

**MODEL JARINGAN SARAF TIRUAN
EXTREME LEARNING MACHINE UNTUK
DETEKSI GAGAL GINJAL KRONIS (GGK)**



SKRIPSI

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

**Disusun Oleh:
Indra Malik
24010313120007**

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

2018

HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Indra Malik

NIM : 24010313120007

Judul : Model Jaringan Saraf Tiruan *Extreme Learning Machine* Untuk Deteksi Gagal Ginjal Kronis (GGK)

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 atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Semarang, 3 Juli 2018
Yang membuat pernyataan,



Indra Malik
NIM. 24010313120007

HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Model Jaringan Saraf Tiruan *Extreme Learning Machine* Untuk
Deteksi Penyakit Gagal Ginjal Kronis (GGK)

Nama : Indra Malik

NIM : 24010313120007

Telah diajukan pada sidang tugas akhir dan dinyatakan lulus pada 5 Juni 2018.

Semarang, 3 Juli 2018

Mengetahui,

Ketua Departemen Ilmu Komputer/ Informatika
ESM UNDIP

Panitia Penguji Tugas Akhir
Ketua



Dr. Retno Kusumaningrum, S.Si, M.Kom
NIP. 198104202005012001

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Sukmawati Nur Endah'.

Sukmawati Nur Endah, S.Si, M.Kom
NIP. 197805022005012002

HALAMAN PENGESAHAN


Judul : Model Jaringan Saraf Tiruan *Extreme Learning Machine* Untuk
Deteksi Penyakit Gagal Ginjal Kronis (GGK)

Nama : Indra Malik

NIM : 24010313120007

Telah diujikan pada sidang tugas akhir dan dinyatakan lulus pada 5 Juni 2018.

Semarang, 3 Juli 2018
Pembimbing



Helmie Arif Wibawa, S.Si, M.Cs
NIP. 197805162003121001

ABSTRAK

Penderita gagal ginjal kronis dari tahun ke tahun selalu mengalami peningkatan. Deteksi penyakit gagal ginjal kronis bisa menjadi salah satu referensi untuk penanganan selanjutnya. Deteksi dapat dilakukan dengan memanfaatkan teknologi jaringan saraf tiruan dan dalam penelitian ini menggunakan model jaringan saraf tiruan *extreme learning machine* (ELM). Model jaringan saraf tiruan ELM dipilih karena performa klasifikasinya yang mengesankan dan juga lebih unggul dari model jaringan saraf tiruan *Backpropagation* dalam hal kecepatan melatih jaringan. Selanjutnya, dalam penelitian ini dilakukan beberapa skenario pengujian. Hasil skenario pengujian terbaik model ini menghasilkan rata-rata performa sensitivitas sebesar 98% dan spesifisitas sebesar 100%. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa model hampir tidak melakukan kesalahan klasifikasi untuk data dengan kelas notckd (*not chronic kidney disease*) atau kelas negatif untuk semua skenario.

Kata kunci: Penyakit gagal ginjal kronis, jaringan saraf tiruan, *extreme learning machine*, *imbalance data*, *feature selection*

ABSTRACT

The number of people with Chronic Kidney Disease (CKD) is always increasing year by year. Chronic kidney disease detection can be as one of the references for the further treatment. The detection utilized neural networks technology and the model applied in this research is extreme learning machine model. This model was chosen because of its impressive classification performance and also superior to the Backpropagation neural network model at learning speed. Then, this research is done with several testing scenarios. The results of this best scenario model test generated an average sensitivity rate of 98% and a specificity of 100%. The results also show that the model almost does not misclassify data with notckd (not chronic kidney disease) classes or negative classes for all scenarios.

Keywords: Chronic kidney disease, neural networks, extreme learning machine, imbalance data, feature selection

KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobbil'alamin, puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah subhannahu wa ta'ala yang telah menganugerahi kesehatan dan umur panjang kepada penulis, sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini. Skripsi yang diberi judul "*Model Jaringan Saraf Tiruan Extreme Learning Machine Untuk Deteksi Gagal Ginjal Kronis (GGK)*" berhasil diselesaikan dengan baik dan lancar.

