

OPTIMASI ARTIFICIAL NEURAL NETWORK MENGGUNAKAN GENETIC ALGORITHM UNTUK PREDIKSI MARSHALL STABILITY PADA CAMPURAN ASPAL BETON

Achmad Baroqah

ABSTRACT

The road design should apply engineering principles to measure traffic density and rapidly in minimizing crash probability. The weaknesses of aggregate mixed asphalt concrete is causing the road quality design being reduced. Marshall test is a technical testing to find the properness of aggregate mixed asphalt concrete in case of road design construction. Marshall's stability is one of experiment result to know maximum load that will be occupied by asphalt concrete. However, to ensure the accuracy of stability point of Marshall's is needed a Compute Method such Neural Network to solve diversity and unlinearity accuracy problem. Neural Network Optimization is being tested to find the best accuracy value by using Genetic Algorithm in order to increase accuracy value that result by Neural Network. The experiment had done in obtaining optimum architecture and increase accuracy. The result of this research that is confusion matrix has prove Neural Network accuracy before optimized by Genetic Algorithm is 93.83% and becomes 97.37% after being optimized. AUC has result Neural Network is 0.975 after being optimized become 0.992. It is prove that experiment estimation of Marshall's stability by using Neural Network method and Genetic Alogarithm is more accurate than Individual Neural Network Method.

Kata Kunci: *Neural Network, Optimized, Genetic Algoritm, Marshall Stability, Asphalt Concrete.*

1. PENDAHULUAN

Direktorat Jendral Bina Marga Kementerian pekerjaan umum sebagai pelaksana tugas pemerintah yaitu merumuskan serta melaksanakan kebijakan dan standarisasi teknis dibidang bina marga (Dirjen Bina Marga, 2010) mempunyai visi program penyelenggaraan jalan untuk periode pembangunan tahun 2010-2014 yaitu terwujudnya sistem jaringan jalan yang andal, terpadu dan berkelanjutan di seluruh wilayah nasional untuk mendukung pertumpuhan ekonomi dan kesejahteraan sosial.

Tujuan dari desain jalan adalah untuk menerapkan pengetahuan prinsip prinsip rekayasa untuk kepadatan arus lalu lintas dan kecepatan

dalam meminimalkan probabilitas kecelakaan dalam konteks keamanan, biaya, kenyamanan pengendara dan parameter ekonomi dan lingkungan (QDTMR ,2005).

Jalan yang rusak karena beban berulang, artinya jika beban kendaraan yang cukup berat dalam sekali melintas mungkin tidak akan menyebabkan kerusakan jalan. Tetapi jika terus menerus dilintasi dengan beban yang sama maka jalan akan mengalami kelelahan. Kelelahan Jalan berupa Retakan diakibatkan oleh lalu lintas berulang yang merupakan salah satu modus yang paling umum dari kegagalan perkerasan aspal dilapangan (Reza & Mansour, 2012).

Dalam pembuatan jalan baru, peningkatan maupun pemeliharaan jalan diindonesia sebagian besar menggunakan campuran aspal beton (Sukirman, 1992). Akan tetapi sebagian besar jalan di indonesia selalu mengalami kerusakan sebelum mencapai umur yang direncanakan. Kondisi ini dapat diakibatkan oleh berbagai faktor, antara lain : proses pengerjaan, mutu material, beban lalu lintas dan kondisi lingkungan (AASHTO, 1993).

Menurut (Asphalt Institute, 1993) Untuk mendapatkan mutu perkerasan yang memenuhi persyaratan perlu diperhatikan agregat yang ada, yaitu suatu bahan keras dan kaku yang digunakan sebagai bahan campuran. Persyaratan yang harus dimiliki dalam suatu campuran aspal beton atau *Asphalt Concrete Binder Course* (AC – BC) antara lain Stabilitas, Durabilitas, Fleksibilitas, Tahanan Geser, Ketahanan Kelelahan, kemudahan pelaksanaan, kedap air dan ekonomis. Untuk mengetahui tingkat kelayakan dari agregat yang digunakan dalam campuran konstruksi perkerasan jalan, maka dilakukanlah suatu uji coba Marshall (*Marshall Test*).

Untuk menjamin tingkat akurasi dalam memprediksi hasil uji coba marshall sampai saat ini telah banyak penelitian yang dilakukan dengan berbagai macam metode komputasi dengan berbagai jenis dataset agregat campuran aspal beton, dalam cabang ilmu komputer yang disebut *data*

mining. Metode komputasi yang telah dilakukan di antaranya dengan dua jenis metode individual dan metode gabungan (*ensemble*).

