Tata Guna Lahan

Adri Senen

Program Studi Teknik Elektro, Politeknik Swadharma, Indonesia, 85000

Email: ad_senen@yahoo.com

Abstrak

Saat ini prakiraan beban listrik sektoral menjadi lebih sederhana dan mudah untuk diimplementasikan/ Akan tetapi, kondisi ini dihadapkan pada suatu keadaan dimana hasil prakiraannya masih bersifat makro sehingga tidak memperlihatkan pusat-pusat beban pada wilayah yang lebih kecil (grid) dan mengakibatkan lokasi gardu distribusi tidak dapat ditentukan dengan pasti. Disamping itu, keakuratannya akan cenderung bias pada suatu wilayah yang memiliki keterbatasan data dan area yang mengalami perubahan tata guna lahan yang cepat. Oleh karena itu, dalam paper ini akan menguraikan permasalahan tersebut dengan melakukan penelitian prakiraan beban listrik pada wilayah yang lebih kecil. Metode penelitian ini adalah dengan menggunakan teknik clustering untuk mengatasi masalah besarnya volume proses hitung. Manfaat penelitian ini diharapkan nantinya mampu memberikan informasi penentuan besarnya beban, kapan terjadinya dan dimana lokasi beban tersebut berada dengan tingkat akurasi yang lebih tinggi, sehingga cocok digunakan untuk dasar perencanaan pengembangan jaringan distribusi tenaga listrik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa hasil pengolahan matriks korelasi antara variabel-variabel dengan teknik clustering diperoleh 4 cluster dari 107 kelurahan yang terdapat di AJ Kebayoran. Kemudian pertumbuhan rata-rata kebutuhan listrik tiap tahun (2007-2016) per sektor AJ Kebayoran adalah: 6.38 % (Perumahan: 6.4%; Industri: 6.2%; Bisnis: 6.4%; dan sosial: 6.0%).

Abstract

Current electricity load forecasting sectoral become simpler and easier to implement. However, these conditions are faced with a situation where the results of macro forecasts still so do not show the load centers on a smaller area (grid) and resulted in no distribution substation location can be determined with certainty. In addition, the accuracy would tend to bias in a region that has limited data and the area of land use change that fast. Therefore, in this paper will outline the problem by conducting research on the electric load forecasting smaller area. This research method is to use clustering techniques to overcome the problem of the large volume of arithmetic processes. Expected benefits of this research will be able to provide information determining the magnitude of the load, when it happens and where is the location of the burden of a higher level of accuracy, making it suitable to be used for basic planning of power distribution network development. The results showed that the processing of the correlation matrix between variables with clustering techniques gained 4 cluster of 107 villages located in Kebayoran AJ. Then the average growth of electricity demand per year (2007-2016) per sector: 6:38% (Estate: 6.4%; Industry: 6.2%; Business: 6.4%, and the social: 6.0%).

Keyword : Payload Forecast, Micro Spacial, Grid, Clustering, Payload Growth

1. Latar Belakang

Metode prakiraan beban sektoral [1,2] yang selama ini ada memang lebih sederhana dan mudah untuk diimplementasikan, namun dihadapkan pada suatu keadaan dimana tingkat keakuratannya akan cenderung bias pada suatu wilayah yang memiliki keterbatasan data dan area pelayanannya dinamis, dalam artian wilayah tersebut mengalami perubahan tata guna lahan yang cepat sebagai akibat pertumbuhan ekonomi dan populasi penduduk. Hasil prakiraannya juga masih bersifat makro sehingga tidak memperlihatkan pusat-pusat beban pada wilayah yang lebih

kecil (grid) dan mengakibatkan lokasi gardu distribusi tidak dapat ditentukan dengan pasti.

Oleh karena itu diperlukan teknik prakiraan beban yang berbasis pada wilayah yang lebih kecil (mikrospasial). Umumnya metode prakiraan beban secara mikrospasial ini dibedakan dalam dua kategori [3,4,5,6], yakni metode kecenderungan (*trending*) dan simulasi tata guna lahan (*land use simulation*). Metode kecenderungan merupakan metode dengan mengeksplorasi data historis untuk menentukan pertumbuhan beban ke depan dengan menggunakan teknik time series [7], ARIMA [8] atau

teknik lainnya. Metode ini tidak dapat memprediksi pertumbuhan beban untuk area kecil yang tidak memiliki data beban historis. Teknik ini juga tidak bisa menunjukkan interaksi faktor-faktor lain yang mempengaruhi pertumbuhan beban. Metode simulasi tata guna lahan [3,5,6,8,9] adalah teknik mensimulasikan interaksi faktor-faktor penyebab pertumbuhan beban dengan dasar historis dan kondisi eksisting kawasan dengan membagi area dalam grid-grid tertentu.