Tujuan dari penyusunan skripsi ini guna memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana komputer pada Fakultas Sains dan Matematika Departemen Ilmu Komputer/ Informatika di Universitas Diponegoro. Di dalam pengerjaan skripsi ini telah melibatkan banyak pihak yang sangat membantu dalam banyak hal. Oleh sebab itu, disini penulis sampaikan rasa terima kasih setulus-tulusnya kepada :

1. Prof. Dr. Widowati, S.Si, M.Si, selaku Dekan FSM UNDIP
2. Dr. Retno Kusumaningrum, S.Si, M.Kom, selaku Ketua Departemen Ilmu Komputer/ Informatika.
3. Helmie Arif Wibawa, S.Si, M.Cs, selaku Koordinator Tugas Akhir dan selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.

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

Semarang, Juli 2018

Indra Malik

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
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	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Penyakit Gagal Ginjal Kronis.....	5
2.2. Jaringan Saraf Tiruan.....	6
2.2.1. Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan	7
2.2.2. Pelatihan Jaringan Saraf Tiruan.....	9
2.2.3. Fungsi Aktivasi Sigmoid Biner	9
2.3. <i>Extreme Learning Machine</i>	10
2.3.1. Arsitektur <i>Extreme Learning Machine</i>	10
2.3.2. Algoritma <i>Extreme Learning Machine</i>	12
2.4. Penelitian Terkait <i>Extreme Learning Machine</i> dan Gagal Ginjal Kronis	12
2.5. Normalisasi Data	14

2.6. <i>Imbalance Dataset</i>	14
2.6.1. Undersampling	15
2.6.2. Oversampling	16
2.7. <i>Feature Selection</i>	18
2.8. <i>K-Fold Cross Validation</i>	20
2.9. <i>K-Nearest Neighbor Imputation</i>	20
2.10. K-Medoids	21
2.11. <i>Confusion Matrix</i>	22
2.12. Pemodelan Data	22
2.13. <i>Flowchart</i>	23
2.14. Pemodelan Fungsional.....	23
2.15. Model Proses Pengembangan Perangkat Lunak.....	25
2.16. Pengujian Perangkat Lunak	28
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	29
3.1. Pengumpulan Data.....	30
3.2. Pra Pengolahan Data.....	30
3.3. Pembentukan Data Latih dan Data Uji	34
3.4. <i>Undersampling Based on Clustering</i>	36
3.5. <i>Adaptive Synthetic (ADASYN)</i>	39
3.6. <i>Infinite Feature Selection</i>	42
3.7. Pelatihan <i>Extreme Learning Machine</i>	46
3.8. Analisis Kebutuhan	50
3.8.1. Kebutuhan Fungsional dan Non Fungsional	50
3.8.2. Pemodelan Data	51
3.8.3. Pemodelan Fungsional.....	53
3.9. Desain Model.....	55
3.9.1. Deskripsi Umum Model	55
3.9.2. Desain Antarmuka	56
3.9.3. Desain Fungsi	58
BAB IV IMPLEMENTASI, PENGUJIAN, DAN ANALISIS HASIL	66
4.1. Implementasi Model.....	66
4.1.1. Lingkungan Implementasi Model.....	66

4.1.2. Implementasi Antarmuka	66
4.1.3. Implementasi Fungsi	68
4.2. Pengujian Fungsional Model.....	70
4.3. Pengujian Jaringan Saraf Tiruan <i>Extreme Learning Machine</i>	70
4.3.1. Skenario 1	73
4.3.2. Skenario 2	73
4.3.3. Skenario 3	74
4.3.4. Skenario 4	74
4.3.5. Skenario 5	75
4.3.6. Skenario 6	75
4.4. Pembahasan Skenario Pengujian	75
4.4.1. Pembahasan Skenario 1	76
4.4.2. Pembahasan Skenario 2	76
4.4.3. Pembahasan Skenario 3	77
4.4.4. Pembahasan Skenario 4	78
4.4.5. Pembahasan Skenario 5	80
4.4.6. Pembahasan Skenario 6	83
4.5. Analisis Hasil Semua Skenario	85
4.5.1. Perbandingan Performa pada Data Tidak Seimbang dan Data Seimbang.....	85
4.5.2. Perbandingan Performa Ketika Seleksi Fitur Inf-FS pada Data Tidak Seimbang dan Data Seimbang.....	86
BAB V PENUTUP	90
5.1. Kesimpulan.....	90
5.2. Saran	90
DAFTAR PUSTAKA.....	91
LAMPIRAN-LAMPIRAN	95
Lampiran 1. Data Autentik	96
Lampiran 2. Data Hasil Pra Pengolahan.....	97
Lampiran 3. Data Hasil <i>Undersampling</i>	98
Lampiran 4. Data Hasil <i>Oversampling</i>	99
Lampiran 5. Desain Fungsional.....	100
Lampiran 6. Tabel Hasil Pengujian Fungsional	117