Dari beberapa penelitian yang telah dilakukan disimpulkan bahwa metode individual yang paling baik adalah Neural Network (NN) dalam memprediksi estimasi Marshall yaitu *Marshall Stability*, *Marshall Flow* dan *Marshall Quotient* (Tapkin et al, 2010). Efek utama dari masing-masing variabel pada *Marshall stability*, *Marshall flow* dan *Marshall quotient* yang beragam dan data bersifat *Non-Linear*, Metode ANN memiliki kemampuan untuk menghasilkan sebuah model dalam memprediksi *Marshall Test* dengan cukup akurat , cepat dan praktis (Ozgan, 2009). ANN menjadi alat yang sangat ampuh untuk memecahkan banyak masalah teknik sipil, khususnya dalam situasi, dimana data mungkin beragam atau dalam jumlah yang cukup besar (Nazari & Torgal, 2013). Selain keunggulan, NN juga mempunyai beberapa kelemahan. Salah satunya akurasi yang kurang optimal.

Komputer merupakan alat bantu yang dapat dimanfaatkan untuk mengoptimasi masalah apapun dengan syarat variabel – variabel yang terkait dengan penyelesaian masalah yang dapat dinyatakan dalam format elektronik. Jika data data yang berhubungan dengan masalah dapat diproses dalam komputer, maka penyelesaiannya dapat mudah diperoleh. Optimasi dilakukan untuk menyelesaikan suatu masalah tertentu agar berada pada kondisi yang paling menguntungkan.

Prediksi yang dihasilkan *Neural Network* akan lebih akurat jika parameter seperti jumlah unit lapisan tersembunyi (*hidden layer*) dan *learning rate* dapat dioptimalkan secara benar dan tepat. Untuk mencari efisiensi parameter tersebut diperlukan algoritma genetika (*Genetic Algorithm*). Prinsip dasar algoritma genetika sendiri adalah bagaimana mendapatkan keturunan yang lebih baik dengan melalui proses seleksi layaknya seleksi alam. Selain itu, tujuan utamanya adalah harus mampu menemukan nilai akurasi terbaik model NN dengan cara mengoptimasikan

parameternya (whitcombe et al, 2006) .GA sangat cocok untuk mengoptimasi parameter yang bersifat beragam dan *multi-objective* pada Uji Coba Marshall dengan menentukan arsitektur dan parameter yang optimal pada model NN.

2. PERUMUSAN MASALAH

Rumusan Masalah berdasarkan identifikasi masalah di atas adalah seberapa besar peningkatan akurasi Model Neural Network menggunakan Genetic Algorithm dalam Prediksi Stabilitas Uji Coba Marshall pada campuran aspal Beton.

3. TINJAUAN PUSTAKA

3.1. Data Mining

Data mining yang merupakan inti proses dari *Knowledge Discovery in Database* (KDD) adalah proses terorganisir untuk mengidentifikasi pola yang valid, baru, berguna, dan dapat dimengerti dari sebuah dataset yang besar dan kompleks (Maimon & Rokach, 2010). Berdasarkan tugasnya, data mining dikelompokkan menjadi (Larose, 2005): 1). Deskripsi, 2). Klasifikasi, 3). Estimasi, 4). Prediksi, 5). Clustering, 6). Asosiasi.

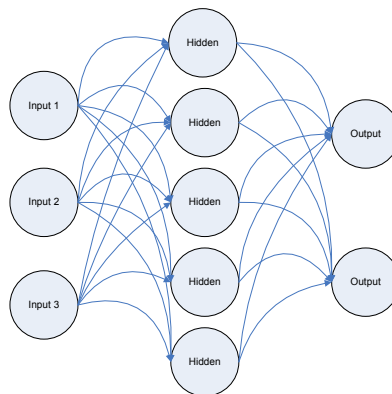
Klasifikasi atau estimasi data terdiri dari 2 langkah proses. Pertama adalah *learning* (fase *training*), dimana algoritma klasifikasi dibuat untuk menganalisa data *training* lalu direpresentasikan dalam bentuk *rule* klasifikasi. Proses kedua adalah klasifikasi, dimana data tes digunakan untuk memperkirakan akurasi dari *rule* klasifikasi (Han & Kamber, 2007).

3.2. Algoritma Neural Network

Menurut Heaton (2008) Neural Network adalah jaringan saraf yang mensimulasikan jaringan saraf biologis manusia kedalam arsitektur komputer dan arsitektur algoritma baru terhadap komputer konvensional. Hal ini memungkinkan penggunaan operasi komputasi (penambahan, pengurangan, dan elemen logika fundamental) yang

sangat sederhana untuk memecahkan masalah yang kompleks, matematis yang tidak jelas, masalah nonlinear atau masalah stokastik.

