

**PREDIKSI KUALITAS UDARA MENGGUNAKAN ALGORITMA
BACKPROPAGATION THROUGH TIME DENGAN ARSITEKTUR
JARINGAN *RECURRENT NEURAL NETWORK***



SKRIPSI

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

Disusun Oleh:

WIDYA MAS SEPTIAWAN

24010313130115

DEPARTEMEN ILMU KOMPUTER/INFORMATIKA

FAKULTAS SAINS DAN MATEMATIKA

UNIVERSITAS DIPONEGORO

2018

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Widya Mas Septiawan

NIM : 24010313130115

Judul : Prediksi Kualitas Udara Menggunakan Algoritma *Backpropagation Through Time* dengan Arsitektur Jaringan *Recurrent Neural Network*

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, 9 Agustus 2018



Widya Mas Septiawan

24010313130115

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : *Prediksi Kualitas Udara Menggunakan Algoritma Backpropagation Through Time dengan Arsitektur Jaringan Recurrent Neural Network*

Nama : Widya Mas Septiawan

NIM : 24010313130115

Telah diujikan pada sidang tugas akhir pada tanggal 31 Juli 2018 dan dinyatakan lulus pada tanggal 31 Juli 2018.

Semarang, 9 Agustus 2018

Mengetahui,

Ketua Departemen Ilmu Komputer/Informatika



Dr. Reno Kusumaningrum, S.Si, M.Kom
NIP. 1981042620050120001

Panitia Penguji Tugas Akhir

Ketua

Sutkno, S.T., M.Cs

NIP. 197905242009121003

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : *Prediksi Kualitas Udara Menggunakan Algoritma Backpropagation Through Time dengan Arsitektur Jaringan Recurrent Neural Network*

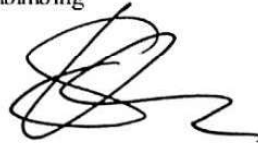
Nama : Widya Mas Septiawan

NIM : 24010313130115

Telah diujikan pada sidang tugas akhir pada tanggal 31 Juli 2018.

Semarang, 9 Agustus 2018

Pembimbing



Sukmawati Nur Endah, S.Si, M.Kom

NIP.197805022005012002

ABSTRAK

Polusi udara saat ini semakin banyak terjadi di negara maju maupun negara berkembang dan dapat mengganggu keadaan lingkungan serta kesehatan masyarakat. Penentuan tingkat polusi udara (polutan udara) atau kualitas udara dapat dilihat dari sekelompok parameter yang sensitif seperti NO₂, O₃, PM₁₀, PM_{2.5}, dan SO₂. Penelitian ini melakukan prediksi data konsentrasi polutan udara dari waktu ke waktu (data *time series*) untuk mengetahui keadaan kualitas udara yang akan datang apakah dalam keadaan yang baik atau buruk bagi kesehatan dan lingkungan. Prediksi data dapat menggunakan algoritma-algoritma dari jaringan syaraf tiruan, salah satunya adalah algoritma *Backpropagation Through Time* (BPTT). BPTT merupakan algoritma pembelajaran yang dikembangkan dari algoritma *backpropagation* yang diterapkan pada arsitektur jaringan *Recurrent Neural Network* (RNN). Algoritma BPTT dan arsitektur RNN memiliki kelebihan untuk memprediksi data *time series* karena tidak hanya mempertimbangkan masukan terbaru, tetapi juga semua masukan sebelumnya dalam jaringan. Penelitian tugas akhir ini untuk mengetahui parameter terbaik dan performansi BPTT dalam memprediksi data *time series* polutan udara secara *single step* dan *multi step*. Data penelitian merupakan data *time series* polutan udara dari situs London Data Store dari bulan Januari 2008 sampai Maret 2018 dengan jumlah data sebanyak 2952. Hasil pengujian penelitian ini menunjukkan bahwa BPTT dengan *single step* dapat digunakan dengan baik dalam memprediksi konsentrasi polutan udara dibandingkan BPTT dengan *multi step*. Arsitektur terbaik dari algoritma BPTT menghasilkan MAPE pelatihan sekitar 5% sampai 7% dan MAPE pengujian sekitar 6% sampai 8%. Prediksi *single step* dan prediksi *multi step* berhasil memprediksi kategori kualitas udara sesuai dengan data target yang berturut-turut memiliki akurasi sebesar 100% dan 92% .

