

**APLIKASI PREDIKSI BEBAN PUNCAK HARIAN TRAFU GARDU
INDUK MENGGUNAKAN JARINGAN SARAF TIRUAN
BACKPROPAGATION DENGAN MOMENTUM DAN
ALGORITMA INISIALISASI *NGUYEN WIDROW*
(STUDI KASUS : *DISTRIBUTION CONTROL CENTRE* SEMARANG)**



SKRIPSI

**Disusun Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Komputer
Pada Departemen Ilmu Komputer/ Informatika**

Disusun Oleh:

ADITYA DWI NUGRAHA

24010312140112

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

2016

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Aditya Dwi Nugraha

NIM : 24010312140112

Judul : Aplikasi Prediksi Beban Puncak Harian Trafo Gardu Induk Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan *Backpropagation* dengan Momentum dan Algoritma Inisialisasi *Nguyen Widrow* (Studi Kasus : *Distribution Control Centre Semarang*)

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 sepengetahuan 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, 15 Desember 2016



Aditya Dwi Nugraha

24010312140112

UNIVERSITAS DIPONEGORO

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Aplikasi Prediksi Beban Puncak Harian Trafo Gardu Induk Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan *Backpropagation* dengan Momentum dan Algoritma Inisialisasi *Nguyen Widrow* (Studi Kasus : *Distribution Control Centre Semarang*)

Nama : Aditya Dwi Nugraha

NIM : 24010312140112

Telah diujikan pada sidang tugas akhir tanggal 15 Desember 2016 dan dinyatakan lulus pada tanggal 15 Desember 2016.

Semarang, 20 Desember 2016

Mengetahui,

a.n. Ketua Departemen Ilmu Komputer/ Informatika

FSM UNDIP

Sekretaris



Indra Waspada, S.T, M.TI.

NIP. 197902122008121002

Panitia Penguji Tugas Akhir

Ketua,

A handwritten signature in black ink, consisting of a large loop and a smaller mark, with the number '2' written below it.

Ragil Saputra, S.Si, M.Cs.

NIP. 198010212005011003

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Aplikasi Prediksi Beban Puncak Harian Trafo Gardu Induk Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan *Backpropagation* dengan Momentum dan Algoritma Inisialisasi *Nguyen Widrow* (Studi Kasus : *Distribution Control Centre* Semarang)

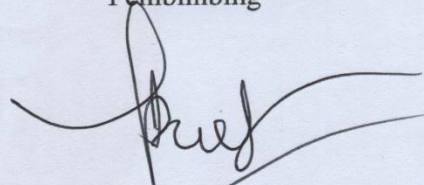
Nama : Aditya Dwi Nugraha

NIM : 24010312140112.

Telah diujikan pada sidang tugas akhir tanggal 15 Desember 2016.

Semarang, 20 Desember 2016

Pembimbing



Drs. Suhartono, M.Kom.

NIP. 195504071983031003

UNIVERSITAS DIPONEGORO

ABSTRAK

Dalam memberikan pemenuhan kebutuhan listrik kepada pengguna, Perusahaan Listrik Negara (PLN) masih menghadapi masalah untuk menghasilkan daya listrik yang sesuai dengan kebutuhan pengguna. Salah satu faktor pengukur kebutuhan listrik adalah titik maksimal penggunaan listrik. Titik maksimal penggunaan listrik dapat diukur melalui beban puncak listrik. Pada tugas akhir ini, peramalan beban puncak harian diimplementasikan menggunakan jaringan saraf tiruan *backpropagation* dengan momentum dan algoritma inisialisasi *nguyen widrow* sebagai masukan pemberian keputusan dalam penyediaan kebutuhan listrik yang dilakukan oleh PLN. Tugas akhir ini mengambil studi kasus pada *Distribution Control Centre* Semarang. Terdapat dua kategori waktu beban puncak harian yaitu pukul 10.00 WIB dan 19.00 WIB. Hasil penelitian menunjukkan bahwa arsitektur jaringan terbaik untuk beban puncak harian pukul 10.00 WIB adalah laju pembelajaran 0.09, *hidden neuron* 9, momentum 0.9, maksimum epoch 30000, toleransi *error* 0.0001 yang menghasilkan *Mean Square Error* (MSE) pelatihan 0.00134, MSE pengujian 0.00481, *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) pengujian 5.96145% dan akurasi pengujian 94.03855%. Sedangkan untuk arsitektur jaringan terbaik untuk beban puncak harian pukul 19.00 WIB adalah laju pembelajaran 0.2, *hidden neuron* 14, momentum 0.8, maksimum epoch 5000, toleransi *error* 0.0001 yang menghasilkan MSE pelatihan 0.00089, MSE pengujian 0.01325, MAPE pengujian 6.78821 % dan akurasi pengujian 93.21179 %.