Multilayer perceptron (MLP) disebut juga *multilayer feedforward neural network* merupakan algoritma yang paling luas digunakan. Menurut Wong, Bodnovich dan Selvi pada tahun 1997, sekitar 95% aplikasi bisnis yang menggunakan neural network, memakai algoritma ini (Vecellis, 2009). Penemuan algoritma *backpropagation* untuk *multilayer perceptron*, merupakan metode yang sistematis untuk training sehingga bisa dilakukan dan lebih efisien. Algoritma *backpropagation* berasal dari *learning rule* Window dan Hoff, disusun oleh Werbos pada tahun 1974, dibuat oleh Parker pada tahun 1985, Rumelhart Hinton dan Williams pada tahun 1986 dan peneliti lainnya (Maimon&Rokach, 2005).

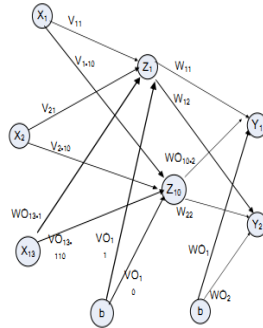


Sumber : (Maimon&Rokach, 2005).

Gambar 3.1. Struktur Neural Network

Backpropagation bekerja melalui proses secara iteratif menggunakan data training, membandingkan nilai prediksi dari jaringan dengan setiap data yang terdapat pada data training. Dalam setiap proses, bobot relasi dalam jaringan dimodifikasi untuk meminimalkan nilai *Mean Squared Error* (MSE) antara nilai prediksi dari network dengan nilai yang sesungguhnya. Modifikasi relasi neural network tersebut dilakukan dengan arah mundur, dari output layer hingga

layer pertama dari hidden layer sehingga algoritma ini disebut backpropagation



Sumber : (Myatt, 2007)

Gambar 3.2
Arsitektur Backpropagation

Langkah pembelajaran dalam algoritma backpropagation adalah sebagai berikut (Myatt, 2007):

1. Inisialisasi bobot jaringan secara acak (biasanya antara -0.1 sampai 1.0)
2. Untuk setiap data pada data training, hitung input untuk simpul berdasarkan nilai input dan bobot jaringan saat itu, menggunakan rumus:

$$Input_j = \sum_{i=1}^n O_i W_{ij} + \square_j$$

Keterangan:

O_i = Output simpul i dari layer sebelumnya

w_{ij} = bobot relasi dari simpul i pada layer sebelumnya ke simpul j

\square_j = bias (sebagai pembatas)

- 3 Berdasarkan input dari langkah dua, selanjutnya membangkitkan output untuk simpul menggunakan fungsi aktivasi sigmoid:

$$Output = \frac{1}{1 + e^{-input}}$$

- 4 Hitung Nilai Error antara nilai yang diprediksi dengan nilai yang sesungguhnya menggunakan rumus :

$$Error_j = Output_j(1 - Output_j)(Target_j - Output_j)$$

Keterangan:

Output_j = Output aktual dari simpul j

Target_j = Nilai target yang sudah diketahui pada data training

- 5 Setelah nilai Error dihitung, selanjutnya dibalik ke layer sebelumnya (*backpropagated*). Untuk menghitung nilai Error pada hidden layer, menggunakan rumus:

$$Error_j = Output_j(1 - Output_j) \sum_{k=1}^n Error_k W_{jk}$$

Keterangan:

Output_j = Output aktual dari simpul j

Error_k = error simpul k

w_{jk} = Bobot relasi dari simpul j ke simpul k pada layer berikutnya

- 6 Nilai Error yang dihasilkan dari langkah sebelumnya digunakan untuk memperbarui bobot relasi menggunakan rumus :

$$W_{ij} = W_{ij} + l \cdot Error_j \cdot Output_j$$

Keterangan:

w_{ij} = bobot relasi dari unit i pada layer sebelumnya ke unit j

l = *learning rate* (konstanta, nilainya antara 0 sampai dengan 1)

Error_j = Error pada output layer simpul j

Output_i = Output dari simpul i

3.3. Algoritma Genetika

Optimasi adalah tentang menemukan nilai-nilai parameter yang optimal untuk suatu objek atau sistem yang meminimalkan tujuan (biaya) dan fungsi (Shukla, 2010). Dalam optimasi, kita diberi sebuah fungsi, yang dikenal sebagai fungsi tujuan. Tujuannya adalah untuk

meminimalkan atau memaksimalkan nilai dari fungsi tujuan dengan menyesuaikan parameter berbagai.

Algoritma Genetika biasa digunakan untuk klasifikasi dan juga masalah optimisasi (Han & Kamber, 2007). Dalam data mining, metode ini juga digunakan untuk melakukan evaluasi terhadap nilai fitness pada sebuah algoritma. Beberapa hal yang harus dilakukan dalam algoritma genetika (Whitcombe et al, 2006) adalah

- 1 Menentukan Populasi Awal.