Kata kunci : Polutan Udara, Kualitas Udara, *Backpropagation Through Time*, *Recurrent Neural Network*, prediksi *single step*, prediksi *multi step*

ABSTRACT

Air pollution is currently occurring in developed and developing countries which can disrupt environmental conditions and public health. Determination of air pollution levels (air pollutant) or air quality can be seen from a group of sensitive parameters such as NO₂, O₃, PM₁₀, PM_{2.5}, and SO₂. This research predicts data on the concentration of air pollutant from time to time (time series data) to determine the state of air quality is good or bad for health and environment. Data predictions can use algorithms from artificial neural network, one of which is Backpropagation Through Time (BPTT) algorithm. BPTT is a learning algorithm which developed from backpropagation algorithm that is applied to Recurrent Neural Network (RNN) architecture. BPTT algorithm and RNN architecture have advantage of predicting time series data because it is not only consider the latest input, but also all previous input in the network. This final project research has purpose to find out the best parameters and performance of BPTT in predicting time series air pollutant data in single step and multistep prediction. The research data is air pollutant time series from London Data Store website from January 2008 to March 2018 with a total of 2952 data. The results of this research indicate that BPTT with single step can be used well in predicting air pollutant concentration compared to BPTT with multi step. The best network architecture of the BPTT algorithm has training MAPE around 5% until 7% and testing MAPE 6% until 7%. Single step prediction and multistep prediction success to predict category of air quality as air quality of real data which have consecutive accuracy 100% and 92%.

Key word : Air Pollutant, Air Quality, Backpropagation Through Time, Recurrent Neural Network, single step prediction, multistep prediction

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis haturkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul “Prediksi Kualitas Udara Menggunakan Algoritma *Backpropagation Through Time* dengan Arsitektur *Recurrent Neural Network*” dengan baik. Laporan tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana strata satu pada Departemen Ilmu Komputer/ Informatika Fakultas Sains dan Matematika Universitas Diponegoro Semarang.

Dalam penyusunan tugas akhir ini penulis banyak mendapat bimbingan, bantuan, dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Retno Kusumaningrum, S.Si, M.Kom, sebagai ketua Departemen Ilmu Komputer/ Informatika.
2. Helmic Arif Wibawa, S.Si, M.Cs, sebagai Koordinator Tugas Akhir
3. Sukmawati Nur Endah, S.Si, M.Kom, sebagai dosen pembimbing

Penulis menyadari bahwa dalam laporan ini masih banyak kekurangan baik dari penyampaian materi maupun isi materi. Hal ini dikarenakan keterbatasan kemampuan dan pengetahuan dari penulis. Oleh karena itu, kritik dan saran yang bersifat membangun penulis harapkan. Semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca.

Semarang, 9 Agustus 2018



Widya Mas Septiawan

NIM. 24010313130115

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	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan dan Manfaat.....	3
1.4. Ruang Lingkup	3
1.5. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. <i>State of The Art</i>	5
2.2. <i>Air Quality Index</i>	7
2.3. <i>Autoregressive</i>	8
2.4. Autocorrelation Function dan Partial Autocorrelation Function	10
2.5. Jaringan Syaraf Tiruan	11
2.6. Model Neuron.....	13
2.7. Fungsi Aktivasi.....	13
2.8. Bias dan <i>Threshold</i>	14
2.9. Bobot Jaringan.....	14
2.10. <i>Recurrent Neural Network</i>	14