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Arsitektur Single Layer Net.....	8
Gambar 2.2 Arsitektur Multi Layer Net	8
Gambar 2.3 Arsitektur Recurrent Net.....	9
Gambar 2.4 Arsitektur Extreme Learning Machine (Anam & Al-Jumaily, 2017).....	11
Gambar 3.1 Diagram Garis Besar Penyelesaian Masalah.....	29
Gambar 3.2 Ilustrasi Pembentukan Data Latih dan Data Uji Skenario 1 dan Skenario 4 ...	35
Gambar 3.3 Ilustrasi Pembentukan Data Latih dan Data Uji Skenario 2 dan Skenario 5 ...	35
Gambar 3.4 Ilustrasi Pembentukan Data Latih dan Data Uji Skenario 3 dan Skenario 6 ...	36
Gambar 3.5 Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan ELM dengan Semua Fitur pada Tugas Akhir ini	47
Gambar 3.6 Entity Relationship Diagram	52
Gambar 3.7 Data Context Diagram	53
Gambar 3.8 Data Flow Diagram Level 1	54
Gambar 3.9 Antarmuka Pelatihan dan Pengujian.....	57
Gambar 3.10 Antarmuka Hasil Pelatihan dan Pengujian	57
Gambar 3.11 Antarmuka Kegiatan Deteksi.....	58
Gambar 3.12 Flow Chart Fungsi Pemuatan Data	59
Gambar 3.13 Flow Chart Fungsi Normalisasi	59
Gambar 3.14 Flow Chart Fungsi Mengisi Nilai Kosong dengan KNN.....	60
Gambar 3.15 Flow Chart Fungsi Undersampling Based on Clustering	61
Gambar 3.16 Flow Chart Adaptive Synthetic (ADASYN).....	62
Gambar 3.17 Flow Chart Fungsi Seleksi Fitur	63
Gambar 3.18 Flow Chart Fungsi K-Fold.....	63
Gambar 3.19 Flow Chart Fungsi Pelatihan dan Pengujian.....	64
Gambar 3.20 Flow Chart Fungsi Deteksi	65
Gambar 4.1 Implementasi Antarmuka Pelatihan dan pengujian.....	67
Gambar 4.2 Implementasi Antarmuka Hasil Pelatihan dan Pengujian	67

Gambar 4.3 Implementasi Antarmuka Deteksi	68
Gambar 4.4 Skenario Pengujian	72
Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Rata-Rata Sensitivitas dan Spesifisitas pada Data Tidak Seimbang dan Data Seimbang	86
Gambar 4.6 Grafik Perbandingan Rata-Rata Sensitivitas pada Data Tidak Seimbang dan Data Seimbang dengan Seleksi Fitur Inf-FS	88
Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Rata-Rata Spesifisitas pada Data Tidak Seimbang dan Data Seimbang dengan Seleksi Fitur Inf-FS	89

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Fungsi ginjal dan konsekuensi disfunksinya (Mitch, 2012).....	5
Tabel 2.2 Informasi deksripsi fitur (Rubini, 2015).....	6
Tabel 2.3 Penelitian Terkait Extreme Learning Machine dan atau Gagal Ginjal Kronis....	13
Tabel 2.4 Tabel hasil klasifikasi dalam confusion matrix	22
Tabel 2.5 Notasi Entity Relationship Diagram (Chen, 1976).....	23
Tabel 2.6 Notasi Flowchart Berdasarkan (Chapin, 1970)	23
Tabel 2.7 Notasi Pemodelan Fungsional (Kadir, 2003)	25
Tabel 2.8 Notasi SRS	27
Tabel 3.1 Rincian Fitur.....	30
Tabel 3.2 Set Data Awal.....	31
Tabel 3.3 Tabel Data Hasil Normalisasi.....	32
Tabel 3.4 5 Tetangga Terdekat untuk Data Kosong Pertama.....	33
Tabel 3.5 Data Hasil KNN	34
Tabel 3.6 Data Major.....	36
Tabel 3.7 Data Minor.....	36
Tabel 3.8 Deskripsi Cluster	38
Tabel 3.9 Jumlah Data Major Terpilih	39
Tabel 3.10 Tabel Pengamatan Fitur Pertama dan Kedua	43
Tabel 3.11 Tabel Nilai Koefisien Korelasi Rank Spearman c	43
Tabel 3.12 Matriks A Energi Berpasangan	44
Tabel 3.13 Tabel Peringkat Fitur.....	45
Tabel 3.14 Pemetaan Fitur-Fitur ke dalam Arsitektur Jaringan Saraf Tiruan ELM.....	46
Tabel 3.15 Kebutuhan Fungsional.....	50
Tabel 3.16 Kebutuhan Non Fungsional.....	51
Tabel 3.17 Perincian Entitas.....	51
Tabel 4.1 Hasil Klasifikasi.....	71
Tabel 4.2 Confusion Matrix.....	71
Tabel 4.3 Tabel Hasil Uji Skenario 1	76
Tabel 4.4 Tabel Hasil Uji Skenario 2	76

