

Estimasi Kuat Tekan Beton Menggunakan Algoritma *Adaptive Neural Fuzzy Inference System*

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Jurusan Teknik Informatika

Oleh

MUHAMMAD RASYID RIDHO
11351100510



UIN SUSKA RIAU

UIN SUSKA RIAU
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU

PEKANBARU

2021

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Abstrak

Beton merupakan sebuah material bangunan yang sangat penting kegunaannya dalam proses pembangunan. Kuat tekan beton adalah kemampuan suatu beton untuk menerima suatu tekanan dari beban yang kuat. Untuk menciptakan kuat tekan beton dibutuhkan elemen yang komplek yaitu Semen, Air, Kerikil, Pasir dan Umur. Data keempat elemen tersebut didapatkan dari laboratorium pusat uji material PT. VIRA JAYA pada tahun 2018. Pada penelitian ini dibuat aplikasi "**Estimasi Kuat Tekan Beton Menggunakan Algoritma Adaptive Neural Fuzzy Inference System**". Data yang digunakan sebanyak 190 data terdiri dari 5 variabel dan satu output dari aplikasi merupakan nilai estimasi kuat tekan beton. Pengujian fitur-fitur dari aplikasi dengan *Black Box*, hasil yang didapat adalah semua fiturnya sukses dijalankan. Dan untuk pengujian nilai estimasinya adalah dengan menggunakan MSE hasil yang didapatkan dari perhitungan MSE adalah 0.0000163.

Kata kunci : Beton, Kuat Tekan Beton, PT. Vira Jaya, *Adaptive Neural Fuzzy Inference System*, *Black Box*, MSE



KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamu'alaikum warahmatullahi wa bawarakatuh.

Alhamdulillah penulis ucapkan kepada Allah SWT atas izin, rahmat dan hidayah-NYA sehingga penulis dapat menyelesaikan pembuatan Proposal Penelitian dengan judul “**Estimasi Kuat Tekan Beton Menggunakan Algoritma Adaptive Neural Fuzzy Inference System**”. Proposal ini disusun sebagai salah satu Syarat mendapatkan Gelar Sarjana pada Jurusan Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Riau.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, baik secara langsung atau tidak langsung. Ucapan terimakasih penulis ucapkan kepada :

1. Bapak Dr. Suyitno, M.Ag., PLT Rektor Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
2. Bapak Dr. Drs. Ahmad Darmawi, M.Ag., Dekan Fakultas Sains dan Teknologi.
3. Dr. Elin Haerani, ST, M.Kom., ketua Jurusan Teknik Informatika.
4. Ibu Fitri Insani, ST, M.Kom yang telah membimbing penulis selama proses penusunan Proposal penelitian sehingga penulis dapat menyelesaikan Proposal Penelitian dengan baik.
5. Segenap dosen dan karyawan program studi Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
6. Keluarga saya ayahanda Dr. Faizin, M.Pd dan Ibu Salmah, adik saya Almughni Faisal dan Rifqi Zuhdi Faisal, Terimakasih atas Do'a dan dukungan secara moral ataupun moril, Serta selalu menjadi inspirasi, motivasi hidup dalam setiap langkah.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

7. Deby oktaviani, S.Pd, Terimakasih telah memberi semangat dan selalu mengingatkan sekaligus membantu dan mendo'akan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Teman Teman TIF'H yang sama sama berjuang untuk mendapatkan gelar sarjana.
9. Teman Teman TIF'13 yang sama sama berjuang untuk mendapatkan gelar sarjana.
10. Semua pihak pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu pada kesempatan ini.

Dalam penulisan proposal ini, penulis menyadari bahwa proposal ini masih banyak terdapat kekurangan. Maka dari itu penulis membuka dalam menerima saran dan kritikan yang bersifat membangun kepada pembaca agar proposal ini dapat menjadi lebih baik dimasa mendatang. Saran dan kritik tersebut dapat pembaca kirim ke email penulis .Akhir kata penulis ucapkan terima kasih.

Penulis

Juni 2020

UIN SUSKA RIAU

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR TABEL.....	v
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Tujuan Penelitian.....	4
1.5 Sistematika Penulisan.....	4
BAB II LANDASAN TEORI	I-1
2.1 Beton	I-1
2.1.1 Semen.....	I-1
2.1.2 Air	I-1
2.1.3 Agregat.....	I-2
2.1.2 Bahan Tambahan.....	I-3
2.2 Kuat Tekan Beton ($f'c$).....	I-3
2.3 Estimasi	I-3
2.4 Jaringan Syaraf Tiruan	I-4
2.4.1 Komponen Jaringan Syaraf Tiruan	I-4
2.5 Logika <i>Fuzzy</i>	I-6
2.5.1 Himpunan <i>Fuzzy</i>	I-6
2.5.2 Fungsi Keanggotaan.....	I-7
2.5.3 Operator-Operator <i>Fuzzy</i>	I-8
2.5.4 Sistem Inferensi <i>Fuzzy</i>	I-9
2.6 <i>Adaptive Neuro Fuzzy Inference System</i>	I-10
2.6.1 Arsitektur ANFIS model mamdani	I-10
2.6.2 Algoritma Pelatihan Mamdani ANFIS	I-12

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.6.3	Langkah Balik dengan Metode Penurunan <i>Gradient</i>	I-13
2.7	<i>Mean Square Error</i> (MSE).....	I-14
2.8	PenelitianTerkait	I-15
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		1
3.1	Perumusan Masalah.....	2
3.2	Studi Pustaka	2
3.3	Pengumpulan Data	2
3.4	Analisa.....	2
3.4.1	Analisa Aplikasi	4
3.4.2	Analisa Data	2
3.4.3	Analisa Metode ANFIS.....	3
3.4.4	Analisa UML (<i>Unified Modelling Language</i>).....	4
3.5	Perancangan.....	4
3.6	Implementasi dan Pengujian	5
3.7	Kesimpulan dan Saran.....	6
BAB IV ANALISA DAN PERANCANGAN		Error! Bookmark not defined.
4.1	Analisa Sistem	Error! Bookmark not defined.
4.2	Analisa Data	Error! Bookmark not defined.
4.2.1	Data training.....	Error! Bookmark not defined.
4.2.2	Data Testing	Error! Bookmark not defined.
4.3	Pembentukan fungsi keanggotaan fuzzy	Error! Bookmark not defined.
4.3.1	Air	Error! Bookmark not defined.
4.3.2	Agregat Halus (Pasir).....	Error! Bookmark not defined.
4.3.3	Agregat Kasar (Kerikil).....	Error! Bookmark not defined.
4.3.4	Semen.....	Error! Bookmark not defined.
4.3.5	Umur (U).....	Error! Bookmark not defined.
4.4	Pembentukan Aturan Fuzzy	Error! Bookmark not defined.
4.5	Implementasi Mamdani Adaptife Neuro Fuzzy Inference System	Error! Bookmark not defined.
Bookmark not defined.		
4.5.1	Tahap Maju (Forward)	Error! Bookmark not defined.
4.5.2	Langkah Mundur (Propagasi Error)	Error! Bookmark not defined.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

4.6	Analisa UML (<i>Unified Modelling Language</i>).....	Error! Bookmark not defined.
4.6.1	<i>Usecase</i> Diagram	Error! Bookmark not defined.
4.6.2	<i>Sequence</i> Diagram.....	Error! Bookmark not defined.
4.6.3	<i>Class</i> Diagram.....	Error! Bookmark not defined.
4.6.4	<i>Activity</i> Diagram.....	Error! Bookmark not defined.
4.7	Perancangan.....	Error! Bookmark not defined.
4.7.1	Perancangan Umum Aplikasi.....	Error! Bookmark not defined.
4.7.2	Perancangan Tabel	Error! Bookmark not defined.
4.7.3	Perancangan Sruktur Menu	Error! Bookmark not defined.
4.7.4	Perancangan Interface (antarmuka).....	Error! Bookmark not defined.
BAB V	Error! Bookmark not defined.
	IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN	Error! Bookmark not defined.
5.1	Implementasi	Error! Bookmark not defined.
5.1.1	Lingkungan Implementasi.....	Error! Bookmark not defined.
5.1.2	Batasan Implementasi	Error! Bookmark not defined.
5.1.3	Implementasi Antar muka Aplikasi	Error! Bookmark not defined.
5.2	Pengujian	Error! Bookmark not defined.
5.2.1	Pengujian <i>Black Box</i>	Error! Bookmark not defined.
5.2.2	Pengujian Mean Squared Error (MSE) .	Error! Bookmark not defined.
	Dari semua pengujian MSE yang telah dilakukan maka didapatkan setiap scenario dengan nilai hasil MSE terendah. Berikut hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.83.....	Error! Bookmark not defined.
BAB VI	1
	KESIMPULAN DAN SARAN.....	1
6.1	Kesimpulan	1
	DAFTAR PUSTAKA	2

