

TESIS-RC142501

**MIX DESAIN ENGINEERED CEMENTITIOUS  
COMPOSITE (ECC) DENGAN MENGGUNAKAN  
ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (ANN)**

Abraham Tuanakotta  
3112202001

DOSEN PEMBIMBING :  
Ir. Faimun, M.Sc., Ph.D.  
Dr.techn. Pujo Aji. S.T., M.T.

PROGRAM MAGISTER  
BIDANG KEAHLIAN STRUKTUR  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2018



**TESIS-RC142501 :**

**MIX DESAIN ENGINEERED CEMENTITIOUS  
COMPOSITE (ECC) DENGAN MENGGUNAKAN  
ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (ANN)**

Abraham Tuanakotta  
3112202001

DOSEN PEMBIMBING :  
Ir. Faimun, M.Sc., Ph.D.  
Dr.techn. Pujo Aji. S.T., M.T.

PROGRAM MAGISTER  
BIDANG KEAHLIAN STRUKTUR  
DEPARTEMEN TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIHAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2018



## LEMBAR PENGESAHAN

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Magister Teknik (M.T.)  
di  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh  
Abraham Tuanakotta  
Nrp. 3112202001

Tanggal Ujian : 4 Januari 2018  
Periode Wisuda : Maret 2018

Disetujui oleh:

1. Ir.Faimun, M.Sc., Ph.D.  
NIP : 196306051989031004

(Dosen Pembimbing I)

2. Dr. techn. Pujo Aji, S.T., M.T.  
NIP: 197302081998021001

(Dosen Pembimbing II)

3. Dr. Eng. Januarti Jaya Ekaputri, S.T., M.T.  
NIP : 19740112200512001

(Dosen Penguji I)

4. Harun Alrasyid, S.T., M.T., Ph.D.  
NIP. 198308082008121005

(Dosen Penguji II)



Dekan Fakultas Teknik Sipil Lingkungan Dan Kebumihan,  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

WAA Warmadewanthi S.T., M.T., Ph.D.  
NIP. 19750212 199903 2001



# MIX DESAIN ENGINEERED CEMENTITIOUS COMPOSITE (ECC) DENGAN MENGGUNAKAN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (ANN)

Nama Mahasiswa : Abraham Tuanakotta  
NRP : 3112202001  
Pembimbing : Ir. Faimun, M.Sc, Ph.D.  
Dr.techn. Pujo Aji. ST. M.T

## ABSTRAK

*Engineered Cementitious Composite* (ECC) adalah material komposit semen dengan distribusi serat pendek secara acak dengan volume sekitar 2 % . ECC mempunyai keunggulan daktilitasnya. Pemanfaatan ECC di Indonesia masih terbatas dan belum ada standar mix desainya di Indonesia. Mix desain ECC selama ini digunakan dengan banyak percobaan, dan hal ini tidak efektif. *Artificial neural network* (ANN) adalah salah satu program komputer yang dapat membantu menentukan mix desain secara efektif.

Penelitian ini membuat mix design ECC secara eksperimen. dengan komposisi : w/c : 0,25 - 0,40, serat *Polyvinyl alcohol* (PVA) : 0 -0,02 ,Fly Ash (FA) : 0 - 6 dan *superplasticizer* (SP): 0-0,1 sebagai data input. Pengujian kuat tekan dan kuat tarik ECC pada umur 28 hari sebagai data output.

Performance terbaik adalah kuat tekan w/c = 0,35 & 0,40 yaitu nilai Mean square error = 2.31 , Nilai Regresi = 0.99 dan nilai error = 2.62 %., mix desain untuk kuat tekan : 25 – 60 MPa.

**Kata Kunci** : cementitious engineered composite, kuat tekan, kuat tarik, artificial neural network, mean square error



# **MIX DESIGN ENGINEERED CEMENTITIOUS COMPOSITE (ECC) USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (ANN)**

Student's name : Abraham Tuanakotta  
NRP : 3112202001  
Supervisor : Ir. Faimun, M.Sc, Ph.D.  
Dr.techn. Pujo Aji. ST. M.T

## **ABSTRACT**

Engineered Cementitious Composite (ECC) is a cement composite material with a random distribution of short fibers at a volume of about 2%. ECC has the advantage of ductility. Research to the use of ECC in Indonesia is still limited and there is no standard mix of its design in Indonesia. Mix design ECC has been carried out with many experiments, and they are not effective. Artificial neural network (ANN) is one of the computer program that can help determine the mix design effectively.

This research made the mix design of ECC experimental. with the composition: water to cement ratio ranges (w/c) 0.25 to 0.40, Polyvinyl Alcohol (PVA) Fiber with a presentation volume of 0 -0.02, Fly Ash (FA) with a percentage of 0-6 and superplasticizer (SP) 0 - 0.1 as input data. Testing Compressive strength and tensile strength of ECC at 28 days as output data, and test data was modeled with the ANN program.

The best performance is the compressive strength with w/c is = 0.35-0.40 , the value of MSE , regression , percentage of error are 2.31; 0.99 and 2.62 % respectively . It was applied when the mix design for the compressive strength is the range of 25–60 MPa.

**Keywords** : cementitious engineered composite, compressive strength, tensile strength, artificial neural network, mean square error





## KATA PENGANTAR

Puji syukur patut kami naikan kehadiran Tuhan Yang Maha Pengasih, atas limpahan rahmat dan berkah-Nya sehingga Tesis ini dapat diselesaikan. Tesis ini ditujukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Pascasarjana Bidang Keahlian Struktur pada Jurusan Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan ITS Surabaya.

Dalam pengerjaannya Tesis ini, penulis mendapat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Ir. Faimun, M.Sc. Ph.D selaku dosen pembimbing yang telah membimbing, memberikan masukan dan perhatian
2. Bapak Dr.techn. Pujo Aji, ST., MT., selaku dosen pembimbing yang telah membimbing, memberi masukan dan perhatian.
3. Ibu Endah Wahyuni, ST, M.Sc, Phd selaku Ketua Proram Studi Pasca Sarjana Jurusan Teknik Sipil atas perhatian dan dorongannya dalam penyelesaian studi
4. Bapak Data Iranata, ST, MT, Phd selaku dosen wali
5. Bapak Prof. Ir. Priyo Suprobo, M.S.,Ph.D selaku Kepala Lab. Beton dan Material Bangunan Jurusan Teknik Sipil ITS
6. Bapak- ibu di Lab Beton dan Material Bangunan Jurusan Teknik Sipil ITS: Pak Harjo, Pak Basar, Pak Supri, Pak Titus, Pak Toto, Pak Dedi, Mas Wawan, Mas Nanang, mbak Sisca dan seluruh pegawai yang telah banyak membantu selama penelitian di lab.
7. Ibu Dr. Eng Januarti Jaya Ekaputri, ST,MT membantu dalam pengadaan material dan bimbingannya
8. Staf Dosen dan Pegawai Jurusan Teknik Sipil yang telah banyak membantu selama proses pendidikan di ITS.
9. Bapak Robin dan Bapak Dimas di Pascasarjana Jurusan Teknik Sipil yang telah banyak membantu penulis selama menempuh pendidikan.
10. Sahabat-sahabat saya, ibu Ratni, ibu Wiwik, ibu Ari, Aulia Rahman, Yuli Rada, Asdam, Niar yang selalu bersama-sama dalam penelitian di lab.
11. Sahabat saya Ayub Parlin Ampulembang yang selalu memberikan semangat bagi saya
12. Pimpinan dan rekan-rekan di Politeknik Negeri Ambon yang telah memberikan dorongan dan motivasi dalam penyelesaian studi.
13. Pak Sehat dan Ibu Sri atas perhatian dan dorongan untuk penyelesaian studi.
14. Kakak saya Hendrik dan adik saya Lina dengan keluarga mereka yang selalu memberikan dorongan dan motivasi bagi saya
15. Istri saya Feli dan anakku Richard yang menjadi sumber motivasi dan semangat dalam penyelesaian Studi
16. Dan semua pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu disini, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya.

Semoga Tesis ini dapat bermanfaat bagi penulis dan pembaca. Kritik dan saran sangat diharapkan penulis demi kesempurnaan tesis ini.

Januari 2018

Penulis

## DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul	i
Lembaran Pengesahan	iii
Abstrak	v
Kata Pengantar	ix
Daftar isi	xi
Daftar Gambar	xv
Daftar Tabel	xvii
Daftar Lampiran	xix
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Permasalahan .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Manfaat dan Kontribusi Penelitian .....	3
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Fiber-Reinforced Concrete (FRC) .....	5
2.2 Engineered Cementitious Composite (ECC) .....	6
2.3 Artificial Neural Network (ANN) .....	8
2.4 Penelitian Yang Terkait .....	13
2.4.1 Ductility Engineered Cementitious Elements for Seismic Structural Application .....	13
2.4.2 Durability of Mechanical Loaded Engineered Cementitious Composite Under Higly Alkaline ...	14
2.4.3 Evaluation of a Polyvinyl Alcohol Fiber Reinforced Engineered Cementitious Composite for a Thin-	

Bonded Pavement Overlay .....	15
2.3.4 Improved Fiber Distribution and Mechanical Properties of Engineered Cementitious Composite By Adjusting the Mixing Sequence .....	15
2.4.5 Development of Green Engineered Cementitious Composite Using Iron Tailings as Aggregates .....	16
2.4.6 Prediction of compressive strength for self compaction (SCC) using Artificial Intellegencia and Regression Analisisi .....	17
2.4.7 Using Artificial Neural Network to Predict the Compressive strength of concrete containing Nano-silicai .....	19
2.4.8 Prediction of Compressive strength using Artificial Neural network.....	20
2.4.9 Prediction of Compressive strength of high Performance using Artificial Neural network...	21

### BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir .....	23
3.2 Variabel Penelitian .....	25
3.3 Material .....	25
3.4 Perencanaan Campuran .....	28
3.5 Pelaksanaan Pengujian .....	29
3.5.1 Pengujian Kuat Tekan Beton .....	29
3.5.2 Pengujian Kuat Tarik beton .....	29
3.6 Pemodelan Artificial Neural Network.....	29

### BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Umum .....	31
----------------	----

4.2 Analisa Data .....	31
4.2.1 Analisa Kuat Tekan .....	32
4.2.2 Analisa Kuat Tarik .....	33
4.3 Pemodelan ANN.....	34
4.3.1 Pemodelan ANN 1 Layar untuk hasil kuat tekan tw.c = 0,25 & 0,30 .....	35
4.3.2 Pemodelan ANN 1 Layar untuk hasil kuat tekan tw.c = 0,35 & 0,40 .....	39
4.3.3 Pemodelan ANN 1 Layar untuk hasil kuat tekan tw.c = 0,25 - 0,40 .....	43
4.3.4 Pemodelan ANN 1 Layar untuk hasil kuat tarik tw.c = 0,25 -& 0,30 .....	47
4.3.5 Pemodelan ANN 1 Layar untuk hasil kuat tarik tw.c = 0,35 -& 0,40 .....	51
4.3.6 Pemodelan ANN 1 Layar untuk hasil kuat tarik tw.c = 0,25 - 0,40 .....	55
4.4 Mix Desain Ann .....	59
4.4.1 Mix Desain ECC dengan w/c 0,25 & 0,30.....	59
4.4.2 Mix Desain ECC dengan w/c 0,35 & 0,34.....	59
4.4.3 Mix Desain ECC dengan w/c 0,25 - 0,40.....	60
 BAB 5 PENUTUP	
5.1 Kesimpulan .....	63
5.2 Saran .....	63
DAFTAR PUSTAKA .....	65

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang.

Di Indonesia beton masih merupakan material konstruksi teknik sipil yang paling banyak digunakan. Hal ini tidak mengherankan karena beton mempunyai kelebihan yaitu pelaksanaannya mudah, materialnya mudah didapat, tahan terhadap kebakaran serta memiliki kekuatan tekan yang tinggi. Beton adalah campuran antara semen portland atau semen hidrolis yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan yang membentuk masa padat. Di samping memiliki kelebihan, beton juga memiliki keterbatasan diantaranya kuat tarik dan lentur yang rendah mengakibatkan beton mudah retak dan juga daktilitas yang rendah terutama pada struktur tahan gempa. Pada struktur tahan gempa yang mengalami deformasi yang besar dibutuhkan beton dengan kemampuan lentur yang baik untuk menahan deformasi.