2.11. <i>Backpropagation Through Time</i>	16
2.12. <i>Rule of Thumb</i>	20
2.13. <i>Prediksi Time Series</i>	21
2.14. <i>Prediksi Single Step dan Multi Step</i>	22
2.15. <i>Pembagian Data</i>	22
2.16. <i>Pengukuran Performansi</i>	23
2.17. <i>Model Pengembangan Perangkat Lunak</i>	23
2.18. <i>Model Flat File</i>	25
2.19. <i>MATLAB</i>	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	26
3.1. <i>Metode Pengumpulan Data</i>	26
3.2. <i>Preprocessing Data</i>	28
3.3. <i>Pembagian Data</i>	34
3.4. <i>Pelatihan</i>	34
3.5. <i>Pengujian</i>	43
3.6. <i>Prediksi Multi Step</i>	45
3.7. <i>Evaluasi</i>	49
3.8. <i>Analisis dan Desain Sistem</i>	49
3.8.1. <i>Requirement Definition</i>	49
3.8.1.1. <i>Deskripsi sistem</i>	49
3.8.1.2. <i>Kebutuhan Fungsional Sistem</i>	49
3.8.1.3. <i>Kebutuhan Non Fungsional Sistem</i>	50
3.8.2. <i>System and Software Design</i>	50
3.8.2.1. <i>Pemodelan Data</i>	50
3.8.2.2. <i>Pemodelan Fungsional</i>	52
3.8.2.2.1. <i>Diagram Dekomposisi</i>	52
3.8.2.2.2. <i>Data Context Diagram</i>	52

3.8.2.2.3. DFD Level 1	53
3.8.2.3. Desain Fungsi.....	54
3.8.2.4. Perancangan Antarmuka	57
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	59
4.1. Hasil Pengembangan Sistem	59
4.1.1. Lingkungan Implementasi.....	59
4.1.2. Implementasi Data	59
4.1.3. Implementasi Fungsi.....	62
4.1.4. Implementasi Antarmuka	63
4.1.5. Rencana Pengujian.....	64
4.2. Analisis dan Hasil Pelatihan.....	65
4.2.1. Skenario Analisis	66
4.2.1.1. Skenario 1	66
4.2.1.2. Skenario 2	66
4.2.1.3. Skenario 3	66
4.2.2. Pembahasan Skenario Analisis dan Hasil Penelitian	66
4.2.2.1. Pembahasan Skenario 1	67
4.2.2.2. Pembahasan Skenario 2	81
4.2.2.3. Pembahasan Skenario 3	83
BAB V PENUTUP	90
5.1. Kesimpulan.....	90
5.2. Saran	91
DAFTAR PUSTAKA	92
LAMPIRAN-LAMPIRAN	95