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Jenis-jenis Agregat (Mulyono, 2004).....	I-2
Gambar 2.2	Struktur Neuron Jaringan Syaraf (Dewi & Hartati, 2006)	I-4
Gambar 2.3	Jaringan Syaraf Sederhana (Dewi & Hartati, 2006)	I-5
Gambar 2.4	Jaringan Syaraf Sederhana dengan Bias (Dewi & Hartati, 2006) ..	I-6
Gambar 2.5	Fungsi Keanggotaan Generalized Bell (Dewi & Hartati, 2006).	I-7
Gambar 2.6	Diagram Blok Sistem Inferensi Fuzzy (Dewi & Hartati, 2006)	I-9
Gambar 2.7	Arsitektur ANFIS (Widododo, 2005)	I-10
Gambar 3.1	Metodologi Penelitian	1
Gambar 3.2	Diagram Alur Proses Tahapan mamdani ANFIS.....	3
Gambar 4. 1	Representasi kurva segitiga variabel air Error! Bookmark not defined.	
Gambar 4. 2	Representasi Kurva segitiga variabel agregat halus	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 3	Representasi Kurva Segitiga Variabel Agregat Kasar.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 4	Representasi Kurva Segitiga Variabel Semen	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 5	Representasi Kurva Segitiga Variabel Umur..	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 6	Usecase aplikasi kuat tekan beton.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 7	Sequence edit rules	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 8	Sequence tambah Data Beton Sequence edit Data Beton	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 9	Sequence edit Data Beton.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 10	Sequence hapus Data Beton.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 11	Sequence edit fungsi keanggotaan...	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 12	Sequence Training	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 13	Sequence detail hasil training	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 14	Sequence hapus training	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 15	Sequence testing	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 16	Sequence detail testing	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 17	Sequence hapus training	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 18	Class Diagram	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 19	Activity Diagram Edit Rules.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 20	Activity diagram tambah Data Beton.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 21	Activity diagram edit Data Beton....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 22	Activity diagram hapus Data Beton	Error! Bookmark not defined.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- Gambar 4. 23 Activity diagram edit fungsi keanggotaan..... Error! Bookmark not defined.
- Gambar 4. 24 Activity diagram training Error! Bookmark not defined.
- Gambar 4. 25 Activity diagram detail training Error! Bookmark not defined.
- Gambar 4. 26 Activity diagram Testing..... Error! Bookmark not defined.
- Gambar 4. 27 Activity diagram Testing..... Error! Bookmark not defined.
- Gambar 4. 28 Activity diagram detail testing Error! Bookmark not defined.
- Gambar 4. 29 Activity diagram hapus testing..... Error! Bookmark not defined.
- Gambar 4. 30 Perancangan Umum Aplikasi..... Error! Bookmark not defined.
- Gambar 4. 31 Perancangan Sruktur Menu Error! Bookmark not defined.
- Gambar 4. 32 Antarmuka halaman utama Home (beranda) Error! Bookmark not defined.
- Gambar 4. 33 Antarmuka Halaman utama rules .. Error! Bookmark not defined.
- Gambar 4. 34 Antarmuka halaman utama edit Rules Error! Bookmark not defined.
- Gambar 4. 35 Antarmuka halaman utama Fungsi Keanggotaan Error! Bookmark not defined.
- Gambar 4. 36 Antarmuka halaman utama edit fungsi keanggotaan..... Error! Bookmark not defined.
- Gambar 4. 37 Antamuka halaman utama tambah Data Beton . Error! Bookmark not defined.
- Gambar 4. 38 Antamuka halaman utama tambah Data Beton . Error! Bookmark not defined.
- Gambar 4. 39 Antamuka halaman utama training Error! Bookmark not defined.
- Gambar 4. 40 Antarmuka halaman utama hasil training.... Error! Bookmark not defined.
- Gambar 4. 41 Antamuka halaman utama Testing. Error! Bookmark not defined.
- Gambar 4. 42 Antamuka halaman utama hasil testing Error! Bookmark not defined.
- Gambar 5. 1 Halaman Home (Beranda) Error! Bookmark not defined.
- Gambar 5. 2 Halaman utama rules Error! Bookmark not defined.
- Gambar 5. 3 Halaman utama edit rules..... Error! Bookmark not defined.
- Gambar 5. 4 Halaman utama Data Beton Error! Bookmark not defined.
- Gambar 5. 5 Halaman utama tambah Data Beton Error! Bookmark not defined.
- Gambar 5. 6 Halaman utama edit Data Beton..... Error! Bookmark not defined.
- Gambar 5. 7 Halaman utama fungsi keanggotaan Error! Bookmark not defined.
- Gambar 5. 8 Halaman utama edit fungsi keanggotaan Error! Bookmark not defined.
- Gambar 5. 9 Halaman utama training..... Error! Bookmark not defined.
- Gambar 5. 10 Halaman utama detail hasil training Error! Bookmark not defined.
- Gambar 5. 11 Halaman utama Testing..... Error! Bookmark not defined.
- Gambar 5. 12 Halaman utama hasil detail testing. Error! Bookmark not defined.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Batas Maksimum Ion Klorida (Mulyono, 2004)	I-2
Tabel 2.3	Penelitian Terkait	I-15
Tabel 4. 1	Data Uji kuat Tekan Beton	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 2	Tabel aturan	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 3	Rekapitulasi nilai fuzzyfikasi pada lapisan pertama	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 4	Rekapitulasi hasil firing strength	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 5	Rekapitulasi hasil implikasi	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 6	Hasil Perubahan Parameter fungsi keanggotaan fuzzy	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 7	Usecase spesifikasi edit Rules	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 8	Usecase spesifikasi tambah Data Beton	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 9	Usecase spesifikasi edit Data Beton	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 10	Usecase spesifikasi hapus Data Beton	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 11	Usecase spesifikasi edit fungsi keanggotaan	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 12	Usecase spesifikasi edit fungsi keanggotaan	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 13	Usecase spesifikasi detail hasil training	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 14	Usecase spesifikasi hapus hasil training	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 15	Usecase spesifikasi detail hasil testing	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 16	Usecase spesifikasi hapus hasil testing	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 17	Rules	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 18	Data Uji Beton	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 19	Data Fungsi Keanggotaan	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 20	Data Fungsi Keanggotaan	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 21	Data Training	Error! Bookmark not defined.
Tabel 4. 22	Data Testing	Error! Bookmark not defined.
Tabel 5. 1	<i>Black Box</i> halaman rules	Error! Bookmark not defined.
Tabel 5. 2	<i>Black Box</i> halaman Data Beton	Error! Bookmark not defined.
Tabel 5. 3	<i>Black Box</i> halaman fungsi keanggotaan	Error! Bookmark not defined.
Tabel 5. 4	<i>Black Box</i> halaman training	Error! Bookmark not defined.
Tabel 5. 5	<i>Black Box</i> halaman testing	Error! Bookmark not defined.
Tabel 5. 6	Data Hasil Training	Error! Bookmark not defined.
Tabel 5. 7	Data Uji Yang Akan Digunakan	Error! Bookmark not defined.
Tabel 5. 8	Data Hasil Training	Error! Bookmark not defined.
Tabel 5. 9	Data Hasil Pengujian MSE	Error! Bookmark not defined.

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan dunia konstruksi memunculkan permintaan masyarakat akan perbaikan mutu serta perbaikan produktivitas yang dapat berperan serta dalam meningkatkan sebuah pembangunan konstruksi lebih berkualitas. Peningkatan kualitas sejalan dengan permintaan bahan atau material konstruksi yang bermutu tinggi dan mudah untuk didapatkan, salah satu jenis bahan konstruksi yang banyak digunakan adalah beton.

Beton merupakan sebuah material bangunan yang sangat penting kegunaannya dalam proses pembangunan. Beton adalah bahan yang diolah terdiri dari semen, agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambahan lainnya (Mulyono, 2004). Penggunaan beton sangat luas dalam pembangunan struktur bangunan di Indonesia, hal tersebut dikarenakan dengan mudahnya untuk mendapatkan bahan-bahan dasar pembentukan beton. Dengan penggunaan beton dalam pembangunan maka dapat menahan beban yang berat serta tahan terhadap perubahan temperatur atau suhu yang *extreme*.

Terlepas dari kemudahan dalam mendapatkan material beton, ternyata beton memiliki campuran material yang cukup kompleks untuk menghasilkan suatu model beton yang kompleks atau berkualitas (Santosa, Budi, & Setiyono, 2016), dengan demikian beton dibedakan berdasarkan kuat tekan beton yang dihasilkan. Kekuatan tekan beton adalah kemampuan beton untuk menerima gaya tekan persatuan luas. Kuat tekan beton mengidentifikasi mutu dari sebuah struktur. Semakin tinggi kekuatan struktur yang diberikan, semakin tinggi pula mutu beton yang dihasilkan (Mulyono, 2004). Namun untuk mendapatkan struktur dengan mutu yang baik, maka dibutuhkan pengujian dan pembentukan beton dengan berbagai komposisi dan campuran yang sesuai. Tetapi apabila proses pembentukan itu dilakukan secara

manual maka biayanya akan mahal, menurut (Nikoo, 2015) untuk merancang campuran beton secara manual dengan berbagai komposisi campuran dengan pengujian destruktif membutuhkan waktu dan biaya yang besar namun hal tersebut tidak menghasilkan nilai keakuratan yang baik. Dengan demikian dibutuhkan suatu teknik komputasi yang mampu melakukan estimasi kuat tekan beton dengan mempelajari sejumlah data yang telah ada dengan diproses atau di uji.

Berdasarkan penelitian sebelumnya oleh (Abolpour & Bakhshi, 2013) tentang estimasi kuat tekan beton menggunakan *fuzzy logic* model menyatakan bahwa logika *fuzzy* dapat digunakan sebagai estimasi nilai kuat tekan beton. Selanjutnya penelitian oleh (Santosa, Budi, & Setiyono, 2016) tentang prediksi kuat tekan beton menggunakan metode *back-propagation* menyatakan bahwa metode *backpropagation* dapat digunakan memprediksi kekuatan tekan beton berdasarkan bahan campuran pembuat beton, dengan akurasi yang di hasilkan adalah mencapai 97,5 % dengan menggunakan 120 data latih dan 73,33 % dengan menggunakan 60 data baru.

Beberapa peneliti juga telah melakukan uji coba model komputasi kuat tekan beton menggunakan *linear regression*, *multiple linear regression*, *non-linear regression* dan *Artificial Neural Networks* (ANN). Contohnya dari penelitian (Ashu Jain, 2008) menyatakan ANN lebih akurat dalam melakukan estimasi. Begitu juga hasil penelitian dari I-Cheng Yeh, menyatakan bahwa ANN merupakan metode pemodelan yang lebih baik dan mampu memberikan akurasi prediksi yang lebih akurat dibandingkan *linear regression*, *multiple linear regression*, *non-linear regression*. I-Cheng Yeh juga mencoba pendekatan lain untuk memodelkan desain campuran kuat tekan beton, yakni menggunakan *Genetic Operation Trees* (GOT), *Multi Layer Perceptron ANN* (MLP) dan *Non-Linear Regression Analysis* (NLRA). Nilai RMSE NLRA pada *water binder ratio* tinggi $5,38 \pm 0,020$, MLP-ANN $5,27 \pm 0,034$, dan GOT $5,48 \pm 0,022$. Hasil penelitian ini menunjukkan MLP-ANN memiliki *error* (RMSE) yang lebih rendah dibanding pendekatan yang lain. Namun demikian masih terdapat kemungkinan turunnya nilai RMSE dengan pendekatan yang lain.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Dari beberapa metode atau penelitian yang telah dilakukan dengan kasus yang sama yaitu penelitian tentang kuat tekan beton maka penelitian ini akan melakukan estimasi kuat tekan beton dengan menggunakan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* (ANFIS). Metode ANFIS adalah metode kombinasi antara *fuzzy* dan *neural network*. ANFIS merupakan sebuah metode yang menggunakan algoritma pembelajaran dalam *neural network* untuk menyetel aturan atau *rule base* yang ada pada *fuzzy* (SARWONO, 2007).