Perkembangan teknologi beton terus diupayakan oleh para peneliti akhir-akhir ini. Berbagai upaya telah dilakukan oleh peneliti untuk meningkatkan kekuatan beton. Ada yang meninjau dari segi struktur beton dan ada juga dari segi peningkatan mutu material beton. Salah satu upaya peningkatan kekuatan beton yaitu dengan penggunaan *Engineered Cementitious Composite* (ECC) yaitu komposit beton dengan diperkuat serat pendek yang tersebar acak. *Engineered Cementitious Composite* (ECC) adalah material yang terdiri dari komposit semen dengan distribusi serat pendek secara acak dengan volume sekitar 2 % (Khin T. Soe, Y.X.Zhang, L.C Zhang, 2013). Bahan-bahan material *Engineered Cementitious Composite* (ECC) mirip dengan FRC tetapi komposisi serat ECC jauh lebih sedikit dengan tetap mempertahankan karakteristik yang diinginkan yaitu kekuatan dan daktilitas.

Penelitian hingga penggunaan ECC di Indonesia masih terbatas dan belum ada standar mix desainya di Indonesia meskipun ECC mempunyai karakter yang unggul. Untuk mencapai karakter dari beton ECC sangat tergantung dari berbagai

faktor, diantaranya adalah mix desain dengan berbagai material pembentuk ECC Untuk mendapat mix desain ECC selama ini digunakan dengan banyak percobaan, dan hal ini tidak efektif. *Artificial neural network* (ANN) adalah salah satu program komputer yang dapat membantu menentukan mix desain secara efektif, sehingga apabila kita menginginkan kuat tekan tertentu campurannya dapat ditentukan dengan program ANN.

Karena itu penelitian ini akan membuat beberapa komposisi mix desain beton ECC, dan untuk mempermudah analisa mix desain ECC digunakan program *artificial neural network* (ANN). *Artificial Neural Network* (ANN) merupakan suatu konsep rekayasa pengetahuan dalam bidang kecerdasan buatan yang didesain dengan mengadopsi sistim saraf manusia (Eko Prasetyo 2014), di mana pemrosesan utama sistim saraf manusia ada di otak. Bagian terkecil dari otak manusia adalah sel saraf yang merupakan unit dasar pemroses informasi yang disebut sebagai neuron. Ada sekitar 10 miliar neuron dalam otak manusia dan sekitar 60 trilyun koneksi (disebut sinapsis) antara neuron dalam otak manusia (Sheehard and Koch, 1990). Dengan menggunakan neuron-neuron tersebut secara simultan, otak manusia dapat memproses informasi secara paralel dan cepat.

Dengan menganalogikan sistim kerja otak manusia tersebut, ANN dari sebuah unit pemroses disebut neuron yang berisi adder dan fungsi aktivasi, sejumlah bobot, sejumlah vektor masukan. Fungsi aktivasi yang berguna untuk mengatur keluaran yang diberikan oleh neuron.

Dalam penelitian ini akan didesain ECC dengan berbagai komposisi: mortar ECC dengan komposisi : w/c (0,25 ; 0,30 ; 0,35 ; 0,40), serat *Polyvinyl alcohol* (PVA) dengan presentasi volume ( 0%, 1%, 1,5% , 2% ) , *Fly Ash* (FA) dengan presentase (0: 10; 20 ; 30 ; 40 ; 50 ; 60) dan *superplasticizer* (0-0,1). Pengujian yang dilakukan yaitu kuat tekan, dan kuat tarik terhadap benda uji mortar ECC. Data hasil pengujian kemudian dimodelkan dengan program *artificial neural network* (ANN).



Penelitian ini diharapkan untuk mendapatkan model mix desain ECC dengan menggunakan program *artificial neural network* (ANN) dan dapat menentukan proporsi campuran jika kekuatan tekan ditentukan lebih dulu.

## **1.2 Permasalahan**

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah :

1. Bagaimana cara membentuk model ANN agar mampu menghubungkan dengan baik data mix desain, hasil tes kekuatan tekan beton dan kekuatan tarik beton.
2. Bagaimana performa akhir model ANN.
3. Bagaimana membuat mix desain ECC dengan program ANN

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan penelitian yaitu :

1. Dapat membentuk model ANN agar mampu menghubungkan dengan baik input data dan output data
2. Mendapat performa akhir model ANN.
3. Mendapat mix desain ECC dengan program ANN

## **1.4 Manfaat dan Kontribusi Penelitian**

Penelitian ini diharapkan dapat membentuk model *artificial neural network* (ANN) sehingga dapat memprediksi kuat tekan beton dan kuat tarik beton ECC. dan dapat menentukan mix desain ECC.

Penelitian ini juga diharapkan dapat menambah wawasan dan pengetahuan dalam teknologi beton yang bermanfaat bagi perkembangan konstruksi teknik sipil.



## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Fiber-Reinforced Concrete (FRC)**

*Fiber reinforced concrete (FRC)* adalah beton yang dibuat dari campuran semen, agregat halus, agregat kasar, air dan sejumlah serat (fiber) yang disebar dalam campuran (Kamran M. Nemati 2013). Tujuan penambahan serat tersebut adalah untuk meningkatkan kekuatan tarik beton, sehingga beton tahan terhadap gaya tarik akibat, cuaca, iklim dan temperatur yang biasanya terjadi pada beton dengan permukaannya yang luas dan mencegah terjadinya retakan pada beton terutama di daerah tarik akibat pengaruh pembebanan. Jenis serat yang dapat digunakan dalam beton serat dapat berupa serat alam atau serat buatan.

- Serat alam, umumnya terbuat dari tumbuh-tumbuhan diantaranya :
  - Ijuk
  - Serabut kelapa
  - Serat Nenas
- Serat baja.
- Serat gelas.
- Serat Buatan, umumnya terbuat dari senyawa-senyawa polimer yang mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap pengaruh cuaca diantaranya :
  - Polypropilene
  - Polyetilene
  - Polyster
  - Poly vinyl alcohol

Perilaku beton berserat ditentukan oleh beberapa faktor antara lain : sifat-sifat fisik serat matriknya dan perlekatan / interaksi antara serat & matriknya. Hal ini diperlukan untuk memperkirakan kontribusi serat pada sifat-sifat mekanik beton. Sebuah kelas dari FRC adalah *engineered cementitious composite* (ECC) yang dikembangkan pada tahun 1990-an.

## **2.2 Engineered Cementitious Composite (ECC)**

*Engineered cementitious composite* (ECC) adalah material yang terdiri dari komposit semen dengan distribusi serat pendek secara acak dengan volume sekitar 2 % (Khin T. Soe, Y.X.Zhang, L.C Zhang, 2013). Sifat mekanikal ECC tergantung pada type geometri dan volume materi penyusun yang digunakan dalam campuran dan karakteristik dari fiber. Komposisi ECC umumnya menggunakan rasio w/c (water/cement) dan s/c (sand/cement)  $\pm 0.5$  (Victor C. Li, Tetsushi Kanada, 1998)

Bahan-bahan material *engineered cementitious composite* (ECC) mirip dengan FRC tetapi komposisi serat ECC jauh lebih sedikit dengan tetap mempertahankan karakteristik yang diinginkan yaitu kekuatan dan daktilitas. Material ECC mempunyai keunggulan sifat mekanik seperti kekuatan tarik, kemampuan regangan batas dengan meningkatkan secara signifikan regangan pergeseran dibandingkan beton konvensional

ECC dirancang melalui prinsip micromechanical adalah jenis kelas FRC dengan komposit semen diperkuat serat ditandai dengan daktilitas yang tinggi dan lebar retak yang kecil. ECC dengan fraksi 2% volume ECC menunjukkan regangan tarik 3-5 %.(Xiayan Huang, Ravi Ranade, Wen Ni, Victor Li,2013). Terlepas dari desain campuran ECC, distribusi serat merupakan faktor penting bagi sifat mekanik ECC, khususnya daktilitas. Untuk mendapatkan distribusi serat yang baik, viskositas plastis mortar ECC sebelum menambahkan serat perlu dikontrol dengan menyesuaikan rasio w/p (water to powder) atau pencampuran bahan kimia. Viskositas plastis yang tidak diinginkan sebelum penambahan serat dapat menyebabkan distribusi serat yang kurang baik. Kapasitas regangan tarik meningkat pada campuran dengan rasio w/p (water/powder) yang tinggi (Jian

Zhou, Shunzhi Qian, Guang Ye, Oguzhan Copuroglu, Klaas van Breugel, Victor C. Li (2012)

Daktalitas tinggi tersebut merupakan hasil dari perilaku pengerasan melalui beberapa retak. Lebar retak kecil biasanya dibawah 100  $\mu\text{m}$ . Serat seperti serat baja, serat *polypropylene* (PP), serat *polyethylene* (PE), serat *polyvinyl alcohol* (PVA) telah digunakan dalam campuran ECC. Penggunaan serat pada ECC meningkatkan kekuatan dan kemampuan regangan dan menyerap energi pada beton sehingga mengurangi kerusakan elemen beton selama pembebanan. Serat dengan Modulus Tinggi seperti serat baja, serat gelas & serat carbon meningkatkan kekuatan dan ketangguhan material tetapi perilaku getas tidak memungkinkan untuk daktalitas atau pengerasan regangan. Serat dengan modulus rendah seperti serat *polypropylene* (PP), serat *polyethylene* (PE), serat *polyvinyl alcohol* (PVA) telah digunakan untuk meningkatkan daktalitas dan mengurangi retak (Khin T. Soe, Y.X.Zhang, L.C Zhang, 2013). Dengan daktalitas yang tinggi dan lebar retak yang kecil menunjukkan daya tahan yang tinggi dan menjadi bahan yang menjanjikan untuk meningkatkan keselamatan, servisibility, dan kelanjutan infrastruktur sipil.

Sejumlah kelompok peneliti terus mengembangkan ECC termasuk di University of Michigan, University of Tokyo, Stanford University. Kurangnya beton konvensional terhadap daya tahan dan kegagalan di bawah tekanan menjadi faktor pendorong dalam pengembangan ECC. ECC memiliki berbagai sifat unik, termasuk kekuatan tarik, penggunaannya hanya volume kecil ( $\pm 2\%$ ), lebar retak yang kecil. Properti ini terutama disebabkan oleh interaksi antara serat dan matriks penyamenan, yang dapat disesuaikan melalui desain micromechanics. Perilaku microcracking menyebabkan ketahanan terhadap korosi (celah-celah yang sangat kecil dan banyak sehingga sulit untuk media agresif untuk menembus dan menyerang baja tulangan)

ECC telah digunakan dalam sejumlah aplikasi skala besar di Jepang, Korea, Swiss, Australia dan USA. Dam Mitaka dekat Hirosima diperbaiki menggunakan ECC pada tahun 2003. Permukaan bendungan mengalami rusak

berat dan menunjukkan retak dan kebocoran pada beberapa tempat. Lapisan ECC diterapkan untuk memperbaiki permukaan 600 m<sup>2</sup>.

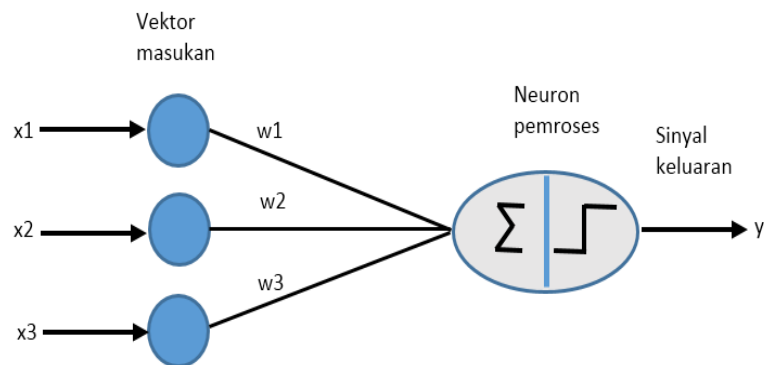
Juga pada tahun 2003, sebuah dinding penahan tanah di Gifu, Jepang diperbaiki dengan menggunakan ECC. Semen Portland biasa tidak dapat digunakan karena tingkat keparahan retak dalam struktur aslinya. ECC dimaksudkan untuk meminimalkan bahaya ini.