Kata Kunci : Listrik, Beban Puncak Harian, *Distribution Control Centre* Semarang, *Backpropagation*, *Nguyen Widrow*, Momentum

ABSTRACT

In order to satisfy the delivery of electric power distribution to customer, the providing a proper electrical power demand is the main problem has been facing by Perusahaan Listrik Negara (PLN). The one factor of electrical power demand is the maximum usage point of electrical point. The maximum usage point of electrical point can be measured by electricity peak load. In this thesis, peak load forecasting implemented using backpropagation neural network with momentum and nguyen widrow initialization algorithm as decision input in the delivery of electric power distribution needs which was conducted by PLN. A case of this study the Distribution Control Centre Semarang. There are two categories of daily peak load time are at 10:00 am and 07:00 pm. The results showed that the best network architecture of backpropagation for peak load daily at 10:00 am are learning rate 0.09, hidden neuron 9, momentum 9, maximum epoch 30000, and error tolerance 0.0001 which produces Mean Square Error (MSE) training 0.00134, MSE testing 0.00481, Mean Absolute Percentage Error (MAPE) testing 5.96145% and accuracy of the test 94.03855%. More over the best network architecture for peak load daily at 07:00 pm are learning rate 0.2, hidden neuron 14, momentum 0.8, maximum epoch 5000, and error tolerance 0.0001 which produces MSE training 0.00089, MSE testing 0.01325, MAPE testing 6.78821% and accuracy of the test 93.21179%.

Keywords : Electricity, Daily Peak Load, Distribution Control Centre Semarang, Backpropagation, Nguyen Widrow, Momentum

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan segala rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Aplikasi Prediksi Beban Puncak Harian Trafo Gardu Induk Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan *Backpropagation* dengan Momentum dan Algoritma Inisialisasi *Nguyen Widrow* (Studi Kasus : *Distribution Control Centre Semarang*)”.

Skripsi ini dibuat dengan tujuan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana komputer pada Departemen Ilmu Komputer/Informatika Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro, Semarang.

Dalam pelaksanaan tugas akhir serta penyusunan dokumen skripsi ini, penulis menyadari banyak pihak yang membantu sehingga akhirnya dokumen ini dapat diselesaikan. Oleh karena itu, melalui kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ragil Saputra, S.Si, M.Cs selaku Kepala Departemen Ilmu Komputer/Informatika Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro, Semarang.
2. Bapak Helmie Arif Wibawa, S.Si, M.Cs, selaku Koordinator Tugas Akhir Departemen Ilmu Komputer/Informatika Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro, Semarang.
3. Bapak Drs. Suhartono, M.Kom. selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah membantu dalam membimbing dan mengarahkan penulis hingga selesainya skripsi ini.
4. Semua pihak yang telah membantu kelancaran dalam penyusunan tugas akhir, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dokumen skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan. Akhir kata, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Semarang, 20 Desember 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	3
1.3. Tujuan dan Manfaat	4
1.4. Ruang Lingkup	4
1.5. Sistematika Penulisan	5
BAB II LANDASAN TEORI.....	6
2.1. Energi Listrik	6
2.2. Beban Listrik	6
2.2.1. Jenis Beban Listrik	6
2.2.2. Karakteristik Beban Listrik	8
2.2.3. Analisis Beban Sistem	9
2.3. Prediksi <i>Time Series</i>	9
2.4. Jaringan Saraf Tiruan.....	10
2.5. Metode <i>Backpropagation</i>	11
2.5.1. Arsitektur Jaringan	12
2.5.2. Fungsi Aktivasi.....	12
2.5.3. Pelatihan Metode <i>Backpropagation</i>	13
2.5.4. Algoritma <i>Backpropagation</i>	15
2.5.5. Contoh Perhitungan Menggunakan <i>Backpropagation</i>	18
2.5.6. Pemilihan Bobot dan Bias Awal.....	22

2.5.7.	Momentum.....	23
2.5.8.	Menghitung <i>Error</i> MSE	24
2.5.9.	Perhitungan MAPE (<i>Mean Absolute Percentage Error</i>) dan Akurasi	24
2.6.	Model Pengembangan Perangkat Lunak	25
2.6.1.	Fase Analisis.....	26
2.6.2.	Fase Desain.....	33
2.6.3.	Fase Kode	37
2.6.4.	Fase Tes	40
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		42
3.1.	Pengumpulan Data.....	43
3.2.	<i>Mapping</i> Data	43
3.3.	Normalisasi Data	48
3.4.	Identifikasi Data Latih dan Data Uji.....	50
3.5.	Pelatihan <i>Backpropagation</i>	51
3.6.	Pengujian dan Evaluasi <i>Backpropagation</i>	61
BAB IV PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK.....		68
4.1	Deskripsi Umum.....	68
4.2	Analisis Aplikasi.....	70
4.2.1.	Lingkungan Analisis.....	70
4.2.2.	Kebutuhan Fungsional dan Non Fungsional	70
4.2.3.	Pemodelan Data.....	71
4.2.4.	Pemodelan Fungsional.....	76
4.3	Desain	83
4.3.1.	Lingkungan Desain.....	83
4.3.2.	Desain Struktur Data	83
4.3.3.	Desain Fungsi	86
4.3.4.	Desain Antarmuka	107
4.4	Implementasi (Pengkodean)	122
4.4.1.	Lingkungan Implementasi	123
4.4.2.	Implementasi Data.....	123
4.4.3.	Implementasi Fungsi.....	127
4.4.4.	Implementasi Antarmuka	128
4.5	Pengujian	142
4.5.1.	Lingkungan Pengujian.....	142

4.5.2.	Rencana Pengujian	143
4.5.3.	Pelaksanaan Pengujian	144
4.5.4.	Evaluasi Pengujian	144
BAB V HASIL EKSPERIMEN DAN ANALISA		145
5.1	Lingkungan Eksperimen	145
5.2	Data Penelitian.....	145
5.3	Skenario Eksperimen	146
5.3.1.	Eksperimen Skenario 1	146
5.3.2.	Eksperimen Skenario 2.....	148
5.3.3.	Eksperimen Skenario 3.....	148
5.4	Hasil Eksperimen dan Analisa.....	149
5.4.1.	Hasil Eksperimen Skenario 1 dan Analisa	149
5.4.2.	Hasil Eksperimen Skenario 2 dan Analisa	163
5.4.3.	Hasil Eksperimen Skenario 3 dan Analisa	171
BAB VI PENUTUP.....		174
6.1	Kesimpulan	174
6.2	Saran	175
DAFTAR PUSTAKA.....		176