ANFIS sendiri merupakan sebuah algoritma yang didasarkan pada proses sistem inferensi *fuzzy*. Inferensi *fuzzy* memiliki keunggulan karena memiliki kemampuan penerjemahan pengetahuan dalam bentuk sebuah aturan-aturan dan penalaran “IF-THEN” yang tidak memerlukan kerumitan dalam komputasi. Sedangkan *neural network* memiliki keunggulan dalam pembelajaran yang *adaptive* namun memiliki kelemahan dalam penalaran. Sehingga penggabungan dari kedua metode ini dapat menutupi kelemahan dari kedua metode tersebut (Jang, 1993). Menurut (Singla, 2013) bahwa ANFIS merupakan salah satu metode yang sering digunakan untuk prediksi, estimasi dan peramalan, dengan akurasi yang cukup bagus.

Model ANFIS dengan model *fuzzy* TSK dikenal dapat bekerja dengan baik pada pemecahan *linear* namun memiliki kesulitan dalam mengevaluasi permasalahan *multi parameter* (Chai, Jia, & Zhang, 2009). Pada penelitian ini dibutuhkan nilai konsekuensi yang merupakan sebuah himpunan. Sehingga metode ANFIS dengan model *fuzzy* mamdani yang cocok dalam permasalahan ini.

Berdasarkan permasalahan tersebut, penelitian ini akan mengolah data uji kuat tekan beton dan merancang sebuah aplikasi yang dapat melakukan estimasi kuat tekan beton dengan menerapkan algoritma ANFIS diharapkan bahwa ANFIS dapat menekan nilai *error*. Oleh karena itu, peneliti akan mengangkat penelitian dengan topik “**Estimasi Kuat Tekan Beton Menggunakan Algoritma *Adaptive Neural Fuzzy Inference System***”.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas yang telah dijelaskan, maka rumusan masalah pada Penelitian ini adalah “Bagaimana penerapan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* dalam estimasi kuat tekan beton serta mengetahui tingkat keberhasilan yang dihasilkan”.

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian tidak meluas dan keluar dari topik pembahasan, berikut batasan masalah dalam penelitian ini:

1. Parameter dalam estimasi kuat tekan beton diantaranya: semen, air, agregat halus (pasir), agregat kasar (kerikil) dan umur beton (hari).
2. Metode ANFIS yang digunakan adalah metode ANFIS dengan perambatan balik *Gradient Descent* dengan struktur dasar inferensi *fuzzy mamdani* (M-ANFIS).

1.4 Tujuan Penelitian

Berdasarkan *output* yang ingin dicapai dalam penelitian ini, maka tujuan dari penelitian adalah:

1. Untuk Mengimplementasikan metode *Adaptive Neuro Fuzzy Inference System* dalam melakukan estimasi kuat tekan beton.
2. Untuk mengetahui tingkat keberhasilan dari penerapan ANFIS terhadap estimasi kuat tekan beton dengan menggunakan MSE.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan bertujuan untuk memudahkan dalam memahami laporan penelitian, maka berikut sistematika penulisan laporan penelitian tugas akhir yang akan dibuat:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas tentang gambaran umum isi tugas akhir yang meliputi latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan

penelitian dan sistematika penulisan dari penulisan tugas akhir yang dilakukan.

BAB II LANDASAN TEORI

Bab ini menjelaskan tentang teori-teori yang berhubungan dengan penelitian yang terdiri dari penjelasan mengenai beton, kuat tekan beton, jaringan syaraf tiruan, Logika *Fuzzy* dan ANFIS.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini membahas langkah-langkah yang dilaksanakan dalam proses penelitian, yaitu identifikasi masalah, perumusan masalah, pengumpulan data, analisa, implementasi dan pengujian.

BAB IV ANALISA DAN PERANCANGAN

Berisi pembahasan mengenai analisa aplikasi meliputi analisa aplikasi dan perancangan pada sistem informasi.

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini membahas tentang implementasi aplikasi pencarian ide pokok, serta pengujian dan evaluasi.

BAB VI PENUTUP

Dalam bab ini akan dijelaskan mengenai beberapa kesimpulan yang didapatkan dari pembahasan.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Beton

Beton adalah sebuah bahan material yang dibentuk dengan semen (*portland cement*), agregat kasar, agregat halus, air dan bahan tambahan (*admixture atau additive*). Beton memiliki banyak sekali kegunaan salah satu contohnya adalah dalam pembuatan sebuah bangunan beton dapat digunakan dalam pembuatan balok, kolom, pondasi dan pelat. Beton juga banyak digunakan dalam pembangunan infrastruktur seperti saluran, *drainase*, bendungan, jalan raya, jembatan dan masih banyak lagi. Beton sendiri dibentuk dari campuran air, semen, agregat halus, agregat kasar serta bahan tambahan lainnya (Mulyono, 2004).

2.1.1 Semen

Semen merupakan materi penyusun beton, semen berfungsi sebagai bahan perekat agregat juga sebagai bahan pengisi beton. Semen sendiri dapat dibedakan menjadi 2 kelompok:

1. Semen Non-Hidrolik

Semen non-hidrolik akan mengeras di udara dan tidak akan mengeras jika dicampur dengan air. Salah satu contoh dari semen non-hidrolik adalah semen kapur.

2. Semen Hidrolik

Kebalikan dari semen non-hidrolik, semen ini dapat bereaksi mengikat dengan air dan dapat mengeras. Terdapat banyak jenis dari semen hidrolik yang memiliki karakteristik dan kegunaan masing-masing yaitu: semen kapur hidrolik, semen *pozollan*, semen terak, semen alam, semen *portland*, semen *portland pozollan*, semen putih dan semen alumina;

2.1.2 Air

Air merupakan campuran yang akan diproses bersama dengan semen yang berfungsi membasahi agregat. Air juga mempermudah pekerjaan dalam pembuatan beton. Air sangat berpengaruh pada kualitas beton. Sehingga terdapat syarat dalam penggunaan air. Perbandingan antara air dan semen juga tidak dapat

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

dilakukan secara acak karena sangat mempengaruhi kualitas dari beton. Air sendiri memiliki banyak sumber yaitu: air yang terdapat di udara, air tanah, air hujan, air laut dan air permukaan.

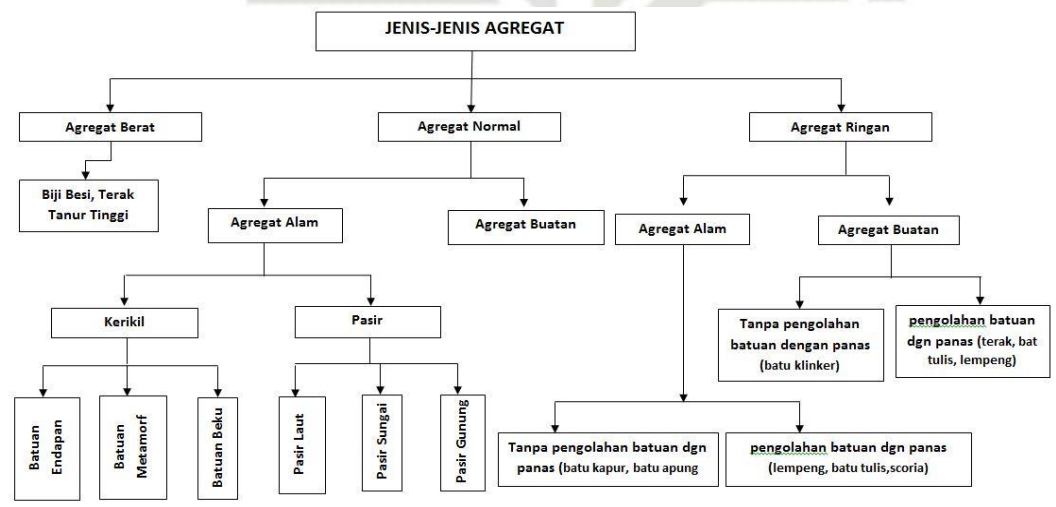
Syarat air yang digunakan dalam pembuatan beton adalah air yang bersih dan terhindar dari bahan-bahan yang merusak. Air dalam campuran beton juga tidak diperbolehkan memiliki kandungan asam klorida yang tinggi, karena dapat membahayakan kuat tekan beton. Berikut merupakan batas minimum ion klorida yang dapat ditolerir pada pembentukan beton:

Tabel 2.1 Batas Maksimum Ion Klorida (Mulyono, 2004)

Jenis Komponen Struktur	Ion Klorida terlarut (Cl-) pada beton
Beton pra-tegang	0,006
Beton bertulang yang terpapar klorida selama masa lainnya	0,15
Beton bertulang yang dalam kondisi kering atau terlindung dari air selama masa layannya	1,00
Konstruksi beton bertulang lainnya	0,30

2.1.3 Agregat

Agregat merupakan pengisi dalam penyusunan beton, sehingga peran agregat sangat penting karena sangat berpengaruh pada sifat motar beton. Agregat dibagi menjadi dua bentuk yaitu agregat kasar dengan salah satu contohnya adalah batu koral dan agregat halus contohnya adalah pasir. Agregat memiliki banyak sekali jenis. jenis-jenis dari agregat dapat dilihat pada Gambar 2.1:



Gambar 2.1 Jenis-jenis Agregat (Mulyono, 2004)

2.1.2 Bahan Tambahan

Bahan tambahan merupakan bahan selain dari bahan utama yang dapat ditambahkan kedalam penyusunan beton saat berlangsungnya pencampuran. Bahan tambahan berguna untuk memberikan kecocokan untuk kegunaan beton tertentu karena bahan tambahan dapat mengubah sifat dari beton dan sebagai suatu alternatif.

2.2 Kuat Tekan Beton ($f'c$)

Kuat tekan beton adalah kemampuan beton terhadap gaya tekan. Semakin tinggi nilai kuat tekan beton maka semakin baik pula kualitas beton tersebut. berikut merupakan notasi kuat tekan beton (PB, 1989:16).

