

**PREDIKSI BEBAN LISTRIK PT. PLN (PERSERO)
AREA SEMARANG MENGGUNAKAN METODE
*SUPPORT VECTOR REGRESSION***



SKRIPSI

**Disusun Sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer
pada Departemen Ilmu Komputer / Informatika**

Disusun oleh :

ANDIKA PUTRA PRATAMA

24010312140121

**DEPARTEMEN ILMU KOMPUTER / INFORMATIKA
FAKULTAS SAINS DAN MATEMATIKA
UNIVERSITAS DIPONEGORO**

2018

HALAMAN PERNTAYAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Andika Putra Pratama

NIM : 24010312140121

Judul : Prediksi Beban Listrik PT. PLN (Persero) Area Semarang Menggunakan Metode *Support Vector Regression*

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tugas akhir/skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan di dalam daftar pustaka.

Semarang, 25 Januari 2018



Andika Putra Pratama
24010312140121

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Prediksi Beban Listrik PT. PLN (Persero) Area Semarang Menggunakan Metode
Support Vector Regression

Nama : Andika Putra Pratama

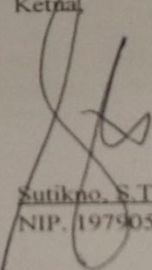
NIM : 24010312140121

Telah diujikan pada sidang tugas akhir pada tanggal 25 Januari 2018 dan dinyatakan lulus
pada tanggal 25 Januari 2018.

Semarang, Januari 2018



Panitia Penguji Tugas Akhir
Ketna,


Sutikno, S.T., M.Cs
NIP. 197905242009121003

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Prediksi Beban Listrik PT. PLN (Persero) Area Semarang Menggunakan Metode
Support Vector Regression

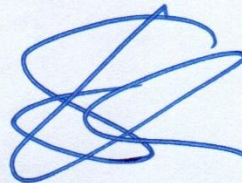
Nama : Andika Putra Pratama

NIM : 24010312140121

Telah diujikan pada sidang tugas akhir pada tanggal 25 Januari 2018.

Semarang, 25 Januari 2018

Pembimbing



Sukmawati Nur Endah, S.Si, M.Kom

NIP. 197805022005012002

ABSTRAK

Tren naik konsumsi listrik dan tidak stabilnya beban listrik puncak bulanan membuat PT. PLN (Persero) sebagai penyedia layanan listrik perlu melakukan perencanaan produksi yang matang agar dapat melakukan penjadwalan perawatan sistem tenaga listrik serta penyediaan cadangan bahan bakar untuk menjaga keberlangsungan produksi listrik. Perencanaan produksi listrik untuk keperluan penjadwalan perawatan sistem dan penyediaan cadangan bahan bakar dilakukan dengan melakukan prediksi beban listrik jangka menengah. Penelitian ini menyajikan hasil prediksi beban listrik menggunakan metode Support Vector Regression dengan menggunakan fitur prediktor yang terdiri dari beban listrik, daya tersambung, jumlah pelanggan listrik, dan PDRB-ADHB. Data yang digunakan berasal dari PT. PLN (Persero) Area Semarang sejumlah 75 data (Juni 2011 - Desember 2017) dan data dari BPS Kota Semarang sejumlah 7 data (2010 – 2016). Hasil penelitian menunjukkan nilai error menggunakan MAPE yang diperoleh sebesar 4,03 % untuk nilai parameter terbaik $C = 10^8$, $\varepsilon = 10^6$, dan fungsi Kernel Linear, dengan fitur prediktor terbaik adalah daya tersambung dan jumlah pelanggan listrik. Untuk data prediksi bulan Oktober – Desember 2017 didapatkan hasil nilai error MAPE sebesar 3,0384 %.