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Neuron Jaringan Syaraf Tiruan (Kusumadewi, 2004)	11
Gambar 2.2 Arsitektur Jaringan Syaraf Tiruan <i>Backpropagation</i> (Siang, 2005).....	12
Gambar 2.3 Grafik Sigmoid Biner (Siang, 2005).....	13
Gambar 2.4 Grafik Sigmoid Bipolar (Siang, 2005).....	13
Gambar 2.5 Arsitektur <i>backpropagation</i> untuk mengenali fungsi XOR.....	19
Gambar 2.6 Model Sekuensial Linier (Pressman, 2002).....	26
Gambar 2.7 Relasi satu ke satu (<i>One to one</i>) (Ladjamudin, 2006)	31
Gambar 2.8 Relasi satu ke banyak (<i>One to many</i>) (Ladjamudin, 2006)	31
Gambar 2.9 Relasi banyak ke banyak (<i>Many to many</i>) (Ladjamudin, 2006).....	31
Gambar 2.10 Contoh <i>Conceptual Data Model</i> (CDM) (1keydata.com, 2016).....	34
Gambar 2.11 Contoh <i>Logical Data Model</i> (LDM) (1keydata.com, 2016).....	35
Gambar 2.12 Contoh <i>Physical Data Model</i> (PDM) (1keydata.com, 2016).....	36
Gambar 2.13 Cara kerja <i>Client Side Scripting</i> (Peranginangin, 2011).....	38
Gambar 2.14 Cara kerja <i>Server Side Scripting</i> (Peranginangin, 2011).....	39
Gambar 3.1. Blok Diagram Garis Besar Penyelesaian Masalah	42
Gambar 3.2 <i>Flowchart</i> Pengumpulan Data	43
Gambar 3.3 <i>Flowchart Mapping</i> Data.....	44
Gambar 3.4 Grafik Pola Data <i>Time Series</i> Beban Puncak Harian.....	46
Gambar 3.5 Arsitektur <i>Backpropagation</i> dengan 7 neuron <i>input</i>	47
Gambar 3.6 <i>Flowchart</i> Normalisasi Data.....	48
Gambar 3.7 <i>Flowchart</i> identifikasi data latih dan data uji dengan metode <i>hold-out</i>	51
Gambar 3.8 <i>Flowchart</i> Pelatihan <i>Backpropagation</i>	52
Gambar 3.9 <i>Flowchart</i> Pengujian <i>Backpropagation</i>	62
Gambar 4.1 Arsitektur Aplikasi.....	69
Gambar 4.2 ERD Aplikasi Prediksi Beban Puncak Harian.....	73
Gambar 4.3 Kardinalitas Relasi Aplikasi Prediksi Beban Puncak Harian	73
Gambar 4.4 Diagram Dekomposisi Aplikasi.....	77
Gambar 4.5 <i>Context Diagram</i> Aplikasi Prediksi Beban Puncak Harian.....	78
Gambar 4.6 <i>Data Flow Diagram</i> (DFD) Level 1	80
Gambar 4.7 <i>Data Flow Diagram</i> (DFD) Level 2 Proses Manajemen Kelola Data Beban .	81
Gambar 4.8 <i>Data Flow Diagram</i> (DFD) Level 2 Proses Latih Uji.....	82
Gambar 4.9 <i>Data Flow Diagram</i> (DFD) Level 2 Hasi Proses Latih Uji.....	82

Gambar 4.10 Desain <i>Conceptual Data Model</i> (CDM).....	84
Gambar 4.11 Desain <i>Logical Data Model</i> (LDM)	85
Gambar 4.12 Desain <i>Physical Data Model</i> (PDM).....	86
Gambar 4.13 Diagram Alir Fungsi Otentikasi dan Otorisasi <i>Login</i>	87
Gambar 4.14 Diagram Alir Mengubah Profil Admin.....	88
Gambar 4.15 Diagram Alir Menampilkan Riwayat Data Beban.....	89
Gambar 4.16 Diagram Alir Menambah Data Beban	90
Gambar 4.17. Diagram Alir Mengubah Data Beban	90
Gambar 4.18 Diagram Alir Menghapus Data Beban	91
Gambar 4.19 Diagram Alir Melakukan Pelatihan	93
Gambar 4.20 Diagram Alir Sub Proses <i>Preprocessing</i> Bobot Awal Dengan <i>Nguyen</i> <i>Widrow</i>	94
Gambar 4.21 Diagram Alir Sub Proses Propagasi Maju	95
Gambar 4.22 Diagram Alir Sub Proses Propagasi Mundur.....	96
Gambar 4.23 Diagram Alir Sub Proses Perubahan Bobot.....	97
Gambar 4.24 Diagram Alir Sub Proses Perhitungan MSE.....	98
Gambar 4.25 Diagram Alir Melakukan Pengujian.....	99
Gambar 4.26 Diagram Alir Sub Proses Perhitungan MAPE.....	100
Gambar 4.27 Diagram Alir Menampilkan Hasil Latih dan Uji.....	101
Gambar 4.28 Diagram Alir Perhitungan Akurasi Berdasarkan MAPE.....	101
Gambar 4.29 Diagram Alir Menampilkan Detail Hasil Latih dan Uji setiap ID.....	103
Gambar 4.30 Diagram Alir Perhitungan Kesalahan Absolut	103
Gambar 4.31 Diagram Alir Menghapus Data Latih dan Uji	104
Gambar 4.32 Diagram Alir Menampilkan Hasil Arsitektur Terbaik JST	105
Gambar 4.33 Diagram Alir Prediksi Beban Puncak Harian.....	106
Gambar 4.34 Diagram Alir Menampilkan Informasi Tentang Aplikasi	107
Gambar 4.35 Desain Antarmuka Halaman Otentikasi dan Otorisasi <i>Login</i>	108
Gambar 4.36. Desain Antarmuka Halaman Mengubah Profil Admin	109
Gambar 4.37 Desain Antarmuka Halaman Menampilkan Riwayat Data Beban untuk <i>User</i>	110
Gambar 4.38 Desain Antarmuka Halaman Menampilkan Riwayat Data Beban untuk Admin	110
Gambar 4.39 Desain Antarmuka Halaman Menambah Data Beban.....	111
Gambar 4.40 Desain Antarmuka Halaman Ubah Data Beban Puncak Harian.....	112
Gambar 4.41 Desain Antarmuka Hapus Data Beban Puncak Harian.....	113

