

Peramalan Beban Puncak Jangka Pendek Khusus Hari Libur Nasional Berbasis Algoritma Fuzzy Subtractive Clustering, Studi Kasus di Jawa – Bali

A.TAUPIK RAHMAN, NASRUN HARIYANTO, SABAT ANWARI

Jurusan Teknik Elektro – Institut Teknologi Nasional (Itenas) Bandung

Email: a.taupik.r@gmail.com

ABSTRAK

Peramalan merupakan upaya memperkirakan apa yang terjadi pada masa mendatang berdasarkan data pada masa lalu, berbasis pada metode ilmiah dan kualitatif yang dilakukan secara sistematis. Penelitian ini mengkaji tentang algoritma *Fuzzy Subtractive Clustering (FSC)* untuk peramalan beban puncak harian jangka pendek. Tujuan dari penelitian ini adalah membandingkan hasil peramalan beban puncak antara algoritma FSC dengan metode PLN, yaitu Koefisien Beban. Data historis menggunakan data pengeluaran beban listrik dari P3B PT.PLN (Persero) Area III Jawa Barat UPB-Cigereleng tahun 2006 sampai dengan 2012, setiap 30 menit dalam 6 jam mulai dari pukul 17.00 sampai dengan 22.00 WIB. Cara perhitungan dilakukan dengan menggunakan algoritma FSC untuk mengetahui tingkat akurasi prediksi dan nilai rata-rata *error* peramalan beban puncak. Melalui perhitungan dan hasil simulasi didapatkan rata-rata *error* peramalan beban puncak dengan menggunakan metode Koefisien Beban sebesar 3,11% dan rata-rata *error* peramalan beban puncak dengan menggunakan algoritma FSC sebesar 0,002%. Sehingga dapat menyimpulkan, bahwa peramalan beban menggunakan algoritma FSC memberikan hasil peramalan yang lebih akurat dibanding dengan algoritma Koefisien Beban.

Kata kunci: *Fuzzy Subtractive Clustering (FSC)*, Koefisien Beban, Prediksi Beban Puncak Jangka Pendek.

ABSTRACT

Forecasting is an attempt to predict what happens in the future based on the data in the past, based on the scientific method and qualitative systematic. This study examines the algorithm of Fuzzy Subtractive Clustering (FSC) for forecasting short-term daily peak load. The purpose of this study was to compare the results between the peak load forecasting algorithm with the method FSC PLN, i.e. Load Coefficient. The historical data used expenditure data from the electrical load PT PLN P3B (Persero) Area III West Java UPB-Cigereleng 2006 to 2012, every 30 minutes in 6 hours starting from 17:00 until 22:00 pm. The calculation was done by using FSC algorithm to determine the level of accuracy of prediction and the average value of the error in the FSC algorithm. Through the calculation and simulation results, it was obtained the average peak load forecasting error by using the method of Load Coefficient at 3.11% and the average error of peak load forecasting using FSC algorithm of 0.002%. So that, it could be concluded, that the load forecasting that using FSC algorithm gave more accurate forecasting results than the algorithm as well as the expense coefficient.

Keywords: *Fuzzy Subtractive Clustering (FSC)*, coefficient Expense, Short-Term Peak Load Prediction.

1. PENDAHULUAN

Peramalan merupakan upaya memperkirakan apa yang terjadi pada masa mendatang berdasarkan data pada masa lalu, berbasis pada metode ilmiah dan kualitatif yang dilakukan secara sistematis. Selama ini banyak peramalan dilakukan secara intuitif menggunakan metode-metode statistika seperti metode *smoothing*, Box-Jenkins, ekonometri, regresi dan sebagainya. Pemilihan metode tersebut tergantung pada berbagai aspek, yaitu aspek waktu, pola data, tipe model sistem yang diamati, tingkat keakuratan ramalan yang di inginkan dan sebagainya. Peramalan beban selalu menjadi bagian penting dalam perencanaan dan operasi sistem tenaga listrik yang efisien. Oleh karena itu peramalan beban telah menjadi fokus penelitian di dalam negeri dan juga di luar negeri (Abdullah, 2011). Data hasil peramalan beban dapat digunakan sebagai acuan optimalisasi aliran daya, operasi ekonomis sistem tenaga, *unit commitment hydro-thermal* dan perencanaan pembangkitan energi listrik. Oleh karena itu sistem peramalan beban menjadi bagian yang sangat penting, sehingga tingkat akurasi sangat diperlukan. Perkembangan terakhir penelitian tentang peramalan beban listrik jangka pendek lebih terfokus menggunakan pendekatan kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) atau biasa juga disebut *softcomputing*. Pendekatan algoritma *multi layer perceptron* dan *fuzzy inference system* telah dilakukan untuk melakukan prediksi beban listrik jangka pendek pada sistem tenaga listrik di Iran, Peneliti lain melakukan optimalisasi data input pembelajaran untuk STLF dengan Jaringan Syaraf Tiruan dan algoritma *Fuzzy C-Means Clustering* (Ananthapadmanabha, 2002). Pada Tugas Akhir ini, peneliti mencoba melakukan peramalan beban puncak jangka pendek pada hari libur untuk wilayah distribusi Jawa Barat, dengan menggunakan algoritma *Fuzzy Subtractive Clustering* untuk mendapatkan hasil error yang paling kecil, dan membandingkannya dengan hasil peramalan oleh PLN