Kata kunci: Prediksi, Beban listrik, *Support Vector Regression*

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNTAYAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan dan Manfaat	3
1.4. Ruang Lingkup	4
1.5. Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. <i>State of the Art</i>	6
2.2. Energi Listrik.....	9
2.3. Beban Listrik	9
2.3.1. Jenis Beban Listrik	9
2.3.2. Analisis Beban Sistem.....	11
2.4. Produk Domestik Regional Bruto	12
2.5. <i>Data Preprocessing</i>	13
2.5.1. <i>Feature Selection</i>	13
2.5.2. <i>Data Cleaning</i>	13
2.6. <i>k-Fold Cross Validation</i>	16

2.7. Support Vector Regression	17
2.8. Fungsi Kernel	21
2.9. Evaluasi Model	22
2.9.1. <i>Mean Absolute Percent Error</i> (MAPE).....	22
BAB III METODE PENELITIAN	24
3.1. Gambaran Umum Penelitian	24
3.2. Tahapan Penelitian	27
3.2.1. Pengumpulan Data.....	27
3.2.2. <i>Preprocessing</i>	28
3.2.3. Pembagian Training Data dan Testing Data.....	34
3.2.4. Training dan Testing SVR.....	35
3.2.5. Evaluasi	43
3.2.6. Prediksi	45
3.3. Tahapan Analisa dan Desain	47
3.3.1. Analisa Aplikasi	47
3.3.1. Perancangan Aplikasi	49
BAB IV	54
HASIL EKSPERIMEN, ANALISA, DAN IMPLEMENTASI	54
4.1. Data Penelitian.....	54
4.1.1. Data PT. PLN (Persero).....	54
4.1.2. Data BPS Kota Semarang.....	54
4.2. Skenario Penelitian	55
4.2.1. Skenario 1	55
4.2.2. Skenario 2	56
4.2.3. Skenario 3	57
4.2.4. Skenario 4.....	57
4.3. Hasil dan Analisa Penelitian.....	57

4.3.1. Hasil dan Analisa Skenario 1	58
4.3.2. Hasil dan Analisa Skenario 2	61
4.3.3. Hasil dan Analisa Skenario 3	63
4.3.4. Hasil dan Analisa Skenario 4	65
4.4. Prediksi	67
4.5. Implementasi Prediksi	67
4.5.1. Lingkungan Implementasi	67
4.5.2. Implementasi Antarmuka	67
4.6. Pengujian Aplikasi.....	69
BAB V	71
PENUTUP	71
5.1. Kesimpulan.....	71
5.2. Saran	72
DAFTAR PUSTAKA.....	73
LAMPIRAN – LAMPIRAN	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. <i>k-Fold Cross Validation</i> untuk <i>time series</i>	17
Gambar 2.2. <i>Insensitive zone</i> . (a) <i>original input space</i> , dan (b) <i>feature space</i>	18
Gambar 2.3. (a) <i>SVR output</i> , dan (b) ϵ - <i>insensitive loss function</i>	19
Gambar 3.1. Gambaran Umum Penelitian	25
Gambar 3.2. <i>Flowchart</i> Tahapan Penelitian	27
Gambar 3.3. <i>Flowchart</i> Tahapan <i>Perprocessing</i>	29
Gambar 3.4. Ilustrasi <i>k-Fold Cross Validation</i> untuk <i>Data Time Series</i>	35
Gambar 3.5. <i>Flowchart</i> Proses <i>Training</i> dan <i>Testing</i>	36
Gambar 3.6. <i>Flowchart</i> Pembuatan Matriks Baru dengan Fungsi Kernel	37
Gambar 3.7. <i>Flowchart Training</i> menggunakan SVR	39
Gambar 3.8. <i>Flowchart Testing</i> menggunakan SVR	41
Gambar 3.9. <i>Flowchart</i> Fungsi <i>Error Measurement</i>	43
Gambar 3.10. <i>Flowchart</i> Fungsi <i>Prediksi</i>	45
Gambar 3.11. <i>Decomposition Diagram</i> SVR LoFo	49
Gambar 3.12. <i>Data Context Diagram</i> SVR LoFo.....	49
Gambar 3.13. <i>DFD Level 1</i> Aplikasi SVR LoFo	50
Gambar 3.14. Perancangan Antarmuka Halaman Utama	51
Gambar 3.15. Perancangan Antarmuka <i>Advanced Training</i>	52
Gambar 3.16. Perancangan Antarmuka <i>Help</i>	52
Gambar 4.1. Skenario Penelitian	54
Gambar 4.2. Grafik Pengaruh Jenis Fungsi Kernel terhadap Nilai Error	59
Gambar 4.3. Grafik Pengaruh Nilai C terhadap Nilai Error	61
Gambar 4.4. Grafik Pengaruh Nilai C terhadap Nilai Error	63
Gambar 4.5. Grafik Perolehan Nilai Error untuk Kombinasi Fitur Berbeda.....	65
Gambar 4.6. Gambar Antarmuka Halaman Utama	67
Gambar 4.7. Gambar Antarmuka <i>Advanced Prediction</i>	68
Gambar 4.8. Gambar Antarmuka <i>Help</i>	68