Penelitian ini mengembangkan suatu metodologi prakiraan pertumbuhan beban listrik secara mikrosipial yang mengakomodir perubahan tata guna lahan serta melibatkan faktor-faktor yang berpengaruh terhadap pertumbuhan beban dengan menggunakan teknik clustering. Metodologi ini akan dapat memproyeksikan pertumbuhan beban pada lingkup wilayah yang kecil dengan hasil prakiraan yang lebih teliti, sehingga titik-titik beban dapat diperkirakan jumlahnya pada setiap grid sesuai dengan struktur geografisnya. Akumulasi dari pertumbuhan beban setiap grid merupakan pertumbuhan beban wilayah (makro).

2. Metode Penelitian

2.1 Tahap Identifikasi

2.1.1 Analisis Kelompok (Clustering Analysis)

Metode ini bertujuan untuk mengelompokkan grid-grid ke dalam suatu kelompok yang relatif homogen sehingga grid dalam satu kelompok mempunyai karakteristik yang mirip. Langkah-langkah yang dilakukan dalam analisis *cluster* sebagai berikut:

- a. Menyusun matrik jarak berukuran N x N yang elemen-elemennya merupakan jarak *euclidean* antar N obyek. Sebut matriks ini sebagai matriks jarak.

$$D = \{d_{ij}\} ; I_j = 1,2,3,\dots,N \dots\dots\dots(1)$$

- b. Menghitung jarak minimum matriks tersebut, kemudian menggabungkan keduanya sebagai satu kelompok. Misalkan kelompok yang mempunyai jarak minimum adalah kelompok U dan V, maka diperoleh kelompok baru (UV). Metode revisi jarak yang digunakan adalah jarak **Euclidean** yang merupakan jarak antar obyek yang lazim digunakan.

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^n (v_{ik} - v_{jk})^2} \dots\dots\dots(2)$$

Dimana:

- d_{ij} : jarak Euclidean
- V_{ik}, V_{jk} : skor grid ke-i dan ke-j pada variabel k.

Semakin rendah jarak *Euclidean* semakin dekat hubungan grid. Kemudian mengulangi langkah kedua dan ketiga sebanyak (N-1) kali sehingga semua obyek berada dalam satu kelompok. Terakhir mencatat setiap hasil pengelompokan C_j .

- c. Hasil pengelompokan dan kekuatan pengelompokan (C_j) dapat digambarkan dalam **Dendogram**.
- d. Berdasarkan dendogram ini dapat ditentukan jumlah *cluster* dan anggotanya.

2.1.2 Analisis Komponen Utama (AKU)

AKU digunakan untuk melihat variabel-variabel yang berpengaruh pada setiap *cluster*. Dengan proses AKU ini variabel-variabel yang tidak berpengaruh akan dikeluarkan dari model matematis, sehingga model yang didapatkan lebih sederhana, namun hasilnya tidak jauh berbeda. Penentuan banyaknya komponen utama berdasarkan pada proporsi keragaman kumulatif sebesar 75% atau lebih dari keragaman total.

2.1.3. Analisis Faktor

Keeratan hubungan antara perubah asal dengan komponen utama dapat dilihat melalui besarnya koefisien korelasi antara perubah asal dengan perubah komponen utama.

2.2. Tahap Pendugaan dan Pengujian Model Matematis

2.2.1 Penentuan Model Matematis

Peramalan beban dalam tenaga listrik umumnya dalam bentuk linear. Berdasarkan kondisi ini, pembentukan model dapat dirumuskan dalam sebuah regresi berganda yang dibangun berdasarkan model matematis berikut ini:

$$Y = b_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + \dots + b_k X_k + e \dots\dots\dots(3)$$

Model matematis tersebut adalah bentuk kumpulan persamaan linear dengan multi variabel dan dapat disederhanakan penulisannya dalam bentuk matrik menjadi:

$$Y = Xb + e \dots\dots\dots(4)$$

Dimana :

$$Y = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \\ \vdots \\ Y_n \end{bmatrix} \quad b = \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ \vdots \\ b_k \end{bmatrix} \quad e = \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \\ \vdots \\ e_n \end{bmatrix}$$

- Y : kerapatan beban dengan matriks n x 1
- X : variabel-variabel dengan matriks n x k
- B : koefisien regresi dengan matriks k x 1
- e : kesalahan dengan matriks k x 1