Demikian juga ECC digunakan pada perkerasan dek jembatan Michigan, USA pada tahun 2005 dan menunjukkan sifat unggul terhadap lentur.

### **2.3 Artificial Neural Network (ANN)**

*Artificial neural network* (ANN) merupakan suatu konsep rekayasa pengetahuan dalam bidang kecerdasan buatan dengan mengadopsi sistem saraf manusia, di mana pemrosesan utama sistem saraf manusia ada di otak. Bagian terkecil dari otak manusia adalah sel saraf yang merupakan unit dasar pemroses informasi yang disebut sebagai neuron. Ada sekitar 10 miliar neuron dalam otak manusia dan sekitar 60 triliun koneksi (disebut sinapsis) antara neuron dalam otak manusia (Shepherd and Koch, 1990). Dengan menggunakan neuron-neuron tersebut secara simultan, otak manusia dapat memproses informasi secara paralel dan cepat.

Dengan menganalogikan sistem kerja otak manusia tersebut, ANN dari sebuah unit pemroses disebut neuron yang berisi adder dan fungsi aktivasi, sejumlah bobot, sejumlah vektor masukan. Fungsi aktivasi yang berguna untuk mengatur keluaran yang diberikan oleh neuron. Desain ANN secara umum disajikan dalam gambar berikut :



Gambar 2.1 Desain ANN secara umum

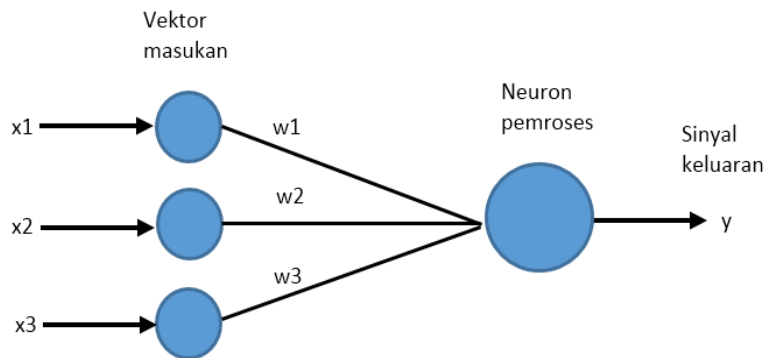
Seperti halnya manusia yang belajar dari lingkungan agar dapat mengelola lingkungan berdasarkan pengalaman yang didapatkan, ANN sebagai model yang digunakan untuk proses prediksi data juga membutuhkan proses pelatihan agar dapat melakukan prediksi kelas suatu uji baru yang ditentukan. Proses pelatihan dalam ANN dapat menggunakan *algoritma* seperti preception, backpropagation dan sebagainya. ANN menggunakan fungsi aktivasi yang digunakan untuk membatasi keluaran dari neuron agar sesuai dengan batasan sinyal keluaran yang ditetapkan.

### 2.3.1 Arsitektur Jaringan ANN

Arsitektur jaringan pada ANN sangat tergantung dari hubungan antara neuron dan *algoritma* pembelajaran. Arsitektur jaringan ANN ditinjau dari jumlah layer dapat dibagi menjadi 2 macam :

#### a. ANN Layer Tunggal

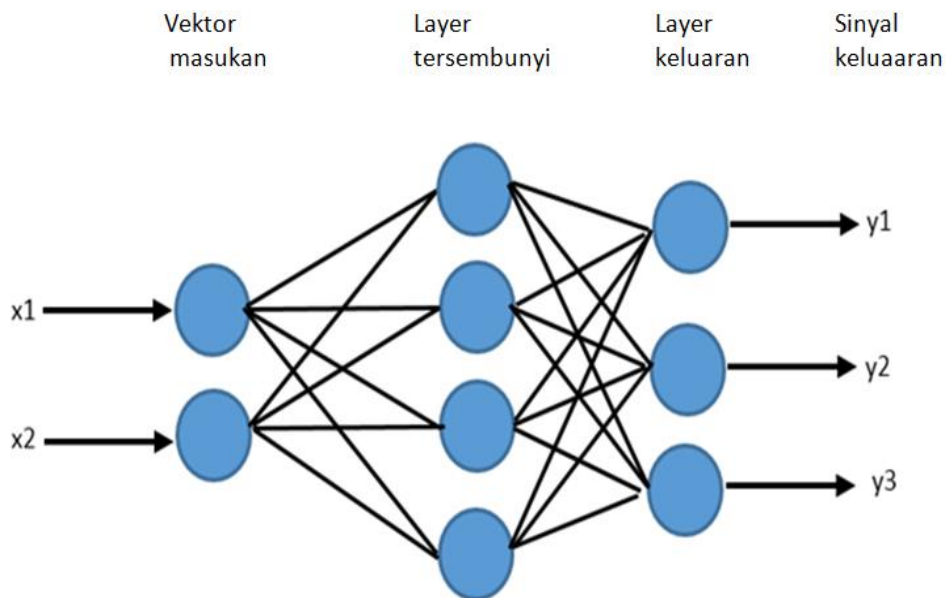
ANN dengan Layer Tunggal mempunyai satu lapisan neuron pemroses. Satu lapis bisa terdiri dari banyak neuron. Gambar 2.2 merupakan contoh ANN layer tunggal dengan jumlah neuron satu



Gambar 2.2 Arsitektur Jaringan Layer Tunggal

b. ANN Layer Jamak

ANN dengan layer jamak mempunyai sejumlah neuron perantara yang menghubungkan vektor masukan dengan layer keluar, layer perantara ini disebut sebagai layer tersembunyi atau hidden layer. Gambar 2.3 merupakan contoh ANN layer jamak dengan satu hidden layer dengan empat neuron dan satu layer keluaran dengan tiga neuron



Gambar 2.3 Arsitektur Jaringan Layer Jamak

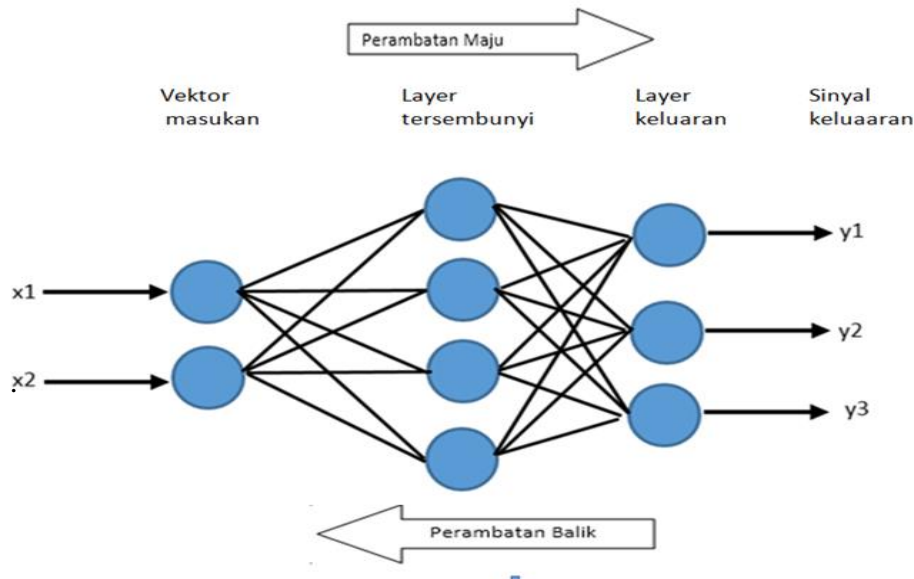


Setiap layer dalam layer jamak mempunyai fungsi khusus. Layer masukan berfungsi menerima sinyal dari masukan dan mendistribusikan ke semua neuron dalam hidden layer. Layer keluaran menerima sinyal keluaran dari hidden layer dan memunculkan sinyal keluaran dari keseluruhan jaringan. Neuron dalam hidden layer mendeteksi fitur-fitur tersembunyi, sedangkan bobot dari neuron mempresentasikan fitur tersembunyi dalam vektor masukan. Fitur-fitur tersembunyi ini kemudian digunakan dalam layer keluaran dalam menentukan pola keluaran.

Banyak *algoritma* yang tersedia dalam jaringan layer jamak, tetapi yang paling populer adalah *backpropagation*. Algoritma *backpropagation* merupakan *algoritma* yang sering digunakan menyelesaikan masalah-masalah rumit. Cara pelatihan yang dilakukan *backpropagation* sama dengan *perception*. Sejumlah data latih sebagai data masukan diberikan pada jaringan. Jaringan menghitung data keluaran, jika ada error (perbedaan antara target keluaran yang digunakan dengan nilai keluaran yang didapatkan) maka bobot dalam jaringan akan diperbarui untuk mengurangi error tersebut. Dalam *algoritma backpropagation* pelatihan mempunyai dua fase. Fase pertama, faktor masukan diberikan pada layer masukan. Jaringan kemudian merambatkan data masukan dari layer masukan ke hidden layer pertama kemudian diteruskan ke layer hidden berikutnya sampai nilai keluaran dibangkitkan oleh layer keluaran.

Fase Kedua, jika nilai/pola keluaran berbeda dengan nilai keluaran yang diinginkan, error akan dihitung kemudian dirambatkan balik dari layer keluaran yang diinginkan, error akan dihitung kemudian akan dirambatkan balik dari layer sampai kembali ke layer masukan, bobot diperbarui selama perambatan balik. Seperti halnya ANN yang lain, *algoritma backpropagation* ditentukan juga oleh koneksi antar neuron (arsitektur ANN), fungsi aktivasi yang digunakan oleh neuron dan *algoritma* pelatihan yang menetapkan prosedur untuk memodifikasi bobot. Biasanya *algoritma backpropagation* mempunyai dua atau tiga layer komputasi. Semua layer terhubung total sehingga setiap neuron dalam setiap layer dihubungkan dengan semua neuron

dalam layer tetangganya. Gambar 2.4 merupakan contoh ANN *backpropagation*.



Gambar 2.4 Arsitektur ANN *backpropagation*

Langkah awal untuk memodelkan algoritma adalah dengan *training* data spesifikasi *input* dan *output* pada data percobaan, yang kemudian dites menggunakan model ANN, hingga didapat hubungan input dan output. Untuk training ANN, perlu dimasukkan sejumlah *input* data yang kemudian akan menghasilkan beberapa *output*. Untuk membandingkan hasil *input* ini dengan target *output* untuk setiap masukan diperlukan perhitungan nilai *error*. Perhitungan nilai *error* ini dapat menentukan bahwa hasil *output* benar atau salah, juga dapat menentukan derajat kebenaran atau kesalahan. Fungsi *error* yang umumnya digunakan adalah MSE (*Mean Square Error*). MSE merupakan rata-rata kuadrat dari selisih antara *output* dengan target *output*. MSE dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$MSE = \frac{\sum(o - t)^2}{n}$$

Dimana: o = Output jaringan

t = Target output

n = Jumlah data

Dalam penelitian ini akan didesain ECC dengan berbagai komposisi: mortar ECC dengan komposisi : w/c (0,25 ; 0,30 ; 0,35 ; 0,40), serat *polyvinyl alcohol* (PVA) dengan presentasi volume ( 0%, 1%, 1,5% , 2% ) , *fly ash* (FA) dengan presentase (0: 10; 20 ; 30 ; 40 ; 50 ; 60) dan superplattizer. w/c (0,25 ; 0,30,). Pengujian yang dilakukan yaitu kuat tekan, dan kuat tarik terhadap benda uji mortar ECC. Data hasil pengujian kemudian dimodelkan dengan program *artificial neural network* (ANN)

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan model mix desain ECC dengan menggunakan program *artificial neural network* (ANN) dan dapat menentukan proporsi campuran jika kekuatan tekan ditentukan lebih dulu.