Gambar 4.42 Desain Antarmuka Halaman Proses Uji Latih.....	114
Gambar 4.43 Desain Antarmuka Halaman Melakukan Pelatihan.....	115
Gambar 4.44. Desain Antarmuka Halaman Melakukan Pengujian.....	116
Gambar 4.45 Desain Antarmuka Halaman Menampilkan Hasil Latih dan Uji.....	117
Gambar 4.46 Desain Antarmuka Halaman Detail Data Hasil Latih dan Uji.....	118
Gambar 4.47 Desain Antarmuka Halaman Menghapus Data Latih dan Uji	119
Gambar 4.48 Desain Antarmuka Halaman Menampilkan Hasil Arsitektur Terbaik JST .	120
Gambar 4.49 Desain Antarmuka Halaman Melakukan Prediksi Beban Puncak Harian untuk <i>User</i>	121
Gambar 4.50 Desain Antarmuka Halaman Melakukan Prediksi Beban Puncak Harian untuk Admin	121
Gambar 4.51 Desain Antarmuka Halaman Menampilkan Informasi Tentang Aplikasi ...	122
Gambar 4.52 Struktur Tabel Admin pada MySQL	124
Gambar 4.53 Struktur Tabel Beban pada MySQL	124
Gambar 4.54 Struktur Tabel Pelatihan pada MySQL.....	125
Gambar 4.55 Struktur Tabel Bobot pada MySQL.....	126
Gambar 4.56 Struktur Tabel Pengujian pada MySQL	126
Gambar 4.57 Tampilan Halaman Otentikasi dan Otorisasi <i>Login</i>	128
Gambar 4.58 Tampilan Halaman Mengubah Profil Admin	129
Gambar 4.59 Halaman Menampilkan Riwayat Data Beban untuk User	130
Gambar 4.60 Halaman Menampilkan Riwayat Data Beban untuk Admin	131
Gambar 4.61 Tampilan Halaman Menambah Data Beban.....	132
Gambar 4.62 Tampilan Halaman Mengubah Data Beban.....	132
Gambar 4.63 Tampilan Konfirmasi Hapus Data Beban	133
Gambar 4.64 Tampilan Status Proses pada Halaman Proses Latih dan Uji	134
Gambar 4.65 Tampilan <i>Form</i> Variable Pelatihan pada Halaman Melakukan Pelatihan...	135
Gambar 4.66 Tampilan Aplikasi Halaman Melakukan Pengujian	136
Gambar 4.67 Tampilan Halaman Menampilkan Hasil Latih dan Uji.....	137
Gambar 4.68 Tampilan Halaman Detail Data Hasil Latih dan Uji setiap ID Latih	138
Gambar 4.69 Tampilan Konfirmasi Hapus Data pada Halaman Hapus Data Latih dan Uji	139
Gambar 4.70 Tampilan Halaman Menampilkan Hasil Arsitektur Terbaik JST	140
Gambar 4.71 Halaman Melakukan Prediksi Beban Puncak Harian untuk Admin dan <i>User</i>	141
Gambar 4.72 Tampilan Halaman Menampilkan Informasi Tentang Aplikasi	142