Untuk memperoleh nilai-nilai b, jumlah kuadrat deviasi harus diminimumkan :

$$\sum e_i^2 = e'e = (Y - Xb)'(Y - Xb) \dots\dots\dots(5)$$

Jika $e' = Y - Xb'$ adalah transpose e, maka:
 $b = (X'X)^{-1} X'Y \dots\dots\dots(6)$

2.2.2 Analisis Korelasi

Analisis korelasi dilakukan untuk menentukan variabel yang mempunyai hubungan yang relatif lebih kuat (signifikan) dengan inisial respon. Variabel yang diperoleh berpeluang besar memberikan pengaruh yang sangat signifikan, yakni korelasi antara X dan Y adalah:

$$r_{xy} = \frac{Cov_{xy}}{\sqrt{Cov_{xx}Cov_{yy}}} = \frac{Cov_{xy}}{S_x S_y} \dots\dots\dots(7)$$

Dimana S_x, S_y adalah deviasi standar X dan Y.

Jika $r > 0,5$, maka variabel tersebut mempunyai pengaruh signifikan terhadap variabel kerapatan beban.

2.2.3 Pemeriksaan dan Pengujian Model Matematis

Pemeriksaan dan pengujian model matematis dilakukan untuk menguji apakah model matematis tersebut sudah layak secara statistik. [10], yaitu dengan uji F (uji parameter), uji t (uji koefisien parameter) dan pemeriksaan multikolinearitas [11].

3.3. Tahap Peramalan

3.1 Trend Variabel

Untuk mendapatkan pertumbuhan kerapatan beban tiap tahun berdasarkan model yang diperoleh sebelumnya, maka terlebih dahulu perlu dilakukan trend masing-masing variabel (kecuali variabel tata guna lahan) untuk memperoleh model pertumbuhan tiap tahun dari setiap variabel tersebut. Adapun pemilihan trend terbaik dari setiap variabel adalah berdasarkan nilai kesalahan (*error*) (MAPE) yang paling kecil.

3.2. Forecasting Kerapatan Beban Cluster Berdasarkan Model

Berdasarkan hasil trend setiap variabel yang diperoleh, maka model trend pertumbuhan variabel tersebut digunakan untuk memprediksi kerapatan beban di setiap cluster sesuai dengan model yang diperoleh sebelumnya.

3.4 Perhitungan Forecasting Beban Puncak

Hasil *forecasting* kerapatan beban per tahun yang diperoleh pada tiap *cluster* dapat digunakan untuk menghitung kerapatan beban masing-masing sektor pada *cluster* yang sama. Perubahan luas sektor per tahun disesuaikan dengan RT/RW. Proses selanjutnya adalah melakukan perhitungan daya total kelurahan dengan menjumlahkan daya pada masing-masing sektor (perumahan, komersial, industri dan sosial) pada kelurahan tersebut. Secara matematis dapat dituliskan dalam bentuk persamaan sebagai berikut:

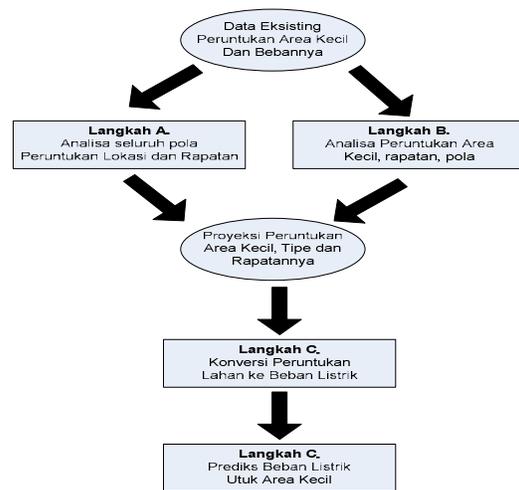
$$P_{Total\ Kelurahan}(t) = C_f(P_R(t) + P_B(t) + P_I(t) + P_S(t)) \dots\dots\dots(8)$$

Dimana : C_f : *Coincident factor*

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Prediksi Beban Mikrosposial Berdasarkan Simulasi Tata Guna Lahan

Metode yang berbasis pada pemodelan simulasi tata guna lahan umumnya diawali dengan membagi area pelayanan dan utilitas listrik menjadi set wilayah yang kecil-kecil. Ukuran grid itu bervariasi bergantung pada ketersediaan data dan metode prakiraan yang akan digunakan. Secara umum teknik yang dikembangkan mengikuti tiga tahap prosedur seperti yang ditunjukkan Gambar 1 dengan variasi yang ada pada tiap tahapnya [6].