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. <i>State of the Art</i> penelitian terkait dan usulan penelitian	6
Tabel 3.1. Metadata Tabel dari PT. PLN (Persero) Area Semarang	28
Tabel 3.2. Contoh Data dari PT. PLN (Persero) Area Semarang	28
Tabel 3.3. Metadata Tabel dari BPS Kota Semarang	28
Tabel 3.4. Data PDRB-ADHB dari BPS Kota Semarang	28
Tabel 3.5. Tabel PDRB-ADHB dari BPS Kota Semarang Format Waktu Bulanan Sebelum Pengisian <i>Missing Value</i>	30
Tabel 3.6. Tabel PDRB-ADHB dari BPS Kota Semarang Format Waktu Bulanan Setelah Pengisian <i>Missing Value</i>	32
Tabel 3.7. Daftar Fitur <i>Dataset</i> Gabungan	32
Tabel 3.8. Dataset Hasil Penggabungan	33
Tabel 3.9. Dataset Hasil Normalisasi	34
Tabel 3.10. Data <i>Dummy</i>	35
Tabel 3.11. SRS ID Aplikasi SVR LoFo	47
Tabel 4.1. Tabel Hasil Skenario 1 untuk Fungsi Kernel Linear	57
Tabel 4.2. Tabel Hasil Skenario 1 untuk Fungsi Kernel Polynomial	58
Tabel 4.3. Tabel Hasil Skenario 1 untuk Fungsi Kernel RBF	58
Tabel 4.4. Tabel Hasil Skenario 2	60
Tabel 4.5. Tabel Hasil Skenario 3	63
Tabel 4.5. Tabel Hasil Skenario 4	64
Tabel 4.6. Tabel Kodifikasi Nama Fitur	65
Tabel 4.6. Tabel Hasil Prediksi	66
Tabel 4.8. Rencana Pengujian	69

BAB I

PENDAHULUAN

Bab pendahuluan ini menyajikan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat, ruang lingkup serta sistematika penulisan tugas akhir mengenai prediksi beban listrik di PT PLN Area Semarang.

1.1. Latar Belakang

Listrik saat ini telah digunakan untuk menunjang berbagai kegiatan pada segala bidang. Penggunaan listrik meningkat seiring dengan meningkatnya ragam dan jumlah aktifitas manusia serta mesin yang membutuhkan tenaga listrik. Statistik Ketenagalistrikan Indonesia tahun 2015 menyatakan adanya tren naik konsumsi listrik di Indonesia dengan rata-rata kenaikan konsumsi sebesar 5,27% per tahun pada rentang tahun 2011-2015 (Anon., 2015). Selain itu menurut (Hu, et al., 2015) beban listrik puncak bulanan tidak selalu stabil. Kedua hal ini memaksa perusahaan penyedia layanan listrik untuk dapat membuat perencanaan produksi listrik, termasuk di dalamnya penjadwalan untuk perawatan sistem dan penyediaan cadangan bahan bakar agar dapat memproduksi jumlah listrik sesuai kebutuhan.

Secara umum, perencanaan produksi listrik diawali dengan melakukan prediksi beban listrik dalam jangka waktu tertentu. Menurut Djiteng, terdapat tiga jenis prediksi beban listrik, antara lain: jangka panjang, jangka menengah, dan jangka pendek (Djiteng, 2006). Tiap jenis prediksi beban listrik memiliki kegunaan masing-masing. Prediksi beban listrik jangka panjang diperuntukkan untuk perencanaan ekspansi kapasitas produksi listrik, prediksi beban listrik jangka menengah diperuntukkan untuk perencanaan penjadwalan perawatan sistem dan penyediaan cadangan bahan bakar untuk produksi listrik, sedangkan prediksi beban listrik jangka pendek digunakan untuk perencanaan operasi dari sistem tenaga yang dibutuhkan terutama ketika terjadi beban puncak harian (Bunnoon, et al., 2009). Berdasarkan penjelasan di atas, maka perlu dilakukan kegiatan prediksi beban listrik jangka menengah dengan melakukan prediksi beban listrik sebagai penunjang proses

perencanaan penjadwalan perawatan sistem dan penyediaan cadangan bahan bakar agar proses produksi listrik berjalan dengan lancar.