## **2.4 Penelitian yang terkait**

Penelitian yang terkait dengan Engineered Cementitious Composite sbb :

### **2.4.1 Ductile Engineered Cementitious Composite Elements for Seismic Structural Application.**

**(Hirosi Fukuyama, Yukhiro Sato, Victor C. Li, Yasuhiro Matsusaki dan Hirozo Mihashi ,2000)**

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menyelidiki efek peningkatan pada kinerja elemen yang diperkuat ECC. ECC digunakan dalam penelitian ini adalah *polyvinyl alcohol* (PVA) yang diperkuat serat dan mortar dengan prinsip micromecanical.ECC, yang menunjukkan sifat yang sangat baik dalam daktilitas dan toleransi kerusakan, dikembangkan untuk elemen struktur tahan gempa. Tes tegangan siklik dengan spesimen silinder dilakukan untuk mengamati uniaksial sifat mekanik PVA-ECC. Dari tes ini, PVA-ECC dengan 1.5% dari volume serat menampilkan fraksi pengerasan- regangan dengan kapasitas regangan sekitar 1.5 %. Untuk menunjukan potensi ECC dalam kinerja struktural elemen, tes pembebanan siklik dari 6 balok dilakukan untuk menyelidiki efek peningkatan pada kinerja struktural balok dengan PVA-ECC.Hasil tes

menunjukkan bahwa kegagalan geser dapat dicegah dengan menggunakan PVA-ECC. Akibatnya balok dengan PVA-ECC mengidikasi ketahanan baik terhadap beban gempa.

#### **2.4.2 Durability of Mechanical Loaded Engineered Cementitious Composite Under Higly Alkaline**

**(Mustafa Sahmaran, Victor C. Li 2008)**

Ketahanan beban mekanis ECC diselidiki dalam penelitian ini. ECC menawarkan potensi signifikan infrastruktur sipil yang tahan lama, karena kapasitas regangan tarik tinggi lebih dari 3%, dan terkendali lebar mikro-retak kurang dari 80  $\mu\text{m}$ . Sebuah studi eksperimental dirancang untuk menyelidiki daya tahan material ECC berkaitan dengan retak dan tahanan di bawah gabungan beban mekanis dan kondisi beban lingkungan. Spesimen ECC diletakan di bawah uniaksial tingkat tegangan yang berbeda, dan kemudian terkena lingkungan alkalin sampai 3 bulan pada 38° C dan sampai gagal. Spesimen menunjukkan kehilangan sedikit daktilitas dan kekuatan tarik, tapi mempertahankan beberapa perilaku mikro-retak dan kapasitas regangan tarik lebih dari 2% (sekitar lebih dari 200 kali dari beton normal dan beton bertulang serat). Hasil penelitian menunjukkan bukti kuat ketahanan diri bahan ECC mikro-retak, yang masih dapat membawa cukup tegangan tarik dan mengembalikan hampir kekakuan asli. Fenomena pemulihan diri secara efektif menutup mikro-retak bahkan setelah satu bulan periode eksposur. Spesimen ECC juga direndam dalam larutan alkali pada 80 C° sesuai ASTM C 1260 untuk menentukan perubahan panjang mereka karena reaksi alkali silika (ASR). Spesimen ECC tidak menunjukkan ekspansi pada akhir 30 hari periode perendaman. Oleh karena itu, hasil tes menunjukkan bahwa ECC, baik sebelum retak dan mikro-retak, tetap tahan lama meskipun dalam lingkungan alkalin tinggi.

### **2.4.3 Evaluation of a Polyvinyl Alcohol Fiber Reinforced Engineered Cementitious Composite for a Thin-Bonded Pavement Overlay .**

**(Alexandra Akkari 2011)**

Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi komposit Semen direkayasa dengan diperkuat serat *polyvinyl alcohol* (PVA-ECC) dan menilai prospek untuk memanfaatkan materi di overlay perkerasan . PVA-ECC adalah bahan ulet yang dapat mencapai kekuatan lentur yang sangat tinggi dan kapasitas regangan tarik, karakteristik yang dapat mencegah retak reflektif di trotoar. Campuran PVA-ECC disesuaikan dengan memasukkan agregat kasar untuk mempertahankan beberapa manfaat dari perkerasan beton yang khas. Workability, kekuatan lentur dan tekan, daktilitas dan ketahanan tes dilakukan untuk menilai kinerja di berbagai isi serat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa serat pada 16 lbs / cy mencapai kekuatan lentur dan tekan tertinggi, pada 1030 dan 6910 Psi. Hasil test menunjukkan bahwa serat pada 16 lbs / cy serat dapat meningkatkan kekuatan lentur dengan antara 150 dan 300 psi dengan keyakinan 95%. Peningkatan kecil dan kurangnya perilaku ulet terlihat tidak membuat PVA-ECC bermanfaat untuk aplikasi overlay. Penelitian ini menemukan bahwa PVA termodifikasi-ECC dengan dosis rendah serat diselidiki dalam penelitian ini dan tidak cocok untuk overlay di MnROAD. Pembebanan pada balok tipis tidak menunjukkan daktilitas.

### **2.4.4 Improved Fiber Distribution and Mechanical Properties of Engineered Cementitious Composite by adjusting the Mixing Sequence.**

**(Jian Zhou, Shunzhi Qian, Guang Ye, Oguzhan Copuroglu, Klaas van Breugel, Victor C. Li (2012)**

Penelitian yang dilakukan bertujuan menyelidiki distribusi serat pada ECC dengan menyesuaikan urutan pencampuran. Distribusi serat merupakan salah satu faktor penting bagi sifat mekanik ECC, khususnya daktilitas. Penelitian ini mengeksplorasi pendekatan inovatif untuk meningkatkan distribusi serat dengan menyesuaikan urutan pencampuran. Dengan urutan pencampuran standar, serat ditambahkan setelah semua bahan padat dan cair dicampur. Urutan pencampuran

yang disesuaikan yaitu pencampuran bahan padat dan cair dibagi menjadi dua langkah dan penambahan serat diantara dua langkah tersebut. Urutan pencampuran baru dikembangkan, bertujuan untuk meningkatkan distribusi serat dalam ECC. Urutan pencampuran air pertama-tama diselidiki dengan membandingkan hasil eksperimen uji tarik uniaksial dan analisis distribusi serat. Hasil pengujian menunjukkan :

- Kapasitas regangan tarik meningkat pada campuran dengan rasio w/p (water/powder) yang tinggi
- Penyesuaian urutan pencampuran meningkatkan distribusi serat dalam ECC jika dibandingkan dengan urutan pencampuran standar.
- Terdapat hubungan korelasi yang baik antara koefisien distribusi serat dan daktilitas tarik
- Urutan pencampuran yang disesuaikan menunjukkan peningkatan sifat tarik dan penurunan susut .

#### **2.4.5 Development of Green Engineered Cementitious Composite using Iron Ore Tailings as Aggregates**

**(Xiaoyan Huang, Ravi Ranade, Victor C. Li (2013))**

Mikro-Pasir Silika sering digunakan sebagai agregat halus dalam produksi ECC, namun biaya tinggi dan terbatasnya mikro-pasir silika menjadi kendala dalam aplikasi ECC dalam infrastruktur sipil. Untuk mengatasi ini Penelitian mengeksplorasi kelayakan menggunakan Iron Ore Tailings (IOT) yang lebih murah dan ramah lingkungan tanpa mengorbankan kinerja mekanik ECC yang ulet. Hasil penelitian : menunjukkan kelayakan menggunakan IOT sebagai agregat untuk ECC. Ukuran IOT memiliki pengaruh yang signifikan terhadap mengerasnya sifat ECC. IOT-425 mempertahankan dispersi serat relatif lebih baik dan daktilitas tarik yang tinggi. IOT dengan ukuran partikel lebih besar dari IOT-425 menunjukkan penurunan kinerja tarik. Sifat mekanis : kekuatan tarik, kapasitas regangan tarik dan kuat tekan campuran ECC dengan IOT-425 sebanding

dengan standar campuran mikro-pasir silika. Campuran ECC dengan IOT425 menunjukkan kekuatan tarik retak pertama 3.0-3/9 Mpa, kekuatan tarik utama 4.7-5.8 Mpa. Kapasitas regangan tarik 2.8-4.2 %, dan kuat tekan 27.9-50.1 Mpa pada umur 28 hari tergantung rasio FA/C. Hasil penelitian ini menunjukkan potensi material IOT yang ramah lingkungan.

#### **2.4.6 Prediction of Compressive Strength for Self-Compacting Concrete (SCC) Using Artificial Intelligence and Regression Analysis**

**(S. Dhiviya Bharath , R. Manju and J. Premalatha. (2017)**

Pada penelitian ini, model regresi analisis dan model *artificial neural network* dikembangkan untuk memprediksi sifat segar dan mengeras dari *Self-Compacting Concrete* yang terdiri dari *fly ash* sebagai pengganti sebagian semen. *Self-Compacting Concrete* adalah beton yang dapat mengalir mengisi bekisting tanpa alat penggetar, sehingga mudah ditempatkan, dalam bentuk bekisting yang rumit atau area yang sulit dijangkau.

Kecerdasan buatan (*artificial intelligence*) adalah ilmu yang berusaha menjelaskan dan meniru perilaku cerdas otak manusia dalam hal dari proses komputasi. Ini menemukan pola yang tersembunyi dalam menjawab sejumlah data yang besar. Hal ini memungkinkan untuk membangun dasar model yang mengukur pola dan menggabungkannya. *Artificial neural network* (ANN) adalah metode pemodelan berdasarkan teknik *Artificial Intelligence*. *Artificial neural network* untuk campuran beton dapat dikembangkan untuk memprediksi sifat segar dan mengeras dengan ANN dengan persentase kesalahan minimum

*Artificial neural network* (ANN) adalah pola pengklasifikasi yang berperilaku, dalam beberapa hal, seperti pikiran manusia. Ia terdiri dari neuron buatan yang tersusun dalam satu set lapisan (lapisan Input, lapisan output dan lapisan tersembunyi). neuron lain berhubungan memiliki bobot yang mewakili beberapa proses pembelajaran sebelumnya. Dengan memvariasikan bobot ini hubungan antara input-output dapat diprediksi . Hal ini digunakan karena adanya

kemampuan untuk mempelajari hubungan input-output untuk masalah yang kompleks dengan cara yang efisien

Analisis regresi adalah proses statistik yang digunakan untuk memperkirakan hubungan antara sebuah variabel terikat dan satu atau lebih variabel bebas yang dikenal sebagai prediktor. Data dari pengamatan, tingkat korelasi antara dua variabel ditemukan dan teknik regresi tersebut digunakan untuk menemukan persamaan yang paling sesuai dengan trend hubungan.

Dalam penelitian ini data dikumpulkan dari literatur untuk mengembangkan model. material campuran terdiri dari semen, *fly ash*, agregat halus, agregat kasar, sejumlah dosis *superplasticizer* (SP) dan *Water-Binder ratio* (W / B) diambil sebagai parameter input. Sifat SCC yang segar dan menegeras seperti *Slump Flow Diameter* (SFD), *rasio L-Box* (LB), *V Funnel Flow Time* (VFT) dan Kekuatan tekan beton 28 hari diambil sebagai parameter output. Model dikembangkan dengan menggunakan analisis regresi dan *artificial neural network*, dilatih dan diuji. Hasil dari kedua model tersebut dibandingkan.

Perbandingan model yang dikembangkan dengan menggunakan *artificial neural network* (ANN) dan analisis regresi menunjukkan bahwa performance dari model ANN lebih unggul bila dibandingkan dengan model analisis regresi. Nilai  $r^2$  diperoleh untuk model Slump diameter aliran dan corong V yang dikembangkan menggunakan jaringan syaraf tiruan lebih besar dari 0.9 yang berbeda dengan model regresi dengan nilai  $r^2$  0.792 dan 0.646. Hal ini menunjukkan tidak adanya penerimaan model regresi. Model jaringan syaraf tiruan menunjukkan nilai *Root Mean Square Error* (RMSE) dan *Mean Absolute Persentase Error* (MAPE) yang sangat rendah. Regresi Model memiliki koefisien determinasi yang rendah dibandingkan model *artificial neural network* dan karenanya penggunaan Model *artificial neural network* memberikan hasil yang superior. Persamaan regresi dapat diterapkan untuk desain campuran pendahuluan perhitungan SCC. Namun, dalam situasi menuntut akurasi yang lebih tinggi, hanya model *artificial neural network* berlaku. Model yang dikembangkan dengan



menerapkan *feed forward back propagation* ANN menghasilkan hasil yang lebih baik prediksi sifat segar dan mengeras dari SCC.