$f'c$:Kekuatan beton yang disyaratkan (MPa).

f_{ck} : Kekuatan tekan beton yang didapatkan dari hasil uji kubus 150 mm atau dari silinder dengan diameter 150 mm dan tinggi 300 mm (MPa).

f_c : Kekuatan tarik dari hasil uji belah silinder beton (MPa).

f'_{cr} :Kekuatan tekan beton rata-rata yang dibutuhkan, sebagai dasar pemilihan perancangan campuran beton (MPa).

S : Deviasi standar (s) (MPa).

Syarat yang harus dipenuhi dalam kriteria penerimaan beton adalah dengan mengikuti Standar Nasional Indonesia, dimana kuat tekan harus memenuhi 0,85 $f'c$ untuk kuat tekan rata-rata silinder sedangkan untuk rata-rata empat benda uji berpasangan harus memenuhi $f'c + 0.82 s$. Jika tidak memenuhi kriteria tersebut, pengujian harus dilakukan mengikuti ketentuan selanjutnya.

2.3 Estimasi

Estimasi merupakan suatu hal yang sangat penting dalam kehidupan. Karena suatu masalah akan terasa kecil dampaknya setelah dilakukan estimasi terhadap suatu masalah tersebut. Estimasi merupakan kata lain dari prediksi, perkiraan dan peramalan. Estimasi erat kaitannya dengan peralaman karena estimasi merupakan bagian dari peramalan (Setiawan, 2016).

Estimasi adalah suatu proses dimana mengukur atau memperkirakan berapa kebutuhan dimasa yang akan datang, meliputi kebutuhan dalam kuantitas,

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

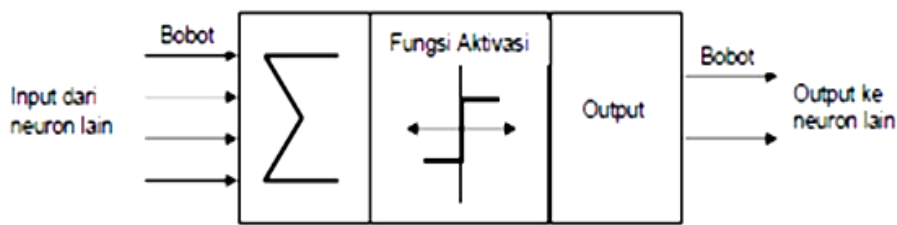
kualitas, waktu dan lokasi yang dibutuhkan. Salah satu teknik yang sering digunakan dalam melakukan Estimasi adalah dengan menggunakan teknik dari jaringan syaraf tiruan (Pranadkk, 2018).

2.4 Jaringan Syaraf Tiruan

Neural network atau yang dapat kita sebut sebagai jaringan syaraf tiruan merupakan adaptasi dari otak manusia yang dapat melakukan simulasi proses pembelajaran. Hal tersebut diimplementasikan pada komputer yang mampu menyelesaikan sejumlah proses pembelajaran (SARWONO, 2007).

2.4.1 Komponen Jaringan Syaraf Tiruan

Terdapat beberapa tipe jaringan syaraf tiruan yang terdiri dari *neuron*, dan terdapat hubungan antar *neuron-neuron* tersebut. informasi akan disampaikan melalui sambungan menuju *neuron-neuron* yang lain. Pada jaringan syaraf, hubungan ini disebut dengan istilah bobot. Informasi akan disimpan pada suatu nilai tertentu pada bobot tersebut. berikut merupakan gambaran dari struktur neuron jaringan syaraf pada gambar 2.1:

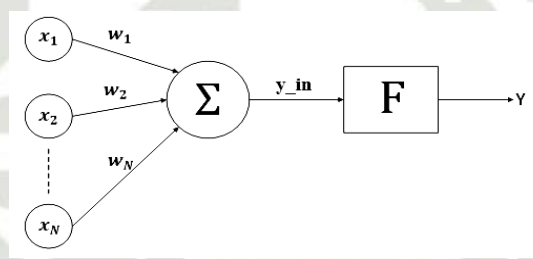


Gambar 2.2 Struktur Neuron Jaringan Syaraf (SARWONO, 2007)

Neuron yang digambarkan pada Gambar 2.1 memiliki kesamaan dengan sel *neuron* biologis. *Neuron* tersebut juga memiliki tugas yang sama seperti neuron biologis. Informasi atau dalam komputer disebut dengan masukan akan diteruskan ke neuron dengan bobot kedatangan tertentu. Masukan diproses oleh fungsi perambatan yang akan menjumlahkan nilai dari seluruh nilai bobot yang datang. Hasil dari penjumlahan tersebut akan dibandingkan dengan nilai ambang (*threshold*) tertentu melalui fungsi aktivasi pada masing-masing neuron. Apabila nilai masukan dapat melewati nilai ambang, maka neuron tersebut akan diaktifkan. Jika suatu neuron telah aktif, maka *neuron* yang aktif tersebut dapat mengirimkan keluaran melalui bobot-bobot keluaran nya ke seluruh neuron yang

berhubungan langsung dengannya. Proses akan terus berlanjut hingga pada lapisan terakhir.

Neuron-neuron pada jaringan syaraf tiruan ini akan dikumpulkan pada suatu lapisan-lapisan (*layer*) yang disebut juga dengan *neuron layers* (lapisan *neuron*). Pada satu lapisan *neuron* akan dihubungkan dengan lapisan setelah atau sebelumnya kecuali pada lapisan *input* dan lapisan *output*. Informasi yang dimasukkan akan dirambatkan pada setiap lapisan tersebut, mulai dari lapisan input hingga lapisan output melalui lapisan lainnya yang disebut juga dengan *hidden layers* (lapisan tersembunyi). Tergantung pada algoritma pembelajaran apa yang dipilih, bisa jadi informasi akan dirambatkan maju atau mundur atau kombinasi dari keduanya. Gambar 2.2 merupakan struktur dari jaringan syaraf tiruan sederhana:



Gambar 2.3 Jaringan Syaraf Sederhana (SARWONO, 2007)

Gambar 2.3 tersebut *neuron* akan memproses N *input*(x_1, x_2, \dots, x_N) yang memiliki bobot masing-masing yaitu w_1, w_2, \dots, w_N dengan menggunakan persamaan:

$$y_{in} = \sum_{i=1}^N x_i w_i \dots \dots \dots (2.1)$$

Fungsi aktivasi F akan mengaktivasi y_{in} menjadi *output* jaringan y.

Jaringan syaraf yang memiliki jumlah lapisan sebanyak m buah, maka persamaan yang digunakan untuk mengolah data pada neuron adalah:

$$y_{inj} = \sum_{i=1}^N x_i w_{ij}; \quad j = 1, \dots, m \dots \dots \dots (2.2)$$

Dengan w_{ij} adalah bobot yang menghubungkan inputan ke-i menuju neuron ke-j. Terkadang ditemukan kondisi dimana jaringan syaraf tidak dapat mengakomodasi informasi yang ada melalui data *input* maupun bobotnya. Untuk mengatasi hal tersebut, jaringan syaraf tiruan menambahkan bias yang selalu

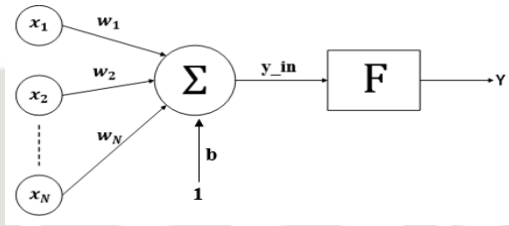
bernilai 1. Pengaruh dari adanya bias ditunjukkan dengan bobot bias, maka komputasi pada neuron akan menjadi:

$$y_{in} = \sum_{i=1}^N x_i w_i + b \dots \dots \dots (2.3)$$

Untuk lapisan sebanyak m buah akan menjadi:

$$y_{in_j} = \sum_{i=1}^N x_i w_{ij} + b_j; j = 1, \dots, m \dots \dots \dots (2.4)$$

Dimana b_j adalah bobot bias yang menuju neuron ke-j. Berikut merupakan jaringan syaraf sederhana yang menggunakan bias:



Gambar 2.4 Jaringan Syaraf Sederhana dengan Bias (SARWONO, 2007)

2.5 Logika Fuzzy

Himpunan *fuzzy* atau himpunan kabur merupakan bentuk umum dari konsep himpunan biasa (*ordiner*). Untuk semesta wacana (*universe of discourse*) U. Himpunan *fuzzy* ditentukan oleh fungsi keanggotaan yang memetakan anggota u ke rentang keanggotaan dalam *interval* [0,1]. Sedangkan untuk himpunan biasa fungsi keanggotaan bernilai diskrit 0 dan 1 (Widododo, 2005).

2.5.1 Himpunan Fuzzy

Misalkan U adalah kumpulan objek yang dinotasikan dengan [u]. U disebut dengan semesta sedangkan u adalah elemen dari U. Himpunan *fuzzy* A didalam semesta wacana U dikarakteristikkan dengan fungsi keanggotaan $\mu_{\tilde{A}}$ yang bernilai dalam *interval* [0,1] atau:

$$\mu_{\tilde{A}} : U \rightarrow [0,1] \dots \dots \dots (2.5)$$

Himpunan *fuzzy* A didalam U dipresentasikan sebagai pasangan berurutan elemen u dan nilai derajat keanggotaan.

$$\tilde{A} = \{(u, \mu_{\tilde{A}}(u) \mid u \in U\} \dots \dots \dots (2.6)$$

Bila U *continue*, himpunan *fuzzy* A dapat ditulis sebagai berikut:

$$A = \int^u \mu_A(u)/u \dots \dots \dots (2.7)$$

Bila U diskrit, himpunan fuzzy A dinyatakan sebagai berikut:

$$A = \sum \mu_A(u_i)u_i \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana tanda '+', 'Σ' dan '+f^u' menyatakan ini himpunan, dan bukan penjumlahan matematika dan tanda '/' menyatakan hubungan elemen dan nilai keanggotaan bukan merupakan sebuah operator bagi.