Tabel 4.5 Tabel Hasil Uji Skenario 3	77
Tabel 4.6 Hasil Pemilihan Fitur dengan Infinite Feature Selection	78
Tabel 4.7 Tabel Hasil Uji Skenario 4	79
Tabel 4.8 Hasil Pemilihan Fitur dengan Infinite Feature Selection	80
Tabel 4.9 Tabel Hasil Uji Skenario 5	81
Tabel 4.10 Hasil Pemilihan Fitur dengan <i>Infinite Feature Selection</i>	83
Tabel 4.11 Tabel Hasil Uji Skenario 6	84
Tabel 4.12 Tabel Perbandingan Performa pada Data Tidak Seimbang dan Data Seimbang	85
Tabel 4.13 Tabel Perbandingan Hasil Performa 3 Skenario dengan Seleksi Fitur.....	86

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Autentik	96
Lampiran 2. Data Hasil Pra Pengolahan.....	97
Lampiran 3. Data Hasil <i>Undersampling</i>	98
Lampiran 4. Data Hasil <i>Oversampling</i>	99
Lampiran 5. Desain Fungsional.....	100
Lampiran 6. Tabel Hasil Pengujian Fungsional	117

BAB I

PENDAHULUAN

Bab ini membahas latar belakang, rumusan masalah, tujuan dan manfaat, ruang lingkup, dan sistematika penulisan pada tugas akhir mengenai model jaringan saraf tiruan *extreme learning machine* untuk deteksi gagal ginjal kronis (GGK).

1.1. Latar Belakang

Penyakit gagal ginjal kronis adalah penurunan fungsi ginjal progresif yang bersifat *irreversible* (fungsi ginjal tidak dapat kembali seperti semula) ketika ginjal tidak mampu mempertahankan keseimbangan metabolik, cairan, dan elektrolit yang menyebabkan terjadinya *uremia* dan *azotemia* (Smeltzer & Bare, 2003). Menurut (Williamson & Snyder, 2015), mayoritas orang-orang yang terjangkit gagal ginjal kronis biasanya disebabkan oleh glomerulonefritis, hipertensi, atau diabetes.

Berdasarkan (Kementerian Kesehatan Republik Indonesia, 2013), sebanyak 0,2 persen orang Indonesia mengidap penyakit ini. Sedangkan di Amerika Serikat, hingga tahun 2017 setidaknya terdapat 30 juta orang dewasa diperkirakan menderita gagal ginjal kronis (National Center for Chronic Disease Prevention and Health Promotion, 2017). Hal tersebut menandakan, kalau tidak sedikit orang yang sudah divonis menderita penyakit gagal ginjal kronis dan kemungkinan besar akan terus meningkat cepat setiap tahunnya.

Seiring pesatnya perkembangan teknologi, berbagai penyakit tidak terkecuali penyakit gagal ginjal kronis dapat dideteksi dengan berbagai macam metode yang salah satunya adalah jaringan saraf tiruan. Salah satu penelitian terkait penyakit gagal ginjal kronis, yaitu *Kidney Disease Prediction Using SVM and ANN* (Vijayarani & Dhayanand, 2015) membuktikan jaringan saraf tiruan dapat diaplikasikan dalam kasus tersebut dan menghasilkan performa yang baik.