1.1 Analisis Beban Sistem Tenaga Listrik

Beban sistem tenaga listrik merupakan pemakaian tenaga listrik dari para pelanggan listrik. Oleh karena itu besar kecilnya beban beserta perubahannya tergantung pada kebutuhan para pelanggan akan tenaga listrik. Tidak ada perhitungan yang eksak mengenai berapa besarnya beban sistem pada suatu saat, yang bisa dilakukan hanyalah membuat perkiraan beban. Dalam pengoperasian sistem tenaga listrik harus selalu diusahakan agar daya yang dibangkitkan sama dengan beban sistem.

Maka masalah perkiraan beban merupakan masalah yang sangat menentukan bagi perusahaan listrik baik dari segi manajerial maupun dari segi operasional, oleh karena itu perlu mendapatkan perhatian khusus. Untuk dapat membuat perkiraan beban yang sebaik mungkin perlu menganalisa beban sistem tenaga listrik yang sudah terjadi di masa lalu (Djiteng, 2006).

1.2 Metoda Prediksi Beban Listrik Jangka Pendek

Berbagai teknik kecerdasan buatan dan statistik telah dikembangkan untuk peramalan beban jangka pendek. Diantaranya yaitu (Eugene, 2012):

1. *Similar-day Approach* (Pendekatan hari yang sama)

Pendekatan ini didasarkan kepada mencari sejarah data untuk hari dalam satu, dua atau tiga tahun yang memiliki karakteristik serupa sampai hari perkiraan. Karakteristik serupa termasuk cuaca, hari minggu dan tanggal. Beban dari hari yang sama dianggap sebagai ramalan. Bahkan beban hari yang sama, ramalan bisa menjadi kombinasi linear atau

prosedur regresi yang dapat mencakup hari yang serupa. Koefisien trend dapat digunakan untuk hari yang sama di tahun sebelumnya.

2. *Regresion Methods* (Metode Regresi)

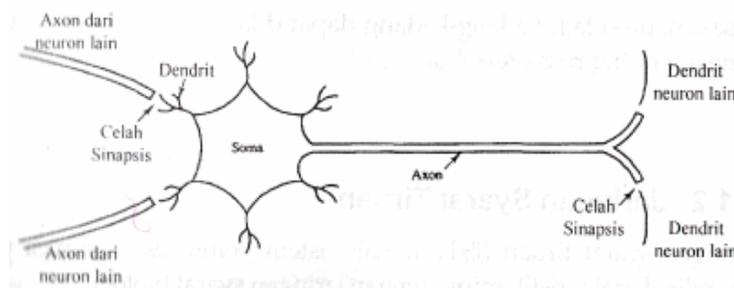
Regresi adalah salah satu teknik statistik yang paling banyak digunakan. Untuk metoda regresi pada kasus peramalan beban listrik biasanya digunakan hubungan konsumsi beban dan lainnya seperti faktor cuaca, jenis hari dan kelas pelanggan.

3. *Time Series* (Metoda Deret Waktu)

Metoda ini didasarkan pada asumsi bahwa, data memiliki struktur internal, seperti autokorelasi, trend atau variasi musiman. Metoda ini mendeteksi dan mengeksplorasi struktur seperti itu. Metoda ini telah dipakai sejak lama terutama pada bidang-bidang seperti ekonomi, pemrosesan sinyal digital, serta peramalan beban listrik. Secara khusus, ARMA (*Autoregressive Moving Average*), ARIMA (*Autoregressive Integrated Moving Average*), ARMAX (*Autoregressive Moving Average with Exogenous Variable*), dan ARIMAX (*Autoregressive Interated Moving Average with Exogenous Variable*) adalah metode yang paling sering menggunakan *time series* klasik.

4. *Neural Networks* (Jaringan Syaraf Tiruan)

Jaringan Syaraf Tiruan adalah sistem pemrosesan informasi yang dimodelkan berdasarkan jaringan syaraf biologi. Jaringan Syaraf Tiruan melakukan peniruan aktivitas-aktivitas yang terjadi di dalam sebuah jaringan syaraf biologi otak manusia. Pada jaringan syaraf biologi terjadi berbagai aktivitas yang sangat kompleks dan rumit. Beberapa diantaranya adalah mengingat, memahami, menyimpan, dan memanggil kembali informasi yang pernah dipelajari. Otak manusia memiliki struktur yang sangat kompleks dan memiliki kemampuan yang luar biasa. Otak terdiri dari neuron-neuron dan penghubung yang disebut sinapsis. Neuron bekerja berdasarkan impuls atau sinyal yang diberikan pada neuron. Neuron meneruskannya pada neuron lain. Diperkirakan manusia memiliki 10^{12} neuron dan 6.10^{18} sinapsis. Dengan jumlah yang begitu banyak, otak mampu mengenali pola, melakukan perhitungan, dan mengontrol organ-organ tubuh dengan kecepatan yang lebih tinggi dibandingkan komputer digital (Siang, 2004). Gambar dari penjelasan syaraf manusia tersebut dapat dilihat seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Jaringan syaraf pada manusia (Siang, 2004)