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Arsitektur Jaringan Layar Tunggal (Siang, 2005)	12
Gambar 2.2	Arsitektur Jaringan Layar Jamak (Siang, 2005)	12
Gambar 2.3	Arsitektur Umum FFNN dengan 2 Lapisan (Zilouchian & Jamshidi, 2001) ..	15
Gambar 2.4	Arsitektur Jaringan yang Memiliki <i>Feedback</i> (Zilouchian & Jamshidi, 2001)	15
Gambar 2.5	Elman RNN (Koscak, 2010)	16
Gambar 2.6	Pembentangan RNN menjadi FFNN (Koscak, 2010)	17
Gambar 2.7	Arsitektur Elman RNN 3 Lapisan Jaringan	18
Gambar 2.8	Model <i>Waterfall</i> (Sommerville, 2010)	24
Gambar 3.1	Blok Diagram Garis Besar Penyelesaian Masalah	27
Gambar 3.2	Plot Grafik ACF Data NO ₂ sebelum <i>Differencing</i>	30
Gambar 3.3	Hasil Uji Statistik Data NO ₂	31
Gambar 3.4	Plot Grafik ACF dan PACF Data NO ₂ sesudah <i>Differencing</i>	31
Gambar 3.5	Hasil Uji Statistik Data NO ₂ (Stasioner)	31
Gambar 3.6	Arsitektur Jaringan Data NO ₂	32
Gambar 3.7	<i>Flowchart</i> Proses Pelatihan Algoritma BPTT	35
Gambar 3.8	<i>Flowchart</i> Sub Proses Propagasi Maju	36
Gambar 3.9	<i>Flowchart</i> Sub Proses Propagasi Mundur	36
Gambar 3.10	<i>Flowchart</i> Pengujian	43
Gambar 3.11	<i>Flowchart</i> Prediksi <i>Multi Step</i>	45
Gambar 3.12	Diagram Dekomposisi Sistem Prediksi Kualitas Udara	52
Gambar 3.13	<i>Data Context Diagram</i> Sistem Prediksi Kualitas Udara	53
Gambar 3.14	DFD Level 1 Prediksi Kualitas Udara	54
Gambar 3.15	<i>Flowchart</i> Desain Fungsi Pelatihan BPTT	55
Gambar 3.16	<i>Flowchart</i> Desain Fungsi Pengujian BPTT	56
Gambar 3.17	<i>Flowchart</i> Desain Fungsi Prediksi <i>Multi Step</i>	57
Gambar 3.18	Desain Antarmuka <i>Preprocess</i> Data	58
Gambar 3.19	Desain Antarmuka Prediksi Data	58
Gambar 4.1	Implementasi <i>Flat File</i> Polutan Udara	60
Gambar 4.2	Implementasi <i>Flat File</i> Hasil <i>Preprocessing</i>	60
Gambar 4.3	Implementasi <i>Flat File</i> Hasil Pelatihan	61
Gambar 4.4	Implementasi <i>Flat File</i> Hasil Pengujian	61

Gambar 4.5 Implementasi <i>Flat File</i> Hasil Prediksi.....	62
Gambar 4.6 Implementasi Antarmuka <i>Preprocessing</i> Data	64
Gambar 4.7 Implementasi Antarmuka Prediksi Data	64
Gambar 4.8 Grafik Pengaruh Laju Pembelajaran Terhadap MAPE Pelatihan Data NO ₂ ...	72
Gambar 4.9 Grafik Pengaruh Laju Pembelajaran Terhadap MAPE Pengujian Data NO ₂ ..	72
Gambar 4.10 Grafik Pengaruh Laju Pembelajaran Terhadap MAPE Pelatihan Data O ₃	72
Gambar 4.11 Grafik Pengaruh Laju Pembelajaran Terhadap MAPE Pengujian Data O ₃ ...	73
Gambar 4.12 Grafik Pengaruh Laju Pembelajaran Terhadap MAPE Pelatihan Data PM ₁₀	73
Gambar 4.13 Grafik Pengaruh Laju Pembelajaran Terhadap MAPE Pengujian Data PM ₁₀	73
Gambar 4.14 Grafik Pengaruh Laju Pembelajaran Terhadap MAPE Pelatihan Data PM _{2.5}	74
Gambar 4.15 Grafik Pengaruh Laju Pembelajaran Terhadap MAPE Pengujian Data PM _{2.5}	74
Gambar 4.16 Grafik Pengaruh Laju Pembelajaran Terhadap MAPE Pelatihan Data SO ₂ ..	74
Gambar 4.17 Grafik Pengaruh Laju Pembelajaran Terhadap MAPE Pengujian Data SO ₂ .	75
Gambar 4.18 Grafik Pengaruh <i>Hidden</i> Neuron Terhadap MAPE Pelatihan Data NO ₂	76
Gambar 4.19 Grafik Pengaruh <i>Hidden</i> Neuron Terhadap MAPE Pengujian Data NO ₂	76
Gambar 4.20 Grafik Pengaruh <i>Hidden</i> Neuron Terhadap MAPE Pelatihan Data O ₃	77
Gambar 4.21 Grafik Pengaruh <i>Hidden</i> Neuron Terhadap MAPE Pengujian Data O ₃	77
Gambar 4.22 Grafik Pengaruh <i>Hidden</i> Neuron Terhadap MAPE Pelatihan Data PM ₁₀	78
Gambar 4.23 Grafik Pengaruh <i>Hidden</i> Neuron Terhadap MAPE Pengujian Data PM ₁₀	78
Gambar 4.24 Grafik Pengaruh <i>Hidden</i> Neuron Terhadap MAPE Pelatihan Data PM _{2.5}	79
Gambar 4.25 Grafik Pengaruh <i>Hidden</i> Neuron Terhadap MAPE Pengujian Data PM _{2.5} ...	79
Gambar 4.26 Grafik Pengaruh <i>Hidden</i> Neuron Terhadap MAPE Pelatihan Data SO ₂	80
Gambar 4.27 Grafik Pengaruh <i>Hidden</i> Neuron Terhadap MAPE Pengujian Data SO ₂	80
Gambar 4.28 Grafik Perbandingan Hasil Prediksi <i>Multi Step</i> NO ₂	86
Gambar 4.29 Grafik Perbandingan Hasil Prediksi <i>Multi Step</i> O ₃	86
Gambar 4.30 Grafik Perbandingan Hasil Prediksi <i>Multi Step</i> PM ₁₀	87
Gambar 4.31 Grafik Perbandingan Hasil Prediksi <i>Multi Step</i> PM _{2.5}	87
Gambar 4.32 Grafik Perbandingan Hasil Prediksi <i>Multi Step</i> SO ₂	88