Gambar 1. Tiga langkah prosedur prediksi berbasis tata guna lahan

3.2 Penyusunan Metodologi

Metode prediksi beban mikrosposial berbasis pada tata guna lahan ini merupakan metode yang memproyeksikan tipe dan rapatannya beban dari perkembangan suatu area yang berbasis pada perubahan penggunaan lahan eksisting dan yang akan datang. Informasi pola perkembangan tata guna lahan kemudian diterjemahkan ke dalam pola perkembangan kebutuhan beban, dengan demikian pertumbuhan beban dapat ditentukan pada lingkup wilayah yang kecil dan diharapkan hasilnya lebih teliti. Perkembangan kebutuhan beban ini direpresentasikan dalam dalam rapatannya beban tiap grid per tahun tinjauan.

3.3 Model dan Parameter

Prakiraan diawali dengan mengumpulkan dan kompilasi variabel-variabel kedalam setiap grid-grid yang akan diramal kebutuhan listriknya. Adapun variabel-variabel tersebut terdiri dari kondisi eksisting penggunaan lahan yang dinyatakan dalam persentase luas (mewakili aspek geografi dan tata guna lahan), variabel demografi yang

diwakili oleh jumlah rumah tangga, variabel ekonomi yang direpresentasikan dengan PDRB, dan variabel kelistrikan berupa kebutuhan daya eksisting setiap grid untuk melihat kondisi eksisting rapatan beban di grid yang bersangkutan. Data untuk akhir tinjauan adalah mengacu pada data Rencana Tata Ruang dan Wilayah (RT/RW) grid yang bersangkutan.

Nilai-nilai grid yang telah disusun dan dikompilasi berdasarkan data-data tersebut, selanjutnya dilakukan pengelompokan atas grid-grid (*clustering*). Clustering dilakukan karena grid-grid tersebut sangat banyak. Dalam hal ini, grid dan variabel-variabelnya dapat dipandang sebagai suatu vektor yang secara matematis disebut dengan objek, dengan demikian vektor-vektor yang dibentuk oleh grid in dapat ditentukan jarak antara satu dengan yang lainnya. Kesamaan *cluster* dalam proses pengclustering ini ditentukan oleh kedekatan vektor (jarak *euclidean*) objek tersebut. Semakin kecil jarak *euclidean*, maka semakin besar keserupaan, dan grid ini dimasukkan dalam satu kelompok, kemudian dilanjutkan dengan menganalisis variabel-variabel berdasarkan teknik AKU. Teknik AKU ini akan menghasilkan variabel-variabel yang dominan setiap kelompok terhadap pertumbuhan beban dan selanjutnya digunakan untuk menghitung kerapatan beban. Model kerapatan beban yang didapat akan di uji melalui teknik-teknik statistik yang baku. Hasil dari kerapatan beban yang diperoleh akhirnya diproyeksikan kedalam bentuk beban untuk setiap tahun yang akan datang berdasarkan tata guna lahan pada setiap grid.

3.4 Kebutuhan Data

Kelompok data-data yang diperlukan secara umum diklasifikasikan menjadi dua jenis data, yaitu data listrik dan data non listrik. Data listrik meliputi daya per sektor (rumah tangga, bisnis, industri, dan sosial) di setiap kelurahan. Sedangkan data non listrik yang terdiri dari data jumlah rumah tangga, PDRB, tata guna lahan untuk setiap kelurahan, dan data rencana tata ruang dan tata wilayah untuk setiap kelurahan.

3.4 Pengujian Metodologi

Wilayah yang diambil sebagai objek penelitian adalah area jaringan Kebayoran yang merupakan bagian dari sistem distribusi Jakarta Raya dan Tangerang. Area tersebut selanjutnya dibagi dalam bentuk grid-grid, dimana satu grid mewakili satu kelurahan. Untuk setiap grid kemudian dinilai tata guna lahan eksisting, kependudukan, ekonomi serta eksisting kebutuhan daya listriknya. Data-data tersebut kemudian ditabulasi menurut kode kelurahan. Jumlah kelurahan pada AJ Kebayoran ini sebanyak 109 kelurahan terdiri dari 26 kecamatan. Berdasarkan data BPS diperoleh luas total AJ Kebayoran 1293,31 km² dengan berubah-perubahnya (variabel) yang berjumlah 11 buah untuk masing-masing kelurahan.