Gambar 5.1 Grafik Hasil Skenario 1 Strategi 1 Beban Puncak Harian Trafo (BPHT) Pukul 10.00 WIB.....	150
Gambar 5.2. Grafik Hasil Konsistensi Alfa (Laju Pembelajaran) Skenario 1 Strategi 1 BPHT Pukul 10.00 WIB	151
Gambar 5.3 Grafik Hasil Skenario 1 Strategi 2 Beban Puncak Harian Trafo (BPHT) Pukul 10.00 WIB.....	152
Gambar 5.4. Grafik Hasil Konsistensi <i>Hidden neuron</i> Skenario 1 Strategi 2 BPHT Pukul 10.00 WIB.....	153
Gambar 5.5 Grafik Hasil Skenario 1 Strategi 3 Beban Puncak Harian Trafo (BPHT) Pukul 10.00 WIB.....	154
Gambar 5.6. Grafik Hasil Konsistensi Momentum Skenario 1 Strategi 3 BPHT Pukul 10.00 WIB.....	155
Gambar 5.7 Grafik Hasil Skenario 1 Strategi 4 Beban Puncak Harian Trafo Pukul 10.00 WIB.....	156
Gambar 5.8 Grafik Hasil Skenario 1 Strategi 1 Beban Puncak Harian Trafo (BPHT) Pukul 19.00 WIB.....	157
Gambar 5.9. Grafik Hasil Konsistensi Momentum Skenario 1 Strategi 1 BPHT Pukul 19.00 WIB.....	158
Gambar 5.10 Grafik Hasil Skenario 1 Strategi 2 Beban Puncak Harian Trafo (BPHT) Pukul 19.00 WIB.....	159
Gambar 5.11. Grafik Hasil Konsistensi <i>Hidden neuron</i> Skenario 1 Strategi 2 BPHT Pukul 19.00 WIB.....	160
Gambar 5.12 Grafik Hasil Skenario 1 Strategi 3 Beban Puncak Harian Trafo (BPHT) Pukul 19.00 WIB.....	161
Gambar 5.13 Grafik Hasil Konsistensi Momentum Skenario 1 Strategi 3 BPHT Pukul 19.00 WIB.....	162
Gambar 5.14 Hasil Grafik Skenario 1 Strategi 4 Beban Puncak Harian Trafo pukul 19.00 WIB.....	163

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Bobot dari layar masukan ke layar tersembunyi = v_{ji}	19
Tabel 2.2 Bobot dari layar masukan ke layar tersembunyi = w_{kj}	19
Tabel 2.3 Suku Perubahan Bobot ke Unit Tersembunyi	22
Tabel 2.4 Perubahan Bobot Unit Tersembunyi	22
Tabel 2.5 Signifikansi Nilai MAPE (Chang, 2007).....	25
Tabel 2.6 Tabel SRS	28
Tabel 2.7 Simbol-simbol ER-Diagram (Rosa A.S, 2013)	29
Tabel 2.8 Komponen DFD (Indrajani, 2011)	32
Tabel 2.9 Penomoran DFD (Ladjamudin, 2006).....	33
Tabel 2.10 <i>Flow Direction Symbols</i> (Ladjamudin, 2006)	36
Tabel 2.11 Processing Symbols (Ladjamudin, 2006).....	37
Tabel 2.12 <i>Input/output Symbols</i>	37
Tabel 3.1 Hasil Pengumpulan Data Beban Puncak Trafo Pukul 10.00 WIB	46
Tabel 3.2 <i>Mapping</i> Data ke dalam <i>Backpropagation</i>	47
Tabel 3.3 Data Pola ke-1 ternormalisasi.....	50
Tabel 3.4 Tabel Data Latih	53
Tabel 3.5. Tabel inialisasi bobot	53
Tabel 3.6 Tabel Bobot Baru dengan <i>Nguyen Widrow</i>	54
Tabel 3.7 Tabel Inialisasi Bilangan Bias <i>Nguyen Widrow</i>	55
Tabel 3.8 Tabel Bobot dari Unit Tersembunyi.....	55
Tabel 3.9 Tabel Masukan Awal untuk Pola ke-1	55
Tabel 3.10 Tabel Perubahan Bobot V_{ji}	59
Tabel 3.11 Tabel Nilai Bobot Baru untuk V_{ji}	60
Tabel 3.12 Tabel Data Uji	62
Tabel 3.13. Nilai Bobot V_{ji} untuk Pengujian	63
Tabel 4.1 Tabel Kebutuhan Fungsional.....	71
Tabel 4.2 Tabel Kebutuhan Non Fungsional.....	71
Tabel 4.3 Tabel Entitas dan Atribut.....	74
Tabel 4.4 Rencana Pengujian	143
Tabel 5.1 Hasil Eksperimen 2 Strategi 1 Beban Puncak Pukul 10.00 WIB	164
Tabel 5.2 Hasil Eksperimen 2 Strategi 2 Beban Puncak Pukul 10.00 WIB	165
Tabel 5.3 Hasil Eksperimen 2 Strategi 3 Beban Puncak Pukul 10.00 WIB	166