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penelitian Terkait dan Usulan Penelitian.....	5
Tabel 2.2 <i>Breakpoint</i> untuk AQI (Mintz, 2016)	7
Tabel 2.3 Konversi Satuan Konsentrasi Polutan Udara	8
Tabel 2.4 Penentuan <i>order</i> ARIMA	10
Tabel 2.5 Contoh Masukan dengan 2 <i>Series</i> (Nuryatin, 2009).....	22
Tabel 2.6 Perbedaan Prediksi MS dan SS (Manuel et al, 2013).....	22
Tabel 2.7 Model <i>Flat File</i> (U.S. Departement of Transportation, 2001)	25
Tabel 3.1 Data Polutan Udara.....	28
Tabel 3.2 Contoh Data NO ₂	29
Tabel 3.3 Hasil Proses Normalisasi Data NO ₂	33
Tabel 3.4 Kebutuhan Fungsional Sistem	50
Tabel 3.5 Kebutuhan Non Fungsional Sistem	50
Tabel 3.6 Struktur <i>Flat File</i> Polutan Udara	51
Tabel 3.7 Struktur <i>Flat File</i> Hasil <i>Preprocessing</i>	51
Tabel 3.8 Struktur <i>Flat File</i> Hasil Pelatihan.....	51
Tabel 3.9 Struktur <i>Flat File</i> Hasil Prediksi	52
Tabel 4.1 Rencana Pengujian	65
Tabel 4.2 Hasil Pelatihan dan Pengujian Data NO ₂	67
Tabel 4.3 Hasil Pelatihan dan Pengujian Data O ₃	67
Tabel 4.4 Hasil Pelatihan dan Pengujian Data PM ₁₀	68
Tabel 4.5 Hasil Pelatihan dan Pengujian Data PM _{2.5}	69
Tabel 4.6 Hasil Pelatihan dan Pengujian Data SO ₂	70
Tabel 4.7 Model Terbaik Polutan	70
Tabel 4.8 Prediksi <i>Single Step</i> Data Baru NO ₂	81
Tabel 4.9 Prediksi <i>Single Step</i> Data Baru O ₃	81
Tabel 4.10 Prediksi <i>Single Step</i> Data Baru PM ₁₀	81
Tabel 4.11 Prediksi <i>Single Step</i> Data Baru PM _{2.5}	82
Tabel 4.12 Prediksi <i>Single Step</i> Data Baru SO ₂	82
Tabel 4.13 Hasil Prediksi <i>Multi Step</i> Data NO ₂	83
Tabel 4.14 Hasil Prediksi <i>Multi Step</i> Data O ₃	83
Tabel 4.15 Hasil Prediksi <i>Multi Step</i> Data PM ₁₀	84