Area dan variabel-variabel yang terlibat dalam memprediksi kebutuhan listrik wilayah ini cukup banyak, maka perlu dilakukan penyederhanaan struktur dan dimensi untuk memudahkan interpretasi dari seluruh informasi yang ada. Langkah pertama yang dilakukan adalah mengelompokkan grid-grid tersebut ke dalam suatu kelompok yang relatif homogen dengan tujuan untuk menyederhanakan dimensi grid yang diamati berdasarkan interaksi antara variabelnya. Adapun teknik yang tepat untuk mengakomodasi dan menjawab permasalahan ini adalah melakukan analisis *cluster*, sehingga akan terkelompok kelurahan-kelurahan kedalam suatu kelompok yang relatif homogen dan mempunyai karakteristik kawasan yang mirip. Setiap *cluster* yang dihasilkan tentunya akan mempunyai variabel-variabel tertentu dan berbeda yang mempengaruhi pertumbuhan beban secara dominan. Untuk dapat menunjukkan variabel mana yang memberikan kontribusi terhadap pertumbuhan beban pada masing-masing wilayah, maka dilakukan AKU dan analisis faktor. Dengan menggunakan teknik clustering, objek penelitian yang awlnya terdiri dari 109 grid (kelurahan) dapat disederhanakan dimensinya menjadi 4 cluster. Hasil clustering dapat dilihat pada Tabel 1 dan 2.

3.4 Analisis Komponen Utama (AKU) dan Analisis Faktor

Tabel 1. Hasil Pembagian Cluster AJ Kebayoran

Cluster 1		Cluster 2	Cluster 3		Cluster 4
Parung Serab	Lengkong Wetan	Paninggilan	Sukabumi Selatan	Ulujami	Gelora
Sudimara Selatan	Sarua	Sudimara Timur	Sukabumi Utara	Petukangan Selatan	Rawajali
Pedurenan	Jombang	Karang Tengah	Kelapa Dua	Petukangan Utara	Pancoran
Cipadu	Sawah Baru	Babakan	Kebon Jeruk	Lebak Bulus	Menteng Atas
Kereo	Sarua indah	Pondok Jagung	Duri Kepak	Pondok Labu	
Larangan Utara	Sawah		Kedoya Selatan	Cilandak Barat	
Larangan Selatan	Ciputat		Joglo	Gandaria Selatan	
Pinang	Cipayung		Srengseng	Cipete Selatan	
Perigi Baru	Pisangan		Meruya Selatan	Bangka	
Pondok Kacang Barat	Cireundeu		Meruya Utara	Pela Mampang	
Pondok Kacang Timur	Cempaka Putih		Kembangan Seltan	Tegal Parang	

Tabel 1. (Lanjutan)

Cluster 1		Cluster 2	Cluster 3		Cluster 4
Perigi Lama	Pondok Ranji		Palmerah	Mampang Prapatan	
Pondok Pucung	Rengas		Kemanggisan	Kuningan Barat	
Pondok Jaya	Rempoa		Gandaria Utara	Kalibata	
Pondok Aren	Grogol		Cipete Utara	Pangadegan	
Jurang Mangu Barat	Krukut		Pulo	Cikoko	
Jurang Mangu Timur	Limo		Petogogan	Pondok Pinang	
Pondok Karya	Gandul		Melawai	Kebayoran Lama Selatn	
Pondok Betung	Pangkalanjati Bru		Kramat Pela	Kebayoran Lama Utara	
Pamulang Timur	Mempang		Gunung	Cipulir	
Pondok cabe Udik	Pondok Petir		Selong	Grogol Selatan	
Pondok Cabe Ilir	Serua		Rawa Barat	Grogol Utara	
Kedaung	Kedaung		Senayan	Kuningan Timur	
Bambu Apus	Cinangka		Bintaro	Menteng Dalam	
Benda Baru	Tanah Baru		Pesanggrahan	Gedong	

Tabel 2. Karakteristik Cluster-Cluster AJ Kebayoran

Variabel	Cluster 1				Cluster 2			
	Min	Max	Mean	StDev	Min	Max	Mean	StDev
Jmlh Rmh_Tng (KK)	1355	15978,0	4275	2358,0	2507	6870,0	4496	2035,0
Luas Perumahan (Ha)	45	4004,0	792	969,0	23,34	79,5	47,9	20,1
Luas Industri (Ha)	0	2844,0	653	761,0	1,4	93,5	31,7	38,6
Luas Bisnis (Ha)	2,5	1896,0	521,4	478,4	3,1	100,9	42,4	41,4
Luas Sosial (Ha)	1,2	1164,0	350,2	336,4	2,2	62,9	17,8	25,5
PDRB (x 10 Milyar)	1.11	33,0	8.751	6,1	4,5	88,1	29,7	35,5
Beban rata2 Prumahan (kW)	111	9930,0	1963	2403,0	57,9	197,1	118,8	49,9
Beban rata2 Industri (kW)	0	7846,0	1802	2098,0	3,7	257,9	87,5	106,4
Beban rata2 Bisnis (kW)	7	5476,0	1506	1382,0	9,1	291,4	122,3	119,6
Beban rata2 Sosial (kW)	1.5	1435,8	432	415,0	2,7	77,6	22	31,4
Load Density (kW/Ha)	1.58	2,8	2.3994	0,3	1,8	2,7	2.432	0,4