Tabel 5.4 Hasil Eksperimen 2 Strategi 1 Beban Puncak Pukul 19.00 WIB	168
Tabel 5.5 Hasil Eksperimen 2 Strategi 2 Beban Puncak Pukul 19.00 WIB	169
Tabel 5.6 Hasil Eksperimen 2 Strategi 3 Beban Puncak Pukul 19.00 WIB	170
Tabel 5.7 Perbandingan Hasil Eksperimen Skenario 2 Pukul 10.00 WIB	172
Tabel 5.8 Perbandingan Hasil Eksperimen Skenario 2 Pukul 19.00 WIB	172
Tabel L1.1 Data Beban Puncak Harian Pukul 10.00 WIB Periode 1 Juli - 31 Desember 2015	179
Tabel L1.2 Data Beban Puncak Harian Pukul 19.00 WIB Periode 1 Juli - 31 Desember 2015	180
Tabel L2.1 Normalisasi Mapping Beban Puncak Harian Pukul 10.00 WIB	181
Tabel L2.2 Normalisasi Mapping Beban Puncak Harian Pukul 19.00 WIB	185
Tabel L4.1 Deskripsi dan Hasil Uji Otentikasi dan Otorisasi Login.....	202
Tabel L4.2 Deskripsi dan Hasil Uji Mengubah Profil Admin.....	203
Tabel L4.3 Deskripsi dan Hasil Uji Menampilkan Riwayat Data Beban.....	204
Tabel L4.4 Deskripsi dan Hasil Uji Menambah Data Beban	206
Tabel L4.5 Deskripsi dan Hasil Uji Mengubah Data Beban	207
Tabel L4.6 Deskripsi dan Hasil Uji Menghapus Data Beban.....	208
Tabel L4.7 Deskripsi dan Hasil Uji Melakukan Pelatihan	209
Tabel L4.8 Deskripsi dan Hasil Uji Melakukan Pengujian	211
Tabel L4.9 Deskripsi dan Hasil Uji Menampilkan Hasil Latih dan Uji	212
Tabel L4.10 Deskripsi dan Hasil Uji Menampilkan Detail Hasil Latih dan Uji Setiap ID Latih.....	213
Tabel L4.11 Deskripsi dan Hasil Uji Menghapus Data Latih dan Uji	214
Tabel L4.12 Deskripsi dan Hasil Uji Menampilkan Hasil Arsitektur Terbaik JST	216
Tabel L4.13 Deskripsi dan Hasil Uji Melakukan Prediksi Beban Puncak Harian	217
Tabel L4.14 Deskripsi dan Hasil Uji Menampilkan Informasi Tentang Aplikasi.....	219
Tabel L5.1 Pengujian Skenario 1 Strategi 1 (Alfa) Beban Puncak Trafo Pukul 10.00 WIB	220
Tabel L5.2 Konsistensi Skenario 1 Strategi 1 (Alfa) Beban Puncak Trafo Pukul 10.00 WIB	221
Tabel L5.3 Pengujian Skenario 1 Strategi 2 (<i>Hidden Neuron</i>) Beban Puncak Trafo Pukul 10.00 WIB.....	222
Tabel L5.4 Konsistensi Skenario 1 Strategi 2 (<i>Hidden Neuron</i>) Beban Puncak Trafo Pukul 10.00 WIB.....	223
Tabel L5.5 Pengujian Skenario 1 Strategi 3 (Momentum) Beban Puncak Trafo Pukul 10.00 WIB.....	224

Tabel L5.6 Konsistensi Skenario 1 Strategi 3 (Momentum) Beban Puncak Trafo Pukul 10.00 WIB.....	225
Tabel L5.7 Pengujian Skenario 1 Strategi 4 (Epoch) Beban Puncak Trafo Pukul 10.00 WIB	226
Tabel L5.8 Pengujian Skenario 1 Strategi 1 (Alfa) Beban Puncak Trafo Pukul 19.00 WIB	227
Tabel L5.9 Konsistensi Skenario 1 Strategi 1 (Alfa) Beban Puncak Trafo Pukul 19.00 WIB	228
Tabel L5.10 Pengujian Skenario 1 Strategi 2 (<i>Hidden Neuron</i>) Beban Puncak Trafo Pukul 19.00 WIB.....	229
Tabel L5.11 Konsistensi Skenario 1 Strategi 2 (<i>Hidden Neuron</i>) Beban Puncak Trafo Pukul 19.00 WIB	230
Tabel L5.12 Pengujian Skenario 1 Strategi 3 (Momentum) Beban Puncak Trafo Pukul 19.00 WIB.....	231
Tabel L5.13 Konsistensi Skenario 1 Strategi 3 (Momentum) Beban Puncak Trafo Pukul 19.00 WIB.....	232
Tabel L5.14 Pengujian Skenario 1 Strategi 4 (Epoch) Beban Puncak Trafo Pukul 19.00 WIB.....	233

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Beban Puncak Harian Trafo 150/20 kV DCC (<i>Distribution Control Centre</i>) Semarang	179
Lampiran 2. Hasil Normalisasi Mapping Data	181
Lampiran 3. Implementasi Fungsi	189
Lampiran 4. Deskripsi dan Hasil Uji Pengujian Fungsional Aplikasi.....	202
Lampiran 5. Hasil Eksperimen Pelatihan dan Pengujian JST pada Aplikasi	220
Lampiran 6. Kartu Bimbingan Tugas Akhir.....	234
Lampiran 7. Surat Persetujuan Ijin Penelitian PT.PLN (Persero) Distribusi Jawa Tengah dan D.I.Yogyakarta.....	235
Lampiran 8. Surat Keterangan Pengambilan Data di APD (Area Pengatur Distribusi) Jateng & D.I.Yogyakarta	236

BAB I

PENDAHULUAN

Bab ini menyajikan mengenai latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan dan manfaat, ruang lingkup, dan sistematika penulisan dalam pembuatan tugas akhir mengenai Aplikasi Prediksi Beban Puncak Harian Trafo Gardu Induk Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan *Backpropagation* dengan Momentum dan Algoritma Inisialisasi *Nguyen Widrow* (Studi Kasus : *Distribution Control Centre Semarang*).

1.1. Latar Belakang

Listrik merupakan kebutuhan primer manusia saat ini. Semakin hari penggunaan listrik akan selalu berkembang seiring dengan pesatnya peningkatan pembangunan di bidang teknologi, industri dan informasi. Peningkatan kebutuhan listrik tersebut mengharuskan pihak penyedia listrik dapat menyalurkan kebutuhan listrik konsumen agar stabilitas multibidang di masyarakat dapat terjamin. Masing-masing konsumen memiliki karakteristik pemakaian listrik yang berbeda-beda tergantung dengan jenis beban yang dipakainya (Khair, 2011).