Diperlukan Populasi awal sebelum optimasi dilakukan. Populasi awal dilakukan seperti melakukan pendeklarasian dalam sebuah program

- 2 Evaluasi Nilai Fitness

Nilai Fitness dievaluasi dengan tujuan agar setiap kromosom memiliki nilai baik atau tidak. Kemudian semua nilai fitness ditentukan probabilitasnya masing – masing. Dari hasil probabilitas tertinggi, dihasilkan bahwa kromosom 1 mempunyai nilai fitness paling tinggi. Maka kromosom 1 juga mempunyai kesempatan paling besar dalam proses seleksi selanjutnya dengan *Roulette Wheel*.

- 3 Seleksi Kromosom Induk

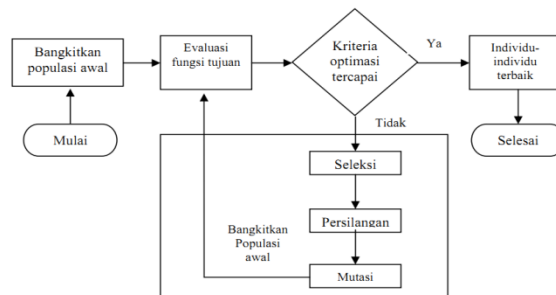
Proses dimana dipilih kromosom yang akan dijadikan kromosom induk dalam populasi yang akan dihitung. Proses seleksi kromosom yang digunakan dengan *Roulette Wheel*.

- 4 Melakukan Crossover (Perkawinan Silang)

Dalam *crossover* juga melanjutkan ke langkah selanjutnya menggunakan bilangan acak R antara 0 sampai 1. Setelah melakukan pemilihan *parent* (Induk), proses selanjutnya adalah menentukan posisi *crossover*. Setelah didapatkan posisi *crossover* maka kromosom *parent* (Induk) akan dipotong mulai gen posisi *crossover* kemudian potongan gen tersebut saling ditukarkan antar *parent* (Induk).

5 Mutasi Kromosom

Jumlah kromosom yang mengalami mutasi dalam satu populasi ditentukan oleh persentase p *mutation*. Proses mutasi dilakukan dengan cara mengganti satu gen yang terpilih secara acak dengan suatu nilai baru yang didapat secara acak. Kromosom tersebut kemudian diuji bila belum sesuai tujuan, maka populasi ini belum memiliki kromosom yang ingin dicapai. Kromosom-kromosom pada populasi ini akan mengalami proses yang sama seperti generasi sebelumnya yaitu proses evaluasi, seleksi, crossover dan mutasi yang kemudian akan menghasilkan Kromosom-Kromosom baru untuk generasi yang selanjutnya. Proses ini akan berulang sampai sejumlah generasi yang telah ditetapkan sebelumnya



Sumber : (Zukri,2014)

Gambar 3.3 Mekanisme Algoritma Genetika

3.4. Aspal

Aspal adalah suatu bahan padat atau setengah padat berwarna hitam sampai coklat gelap, bersifat perekat (*cementious*) yang akan melembek dan meleleh bisa dipanasi. Aspal tersusun terutama dari sebagian besar bitumen yang kesemuanya terdapat dalam bentuk padat atau setengah padat dari alam atau hasil pemurnian minyak bumi, atau merupakan campuran dari bahan bitumen dengan minyak bumi atau deviratnya (ASTM,1997).Aspal Beton (AC) adalah campuran untuk perkerasan yang terdiri dari agregat

kasar, agregat kasar, agregat halus, bahasa pengisi (*filler*) dan aspal dengan proporsi tertentu. Lapisan ini harus bersifat kedap air, memiliki nilai struktural dan awet. Agregat adalah partikel – partikel butiran mineral yang digunakan dengan kombinasi berbagai jenis bahan perekat membentuk massa beton atau sebagai bahan dasar jalan, *backfill*, dan lainnya (Atkins, 1997).

3.5. Metode Pengujian Stabilitas Marshall

Metode pengujian Marshall merupakan metode yang paling umum dipergunakan dan distandarisasikan dalam *American Society for Testing and Material* 1997 (*ASTM, 1997*). Dalam metode tersebut terdapat 3 parameter penting dalam pengujian tersebut, yaitu beban maksimum yang dapat dipikul benda uji sebelum hancur yang disebut dengan *Marshall Stability* dan deformasi permanen dari benda uji sebelum hancur yang disebut dengan *Marshall flow* serta turunan yang merupakan perbandingan antara keduanya (*Marshall Stability dengan Marshall Flow*) yang disebut dengan *Marshall Quotient* (MQ). Dan didalam penelitian ini akan menguji kestabilan Campuran Aspal Beton.