Variabel	Cluster 3				Cluster 4			
	Min	Max	Mean	StDev	Min	Max	Mean	StDev
Jmlh Rmh_Tng (KK)	992	15029,0	6036	3137,0	911	17547,0	6837	7333,0
Luas Perumahan (Ha)	38,9	496,8	184,4	109,1	20	75,8	44,2	25,7
Luas Industri (Ha)	0	38,0	3,86	8,2	0	20,0	7,35	8,7
Luas Bisnis (Ha)	2,2	123,6	28,71	27,4	8,8	87,0	35	35,3
Luas Sosial (Ha)	3,28	142,6	28,55	29,6	5,4	112,9	67,2	45,0
PDRB (x 10 Milyar)	45,8	460,2	135,5	86,4	61	608,0	212	265,0
Beban rata2 Prumahan (kW)	1.031	13155,0	4883	2890,0	530	2006,0	1171	680,0
Beban rata2 Industri (kW)	0	3999,0	406	866,0	0	2103,0	773	917,0
Beban rata2 Bisnis (kW)	213	11980,0	2782	2658,0	855	8429,0	3387	3419,0
Beban rata2 Sosial (kW)	100	4334,0	868	901,0	165	3432,0	2042	1368,0
Load Density (kW/Ha)	28,56	57,8	37,03	7,6	33,62	53,4	45,34	9,0

Tabel 3. Keragaman Variabel yang Diterangkan

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	5.765	57.651	57.651	5.765	57.651	57.651	4.993	49.925	49.925
2	3.636	36.358	94.009	3.636	36.358	94.009	4.408	44.084	94.009
3	.599	5.991	100.000						
4	.000	.000	100.000						
5	.000	.000	100.000						
6	.000	.000	100.000						
7	.000	.000	100.000						
8	.000	.000	100.000						
9	.000	.000	100.000						
10	.000	.000	100.000						

Tabel 4. Rotated Component Matrix (a)

Variabel	Komponen	
	1	2
Rumah_Tangga	-.770	.602
Luas Perumahan	-.047	.964
Luas Industri	.022	-.904
Luas Komersil	.990	.102
Luas Sosial	.867	-.490
PDRB	.966	.225
BR_Perumahan	-.047	.964
BR_Industri	.022	-.904
BR_Komersil	.990	.102
BR_Sosial	.867	-.490

Berdasarkan hasil pengolahan AKU, maka diperoleh pengelompokan AKU beserta faktor-faktor yang ada didalamnya, seperti yang terlihat dalam Tabel 5.

Tabel 5. Hasil Analisis Komponen Utama

Cluster	Komponen Utama	
	Komponen 1	Komponen 2
4	Beban Komersil Luas Komersil PDRB Beban Sosial Luas Sosial	Beban Perumahan Luas Perumahan Beban Industri Luas Industri Rumah Tangga

3.5 Analisis Korelasi

Berdasarkan hasil analisis nilai korelasi masing-masing variabel terhadap nilai respon (*load density*) diperoleh variabel-variabel yang memiliki korelasi cukup erat dengan initial respon. Hasil perhitungan memperlihatkan variabel-variabel tersebut sudah dapat menjelaskan keragaman dari nilai rating sebesar **94,009 %**. Secara statistik nilai ini sudah menunjukkan hasil yang baik.

3.6 Perhitungan Pertumbuhan Kerapatan Beban

Selanjutnya untuk mendapatkan pertumbuhan kerapatan beban (*load density*) tiap tahun berdasarkan model yang diperoleh sebelumnya, maka terlebih dahulu perlu dihitung trend masing-masing variabel (kecuali variabel *land use*) untuk memperoleh model pertumbuhan tiap tahun dari setiap variabel tersebut. Adapun pemilihan trend terbaik dari setiap variabel adalah berdasarkan nilai *error* (MAPE) yang paling kecil. Hasil trend yang digunakan pada model ini mengacu pada model trend yang diperoleh sebelumnya. Trend perubahan variabel *Land Use* (Tata guna lahan) didasarkan pada rencana tata ruang dan rencana wilayah (RT/RW) dari daerah yang bersangkutan. Hasil trend

pertumbuhan kerapatan beban per sektor seperti terlihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Trend Pertumbuhan Kerapatan Beban per Sektor