Neuron memiliki 3 komponen penting yaitu dendrit, soma dan axon. Dendrit menerima sinyal dari neuron lain. Sinyal tersebut berupa impuls elektrik yang dikirim melalui celah sinaptik melalui proses kimiawi. Sinyal tersebut dimodifikasi (diperkuat atau diperlemah) di celah sinaptik. Berikutnya, soma menjumlahkan semua sinyal-sinyal yang

masuk. Kalau jumlah tersebut cukup kuat dan melebihi batas ambang (*threshold*), maka sinyal tersebut akan diteruskan ke sel lain melalui axon. Frekuensi penerusan sinyal berbeda-beda antara satu sel dengan yang lain. Beberapa metoda yang menggunakan jaringan syaraf tiruan untuk peramalan beban listrik adalah *Backpropogation*, *Multilayer Perceptron*, *Kohonen Map*, *ANN (Artificial Neural Networks)* (Sunandar, 2005).

5. *Fuzzy Logic* (Logika Fuzzy)

Logika *fuzzy* adalah cabang dari sistem kecerdasan buatan (*Artificial Intelegent*) yang mengemulasi kemampuan manusia dalam berfikir ke dalam bentuk algoritma yang kemudian dijalankan oleh mesin [Abdullah, A.2008]. Algoritma ini digunakan dalam berbagai aplikasi pemrosesan data yang tidak dapat direpresentasikan dalam bentuk biner. Logika fuzzy menginterpretasikan statement yang samar menjadi sebuah pengertian yang logis. Logika *Fuzzy* pertama kali diperkenalkan oleh *Prof. Lotfi Zadeh* seorang kebangsaan Iran yang menjadi guru besar di *University of California at Berkeley* pada tahun 1965 dalam papernya yang monumental. Dalam paper tersebut dipaparkan ide dasar *fuzzy set* yang meliputi *inclusion*, *union*, *intersection*, *complement*, *relation* dan *convexity*. Pelopor aplikasi *fuzzy set* dalam bidang kontrol, yang merupakan aplikasi pertama dan utama dari *fuzzy set* adalah *Prof. Ebrahim Mamdani* dan kawan-kawan dari *Queen Mary College London*. Penerapan kontrol *fuzzy* secara nyata di industri banyak dipelopori para ahli dari Jepang, misalnya *Prof. Sugeno* dari *Tokyo Institute of Technology*, *Prof. Yamakawa* dari *Kyusu Institute of Technology*, *Togay* dan *Watanabe* dari *Bell Telephone Labs*. Himpunan *fuzzy* merupakan suatu pengembangan lebih lanjut tentang konsep himpunan dalam matematika. Himpunan *Fuzzy* adalah rentang nilai-nilai. Masing-masing nilai mempunyai derajat keanggotaan (*membership*) antara 0 sampai dengan 1. Ungkapan logika *Boolean* menggambarkan nilai-nilai "benar" atau "salah". Logika *fuzzy* menggunakan ungkapan misalnya: "sangat lambat", "agak sedang", "sangat cepat" dan lain-lain untuk mengungkapkan derajat intensitasnya, Logika *fuzzy* menggunakan satu set aturan untuk menggambarkan perilakunya. Aturan-aturan tersebut menggambarkan kondisi yang diharapkan dan hasil yang diinginkan dengan menggunakan *statemen IF... THEN*. Suatu himpunan *fuzzy* A dalam semesta pembicaraan dinyatakan dengan fungsi keanggotaan (*membership function*) μ_A , yang harganya berada dalam interval (0,1).

2. METODE PENELITIAN

Pada dasarnya penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dampak optimasi *influence range* untuk kasus peramalan beban puncak dan beban dasar harian berbasis Algoritma *FSC*. Untuk menguji tingkat akurasi peramalan hasil peramalan *FSC* dibandingkan pula dengan hasil peramalan dengan metode koefisien beban yang selama ini digunakan oleh PLN. Data beban puncak merupakan beban yang digunakan konsumen mulai pukul 17.00 sampai dengan pukul 22.00

2.1 Perumusan Masalah

Perkiraan beban jangka pendek memegang peranan penting dalam operasi sistem tenaga listrik untuk mendapatkan efisiensi operasi sistem tenaga listrik, hal ini dikarenakan hasil peramalan tersebut menjadi masukan utama dalam aliran daya, penjadwalan ekonomis pembangkit, dan kesepakatan pembangkitan.