3.6. Tinjauan Studi

Prediksi Marshall Test telah dibanyak dilakukan oleh para peneliti. Untuk meningkatkan keakuratan dari hasil *Marshall Test*. Dilakukan tinjauan studi dengan mempelajari penelitian terkait. Ada beberapa penelitian yang dapat dijadikan acuan didalam penentuan algoritma. Tujuan studi ini digunakan sebagai landasan penelitian agar dapat mengetahui *state of the art* dalam prediksi Marshall Stability Test.

Tabel 3.1
Rangkuman Penelitian Terkait

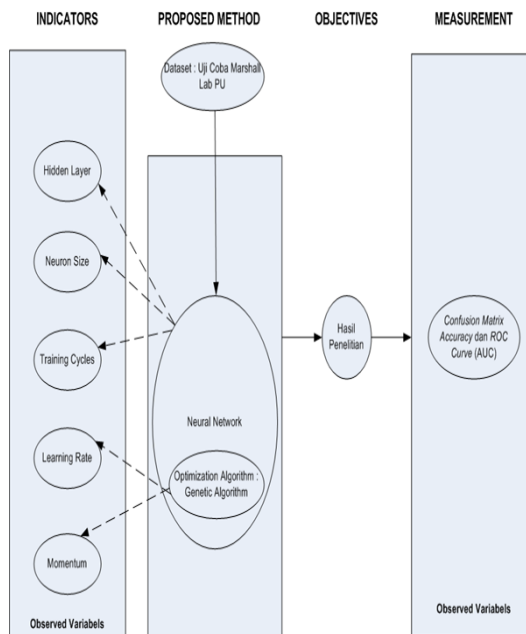
Judul	Dataset	Metode Komputasi	Akurasi
<i>Artificial Neural Network based modeling of the Marshall Stability of Aspalth Concrete</i> (Ozgan , 2011)	Dataset ujicoba Marshall Aspal beton dari D100-11 State Highway section kota Duzce, Turkey = 65 record	Neural Network (NN)	$R^2 = 0.969$
<i>Application of the intuitive K-NN Estimator for prediction of the Marshall Test (ASTM D 1559) results for asphalt mixtures</i> (Aksoy Et al, 2012)	Dataset Ujicoba Marshall Aspal Beton dari Catak Rock Quarry, Trabzon, Turkey = 63 Record	K-Nearest Neighbour (K-NN) Optimasi Parameter : Genetic Algorithm	$R^2 = 0.998$
<i>The Fuzzy Logic Model for the Prediction of Marshall Stability of Lightweight Asphalt Concretes Fabricated using Expanded Clay Aggregate</i> (Serin et al, 2013)	Dataset Uji Coba Marshall Aspal beton dari D100-11 State Highway Turkey = 65 Record	Fuzzy Logic	$R^2 = 0.7758$

Dari tinjauan studi yang dilakukan, penelitian ini akan melakukan proses optimasi parameter menggunakan Algoritma Genetika, sedangkan untuk Prediksi Marshall Test khususnya nilai stabilitas marshall akan menggunakan Neural Network. Adapun jumlah dataset lebih banyak dan kompleks dari penelitian sebelumnya yang diambil dari dataset pengujian Marshall Kementerian Pekerjaan Umum Republik Indonesia sebanyak 225 record. Dengan begitu diharapkan akurasi Neural Network dengan mengoptimasi paramaternya menggunakan Algoritma Genetika akan lebih

baik diterapkan untuk prediksi Marshall Test pada Aspal Beton dibandingkan penelitian sebelumnya.

3.7. Kerangka Pemikiran

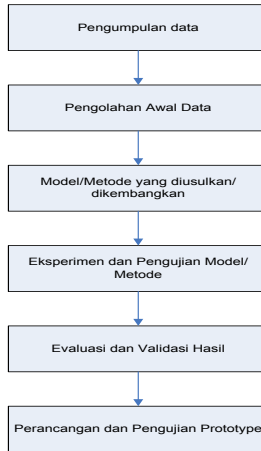
Pada penelitian ini akan digunakan dataset Uji Lab Kementerian Pekerjaan Umum. Dataset akan diproses (Training) dengan Neural Network. Parameter (Indicator) Neural Network akan dioptimasi menggunakan Algoritma Genetika yaitu Hidden layer, Training cycles, learning rate, Neuron Size dan Momentum. Tujuan (Objectives) penelitian ini adalah untuk meningkatkan performa Neural Network. Dalam mengukur hasil prediksi Hasil Uji Marshall digunakan cross validation dalam 10 langkah. Dari model yang diusulkan dilakukan pengujian dengan x-validation dimana akan menghasilkan objective berupa model akurasi. Untuk mengevaluasi hasil prediksi, digunakan pengukuran (Measurements) untuk melihat peningkatan akurasi menggunakan Confusion Matrix. Serta penggunaan ROC Curve untuk mengukur nilai AUC (Area Under Curve).