Tahun	Rho Perumahan (MVA / Km ²)	Rho Industri (MVA / Km ²)	Rho Bisnis (MVA / Km ²)	Rho Sosial (MVA / Km ²)	Rho Sistem (MVA / Km ²)
2007	1,54	0,66	1,87	0,82	1,05
2008	1,66	0,68	1,85	0,81	1,08
2009	1,78	0,70	1,89	0,79	1,12
2010	1,91	0,74	1,93	0,80	1,17
2011	2,07	0,77	1,97	0,81	1,23
2012	2,24	0,83	2,05	0,84	1,30
2013	2,45	0,89	2,12	0,88	1,38
2014	2,70	0,96	2,19	0,96	1,49
2015	3,00	1,04	2,29	1,05	1,61
2016	3,35	1,14	2,38	1,20	1,77

Pada AJ Kebayoran kerapatan bisnis sampai tahun 2010 lebih tinggi, namun pada tahun berikutnya kerapatan disektor perumahan lebih tinggi. Ini disebabkan oleh pertumbuhan natural dari sektor perumahan dengan luas areanya cenderung menurun tiap tahun, tapi di sektor sektor bisnis berlaku hal sebaliknya. Dalam hal ini, berpengaruh pada sektor perumahan, dimana pertumbuhan kerapatannya relatif tajam. Sedangkan untuk sektor industri dan sektor sosial ada kecenderungan pola pertumbuhan kerapatannya cenderung sama, yakni relatif kecil. Hal ini dikarenakan perkembangan luas area industri dan sosial tidak terlalu signifikan.

Selanjutnya, berdasarkan Tabel 6 untuk sistem pertumbuhan kerapatan 1,3 MVA/Km² diperoleh pertumbuhan kerapatan beban per sektor yang paling tertinggi yakni, sektor perumahan 2,24 MVA/Km². Kemudian diikuti oleh sektor bisnis 2,12 MVA/Km² dan sektor sosial 0,84 MVA/Km². Kerapatan beban yang terendah adalah sektor industri, yaitu sebesar 0.83 MVA/Km². Berdasarkan model kerapatan beban pada cluster ini, maka selanjutnya dapat dihitung prakiraan pertumbuhan beban dari tahun 2007-2016:

Tabel 7. Prakiraan Pertumbuhan Beban dari Tahun 2007-2016

Tahun	Beban Puncak Prmhn (MVA)	Beban Puncak Industri (MVA)	Beban Puncak Bisnis (MVA)	Beban Puncak Sosial (MVA)	Beban Puncak Sistem (MVA)
2007	760,4	219,4	521,5	159,2	1.361,6
2008	787,5	227,2	535,0	164,8	1.405,8
2009	817,9	234,8	555,4	171,1	1.459,0
2010	854,3	244,6	579,9	178,6	1.523,0
2011	898,3	256,6	608,7	187,8	1.600,2
2012	950,3	271,2	644,8	198,6	1.693,2
2013	1.013,1	289,4	687,5	211,7	1.805,5
2014	1.088,7	311,9	737,8	228,8	1.941,1
2015	1.179,3	340,1	801,0	246,6	2.105,0
2016	1.289,0	375,5	874,8	269,8	2.303,4

3.2 Pembahasan Hasil Penelitian

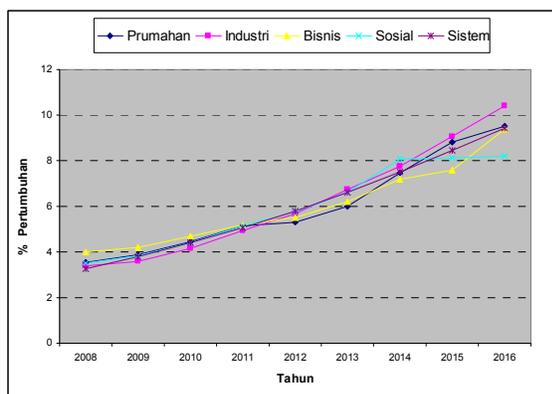
Berdasarkan hasil dari pertumbuhan daya puncak menunjukkan kebutuhan di sektor perumahan lebih tinggi pada tahun 2016 dengan kebutuhan daya sebesar 1.289 MVA), diikuti oleh sektor bisnis sebesar 874,8 MVA dan sektor industri 375,5 MVA. Sektor sosial adalah yang paling rendah yang membutuhkan daya sebesar 269.8 MVA. Adapun rincian kebutuhan daya untuk masing-masing sektor dari tahun 2008-2016 adalah :

- Perumahan : 528,6 MVA
- Industri : 156,1 MVA
- Bisnis : 353,3 MVA
- Sosial : 110,6 MVA

Sedangkan dalam bentuk kebutuhan energi untuk masing-masing sektor tersebut dari tahun 2008-2016 adalah:

- Perumahan : 2593,0 Gwh
- Industri : 765,9 Gwh
- Bisnis : 1733,0 Gwh
- Sosial : 542,7 Gwh

Secara keseluruhan untuk AJ Kebayoran diperlukan daya sebesar 941,9 MVA dengan energi sebanyak 6333,2 Gwh. Gambar 2 menunjukkan kurva persentase pertumbuhan beban per sektor untuk AJ Kebayoran.