Dalam penelitiannya, Hu melakukan prediksi beban listrik jangka menengah menggunakan *Support Vector Regression* (SVR) untuk memprediksi beban listrik jangka menengah dengan fitur prediktor baban listrik dan temperatur. Hasil yang diperoleh dibandingkan dengan beberapa metode lain dengan hasil bahwa penggunaan metode SVR menunjukkan hasil yang terbaik setelah dibandingkan dengan hasil prediksi menggunakan metode lain (Hu, et al., 2015). Bunnoon dalam penelitian prediksi beban listrik jangka menengah menggunakan fitur prediktor beban listrik dan temperatur serta metode SVR dengan studi kasus di Thailand juga menghasilkan hasil yang serupa dimana metode SVR memberi hasil yang lebih baik setelah dibandingkan dengan metode lain. Secara umum, SVR membangun sebuah *hyperplane* dalam dimensi ruang yang tinggi atau terbatas. Dalam *Support Vector Regression* terdapat beberapa parameter yang dapat disesuaikan untuk mendapatkan *hyperplane* terbaik diantaranya adalah fungsi kernel yang memetakan data ke dalam dimensi yang lebih tinggi, nilai C sebagai konstanta pemberi nilai penalti terhadap titik di luar margin, dan nilai epsilon sebagai penentu margin fungsi *hyperplane*. (Stojanovic, et al., 2010).

Pada penelitian oleh (Hu, et al., 2015) disampaikan bahwa fitur temperatur memiliki kecenderungan data yang tidak konsisten yang mneyebabkan prediksi menjadi tidak akurat untuk data training melebihi satu musim. Di sisi lain (Masarrang, et al., 2014) dalam penelitiannya melakukan penelitian untuk melakukan prediksi beban listrik jangka panjang menggunakan fitur prediktor berupa jumlah pelanggan, beban listrik puncak tahunan, dan nilai PDRB (Produk Domestik Regional Bruto) menggunakan metode *Fuzzy Inference System* (FIS). Hasil yang didapat adalah bahwa algoritma FIS memiliki tingkat akurasi yang rendah. (Dewi & Saputra, 2015) juga melakukan penelitian serupa. Penelitian yang dilakukan menggunakan data *time series* beban listrik tahunan, daya tersambung, dan jumlah pelanggan menggunakan Metode Kuadrat Terkecil (*Least Square*) dan Persamaan Eksponensial (*Exponential Equation*).

Dari penelitian (Bunnoon, et al., 2009) dan (Hu, et al., 2015) dapat dilihat bahwa secara umum tingkat error yang dihasilkan metode SVR relatif rendah

dibandingkan dengan beberapa metode lain. Lalu pada penelitian (Hu, et al., 2015) yang menggunakan metode SVR ditemukan fakta bahwa variabel temperatur yang tidak konsisten tidak dapat memprediksi secara akurat untuk data *training* dengan durasi lebih dari satu musim.. Di sisi lain, penelitian oleh (Masarrang, et al., 2014) dan (Dewi & Saputra, 2015) mengusulkan penggunaan fitur prediktor alternatif berupa beban listrik, daya tersambung, jumlah pelanggan, dan PDRB sebagai fitur prediktor untuk prediksi beban listrik jangka panjang.