#### **2.4.7 Using Artificial Neural Network to Predict the Compressive Strength of Concrete containing Nano-silica**

**(Sakshi Gupta (2013))**

Penelitian ini menyajikan aplikasi *artificial neural network* (ANN) untuk mengembangkan model yang dapat memprediksi kuat tekan beton 28 hari dengan menggantikan sebagian semen dengan nano-silika dimana data telah diambil dari berbagai literatur. *Nano-silica* biasanya merupakan bahan pozzolanic yang sangat efektif. Biasanya terdiri dari partikel vitreous yang sangat halus kira-kira 1000 kali lebih kecil dari partikel semen rata-rata. Ini telah terbukti merupakan campuran yang sangat baik untuk semen untuk meningkatkan kekuatan dan daya tahan dan mengurangi permeabilitas. *Artificial neural network* adalah prosesor terdistribusi paralel yang memiliki kecenderungan alami untuk menyimpan pengetahuan eksperiensial dan membuatnya tersedia untuk digunakan. Ini menyerupai otak dalam dua hal: 1. Pengetahuan diperoleh melalui jaringan melalui proses belajar. 2. Kekuatan koneksi antar neuron yang dikenal sebagai bobot sinaptik digunakan untuk menyimpan pengetahuan. Prosedur yang digunakan untuk melakukan proses pembelajaran disebut algoritma pembelajaran. Penggunaan ANN menawarkan sifat dan kemampuan yang berguna berikut ini: Non-linearitas, Input-output mapping, Adaptivity, Contextual information, Keseragaman analisis dan disain

Dalam penelitian ini, model ANN dikembangkan dengan data input terdiri dari sement, agregat kasar, water/ to bender ratio, superplatizer nano-silica, diameter nano silica, data outputnya adalah kekuatan tekan beton 28 hari. Model dilatih dengan data eksperimen input dan output. Koefisien korelasi (Cc), *root mean square error* (RMSE), dan *mean absolute error* (MAE) adalah nilai statistik yang dihitung untuk membandingkan data eksperimen dengan model ANN. Nilai kekuatan tekan beton dapat diprediksi dalam model ANN hasilnya menunjukkan

bahwa sebagian besar nilai prediksi kekuatan beton berada dalam  $\pm 20\%$  dari garis ideal, yang menunjukkan bahwa ANN dapat digunakan secara efektif untuk memprediksi kekuatan. Hasil pemodelan menghasilkan nilai Koefisien korelasi (Cc) 0.8685 . *Mean absolute error* = 6.0068 , *root mean square error* = 8.1834

#### **2.4.8 Prediction of Compressive Strength Using Artificial Neural Network**

**(Vijay Pal Singh, Yogesh Chandra Kotiyal (2013))**

Untuk memprediksi kekuatan material yang digunakan dalam struktur, beragam teknik yang digunakan Di antara teknik ini, *Non-destructif Technique* (NDT) adalah salah satu yang bisa digunakan untuk memprediksi kekuatan tanpa merusak struktur. Dalam penelitian ini, upaya menghubungkan Kekuatan diperoleh dengan Hammer test, penetrasi metode resistansi dengan eksperimen yang diperoleh actual Kekuatan tekan dengan menggunakan analisis regresi dan juga Pemodelan ANN

Studi eksperimental telah dilakukan pada kubus beton dimensi 150 mm x150 mm x150 mm. Sekitar 350 jumlah kubus dari dimensi tersebut dengan komposisi Semen, Pasir dan Agregat kasar, dan diuji setelah 28 hari. Setiap kubus diuji dulu oleh teknik ND seperti palu Rebound, metode probe Windsor, Metode kecepatan pulsa ultra sonik, dan akhirnya kubus beton itu diuji di bawah mesin uji tekan untuk mendapat kekuatan tekan. Hasil eksperimen diperoleh berupa angka rebound, kedalaman penetrasi dalam mm, kecepatan pulsa dalam kilometer/detik dan akhirnya kekuatan tekan pada N / mm<sup>2</sup>.

Dalam penelitian ini, Kekuatan beton telah diprediksi menggunakan *artificial neural network* (ANN). Kekuatan yang diprediksi dibandingkan dengan eksperimental diperoleh kekuatan tekan beton aktual dan Persamaan dikembangkan untuk model yang berbeda. Hubungan yang baik telah diperoleh antara kekuatan yang diprediksi oleh model-model ini dan nilai eksperimental. Selanjutnya, hubungan timbal balik telah dikembangkan menggunakan dua teknik NDT untuk memprediksi kekuatan dengan regresi

analisis. Ditemukan bahwa persentase kesalahan telah berkurang antara kekuatan yang diprediksi dengan menggunakan teknik gabungan . Studi ini menunjukkan bahwa ANN dapat memprediksi kekuatannya sangat dekat dengan kekuatan material yang sebenarnya

#### **2.4.9 Prediction of Compressive Strength of high performance Using Artificial Neural Network**

**(A Torre<sup>1</sup>, F Garcia<sup>2</sup>, I Moromi<sup>1</sup>, P Espinoza<sup>3</sup>, L Acuña<sup>3</sup> (2010)**

Beton dengan kekuatan tinggi tidak diragukan lagi merupakan salah satu bahan paling inovatif di Indonesia konstruksi. Pembuatannya sederhana dan dilakukan mulai dari komponen penting (air, semen, halus dan agregat) dan sejumlah aditif. Proporsi campuran berpengaruh pada kekuatan akhir produk. Hubungan ini sepertinya tidak mengikuti suatu rumus matematika dan pengetahuan mix desain sangat penting untuk mengoptimalkan jumlah material yang digunakan dalam pembuatan beton. Dari semua sifat mekanik, beton Kekuatan tekan pada 28 hari paling sering digunakan untuk pengendalian kualitas. Oleh karena itu, itu akan terjadipenting untuk memiliki alat untuk numerik model hubungan tersebut, bahkan sebelum pengolahan. Dalam aspek ini, *artificial neural network* (ANN) menjadi alat pemodelan terutama untuk memperoleh hasil dengan keandalan yang lebih tinggi daripada pengetahuan mengenai hubungan antara variabel yang terlibat dalam proses. Penelitian ini menggunakan 296 spesimen beton dengan berbagai jenis dan jumlah semen, pasir, dan aditif. Dari masing - masing variabel input data spesimen adalah kuantitas semen, jumlah pasir, microsilica dan waktu curing. Sebagai variabel output, kekuatan tekan. Untuk mengevaluasi hasil koefisien regresi ( $r$ ), koefisien determinasi ( $r^2$ ), root meansquare error (RMSE digunakan. Hasil pemodelan ANN sebagai berikut

Tabel 2.1 pemodelan ANN

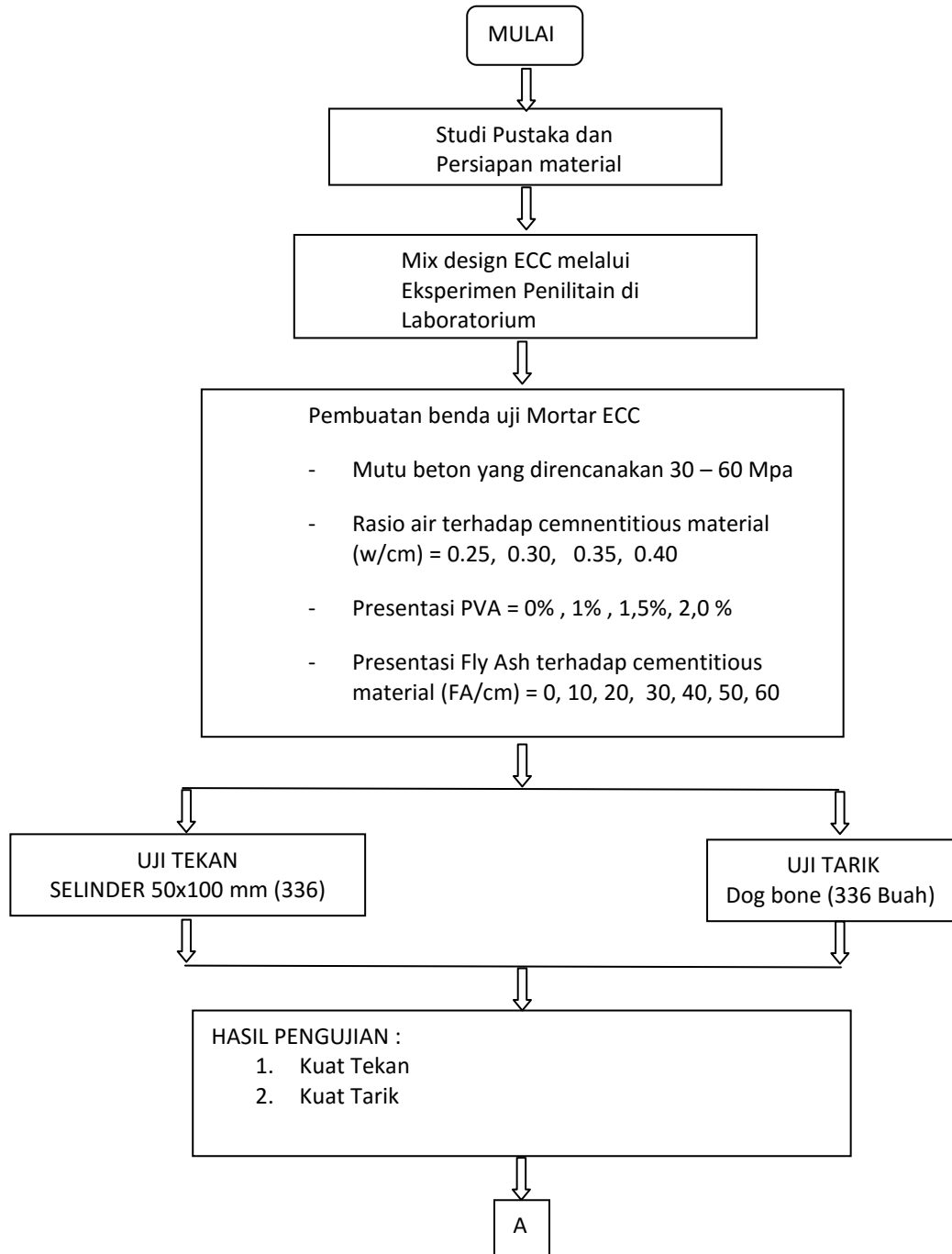
SET	r	r <sup>2</sup>	RMSE
Training	0.92	0.84	86.6
Validation	0.94	0.89	32.5
Testing	0.91	0.82	34.6

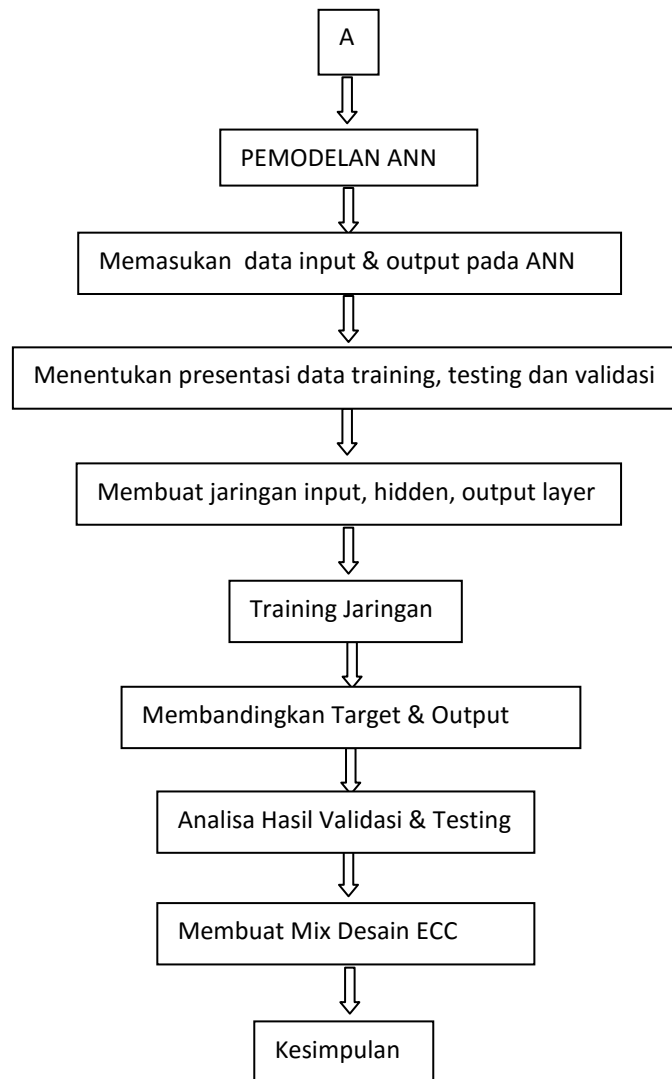
Hasil ini membuat ANN mampu digunakan untuk meningkatkan kualitas kontrol memprediksi kekuatan tekan beton mutu tinggi.