2.2 Penyusunan Algoritma Koefisien Beban

Untuk membuat model peramalan pada metode koefisien disusun suatu algoritma sebagai berikut :

1. Menyusun data beban-beban masa lalu pada jam ke-t pada hari ke (h-1),(h-2), (h-3),..., (h-n), yang selanjutnya disimbolkan $X_{t(h-1)}, X_{t(h-2)}, \dots, X_{t(h-n)}$. Dimana $t = 1, 2, 3, \dots, 24$, dan h adalah hari Senin sampai dengan Minggu.
2. Menentukan beban puncak dan beban dasar untuk setiap beban pada hari (h-1), (h-2),..., (h-n), untuk hari senin sampai minggu.
3. Menentukan koefisien (α) untuk setiap jam t dengan cara membandingkan besarnya beban pada jam t, hari h dengan beban puncak pada hari h tersebut.

$$\alpha = \frac{X_{t(h-1), t(h-2), \dots, t(h-n)}}{X_{\text{maks}(h-1), (h-2), \dots, (h-n)}}$$

dimana,

α = koefisien beban.

$X_{t(h-n)}$ = beban pada jam t hari h, n minggu sebelumnya, ($n = 1, 2, \dots$).

$X_{\text{maks}(h-n)}$ = beban maksimum hari h, n minggu sebelumnya, ($n = 1, 2, \dots$).

4. Menentukan pertumbuhan (β), yang dihitung dengan membandingkan beban pada jam t hari h dengan beban pada t yang sama dan hari yang sama sebelumnya.

$$\beta = \frac{X_{t(h-1), t(h-2), \dots, t(h-(n-1))}}{X_{t(h-2), (h-3), \dots, (h-n)}}$$

dimana,

β = pertumbuhan beban.

5. Menghitung peramalan beban pada jam t hari h dengan rumus : $Y_{th} = \bar{\alpha} \times \bar{\beta} \times X_{\text{maks}(h-1)}$

2.3 Algoritma *Subtractive Clustering*

Algoritma *fuzzy subtractive clustering* adalah sebagai berikut:

1. Input data yang akan dicluster : X_{ij} dengan $i = 1, 2, \dots, n$; dan $j = 1, 2, \dots, m$.
2. Tetapkan nilai:
 - a. r_j (*influence range*)
 - b. q (*squash factor*)
 - c. *Accept_ratio*
 - d. *Reject_ratio*
 - e. X_{\min}
 - f. X_{\max}

3. Normalisasi: $X_{ij} = \frac{X_{ij} - X_{\min_j}}{X_{\max_j} - X_{\min_j}}, i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, m$

4. Tentukan potensi awal tiap-titik data
 - a. $i = 1$
 - b. kerjakan hingga $i = n$
 - $T_j = X_{ij}; j = 1, 2, \dots, m$

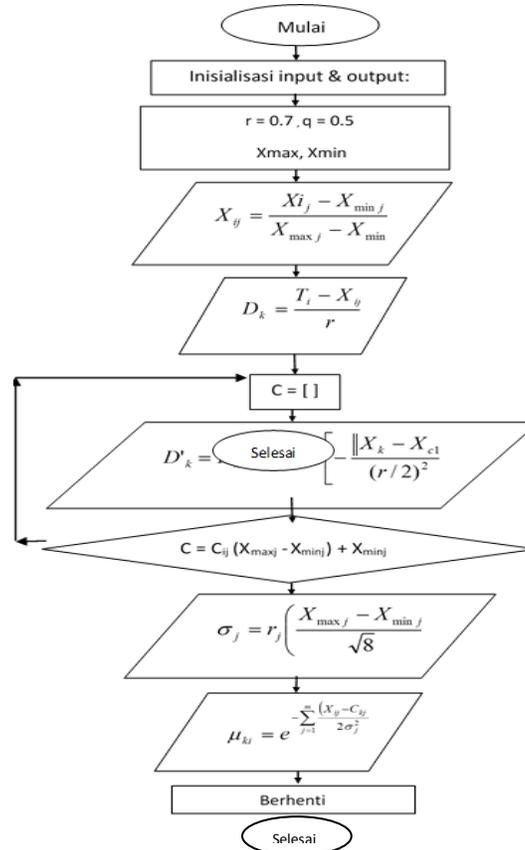
- Hitung: $D_{kj} = \left(\frac{T_j - X_{kj}}{r} \right); j = 1, 2, \dots, m; k = 1, 2, \dots, n$
- Potensi awal : jika $m = 1$, maka $D_i = \sum_{k=1}^n e^{-4(D_{ki}^2)}$

$$\text{jika } m > 1, \text{ maka } D_i = \sum_{k=1}^n c^{-4 \left(\sum_{j=1}^m D_{kj}^2 \right)}$$

- $i = j + 1$

5. Cari titik dengan D tertinggi
 - a. $m = \max[D_i; I = 1, 2, \dots, n]$
 - b. $h = i$; sedemikian hingga $D_i = m$
6. Tentukan pusat cluster dan kurangi potensinya terhadap titik-titik disekitarnya:
 - a. Center = []
 - b. $D'_k = D_k - D_{c1} * e \left(- \frac{\|x_k - x_{c1}\|}{(r_b / 2)^2} \right)$
7. Kembalikan pusat cluster dari bentuk ternormalisasi ke bentuk semula.
 $\text{Center}_{ij} = \text{Center}_{ij} * (X_{\max_j} - X_{\min_j}) + X_{\min_j}$
8. Hitung nilai sigma cluster: $\sigma_j = r_j \left(\frac{X_{\max_j} - X_{\min_j}}{\sqrt{8}} \right)$
9. Hitung derajat keanggotaan: $\mu_{ki} = e^{-\sum_{j=1}^m \frac{(x_{ij} - c_{ij})^2}{2\sigma_j^2}}$

Algoritma Mengenai Fuzzy Subtractive Clustering Tersebut Digambarkan Pada Gambar 2.