2.5.2 Fungsi Keanggotaan

Fungsi keanggotaan (*membership function*) mempresentasikan sebagai sebuah kurva yang berfungsi memposisikan nilai data ke dalam nilai keanggotaan. Terdapat dua teknik dalam mendefinisikan himpunan *fuzzy* yaitu:

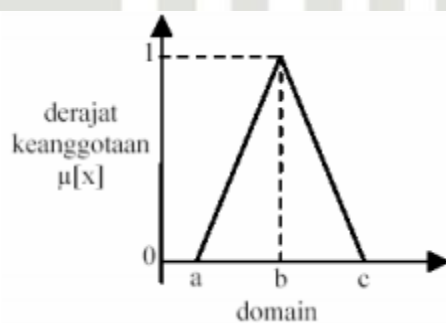
1. Secara Numeris

Derajat fungsi keanggotaan suatu himpunan *fuzzy* dinyatakan sebagai sebuah vektor bilangan. Dimana dimensi tergantung pada *level* diskretisasi.

2. Secara Fungsional

Fungsi keanggotaan dinyatakan dalam bentuk ekspresi analisis yang memudahkan derajat keanggotaan setiap elemen dalam penghitungan di dalam semesta wacana yang didefinisikan.

Salah satu fungsi keanggotaan yang digunakan didalam *fuzzy* adalah fungsi keanggotaan kurva Segitiga. Kurva segitiga memiliki tiga parameter seperti pada Gambar 2.5 berikut:



Gambar 2.5 Fungsi Keanggotaan kurva Segitiga (SARWONO, 2007).

Fungsi segitiga yang diperluas didefinisikan seperti pada persamaan (2.6) fungsi keanggotaan berikut:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0; & x \leq a \text{ atau } x \geq c \\ (x - a)/(b - a); & a \leq x \leq b \\ (c - x)/(c - b); & b \leq x \leq c \end{cases} \quad (2.6)$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkannya dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.5.3 Operator-Operator *Fuzzy*

Terdapat dua model utama dalam operator *fuzzy*. Operator pertama adalah operator yang diperkenalkan oleh Zadeh dan operator lainnya adalah operator alternatif yang dikembangkan dengan konsep transformasi tertentu.

1. Operator-Operator Dasar Zadeh

Operator yang diperkenalkan oleh zadeh memiliki kemiripan dengan operator pada himpunan konvensional, terdapat beberapa operator yang didefinisikan secara khusus untuk mengkombinasikan atau memodifikasi himpunan *fuzzy*. Nilai keanggotaan yang didapatkan dari operasi antara 2 himpunan dikenal dengan *fire strength* atau $a - \text{predikat}$. Terdapat 3 operator dasar yang dikemukakan oleh Zadeh yaitu:

a. Operator *AND*

Operator *AND* dikenal dengan operasi interseksi pada himpunan. $a - \text{predikat}$ adalah hasil operator *AND* didapatkan dengan mengambil nilai keanggotaan paling kecil antar anggota pada himpunan-himpunan bersangkutan (Cox, 1994).

b. Operator *OR*

Operator *OR* dikenal dengan operasi union pada himpunan. $a - \text{predikat}$ dari operasi *OR* didapatkan dengan mengambil nilai keanggotaan paling besar antar anggota pada himpunan-himpunan yang bersangkutan (Cox, 1994).

c. Operator *NOT*

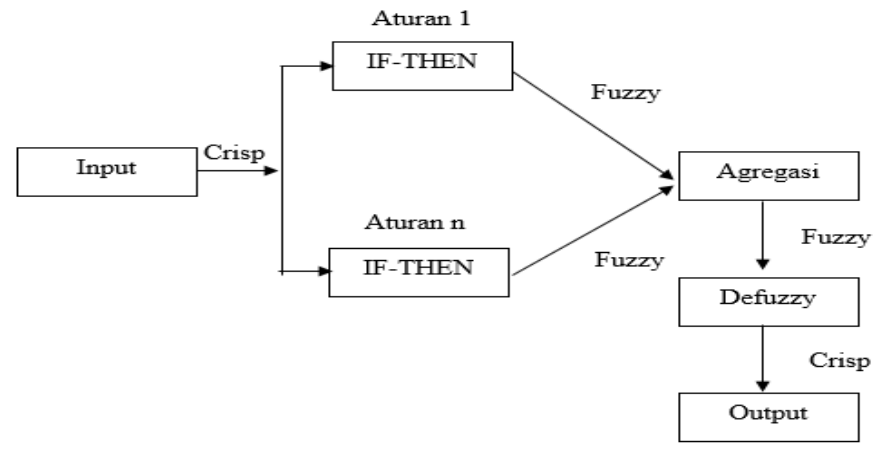
Operator *NOT* dikenal dengan operasi komplemen. Dimana $a - \text{predikat}$ didapatkan dengan melakukan pengurangan nilai keanggotaan pada himpunan yang bersangkutan (Cox, 1994).

2. Operator alternatif

Terdapat 2 jenis operator alternatif yaitu operator alternatif yang dilandaskan pada transformasi aritmatika dan operator yang didasarkan pada transformasi fungsi yang rumit. Contoh dari operator transformasi aritmatika diantaranya: *mean*, *product* dan *bounded sum*; dan contoh dari operator transformasi fungsi adalah: Kelas Yager dan Sugeno.

2.5.4 Sistem Inferensi Fuzzy

Sistem inferensi *fuzzy* adalah sebuah komputasi yang dilandaskan pada teori himpunan *fuzzy*, aturan *fuzzy* berbentuk *IF-THEN*, dan penalaran *fuzzy* secara garis besar, diagram blok proses inferensi *fuzzy* dapat dilihat pada gambar 2.5:



Gambar 2. 6 Diagram Blok Sistem Inferensi Fuzzy (SARWONO, 2007)

Sistem inferensi *fuzzy* menerima masukan berupa bilangan *crisp*. Inputan akan dikirim ke basis pengetahuan yang akan terdiri dari *n* aturan *fuzzy* dalam bentuk *IF-THEN*. *Fire Strength* akan dicari pada setiap aturan. Apabila jumlah aturan lebih dari satu, maka akan dilakukan agregasi dari semua aturan. Pada hasil agregat akan dilakukan *de-fuzzy* untuk mendapatkan kembali nilai *crisp* sebagai *output* sistem.

Operator memiliki pengetahuan dalam cara kerja sistem yang dinyatakan dengan himpunan *IF-THEN rule*. dengan melakukan *fuzzy inference*, pengetahuan tersebut biasanya ditransfer kedalam perangkat lunak yang selanjutnya memetakan satu *input* menjadi *output* berdasarkan *IF-THEN rule* yang diberikan. sistem *fuzzy* yang dihasilkan disebut *Fuzzy Inference System (FIS)*. FIS telah berhasil diaplikasikan dalam berbagai bidang. *Fuzzy* dibangun dalam bentuk dua model, yaitu *mamdani* dan *sugeno*. kedua metode tersebut dibedakan dalam penentuan harga *output FIS*.

Metode *Mamdani* adalah metode yang sering digunakan dalam membahas metodologi *fuzzy*. Hal ini dikarenakan metode tersebut merupakan metode pertama kali dibangun dan berhasil diterapkan dalam rancang bangun sistem

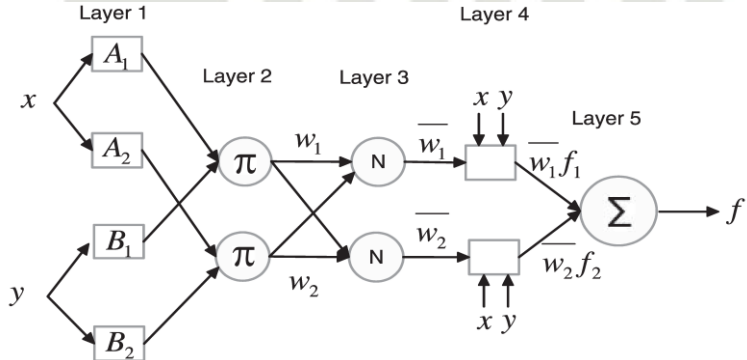
kontrol menggunakan teori himpunan *fuzzy*. Embrahim Mamdani pertama kali mengusulkan metode tersebut pada tahun 1975 ketika membangun sistem kontrol mesin uap dan *boiler*. Mamdani mengumpulkan sejumlah *IF-THEN rule* yang diperoleh operator/pakar berpengalaman. Keluaran FIS tipe Mamdani berupa *fuzzy set* dan bukan sekedar inversi dari fungsi keanggotaan *output*. Oleh karena itu, untuk menghitung luas dibawah kurva *fuzzy set* pada bagian keluaran (*THEN-part*). pada proses *defuzzyfikasi*, metode mamdani harus menghitung luas rata-rata (*centroid*) yang diboboti dari semua *fuzzyset* keluaran dari semua *rule* kemudian mengisikan rata-rata tersebut ke variabel FIS.

2.6 Adaptive Neuro Fuzzy Inference System

ANFIS merupakan jaringan adaptif yang didasarkan pada proses sistem inferensi *fuzzy*. Didalam algoritma ANFIS parameter dibagi menjadi dua, yaitu parameter premis dan konsekuensi. Kedua parameter tersebut akan beradaptasi dengan metode pembelajaran *hybrid*. Pelatihan dengan metode *hybrid* dilakukan dengan dua proses yaitu proses perambatan maju dan perambatan balik (Widododo, 2005).

2.6.1 Arsitektur ANFIS model mamdani

Arsitektur ANFIS dengan model Mamdani ditunjukkan pada Gambar 2.7 :



Gambar 2.7 Arsitektur ANFIS (Widododo, 2005)

Gambar 2.7 dapat dilihat bahwa struktur ANFIS model mamdani terdapat 5 lapis (*layer*). Dari setiap lapis tersebut terdapat *node* dengan 2 bentuk *node* yaitu *node adaptive* yang berbentuk kotak dan *node tetap* yang berbentuk lingkaran.

Berikut merupakan penjelasan dari masing-masing lapis dari struktur ANFIS mamdani :

1. Lapisan pertama (*Layer 1*)

Lapisan pertama merupakan lapisan *fuzzifikasi*. *Output* dari lapisan ini merupakan derajat keanggotaan yang diberikan oleh fungsi keanggotaan input.

Node *i* pada lapisan ini adalah *node adaptive* dengan fungsi berikut:

$$O_{1,i} = \mu_{A1}(x) \text{ untuk } i = 1,2 \text{ dan } \dots \dots \dots (2.10)$$

$$O_{1,i} = \mu_{B_{i-2}}(y) \text{ untuk } i = 3,4 \dots \dots \dots (2.11)$$

Dengan *x* (atau *y*): masukan ke *node* *i*
 $A_i(x)$ atau $B_{i-2}(y)$: label linguistik (contohnya ‘besar’ atau ‘kecil’) yang berkaitan dengan node tersebut.