Berdasarkan penjabaran di atas, penelitian ini mengusulkan pembuatan sebuah model prediksi beban listrik jangka menengah menggunakan metode *Support Vector Regression* dengan parameter uji fungsi kernel, nilai C, dan nilai epsilon untuk menemukan *hyperplane* terbaik, serta menggunakan data *time series* beban listrik, jumlah pelanggan, daya tersambung, dan Produk Domestik Regional Bruto Atas Dasar Harga Berlaku (PDRB-ADHB) sebagai fitur prediktor.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dipaparkan, maka didapatkan rumusan masalah yaitu menyusun sebuah model *Support Vector Regression* (SVR) dengan fungsi kernel, nilai C, dan nilai epsilon terbaik sebagai parameter uji, serta mengetahui kombinasi fitur yang terbaik untuk melakukan prediksi beban listrik jangka menengah dengan cakupan layanan listrik di Kota Semarang secara akurat.

1.3. Tujuan dan Manfaat

Tujuan yang ingin dicapai dari pembuatan tugas akhir ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh fungsi kernel terhadap nilai error pada pengimplementasian metode *Support Vector Regression* (SVR) untuk prediksi beban listrik.
2. Mengetahui pengaruh nilai variable C (besaran penalti yang diberikan) terhadap nilai error pada pengimplementasian metode SVR untuk prediksi beban listrik.
3. Mengetahui pengaruh nilai variabel epsilon (batas toleransi terhadap *hyperplane*) terhadap nilai error pada pengimplementasian metode SVR untuk prediksi beban listrik.

4. Mengetahui kombinasi parameter dan fitur terbaik untuk melakukan prediksi beban listrik menggunakan metode SVR.

Adapun manfaat yang diharapkan adalah model yang dibuat dapat digunakan pada praktik di lapangan oleh perusahaan penyedia layanan listrik dalam melakukan prediksi beban listrik.

1.4. Ruang Lingkup

Ruang lingkup yang jelas diberikan dalam penyusunan tugas akhir ini agar pembahasan lebih terarah. Ruang lingkup pengembangan aplikasi prediksi beban listrik menggunakan metode *Support Vector Regression* adalah sebagai berikut:

1. Model ini memiliki pilihan input berupa empat fitur prediktor, yakni: beban listrik tahunan, daya tersambung, jumlah pelanggan, dan nilai PDRB-ADHB.
2. Data input menggunakan data yang diambil dari PT. PLN (Persero) Area Semarang dan BPS Kota Semarang dengan rentang waktu Juni 2011 – Agustus 2017.
3. Parameter yang diujikan adalah fitur prediktor, fungsi kernel, nilai C dan nilai Epsilon (ϵ).
4. Fungsi kernel yang diujikan adalah Kernel Linear, Kernel Polynomial, dan Kernel RBF.
5. Output yang akan dihasilkan berupa numerik dalam variabel beban listrik dalam satuan kWh.
6. Bahasa pemrograman yang akan dipakai adalah *MATLAB*.

1.5. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam tugas akhir ini terbagi dalam beberapa pokok bahasan, yaitu:

BAB I PENDAHULUAN

Berisi tentang latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat, ruang lingkup, dan sistematika penulisan tugas akhir mengenai prediksi beban listrik PT. PLN (Persero) Area Semarang menggunakan metode *Support Vector Regression* (SVR).

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini memberikan tinjauan pustaka yang berhubungan dengan tema tugas akhir sebagai landasan untuk perumusan dan analisis permasalahan pada tugas akhir. Bab ini menyajikan penjelasan mengenai penelitian yang sudah pernah dilakukan terkait topik tugas akhir, Support Vector Regression, serta penjelasan terkait langkah preprocessing dan evaluasi yang digunakan.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini menyajikan gambaran umum penelitian tugas akhir yang diawali dengan penyajian gambaran umum penelitian dalam bentuk *flowchart*. Dilanjutkan dengan tahapan penelitian yang dilakukan serta penjelasan proses mulai *preprocessing*, pembagian data, *training & testing* menggunakan metode *Support Vector Regression*, evaluasi, dan prediksi.

BAB IV HASIL EKSPERIMEN, ANALISA DAN IMPLEMENTASI

Bab ini menguraikan hasil eksperimen dan hasil analisa pada penelitian yang dimulai dari teknis pengumpulan data, penjabaran mengenai semua skenario yang dilakukan, dan analisa dari hasil eksperimen yang dilakukan dan implementasi prediksi.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Berisi rangkuman dan kesimpulan dari hasil penelitian serta saran yang pengembangan penelitian lebih lanjut.