Selain jenis beban listrik yang digunakan, masing-masing tipe konsumen memiliki karakteristik beban puncak yang berbeda-beda di setiap harinya. Beban puncak terjadi ketika kebutuhan listrik konsumen menanjak ke titik yang paling tinggi di satu waktu tertentu, baik dalam rentang waktu jam, hari, minggu, bulan, hingga tahun. Pola beban puncak yang ditanggung oleh sistem listrik setiap jamnya akan membentuk pola untuk masing-masing hari, dan selanjutnya akan membentuk pola beban setiap mingguan, bulanan hingga tahunan. Beban listrik yang ditanggung harus tersedia saat dibutuhkan konsumen (Khair, 2011).

Permintaan konsumen berkaitan dengan beban listrik mengakibatkan daya listrik yang tidak tetap dari waktu ke waktu dengan kualitas energi yang baik dan harga yang murah. Apabila daya yang dihasilkan suatu pembangkit terlalu besar maka akan timbul pemborosan energi yang dapat mengakibatkan kerugian bagi pihak perusahaan listrik. Sedangkan jika daya yang dihasilkan suatu pembangkit lebih kecil dari permintaan maka akan mengakibatkan pemadaman listrik secara bergilir yang mengakibatkan kerugian pada pihak konsumen. Usaha yang dilakukan untuk mengantisipasi

perubahan daya listrik yang tidak tetap yaitu dengan membuat rencana operasi sistem tenaga listrik (Triwulan Y, 2013).

Salah satu faktor yang sangat menentukan dalam membuat rencana operasi sistem tenaga listrik adalah ramalan beban yang akan dialami oleh sistem tenaga listrik yang bersangkutan agar daya yang ditransmisikan tepat sasaran dan tepat ukuran. Masalah yang unik dalam operasi sistem adalah: “Daya yang dibangkitkan/diproduksi harus selalu sama dengan daya yang dikonsumsi oleh para pemakai tenaga listrik yang secara teknis umumnya dikatakan sebagai beban sistem” (Marsudi, 2006).

Metode peramalan beban mempunyai fungsi untuk memperkirakan daya yang harus dikeluarkan oleh sisi pembangkit agar efektifitas antara daya yang dihasilkan pembangkit dengan daya yang diterima konsumen lebih sempurna dan efisien. Dengan begitu kejadian kelebihan ataupun kekurangan tegangan dalam sistem tenaga listrik dapat diminimalisasi, selain itu dengan efektifitas penyaluran daya akan meningkatkan pula efektifitas biaya yang harus dikeluarkan PLN (Khair, 2011).

Peramalan beban listrik dilakukan dengan analisis komputasi dan dapat diterapkan dalam metode Jaringan Syaraf Tiruan (JST) yang sudah teruji akurasi dan menjadi teknologi terbaik di negara-negara maju dalam memprediksi beban listrik. Keunggulan utama JST adalah kemampuan untuk ”belajar” dari contoh yang ada atau berdasarkan pola-pola yang diajarkan. JST mampu meramalkan beban listrik pada hari yang akan datang. JST merupakan salah satu representasi buatan otak manusia yang selalu mencoba untuk mensimulasi proses pembelajaran pada otak manusia (Aprijani, 2011).

Salah satu model jaringan dalam jaringan syaraf tiruan adalah *backpropagation*. *Backpropagation* merupakan salah satu dari metode pelatihan pada jaringan syaraf, dimana ciri dari metode ini adalah meminimalkan *error* pada *output* yang dihasilkan oleh jaringan (Puspita A, 2007). Masalah utama yang dihadapi dalam *backpropagation* adalah lamanya iterasi yang harus dilakukan. *Backpropagation* tidak dapat memberikan kepastian tentang berapa epoch yang harus dilalui untuk mencapai kondisi yang diinginkan (Siang, 2005).

Optimalisasi arsitektur *backpropagation* sangat dibutuhkan karena masalah utama dari metode *backpropagation* adalah lamanya iterasi. Permasalahan tersebut bisa di atasi dengan menggunakan algoritma inisialisasi *Nguyen Widrow*. Mishra dalam penelitiannya tentang kompresi citra mengatakan bahwa dalam *nguyen-widrow*

semua bobot dalam jaringan disesuaikan dengan cara yang identik, sehingga mencegah dan mengurangi kesalahan fungsi (Mishra, 2014). Bobot biasanya diinisialisasi dengan nilai kecil yang acak. Hasil menunjukkan bahwa algoritma yang digunakan *Nguyen Widrow* dapat meningkatkan waktu eksekusi (Adrian Yudhi, 2014).

Variasi proses *backpropagation* untuk mempercepat pelatihan dalam kasus tertentu dapat digunakan modifikasi menggunakan momentum. Penambahan momentum dimaksudkan untuk menghindari perubahan bobot yang mencolok akibat adanya data yang sangat berbeda dengan yang lain (*outlier*) (Siang, 2005).

Riset-riset terdahulu terkait dengan prediksi peramalan beban listrik telah banyak dilakukan diantaranya oleh Yuyu Triwulan (2013). Yuyu Triwulan dalam risetnya Peramalan Beban Puncak Listrik Jangka Pendek Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan mengatakan bahwa hasil ramalan beban listrik dengan menggunakan JST Backpropogation telah dihasilkan, ramalan dengan JST Backpropogation lebih mendekati data targetnya dan memberikan arti yang signifikan dibandingkan dengan metode koefisien beban PLN (Triwulan Y, 2013).