$O_{1,i}$ merupakan derajat keanggotaan untuk himpunan fuzzy A_1, A_2 atau B_1, B_2 .

Fungsi keanggotaan yang digunakan adalah *kurva segitiga* pada persamaan (2.6)

2. Lapisan Ke-dua (*Layer 2*)

Setiap *node* pada lapisan 2 merupakan *node* tetap dengan keluaran-nya adalah produk dari semua sinyal yang masuk.

$$O_{2,i} = w_i = \mu_{A1}(x) \times \mu_{B1}(y), i = 1, 2 \dots \dots \dots (2.12)$$

Keluaran pada *node layer 2* ini menyatakan kuat penyulutan dari aturan. Tiap neuron pada lapisan ini merepresentasikan aturan ke-*i*.

3. Lapisan Ke-tiga (*Layer 3*)

Setiap *node* pada lapis ini merupakan *node* tetap bersimbol *N*. *Node 1* menghitung nilai rasio dari kuat penyulutan aturan ke *i* terhadap jumlah semua kuat penyulutan dan semua aturan.

$$O_{3,i} = \bar{w}_i = \frac{w_i}{w_1+w_2+\dots+w_n} \dots \dots \dots (2.13)$$

Hasil dari lapisan ketiga ini disebut dengan penyulutan ternormalisasi.

Dalam sistem inferensi *fuzzy* mamdani, menggunakan *product*.

4. Lapisan Ke-empat (*Layer 4*)

$$O_4 = f_i = \overline{w_i a_i z_i}, i = 1, 2, \dots \dots \dots (2.14)$$

Dimana parameter konsekuen a_i, z_i adalah area dan nilai tengah dari fungsi keanggotaan dari konsekuen.

5. Lapisan Ke-lima (*Layer 5*)

Node tunggal yang terdapat pada lapisan ini merupakan *node* tetap dengan simbol Σ yang menghitung seluruh keluaran sebagai penjumlahan semua sinyal yang datang.

$$O_{5,i} = \sum f_i \dots \dots \dots (2.15)$$

6. *Defuzzyfikasi*

Maksud dari *defuzzyfikasi* merupakan himpunan *fuzzy* yang didapatkan dari aturan-aturan *fuzzy*. Hasil dari *defuzzyfikasi* adalah bilangan pada domain himpunan *fuzzy* berkaitan. Maka jika diberikan himpunan *fuzzy* dengan range tertentu, harus diambil sebuah nilai crisp sebagai nilai output. metode centroid merupakan salah satu penegasan nilai *fuzzy* yang dapat digunakan. Pada metode ini, solusi tegas diperoleh dengan metode MOM (Mean Of Maximum) yaitu dengan mengambil nilai rata-rata dari domain yang memiliki nilai keanggotaan maximum. Penggunaan MOM untuk mempermudah dalam proses komputasi karena memiliki proses yang tidak rumit. Formulasi MOM dapat dilihat pada Persamaan (2.16) berikut:

$$Z^* = \frac{\sum_{z \in M}(X_j)}{|M|} \dots \dots \dots (2.16)$$

Dalam Hal ini:

Z^* = Hasil Defuzzyfikasi

X = Nilai Keanggotaan Maksimum

$|M|$ = Jumlah Keanggotaan

2.6.2 Algoritma Pelatihan Mamdani ANFIS

Tahapan maju ANFIS merupakan bentuk dari inferensi sistem *fuzzy* untuk mendapatkan konsekuen dari aturan yang telah dibuat dan hasil dari penjumlahan dari seluruh masukan pada lapisan lima. Setelah tahapan maju selesai, dilakukan



tahapan mundur untuk mengukur nilai *error* pada setiap lapisan dengan menggunakan metode *gradient descent*. Tujuannya adalah untuk mengubah nilai parameter masukan pada lapisan pertama (SARWONO, 2007).

Propogosi error dengan konsep gradient descent pada arah mundur. Satu tahap pembelajaran maju-mundur dinamakan satu epoch. Data pengujian kuat tekan beton digunakan sebagai proses pelatihan.

2.6.3 Langkah Balik dengan Metode Penurunan Gradient

Langkah balik ini memiliki beberapa metode dalam penurunan *Gradient* (*Gradient Descent*, GD) dalam masalah optimasi, tetapi didalam penelitian ini hanya akan dibahas tentang metode Propagasi *Error*. Model propagasi *error* atau *Error Back Propagation* (EBP) digunakan untuk mencari *error* pada tiap lapisan antara keluaran jaringan adaptif dan target dipropagasi balik menggunakan *gradient-descent* untuk memperbaharui parameter premis. Berikut perhitungan *error* dalam setiap lapisan (Kusumadewi dan Hartati, 2010):

a. Error lapisan 5.

Lapisan ini hanya memiliki satu neuron, makapropagasi *error* menuju lapisan ini diformulasikan sebagai berikut:

$$\epsilon_{5i} = \frac{\partial E_p}{\partial a} = -2(d_p - o_{51}) \dots \dots \dots (2.17)$$

d_p adalah keluaran target, o_{51} adalah output jaringan, E_p merupakan jumlah kuadrat *error* pada lapisan kelima.

b. Error lapisan 4

Propagasi *error* pada lapisan ini adalah sebagai berikut:

$$\epsilon_{4i} = \frac{\partial E_p}{\partial o_{5i}} \left(\frac{\partial f_{5i}}{\partial o_{4f}} \right) = \epsilon_{5i} \left(\frac{\partial f_{5i}}{\partial o_{4f}} \right) = \epsilon_{51} \dots \dots \dots (2.18)$$

Karena $f_{5i} = \bar{w}_i f_i + \bar{w}_2 f_2 + \dots + \bar{w}_n f_n$, Maka $\frac{\partial f_{5i}}{\partial w_i f_i} = 1$

c. Error lapisan 3

Propagasi pada lapisan 3 dirumuskan sebagai berikut:

$$\epsilon_{3j} = \left(\frac{\partial E_p}{\partial o_{5i}} \right) \left(\frac{\partial f_{5i}}{\partial o_{4f}} \right) \left(\frac{\partial f_{4j}}{\partial o_{3j}} \right) = \epsilon_{4i} \left(\frac{\partial f_{4j}}{\partial o_{3j}} \right) = \epsilon_{4j} (f_i) \dots \dots \dots (2.19)$$

Karena $f_{5i} = \bar{w}_i f_i$, maka $\frac{\partial f_{4i}}{\partial w_i} = f_i$

d. Error lapisan 2

Berikut merupakan perumusan untuk *error* lapisan ke 2:

$$\epsilon_{2j} = \sum_{k=1}^n \left(\frac{\partial^+ E}{\partial O_{3j}} \right) \left(\frac{\partial f_{3j}}{\partial O_{2k}} \right) = \sum_{k=1}^n \epsilon_{3j} \left(\frac{\partial f_{3j}}{\partial O_{2j}} \right) \dots \dots \dots (2.20)$$

Karena $\partial O_{21} = w_1$ dan $\partial O_{2k} = w_k$ maka:

$$\left(\frac{\partial f_{3j}}{\partial O_{2j}} \right) = \left(\frac{\partial \left(\frac{w_j + w_{j+1} + \dots + w_j}{w_1 + \dots + w_j} \right)}{\partial w_j} \right) = \left(\frac{w_j + w_{j+1} + \dots + w_j}{(w_1 + \dots + w_j)^2} \right) \dots \dots \dots (2.21)$$

e. Error lapisan 1

$$\epsilon_{1k} = \sum_{k=1}^n \left(\frac{\partial^+ E}{\partial O_{2j}} \right) \left(\frac{\partial f_{2k}}{\partial O_{1j}} \right) = \sum_{k=1}^n \epsilon_{2j} \left(\frac{\partial f_{2j}}{\partial O_{1j}} \right) \dots \dots \dots (2.22)$$

Karena $f_{2k} = w_k = \mu A_1(x) \cdot \mu B_1(y) \cdot \dots \cdot \mu N_1(n)$, dan $f_{1k} = A_k, f_{1k} = B_k$ untuk premis n adalah $f_{1k+n} = N_k$

Setelah error lapisan 1 didapatkan langkah selanjutnya adalah melakukan perubahan nilai parameter a_{ij} dan c_{ij} dengan persamaan berikut:

$$\Delta a_{ij} = \mu \epsilon_{1k} x_i \text{ dan} \tag{2.23}$$

$$\Delta c_{ij} = \mu \epsilon_{1k} x_i \tag{2.24}$$

Dimana Δa_{ij} adalah nilai perubahan parameter a dan Δc_{ij} adalah perubahan parameter c

2.7 Mean Square Error (MSE)

Mean Squared Error (MSE) merupakan metode lain yang digunakan untuk mengevaluasi metode peramalan. Masing - masing kesalahan atau sisa dikuadratkan. Kemudian dijumlahkan dan ditambahkan dengan jumlah observasi. Pendekatan ini mengatur kesalahan peramalan yang besar karena kesalahan-kesalahan itu dikuadratkan. Dan untuk mendapatkan hasil MSE, maka dapat menggunakan persamaan berikut :

$$MSE = \frac{\sum_{k=1}^q (y_k - \hat{y}_k)^2}{\sum_{k=1}^q y_k^2} \tag{2.25}$$

Dimana:

y_k = data target

\hat{y}_k = data hasil estimasi



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



2.8 Penelitian Terkait

Tabel 2.3 berikut merupakan penelitian yang memiliki pembahasan yang berkaitan dengan penelitian yang akan dibahas sekaligus menjadi referensi dari penelitian ini.