Gambar 3.4 Kerangka Pemikiran

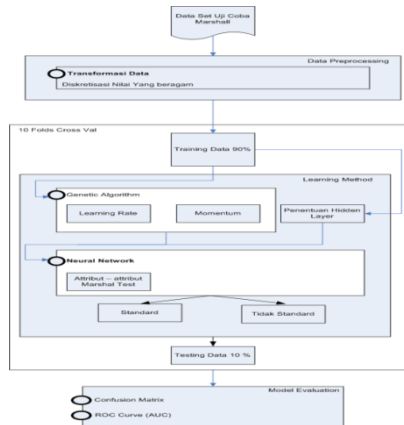
4. METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini dilakukan beberapa langkah dalam metode penelitian seperti pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Tahapan Penelitian

Metode yang diusulkan yaitu penerapan Algoritma Genetika mengoptimasi parameter pada Neural Network untuk estimasi Hasil Marshall Aspal Beton. Dimulai dari pembagian dataset dengan metode 10 cross validation yaitu data testing dan data training, kemudian data training diproses dengan Algoritma Genetika dan Neural Network, sehingga menghasilkan Model Evaluation yang diukur dengan 10 folds x-validations dan ROC Curve.



Gambar 4.2 Rancangan Penelitian

5. HASIL PENELITIAN

Evaluasi model dengan confusion matrix akan membentuk matrix yang terdiri dari True Positif atau tupel positif dan True Negatif atau tupel negatif. Penentuan parameter dihasilkan dari Algoritma Genetika yang di uji pada metode Neural Network sehingga menghasilkan nilai akurasi dan AUC. kemudian data testing disiapkan kedalam confusion matrix dimana mengambil 10 % dari dataset secara acak.

Berdasarkan hasil uji coba penentuan parameter oleh algoritma Genetika didapatkan hasil terbaik untuk nilai parameter Learning Rate sebesar 0.3, Nilai Momentum sebesar 0.2 dengan 8 Hidden Layer. Adapun akurasi yang terbaik didapat adalah

Tabel 5.1
Hasil Perbandingan Nilai Parameter

Learning Rate	Momentum	Hidden Layer	Akurasi	AUC
0.3	0.2	2	96.84%	0.988
0.3	0.2	3	96.46%	0.979
0.3	0.2	4	97.29%	0.987
0.3	0.2	5	97.31%	0.992
0.3	0.2	6	97.33%	0.995
0.3	0.2	7	96.88%	0.991
0.3	0.2	8	97.37%	0.992
0.3	0.2	9	97.31%	0.995
0.3	0.2	10	96.46%	0.987

Adapun Hasil Perbandingan Neural Network dengan Neural Network Berbasis Algoritma dalam Evaluasi Model dengan Confusion Matrix sebagai berikut :

Tabel 5.2
Hasil Perbandingan NN dan NN+GA

<i>Model</i>	<i>Akurasi</i>	<i>AUC</i>
<i>Neural Network</i>	93.83 %	0.9 75
<i>Neural Network Berbasis Algoritma Genetika</i>	97.37 %	0.9 92

Adapun Hasil Akurasi Perbandingan Neural Adapun Hasil Network dengan Neural Network Berbasis Algoritma melalui Rapid miner berikut :

accuracy: 93.83% +/- 4.00% (mikro: 93.78%)			
	true 1.0	true 0.0	class precision
pred. 1.0	147	8	94.84%
pred. 0.0	6	64	91.43%
class recall	98.00%	88.89%	

Gambar 5.1
Hasil Akurasi NN melalui Rapidminer

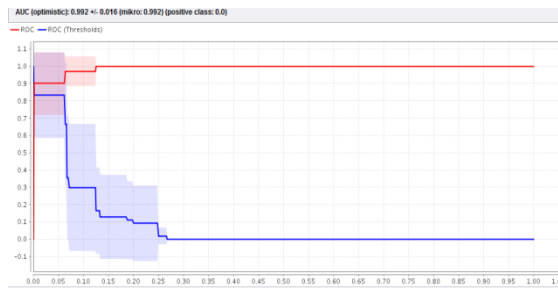
accuracy: 97.37% +/- 3.89% (mikro: 97.33%)			
	true 1.0	true 0.0	class precision
pred. 1.0	149	2	98.68%
pred. 0.0	4	70	94.59%
class recall	97.99%	97.22%	