Tabel 4.16 Hasil Prediksi <i>Multi Step</i> Data PM _{2.5}	85
Tabel 4.17 Hasil Prediksi <i>Multi Step</i> Data SO ₂	85
Tabel 4.18 Akurasi Kualitas Udara	88

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Tabel Data Lengkap	96
Lampiran 2 <i>Source Code</i>	99
Lampiran 3 Deskripsi dan Hasil Uji Fungsional Aplikasi.....	106

BAB I

PENDAHULUAN

Bab ini membahas latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan dan manfaat, serta ruang lingkup penelitian dan penyusunan tugas akhir mengenai Prediksi Kualitas Udara Menggunakan Algoritma *Backpropagation Through Time* dengan Arsitektur *Recurrent Neural Network*.

1.1. Latar Belakang

Polusi udara saat ini semakin banyak terjadi di negara maju maupun negara berkembang dan dapat mengganggu keadaan lingkungan serta kesehatan masyarakat. Penyebab dari polusi udara sering disebut dengan polutan udara. Polusi udara dapat didefinisikan sebagai adanya polutan seperti sulfur dioksida (SO₂), partikel zat kimia (PM), nitrogen oksida (NOX) dan ozon (O₃) di dalam udara (Ayd & Kavraz, 2011).

Penentuan tingkat polusi dapat dilihat dari sekelompok parameter yang sensitif seperti O₃, PM_{2.5}, PM₁₀, karbon monoksida (CO), nitrogen dioksida (NO₂), dan SO₂. Parameter-parameter tersebut menentukan indeks kualitas udara (*Air Quality Index/AQI*), yang digunakan sebagai ukuran untuk penilaian kualitas udara (Mintz, 2016).

Perkembangan teknologi yang semakin canggih, memudahkan manusia dalam mengambil data mengenai konsentrasi partikel yang ada dalam udara di sekitar lingkungan, dari waktu ke waktu, untuk disimpan dan dianalisis lebih lanjut oleh komputer. Pengambilan atau pemantauan data konsentrasi partikel udara memungkinkan pengukuran langsung, namun pemantauan hanya memberikan perkiraan konsentrasi pada spesifik waktu tertentu, oleh karena itu untuk mengetahui konsentrasi di waktu yang akan datang dibutuhkan analisis berupa prediksi data, sehingga membantu untuk mengetahui data dalam waktu yang akan datang berdasarkan pola data sebelumnya.

Penelitian sebelumnya yang melakukan estimasi penentuan kualitas udara diantaranya adalah penelitian pengembangan dan evaluasi *rapid air dispersion model*, termasuk penggunaan *geospatial* untuk mewakili efek *canyon* (Masey et al., 2018) dan penelitian penilaian kualitas udara di daerah *urban* dengan menggunakan *multivariate statistical analysis* di Thailand Timur (Saithanu & Mekparyup, 2014).

Penelitian ini melakukan prediksi data konsentrasi polutan udara dari waktu ke waktu, yang kemudian dihitung AQI untuk menentukan kualitas udara. Prediksi data tersebut dapat digunakan sebagai sarana untuk mengetahui keadaan kualitas udara lingkungan yang akan datang apakah dalam keadaan yang baik atau buruk bagi kesehatan dan lingkungan.

Penerapan prediksi data dapat menggunakan algoritma-algoritma dari jaringan syaraf tiruan seperti *Backpropagation Through Time* (BPTT). Algoritma BPTT merupakan algoritma yang sering digunakan untuk pembelajaran *Recurrent Neural Network* (RNN). RNN sebagai jaringan, memiliki kemampuan dalam pemrosesan informasi masa lalu (data *time series*) yang sangat sesuai dengan model sekuensial. BPTT dikembangkan dari algoritma *backpropagation*, yang disesuaikan arsitektur jaringan RNN (Guo, 2013). Algoritma BPTT memiliki kelebihan untuk memprediksi data *time series* karena algoritma ini tidak hanya mempertimbangkan masukan terbaru, tetapi juga semua masukan sebelumnya dalam jaringan (Berlinti, 2006).