Gambar 2. Gambar Diagram Alir Algoritma

2.4 Influence Range

Hal ini perlu dilakukan sebagai batasan untuk menspesifikasikan jangkauan pengaruh suatu pusat *cluster* terhadap tiap-tiap dimensi data. *Influence range* (radius) yang diambil adalah *influence range* yang terkecil mulai dari 0,1 – 0,9 setiap datanya. Apabila *influence range* semakin kecil, maka jumlah *cluster* yang akan dihasilkan akan lebih banyak, yang berarti tingkat keakuratan hasil penalaran juga akan semakin baik. Namun, apabila jumlah *cluster* yang dihasilkan terlalu banyak justru akan menimbulkan adanya *redundancy* yang berakibat semakin bertambahnya beban komputasi.

2.5 Aplikasi Program

Data-data yang telah diperoleh dapat dibangun suatu sistem penalaran fuzzy dengan input sistem adalah hari libur Tahun Baru (t-1), (t-2), (t-3), (t-4), dan (t) serta output sistem adalah hari ke- (t-34), mulai dari hari libur Tahun baru 2006,2007,2008,2009,2010,2011,2012. Dengan demikian terdapat 34 yang akan dicluster. Data-data tersebut dapat dibangun suatu penalaran sistem fuzzy dengan susunan *script* yang dibuat dalam toolbok Matlab.

2.6 Penyusunan Model Matematis

Error (kesalahan) yang diperoleh metoda *FSC* diolah untuk menentukan estimasi Fuzzy. Dengan hasil estimasi ini, maka akan diperoleh formula untuk menentukan data selanjutnya. Pendekatan yang digunakan dalam menentukan model matematis dari estimasi kohonen yaitu dengan menggunakan perhitungan matriks *Gauss-Jordan Elimination*

$$\begin{pmatrix} X_{11} & X_{12} & X_{13} & X_{14} \\ X_{21} & X_{22} & X_{23} & X_{24} \\ X_{31} & X_{32} & X_{33} & X_{34} \\ X_{41} & X_{42} & X_{43} & X_{44} \\ X_{51} & X_{52} & X_{53} & X_{54} \\ X_{61} & X_{62} & X_{63} & X_{64} \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ Y_3 \\ Y_4 \\ Y_5 \\ Y_6 \end{pmatrix}$$

Keterangan:

$X_{11};X_{12};X_{13};X_{14}$ = Koefisien model beban listrik pukul 17.00 dan setiap minggu.

$X_{21};X_{22};X_{23};X_{24}$ = Koefisien model beban listrik pukul 18.00 dan setiap minggu.

$X_{31};X_{32};X_{33};X_{34}$ = Koefisien model beban listrik pukul 19.00 dan setiap minggu.

$X_{41};X_{42};X_{43};X_{44}$ = Koefisien model beban listrik pukul 20.00 dan setiap minggu.

$X_{51};X_{52};X_{53};X_{54}$ = Koefisien model beban listrik pukul 21.00 dan setiap minggu.

$X_{61};X_{62};X_{63};X_{64}$ = Koefisien model beban listrik pukul 22.00 dan setiap minggu.

$a_1;a_2;a_3;a_4$ = Koefisien model yang akan dicari.

$Y_1;Y_2;Y_3;Y_4;Y_5;Y_6$ = Koefisien target pada pukul 17.00 s/d 22.00.

Untuk menghitung matriks diatas digunakan kembali *software* Matlab, dikarenakan memiliki ukuran matrix yang berbeda maka diberikan perintah *inv*, agar matriks dapat dihitung, dengan *script* sebagai berikut:
`x = load (data hari libur);`

`y = load (prediksi fsc hari libur);`

`a = inv (x'*x)*(x'*y);`

`a1 = a(1,:)`

`a2 = a(2,:)`

`a3 = a(3,:)`

`a4 = a(4,:)`

Maka akan mendapatkan model matematis $y = a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4$

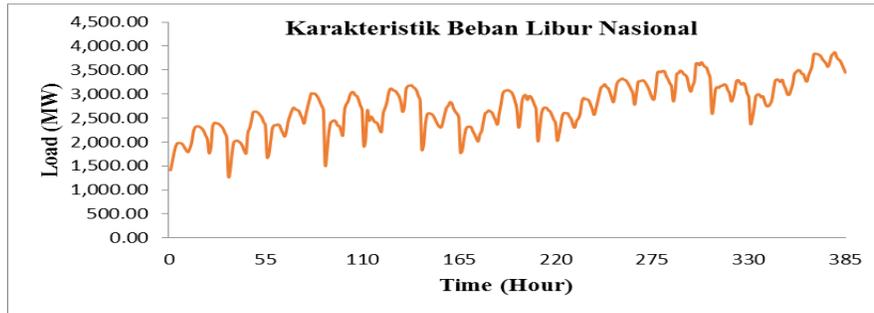
dimana: y = target hasil *FSC*.

a = koefisien. x = input beban puncak listrik setiap minggunya.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Karakteristik Pola Beban Listrik Pada Hari Libur

Berdasarkan data dari PLN karakteristik dari beban listrik hari libur nasional selama 6 tahun berdasarkan data dari PLN jika dilihat dari perkembangannya dari setiap tahun ke tahun mengalami peningkatan.sehingga karakterisitk beban tersebut digambarkan pada Gambar 3 dibawah ini.