Tabel 2.3 Penelitian Terkait

No	Judul Penelitian	Author	Jurnal	Tahun	Metode	Bahasan Penelitian	Kesimpulan
KUAT TEKAN BETON							
1	Model Jaringan Saraf Tiruan Kuat Tekan Beton Porus dengan Material Pengisi Pasir.	Ridho Bayuaji, Totok R. Biyanto.	Jurnal Teknik Sipil	2013	Jaringan Syaraf Tiruan <i>Multi Layer Perceptron</i> (MLP)	Pada penelitian ini, digunakan parameter pasir, semen, air (campuran dasar) dan foam (biasanya 0,1-1,0 mm diameter) dalam menentukan nilai kuat tekan beton.	Pada tahap validasi, RMSE = 2.31×10^{-5} untuk perawatan dengan air. Oleh karena itu, model jaringan syaraf tiruan dapat digunakan sebagai model alternatif dalam mengembangkan alat untuk memprediksi kuat tekan beton porus.
2	<i>Estimation of concrete compressive strength by fuzzy logic model</i>	Bahador Abo pour, Benafsheh Abolpour, Roozbeh Abolpour, Hossein Bakhshi	Res Chem Intermed	2012	<i>Fuzzy logic</i>	Penelitian ini parameter yang digunakan adalah: air, semen, agregat kasar, agregat halus, <i>flyash</i> , super <i>plasticizer</i> . Jenis <i>fuzzy</i> yang digunakan adalah <i>fuzzy</i> inferensi sistem mamdani.	Penelitian ini, <i>fuzzy logic</i> mamdani dapat menentukan nilai kuat tekan beton dan memberikan persentase penggunaan bahan

No	Judul Penelitian	Author	Jurnal	Tahun	Metode	Bahasan Penelitian	Kesimpulan
3	Peer-review Metode <i>Bagging</i> untuk Mengurangi Data <i>Noise</i> pada <i>Neural Network</i> untuk Estimasi Kuat Tekan Beton	Tyas Setiyorini, Romi Satria Wahono	<i>Journal of Intelligent Systems</i> , Vol. 1, No. 1	2015	<i>Bagging, Neural Network</i>	Penelitian ini berfokus pada pengatasan terhadap <i>noises</i> yang dihasilkan oleh metode <i>neural network</i> . Agar mendapatkan hasil nilai kuat tekan beton yang lebih optimal.	campuran secara <i>detail</i> . Hasil eksperimen dari delapan kombinasi parameter penelitian pada <i>dataset slump</i> dengan <i>neural network</i> didapatkan nilai rata-rata RMSE adalah 0,020 dan nilai RMSE terkecil adalah 0,011 sedangkan dengan <i>neural network</i> dan <i>bagging</i> didapatkan nilai rata-rata RMSE adalah 0,016 dan nilai RMSE terkecil adalah 0,010. Maka dapat disimpulkan estimasi kuat tekan beton dengan menggunakan metode <i>bagging</i> dan <i>neural network</i> lebih akurat

No	Judul Penelitian	Author	Jurnal	Tahun	Metode	Bahasan Penelitian	Kesimpulan
							dibanding dengan metode individual neural network.
4	Implementasi Jaringan Saraf Tiruan Untuk Prediksi Kuat Tekan Beton Menggunakan Metode <i>Back Propagation</i>	Eko Agus Moh. Iqbal	Program Studi Teknik Informatika, Fakultas Teknologi Informasi dan Elektro	2017	Jaringan Syarat Tiruan <i>Back Propagation</i>	Pada penelitian ini, jaringan saraf tiruan digunakan untuk memprediksi kuat tekan beton. Metode Jaringan saraf tiruan yang digunakan adalah metode <i>backpropagation</i> yang terdiri tiga layer yaitu <i>inputlayer</i> , <i>hiddenlayer</i> dan <i>outputlayer</i> . Pada penelitian ini, jumlah data latih yang digunakan sebanyak 120 data dan jumlah data uji atau data yang belum dikenal oleh jaringan saraf tiruan sebanyak 60 data.	Hasil dari jaringan saraf tiruan dengan <i>inputlayer</i> 8 <i>neuron</i> , <i>hidden layer</i> 12 <i>neuron</i> dan <i>outputlayer</i> 1 <i>neuron</i> memiliki tingkat akurasi 97.5% untuk data latih yang diuji sedangkan tingkat akurasi untuk data yang belum dikenali jaringan. saraf tiruan mencapai 73.3%.
ANFIS							
1	Model Penduga Penentuan Karyawan Teladan Berbasis <i>Adaptive Neuro Fuzzy Inference System</i> (ANFIS)	Nico Bustanul Anshary, Nazori Az, M.T	Teknologi Sistem Informasi, Magister Ilmu Komputer, Universitas Budi Luhur		<i>Adaptive Neuro Fuzzy Inference System</i> (ANFIS)	Dalam menentukan karyawan teladan, penelitian ini menggunakan kriteria diantaranya adalah masa kerja, data kehadiran, efektifitas jam kerja dan penilaian kinerja	Hasil dari penelitian ini adalah dimana Penentuan Karyawan Teladan PT. Argha Karya Bogor objektif dan membuat

No	Judul Penelitian	Author	Jurnal	Tahun	Metode	Bahasan Penelitian	Kesimpulan
2	Simulasi Aplikasi Anfis (Adaptive Neuro Fuzzy Inference System) Tiruan Pada Pengendalian Permukaan Air	Wahyu nugroho & Charles	Teknik Elektro UGM	2003	Adaptive Neuro Fuzzy Inference (ANFIS)	Penelitian ini berfokus pada perbandingan antara metode ANFIS dan PID. menguji apakah ANFIS dapat digunakan sebagai metode menggantikan PID dalam memonitor tinggi permukaan air.	keputusan yang lebih efektif dan efisien. Metode ANFIS memiliki kemampuan belajar dari data, seperti yang dimiliki oleh jaringan saraf tiruan dan ANFIS dapat digunakan dalam penentuan tinggi permukaan air dan ANFIS dapat menggantikan PID sebagai metode dalam memonitor tinggi permukaan air
3	Penggunaan ANFIS dalam Penerapan Status Aktivitas Gunung Merapi	Fatkhurrozi, Agus	Jurnal EECCIS	2002	Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (ANFIS)	Penelitian penggunaan ANFIS dalam menentukan status aktivitas gunung merapi dengan menggunakan backpropagation gradient descent dan LSE untuk pembelajaran.	

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian bertujuan untuk mencapai tujuan dari penelitian. Dimana akan dijelaskan langkah-langkah serta metode yang digunakan dalam melakukan penelitian estimasi kuat tekan beton menggunakan metode ANFIS. Gambar 3.1 Berikut merupakan bagan alur metodologi penelitian yang dilakukan:



Gambar 3.1 Metodologi Penelitian

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3.1 Perumusan Masalah

Perumusan masalah merupakan tahapan pertama yang dilakukan dalam proses penelitian, tahapan utama yang dilakukan adalah melakukan identifikasi masalah. Identifikasi masalah adalah memahami permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian, mencari tujuan dan membuat batasan dari penelitian sehingga penelitian dapat berjalan sesuai dengan yang diinginkan.

3.2 Studi Pustaka

Studi pustaka merupakan tahap untuk mencari metode yang cocok dalam menyelesaikan proses penelitian yang akan dilaksanakan. Mencari teori-teori dari buku-buku, jurnal, paper dan artikel-artikel yang berhubungan dengan penelitian.

3.3 Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data dengan cara mengambil data pada laboratorium pusat uji material PT. VIRA JAYA pada tahun 2018 dan melakukan wawancara dengan pakar Arif Rahman S.T, beliau merupakan lulusan Teknik sipil yang telah memiliki pengalaman dalam dunia konstruksi lebih dari 10 tahun. Jumlah data yang digunakan pada penelitian ini adalah sebanyak 190. Data tersebut terdiri dari Air, Agregat Halus, Agregat Kasar, Semen, Umur dan Kuat Tekan yang akan dijadikan sebagai data latih dan data uji.

3.4 Analisa

Setelah tahap pengumpulan data selesai maka tahap selanjutnya adalah melakukan tahapan-tahapan analisa yang berhubungan dengan pembangunan aplikasi. Adapun tahapannya yaitu:

3.4.1 Analisa Data

Data yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah data pengujian kuat tekan beton. Dimana pada data tersebut terdiri dari beberapa atribut diantaranya, kadar air, kadar semen, kadar agregat kasar, kadar agregat halus, umur beton serta kuat tekan beton. Data uji digunakan sebagai pembelajaran dalam metode ANFIS atau sebagai

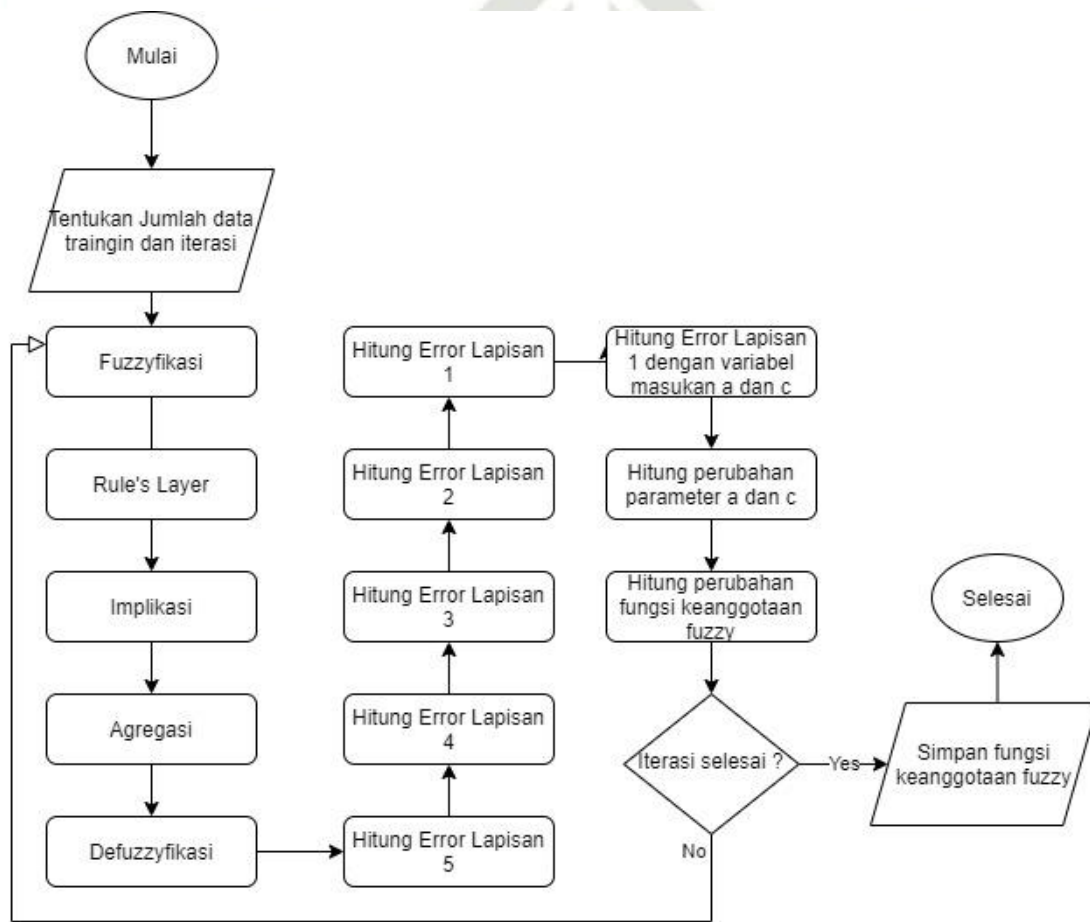
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

pengenalan pola data. Sedangkan data uji digunakan sebagai pengujian terhadap hasil dari pembelajaran tersebut.