Gambar 2. Kurva Persentase Pertumbuhan Beban per Sektor

Persentase rata-rata pertumbuhan bisnis dan perumahan sangat dinamis bila dibandingkan dengan beban di sektor lainnya. Namun pertumbuhan sistem naik secara linear dengan rata-rata pertumbuhan adalah 6.38 %. Sedangkan rata-rata pertumbuhan di sektor lain adalah

- Perumahan : 6.41%
- Industri : 6.19%
- Bisnis : 6.40%
- Sosial : 5.96%

Berdasarkan hasil ini pertumbuhan sektor untuk skenario1 menunjukkan BAHWA semua sektor pertumbuhan rata-rata hampir sama, yakni 6%.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan dan pembahasan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Teknik Clustering ini berhasil mengelompokkan objek-objek (kelurahan) dalam bentuk cluster-cluster dimana setiap cluster beranggotakan kelurahan-kelurahan memiliki karakteristik yang bersifat relatif homogeny.
2. Hasil pengolahan matriks korelasi antara variabel-variabel dengan teknik clustering diperoleh 4 cluster dari 107 kelurahan yang terdapat di AJ Kebayoran.
3. Pertumbuhan rata-rata kebutuhan listrik tiap tahun (2007-2016) per sektor AJ Kebayoran, rata-rata pertumbuhannya 6,38% (Perumahan: 6,4%; industri: 6,2%; Bisnis: 6,4%; dan sosial: 6,0%).
4. Tingkat ketelitian metode ini akan semakin baik jika area pelayanan listrik yang digunakan semakin kecil, karena basis dasar dari variabel beban adalah kerapatan beban area pelayanan.
5. Teknik *clustering* ini akan lebih mudah N kali dibanding metode sebelumnya jika menggunakan analisa komponen utama dalam analisis variabel yang terlibat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Zuhul. 1995. *Ketenagalistrikan Indonesia*. Ganeca Prima. Jakarta.
- [2] PT. PLN (Persero) unit bisnis distribusi Jakarta Raya dan Tangerang. 2002. *Prediksi Kebutuhan Listrik 2002-2006 Menggunakan Beberapa Skenario berdasarkan pada : Pendekatan Makro Sektoral dan Mikrosposial Berbasis Gardu Induk*. Jakarta.
- [3] Willis, H.L., 2002. *Spatial Electric Load Forecasting*. Second edition, Revised and Expanded. CRC Press.
- [4] Genethliou, E. A., Hajagos, J.T., Irrgang, B.G., Rossin, R.J., 2001. *Load Pocket Forecasting Software*. New York State Office of Science Technology and Academic Research. NYSTAR
- [5] Willis, H.L., Tram H. , 1983. *A Cluster Based V.A.I. Method for Distribution Load Forecasting*. IEEE Transaction on Power Aparatus and Systems, Vol. PAS-102, No, August 1983. IEEE.

- [6] Nurhidajat S. 1993. *Pengembangan dan Implementasi Metodologi Prakiraan Beban Spasial untuk Wilayah Kecil dengan Laju Pertumbuhan Ekonomi yang Tinggi*. Thesis. Program Magister Elektroteknik ITB.
- [7] Roken, R.M., Badri, M.A., 2004. *Time Series Models for Forecasting Electricity Peak-Load for Dubai*. U.A.E. University.
- [8] Rahman, S., Baba, M. *An Integrated Load Forecasting-Load Management Simulator; Its Design and Performance*. IEEE Tansaction on power system, vol. 4, no.1, February 1989. IEEE,
- [9] Hung-Chi Wu, Chi-Shing Tsai, Chan-Nan Lu., 2001. *A Rule Based Spatial Load Forecast Method*. Journal of the Chinese Institute of Engineers, Vol. 24, No. 1, pp. 37-44. Department of Electrical Engineering. National Sun Yat-Sen University. Kaohsiung, Taiwan 804,
- [10] Markidarkis, S., S.C. Wheelwright, & V.E. Mc Gee.1983. *Forecasting: Methods and Application*. 2nd Edition. Jon Wiley & Sons. New York.
- [11] Gonen, Turan. 1987. *Electric Power Distribution System Engineering*. Mc. Graw-Hill Int. Ed.