Definisi jaringan saraf tiruan adalah sistem pemrosesan atau pengolahan informasi yang bekerja mirip dengan jaringan saraf manusia. Jaringan saraf tiruan telah dikembangkan sebagai generalisasi dari model matematika dari penafsiran saraf manusia atau saraf biologi (Fausett, 1994). Modelnya sudah semakin beragam dan berkembang dengan pesat, seperti *Extreme Learning Machine*.

Extreme Learning Machine (ELM) merupakan model jaringan saraf tiruan untuk *Single Hidden Layer FeedForward Network* (SLFN) yang merupakan hasil dari penelitian Guang Bin Huang dan kedua orang koleganya. Model ini sudah banyak digunakan untuk keperluan deteksi atau peramalan, di antaranya adalah *evaluation of extreme learning machine for classification of individual and combined finger movements using electromyography on amputees and non-amputees* (Anam & Al-Jumaily, 2017), *Application of the extreme learning machine algorithm for the prediction of monthly Effective Drought Index in eastern Australia* (Deo & Sahin, 2015), dan masih banyak lagi. Melatih jaringan saraf secara cepat, memiliki performa generalisasi yang baik, dan cenderung mencapai global minimum serta memberikan *error* yang sangat kecil adalah kelebihan dari ELM. Sebaliknya, model jaringan saraf tiruan untuk *Feed Forward Network* yang terkenal seperti *Backpropagation* ternyata memiliki banyak kelemahan, seperti pelatihan yang lambat (Huang, et al., 2006).

Berdasarkan pemaparan masalah di atas, telah dibangun model jaringan saraf tiruan *Extreme Learning Machine* untuk deteksi gagal ginjal kronis (GGK). Hasil dari model yang telah dibuat adalah klasifikasi ke dalam dua hasil, yaitu ckd (*chronic kidney disease*) dan notckd (*not chronic kidney disease*).

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dijelaskan sebelumnya, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut.

1. Bagaimana membangun model jaringan saraf tiruan *extreme learning machine* untuk deteksi gagal ginjal kronis (GGK)?
2. Bagaimana performa model jaringan saraf tiruan yang dibangun terhadap kasus penyakit gagal ginjal kronis?

1.3. Tujuan dan Manfaat

Berdasarkan rumusan masalah, maka tujuan dari penelitian tugas akhir ini adalah menghasilkan model jaringan saraf tiruan *extreme learning machine* untuk deteksi gagal ginjal kronis (GGK).

Manfaat dari penelitian tugas akhir ini adalah:

1. Bagi Penulis

Penulis mendapatkan pengetahuan dan pengalaman baru dalam bidang perencanaan, analisis, pemodelan, pembuatan, dan pengujian model. Di samping itu, penulis dapat mengimplementasikan ilmu pengetahuan secara tepat yang diperoleh selama perkuliahan.

2. Bagi Pembaca

Sebagai tambahan pemahaman dan pengetahuan terkait perancangan dan implementasi model serta penerapan jaringan saraf tiruan *extreme learning machine* pada model yang telah dibangun.

3. Bagi Tenaga Medis

Sebagai salah satu referensi untuk mendeteksi penyakit gagal ginjal kronis.

1.4. Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian pada tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Data masukan yang digunakan diambil dari situs <https://archive.ics.uci.edu> (Rubini, 2015).
2. Keluaran dari model yang dibangun adalah deteksi apakah ckd atau notckd.
3. Penelitian pada tugas akhir ini hanya sampai memberikan referensi deteksi penyakit gagal ginjal kronis tanpa disertai penanganan lebih lanjut.

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 penyusunan tugas akhir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini membahas hasil studi pustaka mengenai fakta-fakta penyakit gagal ginjal kronis, teori jaringan saraf tiruan dan modelnya, serta teori-teori yang mendukung pembuatan model pada tugas akhir ini. .

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas garis besar penyelesaian masalah dan tahapan-tahapan dalam penyelesaian tugas akhir. Penyelesaian masalah diawali dengan pengumpulan data, pra pengolahan data, strategi pembentukan data latih dan data uji, pemaparan contoh-contoh perhitungan dari metode-metode yang membantu dalam pembuatan model pada tugas akhir ini, pelatihan, pengujian, dan evaluasi.

BAB IV IMPLEMENTASI, PENGUJIAN, DAN ANALISIS HASIL

Bab ini membahas implementasi model, pengujian fungsional model, pengujian jaringan saraf tiruan *extreme learning machine*, pembahasan skenario pengujian, pembahasan hasil pengujian, dan analisis pengujian.

BAB V PENUTUP

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