# BAB 3

## METODE PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir Penelitian





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

Input Penelitian :

- Presentasi PVA
- Presentasi *fly ash*
- Presentasi w/c
- Presentase *superplasticizer*

Output Penelitian :

- Kuat Tekan
- Kuat Tarik

### **3.2 Variabel Penelitian**

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan variabel sebagai berikut :

- Benda Uji Mortar :
- Pengujian :

Untuk Pengujian Mortar meliputi :

- o Kuat tekan
- o Kuat tarik

### **3.3 Material**

Pemeriksaan mutu material dilakukan untuk memberikan gambaran yang jelas sifat fisik material :

a. Semen

Semen yang akan digunakan adalah Semen Portland Tipe I produksi PT Semen Gresik yang mengacu pada ASTM C150-02a dan diadakan pengamatan visual bahwa semen dalam kondisi berupa serbuk yang tidak mengeras menunjukkan semen dalam keadaan baik / tidak rusak

b. Air

Air yang digunakan diambil dari Laboratorium Beton Jurusan Teknik Sipil ITS Surabaya yang berasal dari PDAM Kota Surabaya sehingga memenuhi standar untuk pekerjaan beton

c. Agregat

- Agregat Halus : Pasir mengacu pada ASTM C33-86

Pasir diambil dari Lumajang

d. Spesifikasi Fiber Poli Vinil Alcohol

Fiber *Poly Vynil Alcohol* (PVA) digunakan merupakan produk Nycon Cooperation dengan properti sebagai berikut

Fiber name	:	RECS15
Manufacturer	:	Nycon
Material	:	Polyvinil Alcohol
Filament Diameter	:	8 Denier (38 Micron)
Fiber Length	:	0.375'' (8 mm)
Specific Gravity	:	1.3
Tensile Strength	:	240 ksi (1600 MPa)
Flexsural Strength	:	5700 ksi (40 GPa)
Melting Point	:	435 ° F (225° C)
Color	:	White
Water absorption	:	< 1% by weight
Alkali Resistance	:	Excellent
Concrete Surface	:	Not Fuzzy
Corrosion Resistance	:	Excellent



e. Spesifikasi Fly Ash

Fly Ash yang dipakai adalah fly ash kelas f dengan komposisi unsur pembentuknya didapat melalui pengujian x-ray fluorescence (XRF) sebagai berikut :

Tabel 3.1 Komponen unsur pembentuk Fly Ash

Unsur Fly Ash	Persentase Berat Terhadap FA (%)
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14.10
SiO <sub>2</sub>	27,50
SO <sub>3</sub>	1.12
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,50
K <sub>2</sub> O	2.76
CaO	10.67
TiO <sub>2</sub>	3.31
V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.18
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.11
MnO	0.20
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	37.5
NiO	0.25
CuO	0.19
ZnO	0.09
SrO	1.32
ZrO <sub>2</sub>	1.00
Eu <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.60
ReO <sub>2</sub>	0.33

Berdasarkan ASTM C168 – 03 Klasifikasi Fly Ash sebagai berikut :

$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2 \text{O}_3 + \text{Fe}_2 \text{O}_3 > 70 \%$  ( kelas F)

$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2 \text{O}_3 + \text{Fe}_2 \text{O}_3$  jika diantara 50 – 70 % ( kelas C)

Berdasarkan hasil pengujian Fly Ash yang dipakai adalah kelas F “

$\text{SiO}_2 + \text{Al}_2 \text{O}_3 + \text{Fe}_2 \text{O}_3 = 27.70 + 14.10 + 37.50 = 79.30 \%$  ( kelas F)

### 3.4 Perencanaan Campuran

Perancangan Proposi Campuran mengacu pada penelitian TY.Lee yaitu mix campuran Engineered Cementitious Composite (ECC M45) dengan proporsi campuran sebagai berikut

Tabel 3.2 . Proposi campuran ECC M45

Semen	FA	Pasir	Air	HRWR	Fiber (%)
1	1.2	0.8	0.56	0.012	0.02

- Benda Uji Mortar dengan komposisi :
  - Semen, pasir, *fly ash*, *superplasticizer* dan PVA
  - Rasio Air Terhadap cementitious material (w/cm) = 0.25, 0.30, 0.35 , 0.40
  - PVA dengan presentase terhadap volume benda uji : 0 : 1.0 : 1.5 : 2.0
  - Presentasi *fly Ash* terhadap cementitious material (FA/cm) : 0, 10, 20, 30, 40, 50 , 60

### **3.5 Pelaksanaan Pengujian**

#### **3.5.1 Pengujian Kuat Tekan Beton**

Pengujian kuat tekan didasarkan atas ASTM C 39-94 dilakukan untuk mengetahui kuat tekan beton yang diuji pada umur 28 hari. Pengujian dilakukan dengan cara memberikan gaya tekan aksial terhadap benda uji selinder 50x100 mm dengan peningkatan beban sampai benda uji mengalami keruntuhan. Besarnya kuat tekan beton dapat dihitung dengan cara membagi beban maksimum pada saat benda uji hancur dengan luas penampang selinder dirumuskan:

$$f'c = P/A$$

Dimana :

$f'c$  = Kuat tekan beton (kg/cm<sup>2</sup>)

P = Beban maksimum pada saat hancur (kg)

A = Luas penampang cm<sup>2</sup>

Dari hasil kuat tekan masing-masing benda uji akan dihitung kuat tekan beton rata-rata.

#### **3.5.2 Pengujian Kuat Tarik Beton**

Uji kuat tarik dilakukan untuk mengetahui kuat tarik beton pada umur 28 hari. Pengujian dilakukan dengan memberikan gaya tarik pada benda uji berbentuk dogbone dengan kecepatan konstan sehingga benda uji putus .

### **3.6 Pemodelan Artificial Neural Network**

Dalam penelitian ini hasil pengujian akan dimodelkan dalam program *artificial neural network* (ANN) , dengan input: w/c (0.25 ; 0.30, 0.35, 0.40), serat *poly vinyl alcohol* ( PVA) dengan presentasi volume ( 0%, 1%, 1,5% , 2% ) ,Fly

Ash (FA) dengan presentase (0: 10; 20 ; 30 ; 40 ; 50 ; 60) dan superplasticizer. Dan data output yaitu kuat tekan dan kuat tarik. Kemudian model dilatih dengan memasukan data input dan target dengan prosentasi data sebagai berikut :

Tabel 3.3 Kombinasi Prosentase Data *Training, Validation, Testing* dan *node hidden layer*.

Kombinasi	Prosentase Data			Jumlah Node Hidden Layer
	Training	Validation	Testing	
1	50	30	20	1 s/d 20
2	60	20	20	
3	70	15	15	

Setelah jaringan dilatih untuk membandingkan hasil *input* ini dengan target *output* untuk setiap masukan diperlukan perhitungan nilai *error*. Perhitungan nilai *error* ini dapat menentukan bahwa hasil *output* benar atau salah, juga dapat menentukan derajat kebenaran atau kesalahan. Fungsi *error* yang umumnya digunakan adalah MSE (*Mean Square Error*). MSE merupakan rata-rata kuadrat dari selisih antara *output* dengan target *output*. MSE dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$MSE = \frac{\sum(o - t)^2}{n}$$

Dimana: o = Output jaringan

t = Target output

n = Jumlah data

Dari sejumlah pelatihan yang diambil adalah nilai MSE yang terkecil sehingga didapat model dengan performance terbaik. Dengan model tersebut dapat dilatih untuk membuat mix desain

## BAB 4

### ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Umum

Dalam bab ini akan dibahas mengenai hasil penelitian tesis ini.. Hasil tersebut diantaranya analisa data untuk pemodelan hasil atau performa model akhir, hasil validasi pemodelan dan perhitungan eror dari hasil perhitungan.

#### 4.2. Analisa Data

Analisa Data diperoleh dari hasil pengujian tekan dan tarik pada lab. Betan dan Bahan Banugnan ITS yang dapat dilihat pada lampiran 1. Data yang diperoleh berupa hasil pengujian kuat tekan mortar selinder 5x10 cm dan pengujian kuat tarik dari dog bone dengan jumlah data sebanyak 336. Dari data sebanyak 336 di bagi menjadi 2 kelompok yaitu :

- Data I sebanyak 168 data menggunakan *superplasticizer* Sika ViscoCrete-1003 untuk  $w/c = 0.25$  dan  $0.30$
- Data II sebanyak 168 data menggunakan *superplasticizer* Naftali untuk  $w/c = 0.35$  dan  $0.40$



Gambar 4.1 *Pencetakan mortar ECC*

#### 4.2.1 Anlisa Kuat Tekan

Pengujian Kuat Tekan dilakukan untuk umur 28 hari dari mortar selinder 5x10 cm hasil analisa sebagai berikut :

- Data I sebanyak 168 data menggunakan *superplasticizer* Sika ViscoCrete-1003 untuk w/c = 0.25 dan 0.30 dengan kuat tekan berikisar antar 10.79 Mpa – 62.47 Mpa

Tabel 4.1 Hasil Kuat Tekan dengan w/c 0,25 dan 0,30

NO MIX	KUAT TEKAN (Mpa)	Keterangan
M66	10.79	M66 dengan komposisi PVA 1.5, FA=20, W/C=0,30, SP=1
M45	62.47	M45 dengan komposisi PVA=1, FA=40, W/C=0.25, SP=2.5

- Data II sebanyak 168 data menggunakan *superplasticizer* Naftali untuk w/c = 0.35 dan 0.40 dengan kuat tekan berikisar antar 16.31 Mpa – 69.64 Mpa

Tabel 4.2 Hasil Kuat Tekan dengan w/c 0.23 dan 0.40

NO MIX	KUAT TEKAN (MPa)	Keterangan
M27	16.31	M27 dengan komposisi PVA 0, FA=60, W/C=0.35, SP=10
M44	69.64	M44 dengan komposisi PVA=1,, FA=30, W/C=0.40, SP=1



Gambar 4.2 *Pengujian kuat tekan*

#### 4.2.2 Anlisa Kuat Tarik

- Pengujian Kuat Tarik dilakukan untuk umur 28 hari dari mortar dog bone hasil analisa sebagai berikut :
- Data I sebanyak 168 data menggunakan *superplasticizer* Sika ViscoCrete-1003 untuk  $w/c = 0.25$  dan  $0.30$  dengan kuat tarik berikisar antar  $1277.18 \text{ N} - 3477.65 \text{ N}$

Tabel 4.3 Hasil Kuat Tarik dengan  $w/c$  0,25 dan 0,30

NO MIX	KUAT TARIK (MPa)	Keterangan
M25	1.88	M25 dengan komposisi PVA 0, FA=60, W/C=0.25, SP=1.5
M93	5.14	M93 dengan komposisi PVA=2, FA=20, W/C=0.25, SP=2

- Data II sebanyak 168 data menggunakan *superplasticizer* Naftali untuk  $w/c = 0.35$  dan  $0.40$  dengan kuat tarik berikisar antar  $1233.32 \text{ N} - 2764.93 \text{ N}$

Tabel 4.4 Hasil Kuat Tarik dengan w/c 0.35 dan 0.40

NO MIX	KUAT TARIK (MPa)	Keterangan
M27	1.82	M27 dengan komposisi PVA 0, FA=60, W/C=0.35, SP=10
M108	4.09	M108 dengan komposisi PVA=2, FA=50, W/C=0.40, SP=1