3.4.2 Analisa Metode ANFIS

Metode dibutuhkan untuk mengolah data yang sudah didapatkan, dengan menggunakan metode ANFIS, data uji kuat tekan beton akan diinput kedalam proses metode ANFIS. Berikut merupakan langkah dari pengembangan metode ANFIS pada Gambar 3.1:



Gambar 3.2 Diagram Alur Proses Tahapan mamdani ANFIS

Diagram alir diatas dijelaskan bahwa pada tahap awal data masukan adalah data pengujian kuat tekan beton. Dari data tersebut masuk kedalam proses *fuzzyfikasi* dimana nilai *crisp* diterjemahkan dalam bentuk himpunan *fuzzy* serta menentukan

fungsi keanggotaan yang berfungsi memetakan input ke dalam himpunan *fuzzy*. Pada proses *fuzzy* ditentukan *rule base* atau aturan-aturan. Berdasarkan aturan yang terpilih dilakukan derajat pengaktifan ternormalisasi. Setelah didapatkan nilai ternormalisasi maka nilai *fuzzy* tersebut diterjemahkan kedalam nilai *crisp* dengan proses *defuzzyfikasi*. *Output* dari setiap proses tersebut akan dihitung nilai *error* dan ditentukan apakah nilai *error* tersebut dapat diterima atau tidak. Jika tidak maka pada tahapan selanjutnya adalah perambatan balik dengan tahapan ANFIS dengan menghitung *error* pada setiap lapisan pada struktur ANFIS menggunakan perambatan mundur dengan metode penurunan *Gradient*. Setelah proses tersebut, nilai fungsi keanggotaan diupdate dan mengulangi pada proses *fuzzyfikasi*. Proses tersebut akan terus berulang hingga nilai *error* yang diinginkan tercapai. Dimana hasil akhir dari proses ANFIS adalah estimasi nilai kuat tekan beton.

3.4.3 Analisa Aplikasi

Tahapan analisa aplikasi adalah tahap mendeskripsikan bentuk dari aplikasi yang akan dibangun, misal berapa banyak data yang akan digunakan, berapa variabel yang digunakan, menu apa saja yang akan ada, apa saja fitur yang akan dihadirkan aplikasi dan output dari aplikasi serta menjelaskan bagaimana cara kerja dari aplikasi yang digunakan.

3.4.4 Analisa UML (*Unified Modelling Language*)

Analisa UML adalah model analisa yang berkonsep *Object Orientic Programming* (OOP). Tahapan pada analisa UML initerdiri dari *Usecase Diagram*, *Sequence Diagram*, *Class Diagram*, dan *Acivity Diagram*.

3.5 Perancangan

Setelah melakukan proses analisa terhadap aplikasi yang akan dibangun. Maka tahapan selanjutnya adalah melakukan perancangan untuk pembangunan aplikasi. Berikut tahapan perancangan untuk pembangunan aplikasi yaitu :

1. Perancangan umum Aplikasi

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Melakukan perancangan secara umum dari aplikasi “Estimasi Kuat Tekan Beton Menggunakan Algoritma *Adaptive Neural Fuzzy Inference System*” yang akan dibangun.

2. Perancangan Tabel

Melakukan perancangan Tabel berdasarkan kebutuhan dan analisa data menggunakan metode ANFIS.

3. Perancangan Struktur Menu

Merupakan tahapan merancang menu apasaja yang akan ada pada aplikasi “Estimasi Kuat Tekan Beton Menggunakan Algoritma *Adaptive Neural Fuzzy Inference System*”.

4. Perancangan Antarmuka (Interface)

Melakukan perancangan terhadap tampilan atau antarmuka yang *user friendly* dari aplikasi.

3.6 Implementasi dan Pengujian

Pada tahap ini dilakukanlah pembuatan aplikasi berdasarkan dengan perancangan yang telah dilakukan sebelumnya dengan menggunakan bahasa pemrograman *Hypertext Processor* (PHP), jenis aplikasi nantinya berbasis web. Pemrograman dilakukan dengan aplikasi *dreamweaver* dan *notepad++*. Jenis *database* yang akan dihubungkan dengan aplikasi adalah jenis DBMS MySQL.

Setelah proses implementasi selesai maka akan dilakukan pengujian untuk mengetahui apakah hasil aplikasi yang telah dibangun sesuai dengan tujuan dari penelitian. Pengujian tersebut dilakukan dengan 2 cara, yaitu :

1. *Black Box*

Pengujian *Black Box* dilakukan untuk mengetahui setiap fungsi fitur-nya apakah berjalan sesuai dengan analisa yang sebelumnya.

2. Pengujian MSE (*Mean Squared Error*)

Pada pengujian ini menggunakan *Mean Squared Error* (MSE). MSE merupakan metode lain yang digunakan untuk mengevaluasi metode

peramalan. Masing-masing kesalahan atau sisa dikuadratkan. Kemudian dijumlahkan dan ditambahkan dengan jumlah observasi. Pendekatan ini mengatur kesalahan peramalan yang besar karena kesalahan-kesalahan itu dikuadratkan..

3.7 Kesimpulan dan Saran

Setelah semua proses selesai dilakukan, akan dirumuskan suatu kesimpulan berdasarkan hasil dari pembahasan serta hasil uji dari aplikasi yang telah dibuat. saran juga akan berisi tentang pengembangan penelitian secara lebih lanjut.



- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan dalam penelitian “**Estimasi Kuat Tekan Beton Menggunakan Algoritma Adaptive Neural Fuzzy Inference System**”.maka dapat diambil beberapa hal untuk dijadikan kesimpulan akhir dari penelitian. Adapun kesimpulan tersebut adalah:

1. Dari semua proses training yang dilakukan sebanyak 36 training, maka didapatkan data 60% dan 40 iterasi yang memiliki nilai error paling rendah.
2. Dari semua pengujian MSE yang dilakukan terhadap 25 data yang diambil secara random, maka didapatkan nilai MSE terendah pada data keempat yaitu **0.0000163**.

6.2 Saran

Berdasarkan semua penjelasan dan hasil dari penelitian yang telah dilakukan, maka untuk pengembangan penelitian selanjutnya, diberikan saran diantaranya sebagai berikut:

1. Data yang digunakan untuk penelitian selanjutnya lebih banyak dan beragam.
2. Dengan menggunakan metode yang lainnya untuk mendapatkan nilai MSE lebih baik dari penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abolpour, B., & Bakhshi, H. (2013). Estimation of concrete compressive strength by a fuzzy. *Res Chem Intermed* , 707-719.
- Anshary, N.B. & Az, N 2015. Model Penduga Penentuan Karyawan Teladan Berbasis Adaptive Neuro Fuzzy Inference System (Anfis).
- Ashu Jain, K. J. (2008). Modeling and Analysis of Concrete Slump Using ANN. *Journal of Materials in Civil Engineering* , 628-633.
- Batubara, S., 2017. Analisis Perbandingan Metode Fuzzy Mamdani Dan Fuzzy Sugeno Untuk Penentuan Kualitas Cor Beton Instan. , 2(1), hal.1–11.
- Bayuaji, R., 2013. Model Jaringan Saraf Tiruan Kuat Tekan Beton Porus dengan Material Pengisi Pasir. , 20(1).
- Chai, Y., Jia, L., & Zhang, Z. (2009). Mamdani Model based Adaptive Neural Fuzzy Inference System and its Application. *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Computer, Electrical, Automation, Control and Information Engineering Vol:3, No:3, 2009* , 663-670.
- Cox, E. (1994). *The Fuzzy System Handbook*. Massachusetts: Academic Press.
- Dewi, S. K., & Hartati, S. (2006). *Neuro-Fuzzy: Integrasi Sistem Fuzzy & Jaringan Syaraf*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Gofur dan Widianti., 2013. Sistem Peramalan Untuk Pengadaan Material Unit Injection Di Pt . Xyz Jurnal Ilmiah Komputer dan Informatika (KOMPUTA). , 2(2)
- Jang, J. (1993). ANFIS: Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System. *IEEE Transactions on System, Man, and Cybernetics* , 665-685.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- Fatkhurrozi, B., Muslim, M.A. & Santoso, D.R., 2014. *Techno* , ISSN 1410 - 8607
Optimasi Penentuan Status Aktivitas Gunung Merapi Menggunakan Metode Hybrid Anfis Dan Particle Swarm Optimization (PSO) Optimization Of The Activity Sstatus Of Mount Merapi Using A Hybrid Method ANFIS And Particle Swarm Optimization (PSO). , 15(2), hal.15–22.
- Mulyono, T. (2004). *Teknologi Beton*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Nikoo, M. (2015). Prediction of Concrete Compressive Strength by Evolutionary Artificial Neural Network. *Advances in Materials Science and Engineering Volume 2015* .
- Santosa, S., Budi, B. S., & Setiyono, K. J. (2016). Pemodelan Desain Campuran Beton Dengan Backpropagation Neural Networks. *Jurnal Teknologi Informasi* , 25-30.
- Sarwono, C. (2007). Perancangan Program Pengambilan Keputusan Dengan menggunakan fuzzy query database. BINUS Higher Education.
- Setiyorini, T., 2015. Penerapan Metode Bagging untuk Mengurangi Data Noise pada Neural Network untuk Estimasi Kuat Tekan Beton. , 1(1), hal.37–42.
- Singla, P. (2013). Local Monsoonal Precipitation forecasting using ANFIS Model: a case study for Hisar. *International Journal of Research and Reviews in Computer Science* .
- Widododo, T. S. (2005). *Sistem Neuro Fuzzy untuk Pengolahan Informasi, Pemodelan dan Kendali*. Yogyakarta: Graha Ilmu.