Dengan demikian, tujuan dari penelitian ini adalah menggunakan jaringan saraf tiruan *backpropagation* dengan momentum dan algoritma inisialisasi *Nguyen Widrow* untuk memprediksi Beban Puncak Harian Trafo Gardu Induk yang diperoleh dengan cara menghitung kontribusi atribut pada jaringan saraf tiruan terhadap hasil *output*. Sehingga akan diperoleh hasil prediksi beban puncak harian trafo gardu induk untuk *Distribution Control Centre* Semarang.

Prediksi beban puncak dapat diakses lebih dari satu orang dengan level pengguna dalam satu ruang lingkup kantor area pengatur distribusi Semarang. Oleh sebab itu pada penelitian ini dibangun berbasis *website*. Penggunaan aplikasi berbasis *web* memiliki banyak keuntungan yang diperoleh antara lain yaitu sharing data secara *realtime*, dapat dijalankan dimana saja, kapan saja tanpa harus melakukan penginstalan dan dapat dijalankan di sistem operasi mana saja

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, dapat dibuat rumusan masalah bagaimana membangun sebuah aplikasi Beban Puncak Harian Trafo Gardu Induk Menggunakan Jaringan Saraf Tiruan *Backpropagation* Dengan Momentum Dan Algoritma Inisialisasi *Nguyen Widrow* (Studi Kasus : *Distribution Control Centre* Semarang).

1.3. Tujuan dan Manfaat

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian Tugas Akhir ini adalah

- a. Menghasilkan sebuah aplikasi berbasis web yang dapat digunakan untuk memprediksi beban puncak harian trafo gardu induk untuk wilayah *Distribution Control Centre* Semarang menggunakan jaringan syaraf tiruan dengan algoritma inisialisasi *Nguyen Widrow* dan momentum.
- b. Mengetahui kombinasi parameter arsitektur terbaik jaringan syaraf tiruan *backpropagation* dengan momentum dan algoritma inisialisasi *nguyen widrow*.
- c. Mengetahui pengaruh jaringan *backpropagation* antara penambahan algoritma inisialisasi *nguyen widrow* dan momentum.

Manfaat dari penelitian Tugas Akhir ini adalah

- a. Aplikasi yang dikembangkan dapat memberikan ramalan mengenai besarnya nilai beban puncak harian trafo sebagai rancangan untuk mengatur dan menyelaraskan antara pendistribusian jumlah listrik dengan produksi jumlah listrik yang dilakukan oleh PT.PLN (Persero) untuk biaya ke pihak pembangkitan.
- b. Memperkaya kajian ilmu pengetahuan dan teknologi bagi masyarakat umum.

1.4. Ruang Lingkup

Dalam Tugas Akhir ini, perlu pembatasan atau ruang lingkup yang akan dikerjakan supaya penelitian yang dilakukan dapat fokus pada bidangnya. Adapun ruang lingkup aplikasi prediksi beban puncak, yaitu:

1. Prediksi beban puncak harian dilakukan berdasarkan H-7 hari sebelum prediksi.
2. Data yang diolah oleh aplikasi diperoleh dari kantor APD (Area Pengatur Distribusi) Jateng & DIY dengan mengambil pembatasan studi kasus untuk DCC (*Distribution Control Centre*) Semarang.
3. Hasil prediksi terdiri dari beban puncak trafo gardu induk pukul 10.00 WIB dan 19.00 WIB untuk DCC Semarang pada PT.PLN (Persero) Distribusi Jateng-DIY.
4. Algoritma yang digunakan adalah Jaringan Saraf Tiruan (JST) *Backpropagation* dengan Momentum dan Algoritma Inisialisasi *Nguyen Widrow*.
5. Aplikasi dibuat menggunakan bahasa PHP (*Hypertext Preprocessor*) dan integrasi basis data MySQL.

1.5. Sistematika Penulisan

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

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan dan manfaat, ruang lingkup, dan sistematika penulisan dalam pembuatan penelitian tugas akhir ini.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini menyajikan hasil tinjauan studi berkaitan dengan aspek penelitian dan sejumlah kajian pustaka yang berhubungan dengan teori-teori dalam perancangan dan pembuatan penelitian tugas akhir ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menyajikan garis besar penyelesaian masalah dan tahapan-tahapan dalam penelitian Tugas Akhir. Penyelesaian masalah tersebut diawali dengan pengumpulan data, *mapping* data, normalisasi data, strategi pembentukan data latih dan data uji, pelatihan *Backpropagation*, serta pengujian dan evaluasi, serta perhitungan manual dari metode-metode yang digunakan.

BAB IV PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK

Bab ini membahas tentang tahapan dalam pengembangan perangkat lunak yang mengacu pada model Sekuensial Linier yang dimulai dari analisis kebutuhan perangkat lunak, perancangan, implementasi (*coding*) dan pengujian.

BAB V HASIL EKSPERIMEN DAN ANALISA

Bab ini membahas mengenai skenario dan hasil eksperimen yang dilakukan, dimulai dari penjelasan skenario eksperimen, dan hasil eksperimen dan analisa hasil dari setiap eksperimen yang telah dilakukan.

BAB VI PENUTUP

Bab ini membahas mengenai kesimpulan dari uraian yang telah dijabarkan pada bab-bab sebelumnya dan saran untuk pengembangan penelitian lebih lanjut.