Gambar 3. Karakteristik Hari Libur Nasional Dari Tahun 2006 S.D 2012

3.2 Hasil Peramalan Menggunakan Metode Koefisien Beban

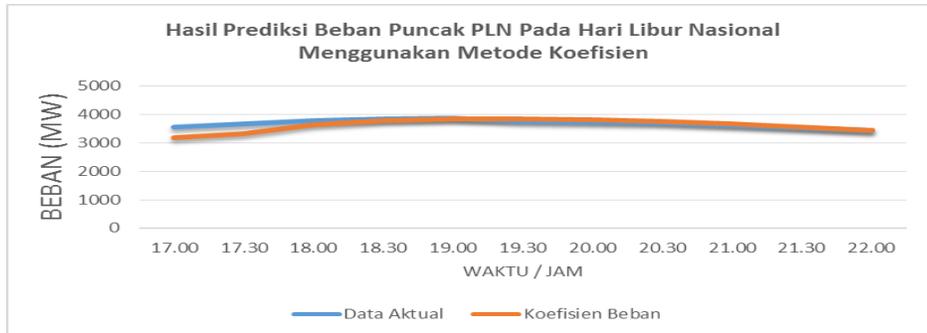
Pada bagian ini akan dijelaskan hasil peramalan beban dengan menggunakan metode koefisien beban. Metode ini merupakan metode baku yang selama ini digunakan PLN. Data beban yang akan dianalisis adalah data beban aktual hari libur nasional dari tahun 2006 sampai dengan tahun 2012, dari setiap tahun di ambil lima hari libur, ke lima hari libur yang di ambil untuk dijadikan bahan pengolahan data adalah 5 hari libur yang sama dari setiap tahunnya.

Selanjutnya hasil peramalan beban yang diperoleh dari rumusan model tadi, akan dibandingkan dengan data beban aktualnya sehingga akan muncul error untuk setiap jam dan hari tertentu.

Peramalan beban Puncak untuk hari Jumat tanggal 06 April 2012, jam 17.00 WIB. Maka diambil data beban masa lalu 6 tahun sebelumnya dan tabel dapat dilihat sebagai berikut :

Tabel 1. Data Hasil Peramalan Beban Hari Libur Nasional Menggunakan Metode Koefisien

Waktu/Jam	Data Aktual	Koefisien Beban	Error (%)
17.00	3568.5	3175.3	11.02
17.30	3658.5	3336.8	8.79
18.00	3798.06	3631.6	4.38
18.30	3841.46	3798.0	1.13
19.00	3870.57	3833.7	0.95
19.30	3770.46	3834.2	1.69
20.00	3722.57	3803.3	2.17
20.30	3693.32	3759.7	1.80
21.00	3616.07	3675.1	1.63
21.30	3534.05	3554.3	0.57
22.00	3448.44	3447.8	0.02



Gambar 4. Hasil Peramalan Beban Hari Libur Nasional Menggunakan Metode Koefisien

Hasil peramalan dengan menggunakan metode koefisien beban ini dijadikan pembandingan untuk melihat kinerja hasil peramalan beban menggunakan algoritma FSC. Dari hasil pengolahan data Koefisien Beban ini dapat terlihat prediksi error yang dihasilkan oleh PLN sekitar 0,02 s.d 11.02 %,

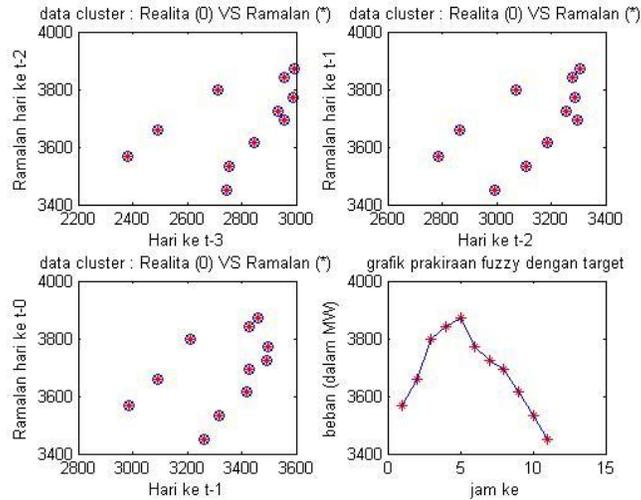
3.3 Hasil Prediksi Hari Libur Menggunakan Algoritma Fuzzy Subtractive Clustering