Gambar 4.3 *Pengujian tarik*

### 4.3 Pemodelan ANN

Pemodelan ANN dilakukan dengan proses seperti yang telah dijelaskan pada BAB 3. Pemodelan dilakukan dengan 3 kombinasi prosentase data training, validation dan testing dan variasi jumlah *node hidden layer*. Hal ini dilakukan untuk mengetahui hasil pemodelan dari kombinasi mana yang menghasilkan *Mean Square Error (MSE) validation* terkecil. Kombinasi tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.5



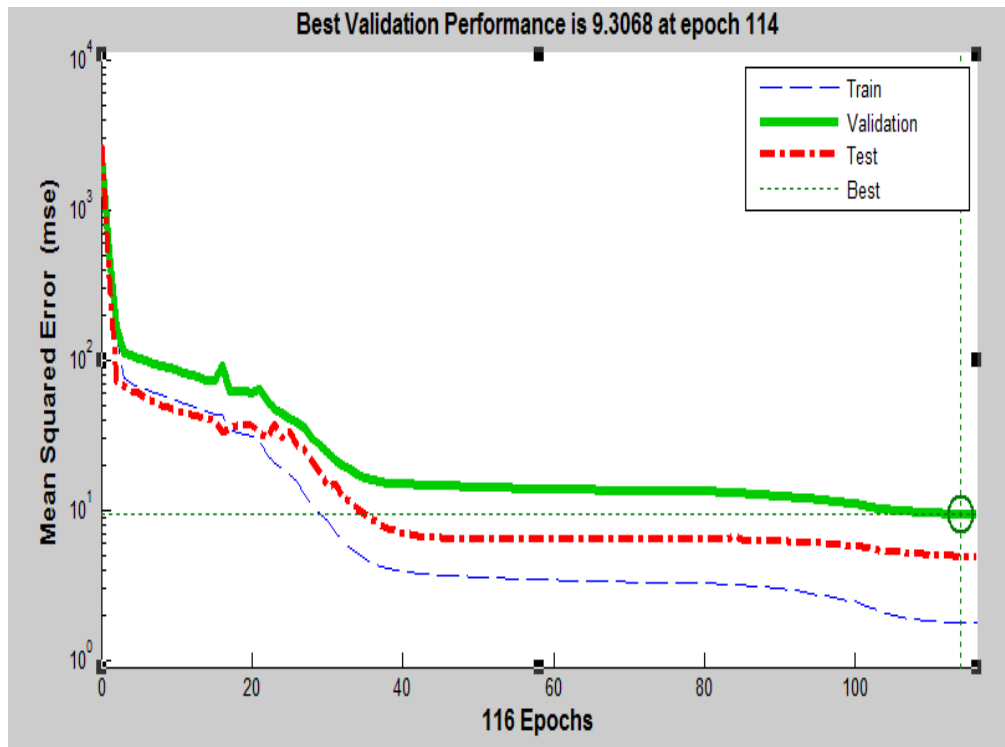
### 4.3.1 Pemodelan ANN 1 Layer untuk Hasil Kuat Tekan $w/c = 0.25 - 0.30$

Tabel 4.5 Nilai MSE untuk Pemodelan dengan  $w/c$  0.25 – 0.30

Jumlah Hidden Layer	MSE Validation Kombinasi 1	MSE Validation Kombinasi 2	MSE Validation Kombinasi 3
1	95.91	102.14	95.57
2	125.86	126.06	94.39
3	101.15	93.64	140.33
4	81.42	95.17	131.48
5	113.86	69.78	52.17
6	76.73	49.87	72.59
7	136.35	90.09	105.68
8	55.31	72.66	52.43
9	78.87	43.37	23.41
10	68.99	72.02	10.61
11	149.66	77.27	45.65
12	115.71	27.63	61.94
13	87.05	101.86	61.44
14	93.29	28.63	96.45
15	83.69	67.78	84.23
16	103.34	391.65	40.35
17	74.27	65.33	9.77
18	120.86	50.51	9.31
19	373.03	44.42	44.73
20	53.11	21.56	68.99
MSE Minimum	53.11	21.56	9.31

Dari Tabel 4.5, dengan 4 *node input*, kombinasi yang menghasilkan nilai *MSE validation* terkecil adalah 18 *node hidden layer* dengan nilai MSE 9.31 Untuk hasil *plot performance*, *error histogram* dan *plot regression* pemodelan dari kombinasi ke tiga dengan 18 *node hidden layer* dapat dilihat pada gambar berikut.

1. Hasil *plot performance*

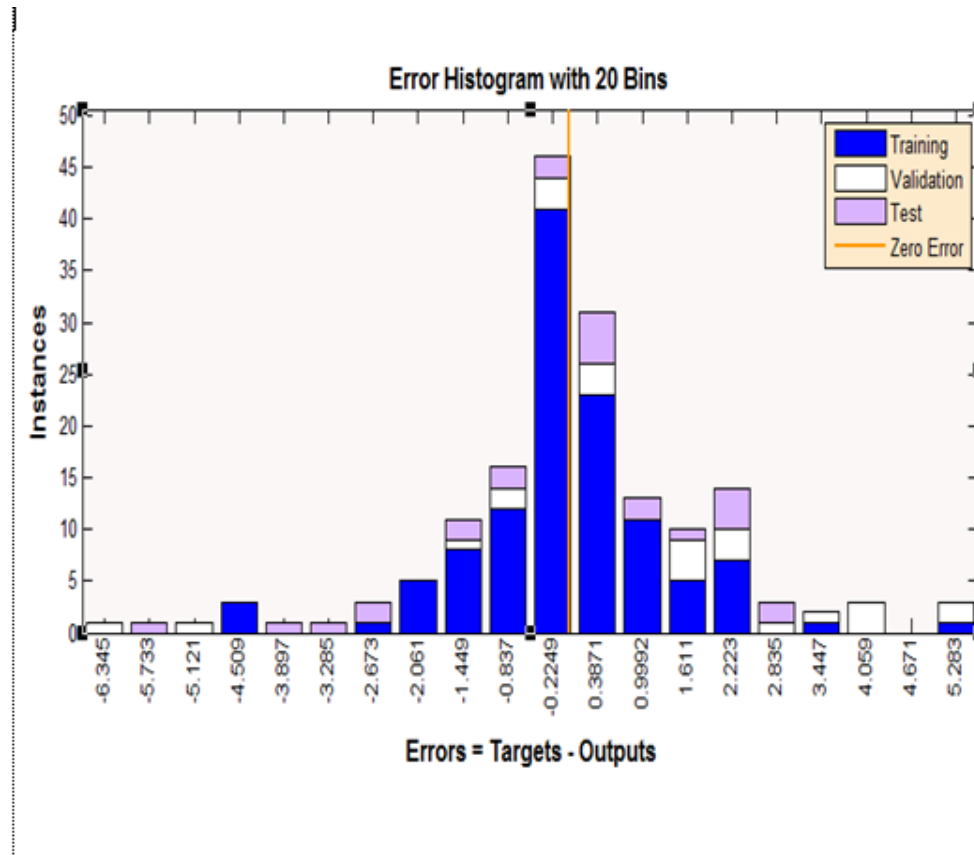


Gambar 4.4 *Plot performance* pemodelan kuat tekan dengan  $w/c = 0.25 - 0.30$

Dari Gambar 4.4 menunjukkan bahwa *running* pemodelan berhenti pada iterasi ke 114. Hasil dari kurva *validation* (warna hijau) dan kurva *test* (warna merah) memiliki bentuk yang hampir sama.

Grafik *plot performance* ini pada dasarnya sebagai generalisasi dari hasil pemodelan. Untuk hasil detailnya seperti besar nilai erornya dan nilai regresi bisa dilihat pada grafik *plot error* dan *plot regresi*.

## 2. Hasil *plot error histogram*

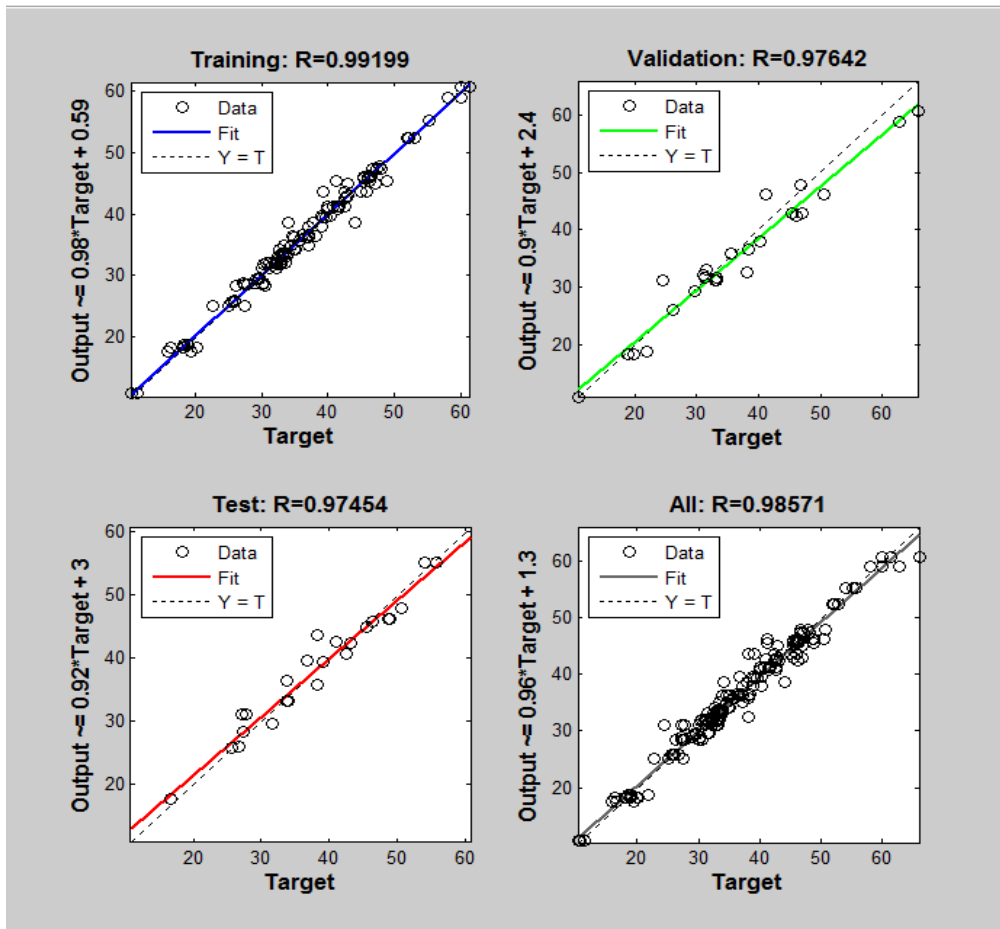


Gambar 4.5 *Plot error histogram* pemodelan data kuat tekan dengan w/c 0.25 – 0.30

Pada Gambar 4.5 diatas, batang biru menunjukkan data *training*, batang putih menunjukkan data *validation*, dan batang ungu menunjukkan data *testing*.

## 3. Hasil *plot regression*

*Regression plot* menunjukkan hubungan antara nilai output dengan targetnya. Jika training sempurna, nilai output dan target akan sama, namun dalam kenyataannya hal ini jarang terjadi. Hasil *plot regression* dapat dilihat pada Gambar 4.6 berikut.



Gambar 4.6 *Plot regression* pemodelan data kuat tekan dengan w/c 0.25 – 0.30

Pada Gambar 4.6 diatas, menggambarkan hasil regresi data *training*, *validation* dan *testing*. Garis solid menggambarkan hasil regresi linier terbaik antara output dan target. Nilai R mengindikasikan hubungan antara output dan target. Nilai R yang dihasilkan sama dengan 0.99, hal ini mengindikasikan bahwa terdapat hubungan yang mendekati linier antara output dan target. Perbedaan nilai eror antara target dan outputpun, rata-rata = 3.60 % seperti tertera pada lampiran 2.