Gambar 5.2
Hasil Akurasi NN + GA melalui Rapiminer

Sedangkan dengan evaluasi ROC Curve untuk perbandingan Neural Network dengan Neural Network berbasis Algoritma Genetika sebagai berikut :



Gambar 5.3
Nilai AUC Neural Network dalam ROC Curve



Gambar 5.4
Nilai AUC NN berbasis GA dalam ROC Curve

Hasil uji coba yang sudah dilakukan yaitu menghasilkan nilai akurasi dan nilai AUC dengan menggunakan parameter yang telah ditentukan didapatkan hasil terbaik. Seperti disajikan pada tabel 4.16 sebagai berikut :

Setelah ditemukan pola terbaik dari algoritma NN yang dioptimasi GA, maka diperlukan perancangan perangkat lunak untuk mengimplementasikan hasil penelitian. Dalam perancangan Perangkat lunak untuk aplikasi prediksi hasil uji coba marshall menggunakan Program microsoft Visual Basic 6.0 . nama project adalah ProMarshall.vbp dengan 2 buah form, Form Login dan Form Marshall. Pada form login berfungsi untuk keamanan pengguna yang akan mengoperasikan form Uji marshall. Sedangkan pada form marshall berfungsi untuk menghasilkan nilai Stabilitas Marshall dari hasil 16 atribut inputan. Berikut bentuk form saat dijalankan :

The screenshot shows a web-based form titled "PENGUJIAN MARSHALL". It contains several input fields for data entry, organized in two columns. On the right side, there is a result display area with a blue header "Marshall Stability", a green bar indicating the result "STABIL", and three buttons: "HASIL", "BERSIH", and "KELUAR".

Parameter	Value	Unit
AC By Weight of Aggregate	6.95	%
Bitumen	14.72	%
AC By Weight Of Mix	6.50	%
Aggregate	79.29	%
Weight Of Spesimen In Air	1295.5	Gr
Voids	5.99	%
Weight of Spesimen SSD In Water	1260.7	Gr
VMA	30.71	%
Weight of Spesimen In Water	721.52	Gr
VFB	71.06	%
Bulk Volume	538.18	cc
VIM	3.38	%
Bulk Density Mix	2.329	
VOW	255.00	
Max. Sp Gr Of Paving Mix	2.410	
VOI	1121.62	

Gambar 5.5
Form Marshall

Setelah prototype dirancang dan diimplementasikan, diperlukan suatu pengujian kualitas perangkat lunak berdasarkan ISO 9126 untuk penelitian selanjutnya agar aplikasi yang ada sesuai kebutuhan *stakeholder* dan sesuai dengan fungsinya.

6. REKOMENDASI

Hasil dari penelitian mempunyai implikasi terhadap beberapa aspek yaitu implikasi terhadap aspek sistem pendukung prediksi stabilitas aspal beton, Terhadap aspek manajerial dan terhadap penelitian lanjutan. Uraianannya sebagai berikut.

1 Implikasi terhadap aspek Sistem pendukung keputusan prediksi stabilitas aspal beton.

Dari hasil penelitian ini diketahui bahwa metode Neural Network yang dioptimasi oleh algoritma genetika dapat memecahkan permasalahan prediksi stabilitas aspal beton dan dapat mendukung pengambilan keputusan pada bagian labotarium Kementerian Pekerjaan Umum.

2 Implikasi terhadap aspek manajerial

Dari hasil penelitian ini dapat diketahui bahwa metode neural network yang dioptimasi dengan Algoritma Genetika dapat mendukung pengambilan keputusan dalam pengadaan jalan nasional pada tingkat manajerial dilingkungan Kementerian Pekerjaan Umum Republik Indonesia. Hasil penelitian ini dapat diterapkan dalam sistem informasi manajemen pada kementerian Pekerjaan Umum menggunakan aplikasi Pengujian Marshall yang diajukan penulis, untuk itu diperlukan peningkatan kemampuan manajerial dari seorang manajer dan juga karyawan yang terlibat didalam sistem agar mampu membuat perencanaan secara baik, mengerjakan dan mengoperasikan sistem dengan benar. Selain itu dapat dilakukan penyusunan SOP yang baru dalam menguji percobaan marshall. Untuk mendukung hal tersebut perlu didukung dengan Penyuluhan dan Pelatihan bagi pengguna aplikasi.