Karakteristik Beban Listrik Jawa Bali Region Jawa Barat Pada Hari Libur ditampilkan pada Gambar 3 memperlihatkan profil beban harian pada hari libur nasional. Jika kita melihat profil beban harian pada hari tersebut, yang drastis dibandingkan dengan pada beban listrik hari kerja biasa. Sehingga diperlukan peramalan beban listrik secara khusus untuk hari libur cuti bersama

Tabel 2. Data Hasil Prediksi Beban Menggunakan Metode FSC

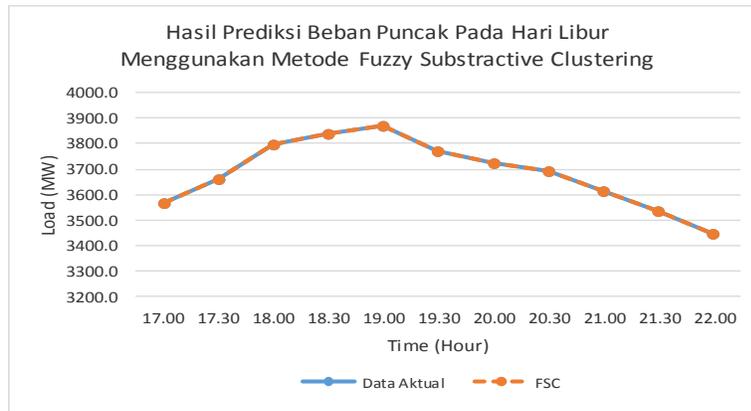
Waktu/Jam	Data Aktual	FSC	Error (%)
17.00	3568.5	3568.4	0.004
17.30	3658.5	3658.5	0.001
18.00	3798.1	3798.2	0.002
18.30	3841.5	3841.4	0.002
19.00	3870.6	3870.7	0.002
19.30	3770.5	3770.5	0.001
20.00	3722.6	3722.6	0.000
20.30	3693.3	3693.3	0.000
21.00	3616.1	3616.1	0.001
21.30	3534.1	3534.0	0.003
22.00	3448.4	3448.4	0.000

Peramalan Beban Puncak Jangka Pendek Khusus Hari Libur Berbasis Algoritma Fuzzy Subtractive Clustering (Studi Kasus di Jawa Barat – Bali)



Gambar 5. Hasil Cluster Subplot Peramalan Beban

Tabel 2 merupakan tabel data hasil dari peramalan beban menggunakan algoritma *FSC*. Gambar 5 menunjukkan hasil cluster peramalan beban dengan menggunakan perintah subplot di Matlab. Subplot merupakan tampilan atau pengolahan grafik dengan membagi satu windows menjadi beberapa figur window sehingga menjadi 2 baris x 2 kolom berdasarkan area plot yang terpisah, pada subplot ini diambil 34 data tetapi dimunculkan dalam figure hanya 4 data, 3 data adalah data yang di ambil sebelum hasil peramalan dengan target.

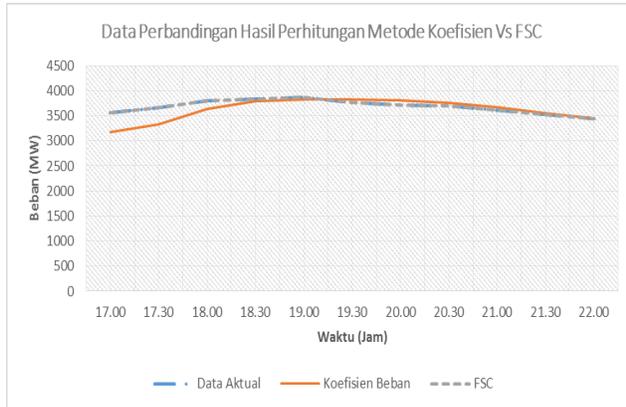


Gambar 6. Grafik Karakteristik Beban Listrik Jawa Bali Region Jawa Barat Untuk Libur Nasional Setelah Diolah Menggunakan Algoritma *FSC*

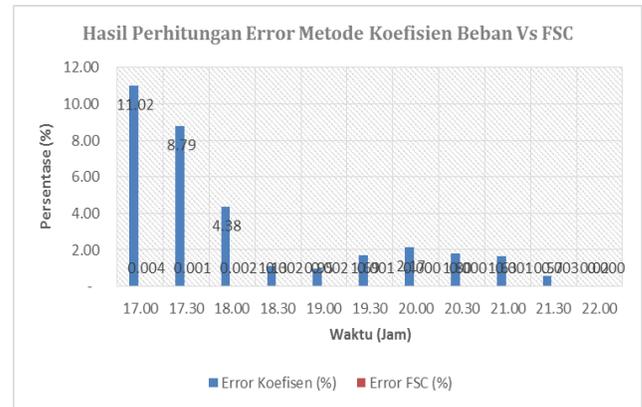
Gambar 6 memperlihatkan bahwa Data Aktual dengan data peramalan beban menggunakan *Fuzzy Subtractive Clustering* sangatlah kecil perbedaannya antara data aktual dan data yang diolah menggunakan algoritma *FSC* ini rentan error hasil peramalan yaitu diantara 0 s.d 0,004 dan hasil peramalan ini menunjukkan akurasi peramalan yang sangat akurat dan ini membuktikan bahwa Algoritma ini sangat tepat digunakan untuk memprediksi beban hari libur di tahun tahun yang akan datang ketika PLN akan mendistribusikan pasokan listrik kepada masyarakat pada Hari Libur Nasional.