Penelitian-penelitian sebelumnya yang juga menggunakan algoritma BPTT untuk melakukan prediksi data adalah seperti peramalan *time series* indeks harga saham gabungan dengan arsitektur jaringan Elman RNN (Berlinti, 2006), peramalan harga saham menggunakan RNN yang menghasilkan *error* (MSE/*Mean Squared Error*) pelatihan sebesar 0.0034 dan *error* peramalan sebesar 0.139 untuk harga saham Bank Internasional Indonesia Tbk (Aqnes et al., 2016). Penelitian lainnya seperti prediksi pertumbuhan nasabah bank menggunakan RNN dengan hasil akurasi terbaik 99.64% untuk data jumlah nasabah dan 99.89% untuk data persentase pertumbuhan nasabah (Nuryatin, 2009).

Berdasarkan penelitian tersebut yang memiliki *error* kecil dan akurasi tinggi, maka penelitian ini mencoba menerapkan algoritma BPTT dengan menggunakan arsitektur jaringan RNN dalam memprediksi data *time series* konsentrasi polutan udara untuk menentukan kualitas udara.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas dapat dirumuskan suatu permasalahan yaitu bagaimana menerapkan algoritma BPTT dengan menggunakan arsitektur jaringan RNN dalam memprediksi data *time series* konsentrasi polutan udara untuk menentukan

kualitas udara serta bagaimana menemukan parameter-parameter terbaik pada arsitektur jaringan RNN-nya.

1.3. Tujuan dan Manfaat

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian Tugas Akhir ini adalah untuk menerapkan algoritma BPTT dan menemukan parameter-parameter terbaik pada arsitektur jaringan RNN-nya dalam memprediksi data *time series* konsentrasi polutan udara untuk menentukan kualitas udara.

Manfaat dari penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai sarana untuk mengetahui kualitas udara di masa yang akan datang apakah baik atau buruk bagi kesehatan dan lingkungan, serta untuk mengetahui seberapa besar performansi dari penerapan algoritma BPTT dalam memprediksi data *time series* konsentrasi polutan udara untuk menentukan kualitas udara.

1.4. Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari Tugas Akhir ini adalah data *time series* konsentrasi polutan udara yang digunakan berasal dari London Data Store mengenai *London Average Air Quality Levels* (King's College London, 2018). Variabel atau atribut yang digunakan dalam prediksi data adalah data konsentrasi polutan udara seperti NO₂, O₃, PM₁₀, PM_{2.5}, dan SO₂. Dalam penentuan kualitas udara ini berdasarkan prediksi data *time series* konsentrasi polutan udara, oleh karena itu hanya memperlihatkan data konsentrasi polutan udara sebelumnya untuk memprediksi data yang akan datang tanpa melihat dari mengapa hal itu terjadi. Sistem yang dibangun menggunakan bahasa pemrograman MATLAB 2016a.

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, serta sistematika penulisan dalam pembuatan tugas akhir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini menjelaskan tentang teori-teori yang digunakan untuk membangun sistem yang dikembangkan dan teori lain yang mendukung pengembangannya.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menyajikan dua fase awal dari tahapan proses pembangunan perangkat lunak menggunakan model linear sekuensial yaitu analisis dan perancangan dari sistem yang dikembangkan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan dua fase awal dari tahapan proses pembangunan perangkat lunak menggunakan model linear sekuensial yaitu implementasi dan pengujian dari sistem yang dikembangkan.

BAB V PENUTUP

Penutup berisi kesimpulan dari pengerjaan penelitian tugas akhir ini dan saran-saran untuk pengembangan lebih lanjut terhadap penelitian serupa.