3 Implikasi terhadap aspek Penelitian lanjutan

Dari penelitian ini telah menghasilkan prediksi terbaik untuk saat ini dalam penentuan stabilitas Marshall. Model ini dapat juga dilakukan untuk prediksi dibidang teknik sipil lainnya seperti prediksi kekuatan jembatan, prediksi kelelahan Jalan dan lain-lain. Atau penelitian yang mempunyai pengaruh dari hasil prediksi stabilitas Marshall aspal beton seperti Prediksi Penanganan jalan sesuai fungsinya sehingga diperlukan pengujian marshall untuk penentuan kekuatan jalan dari hasil uji marshall.

7. KESIMPULAN

Penelitian ini telah melakukan pengujian model menggunakan neural network yang dioptimasi dengan algoritma genetika untuk prediksi hasil uji marshall pada stabilitas agregat aspal beton. Beberapa eksperimen dilakukan untuk melihat hasil terbaik. Hasil penelitian ini membuktikan penggunaan individual method Neural Network menghasilkan akurasi sebesar 93.83 %. Sedangkan penggunaan hybrid method Neural Network dan Algoritma Genetika terbukti meningkatkan akurasi menjadi 97.37 %.

Begitu juga nilai AUC NN sebesar 0.975 meningkat menjadi 0.992 ketika neural network dioptimasi menggunakan algoritma genetika

Optimasi Parameter pada Neural Network menggunakan Genetika Algoritma terbukti dapat meningkatkan akurasi walaupun dengan data yang banyak dan beragam. Namun ada beberapa faktor yang dapat dicoba untuk penelitian selanjutnya, agar dapat menghasilkan metode yang lebih baik lagi, yaitu

1. Mengembangkan Sistem Informasi Keputusan Prediksi Stabilitas Marshall sesuai ISO 9126.
2. Menerapkan Sistem Informasi Manajerial di Kementerian Pekerjaan Umum.
3. Melakukan Penelitian lanjutan yang mempunyai pengaruh terhadap hasil pengujian Marshall.

DAFTAR PUSTAKA

- AASHTO, (1993) *Guide for design of pavement structure*, Washington DC, USA.
- ASTM, (1997), *Road and paving materials vehicle – pavement systems*, published by the American society of testing material officials, Washington DC
- Atkins, H (1997), *Highway Materials, Soils and Concretes*, third Edition Prentice Hall, New Jersey, USA
- Aphalt Institute (1993) *Mix design methods for asphalt concrete and other hot-mix type*, Lexington, Kentucky, USA.
- Direktur Jendral Bina Marga, (2010) “ Rencana Strategis 2010 – 2014”, Kementerian Pekerjaan Umum, Jakarta.
- Han, J & Kamber (2007), “Data Mining Concepts, Models and Techniques ”, Second Edition, Morgan Kaufmann Publisher, Elsevier.
- Maimon, Oded & Rokach, Lior (2005), *Data Mining and Knowledge Discovery Handbook*, Springer, New York.

- Myatt, Glenn J (2007), *Making sense of data : A Practical Guide to Exploratory data analysis and Data Mining*, John Wiley & Sons Inc, New Jersey.
- Nazari,A & Pacheco Torgal (2013), *Predicting Compressive strength of different geopolymers by artificial neural networks*, *Ceramics International*, 39(3), 2257.
- Ozgan, Ercan (2009) *Fuzzy logic and statistical-based modeling of the Marshall Stability of asphalt concrete under varying temperatures and exposure times*, Duzce University, Turkey.
- Reza & Mansour Fakhri (2014) *Prediction of frequency for simulation of asphalt mix fatigue test Using MARS and ANN*, Department of civil Engineering, Toosi Universitas Of Technology, Iran.
- Shukla (2010), *Real Life Application of soft computing*, Taylor and Francis Group, LLC
- Tapkin, Sercan., Abdulkadir Cevik, Un Usar (2010) *Prediction of Marshall test results for polypropylene modified dense bituminous mixtures using neural networks*, *Expert System with application* 37, Elsevier , Turkey.
- QDTMR (2005) *Road planning and design manual, design philosophy*, Queensland Department of Transport and Main Roads,(QDMR), Chapter 2. DOI=<http://www.tmr.qld.gov.au/Business-and-industry/Technical-standards-and-publications/Road-planning-and-design-manual.aspx>. Retrieved November 1,2010
- Vercellis,C (2009), *Business Intelligence : Data Mining and Optimization for Decision Making*, Wiley
- Whitcombe, J.M., Cropp, R.A., Braddock, R.D., Agranovski, I.E., (2006), *The use of sensitivity analysis and genetic algorithms for the management of catalysemmissions from oil refi neries*, *Math. Comput. Model.* 4 4, 430 e 438.
- Zukri, Zainudin (2014), “Algoritma Genetika, Metode komputasi evolusioner untuk menyelesaikan masalah optimasi”, Penerbit Andi, Yogyakarta.