3.4 Perbandingan Hasil Akurasi Data (error) Antara Metode Koefisien Beban dengan Algoritma Fuzzy Subtractive Clustering (FSC)

Dari hasil kedua eksperimen antara peramalan listrik menggunakan Metode Koefisien Beban dengan Metode FSC dapat terlihat bahwa hasil error atau akurasi yang lebih akurat diantara kedua metode ini adalah dengan menggunakan Algoritma Fuzzy Subtractive Clustering (FSC), hal ini dibuktikan dengan data hasil pengolahan di bawah ini.



Gambar 7. Data Perbandingan Hasil Perhitungan Metode Koefisien Dengan Algoritma Fuzzy Subtractive Clustering



Gambar 8. Data Perbandingan Error Hasil Perhitungan Metode Koefisien Dengan Algoritma Fuzzy Subtractive Clustering

Gambar 7 dan Gambar 8 menjelaskan hasil perhitungan yang membandingkan keakuratan dalam peramalan beban puncak antara Model Koefisien Beban dengan FSC terlihat bahwa hasil Peramalan beban menggunakan Algoritma FSC mendekati Data aktual beban listrik bahkan ada yang sama persis antara peramalan beban FSC dengan data beban aktual, jika dirata ratakan error yang dihasilkan dari masing masing metode peramalan, 3,11% untuk metode koefisien dan 0,002 untuk hasil peramalan FSC.

3.5 Perhitung Persamaan Model Matematis

Berdasarkan langkah – langkah pada BAB 3.2.6 serta bantuan metoda *FSC* maka dengan data yang ada dapat dibuat model matematis untuk peramalan beban puncak. Adapun model matematis yang diperoleh untuk menentukan prediksi data selanjutnya adalah sebagai berikut:
Model Matematis Hari Libur Beban Puncak

$$Y=0.x1 + 0,5172.x2 + -1.7360.X3 + -0.7763.x4 + 1.6438.x5 + 0.x34$$

Data diatas merupakan persamaan yang didapatkan berdasarkan hasil prediksi FSC, sehingga dapat diperoleh koefisien untuk meramalkan beban puncak minggu berikutnya atau hari libur berikutnya berdasarkan data historis beban listrik yang di inputkan.

4 KESIMPULAN

1. Pola beban puncak harian pada hari libur menghasilkan bentuk kurva yang meningkat dan memiliki karakteristik yang hampir sama dari tahun ke tahun. sehingga dapat dijadikan alasan utama untuk menggunakan algoritma Fuzzy Subtractive Clustering yang baik dalam pengenalan pola dan optimasi.
2. Dari hasil perhitungan koefisien beban dapat disimpulkan bahwa hasil prediksi beban puncak pada hari libur memiliki error rata rata prediksi sebesar 3,11%
3. Dari hasil simulasi dengan menggunakan algoritma *FSC* dapat disimpulkan bahwa hasil prediksi beban puncak hari libur memiliki error rata rata prediksi yang sangat kecil dan mendekati data aktual sebesar 0,002%
4. Dari hasil perbandingan perhitungan Koefisien Beban dan algoritma *FSC* pada beban puncak harian untuk hari libur membuktikan bahwa algoritma *FSC* memberikan tingkat akurasi yang lebih baik dan error yang lebih kecil sebesar 0,002% daripada metode yang digunakan oleh PLN yaitu Koefisien Beban terbukti dari nilai rata rata yang dihasilkan oleh Algoritma *FSC* dibawah nilai error yang dihasilkan oleh Koefisien Beban yaitu sebesar 3%.

DAFTAR RUJUKAN

- Abdullah, A., G., Mulyadi, Y., 2011, *Peramalan Beban Listrik Jangka Pendek M Pendekatan Statistik dan Soft Computing*, Prosiding Konferensi Nasional Teknologi Informasi dan Aplikasinya (KNTIA 2011), Universitas Sriwijaya, Palembang, Oktober.
- Ananthapadmanabha, T., Parthasarathy, K., Harish, K., K., 2002, "Optimization of input training data set of STLF using ANN and Fuzzy Expert systems by Fuzzy C-Means Clustering", National Power Systems Conference, NPSC.
- Eugene, A., F., Dora, G., 2012, *Load Forecasting*, State University of New York, Stony Brook.
- Siang, J., J., 2004, *Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemogramannya dengan MATLAB*, Yogyakarta: Andi.
- Sunandar, A., 2005, *Prakiraan Beban Listrik Jangka Pendek Menggunakan Fuzzy Subtractive Clustering*, Skripsi, JPTE, UPI, Bandung.