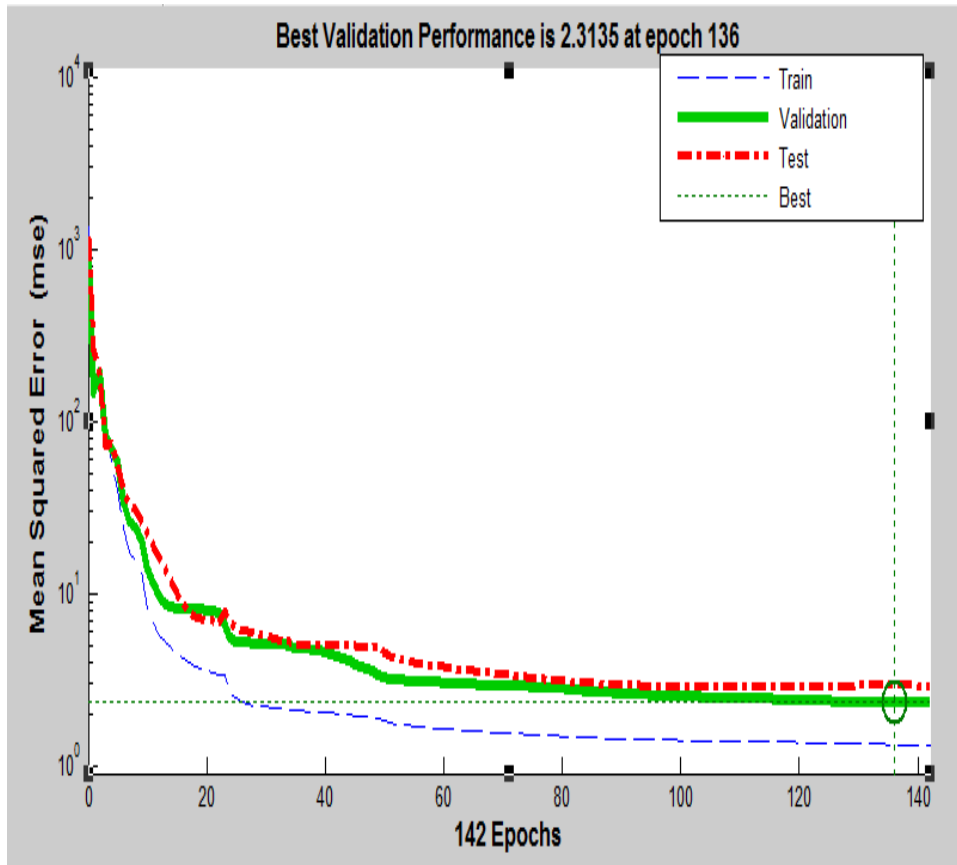
### 4.3.2 Pemodelan ANN 1 Layer untuk Hasil Kuat Tekan w/c = 0.35 – 0.40

Tabel 4.6 Nilai MSE untuk pemodelan kuat tekan w/c 0.35 – 0.40

Jumlah Hidden Layer	MSE Validation Kombinasi 1	MSE Validation Kombinasi 2	MSE Validation Kombinasi 3
1	59.52	71.95	63.91
2	68.22	69.64	37.96
3	64.35	73.62	51.93
4	71.22	80.01	73.24
5	67.99	70.72	62.63
6	38.21	39.16	37.53
7	31.02	23.13	57.37
8	23.21	74.95	7.26
9	56.13	45.41	29.82
10	15.62	38.17	2.31
11	52.11	118.24	68.10
12	36.44	46.64	94.40
13	45.77	50.08	5.77
14	96.99	19.26	13.49
15	19.03	23.25	10.47
16	27.49	18.35	2.33
17	73.12	44.04	14.89
18	28.23	27.66	5.11
19	66.39	4.63	2.82
20	70.10	25.73	16.07
MSE Minimum	15.62	4.63	2.31

Dari Tabel 4.6 dengan 4 *node input*, kombinasi yang menghasilkan nilai *MSE validation* terkecil adalah 10 *node hidden layer* dengan nilai MSE 2.31 Untuk hasil *plot performance*, *error histogram* dan *plot regression* pemodelan dari kombinasi ke tiga dengan 10 *node hidden layer* dapat dilihat pada gambar berikut.

1. Hasil *plot performance*

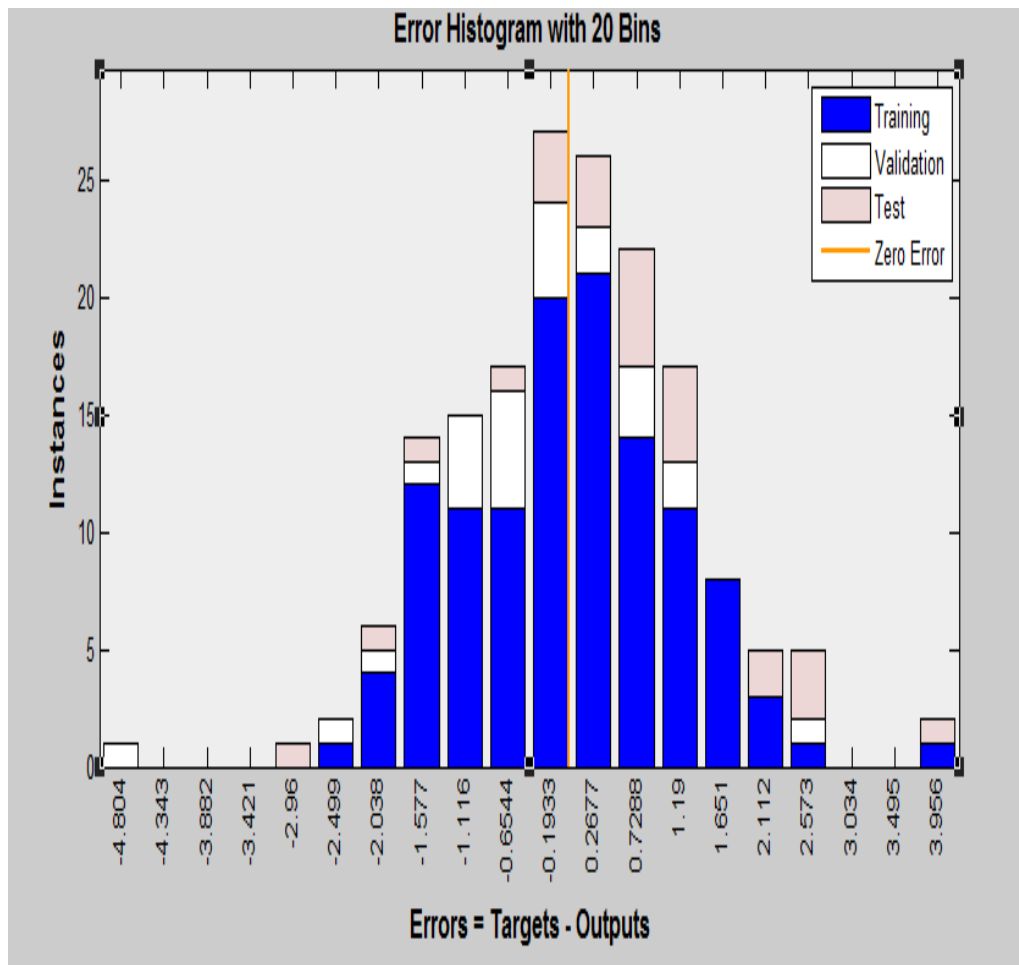


Gambar 4.7 *Plot performance* pemodelan kuat tekan dengan w/c 0.35 – 0.40

Dari Gambar 4.7 menunjukkan bahwa *running* pemodelan berhenti pada iterasi ke 136. Hasil dari kurva *validation* (warna hijau) dan kurva *test* (warna merah) memiliki bentuk yang hampir sama.

Grafik *plot performance* ini pada dasarnya sebagai generalisasi dari hasil pemodelan. Untuk hasil detailnya seperti besar nilai erornya dan nilai regresi bisa dilihat pada grafik *plot error* dan *plot regresi*.

## 2. Hasil *plot error histogram*

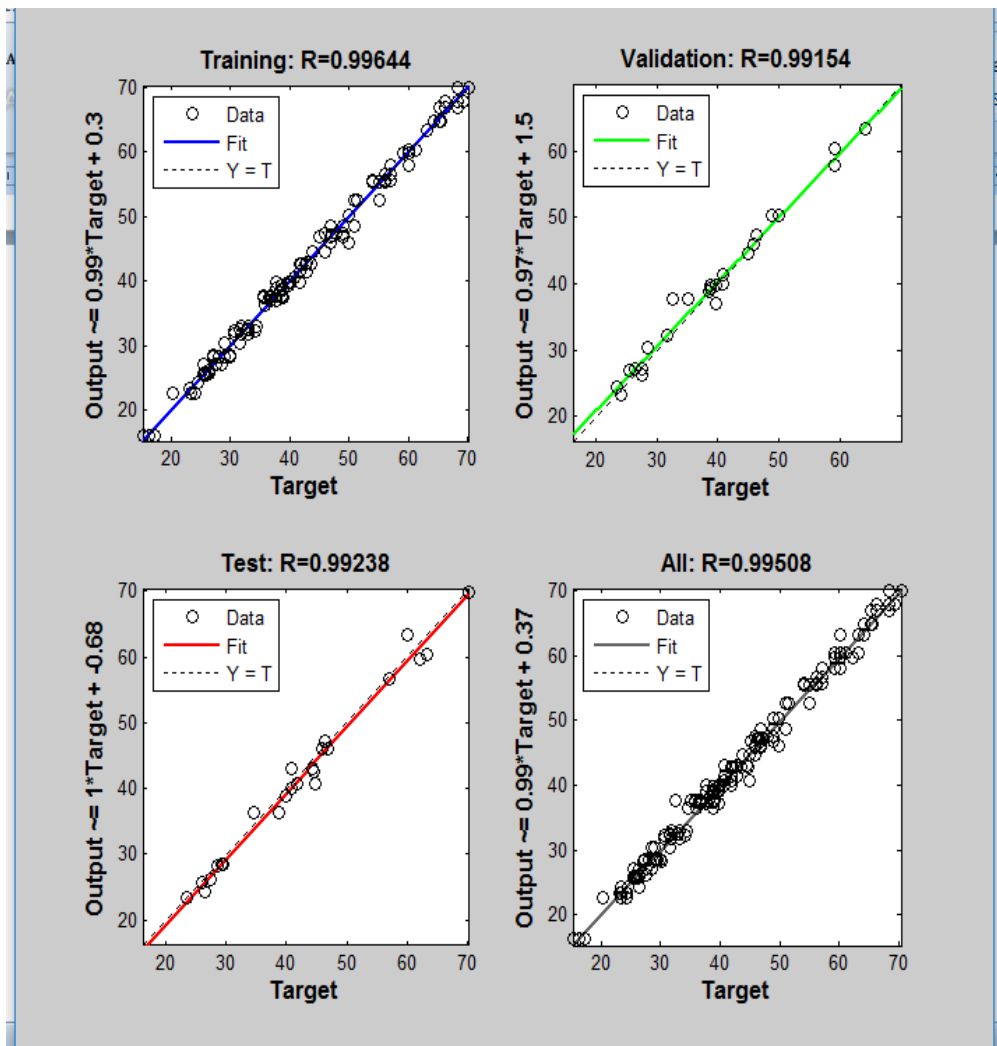


Gambar 4.8 *Plot error histogram* pemodelan data kuat tekan dengan  $w/c = 0.35-0.40$

Pada Gambar 4.8 diatas, batang biru menunjukkan data *training*, batang putih menunjukkan data *validation*, dan batang merah muda menunjukkan data *testing*.

## 3. Hasil *plot regression*

Regression plot menunjukkan hubungan antara nilai output dengan targetnya. Jika training sempurna, nilai output dan target akan sama, namun dalam kenyataannya hal ini jarang terjadi. Hasil *plot regression* dapat dilihat pada Gambar 4.9 berikut.



Gambar 4.9 *Plot regression* pemodelan data kuat tekan dengan w/c = 0.35-0.40

Pada Gambar 4.9 diatas, menggambarkan hasil regresi data *training*, *validation* dan *testing*. Garis solid menggambarkan hasil regresi linier terbaik antara output dan target. Nilai R mengindikasikan hubungan antara output dan target. Nilai R yang dihasilkan sama dengan 0.99, hal ini mengindikasikan bahwa terdapat hubungan yang mendekati linier antara output dan target. Perbedaan nilai error antara target dan outputpun, rata-rata = 2.62 % seperti tertera pada lampiran 4.



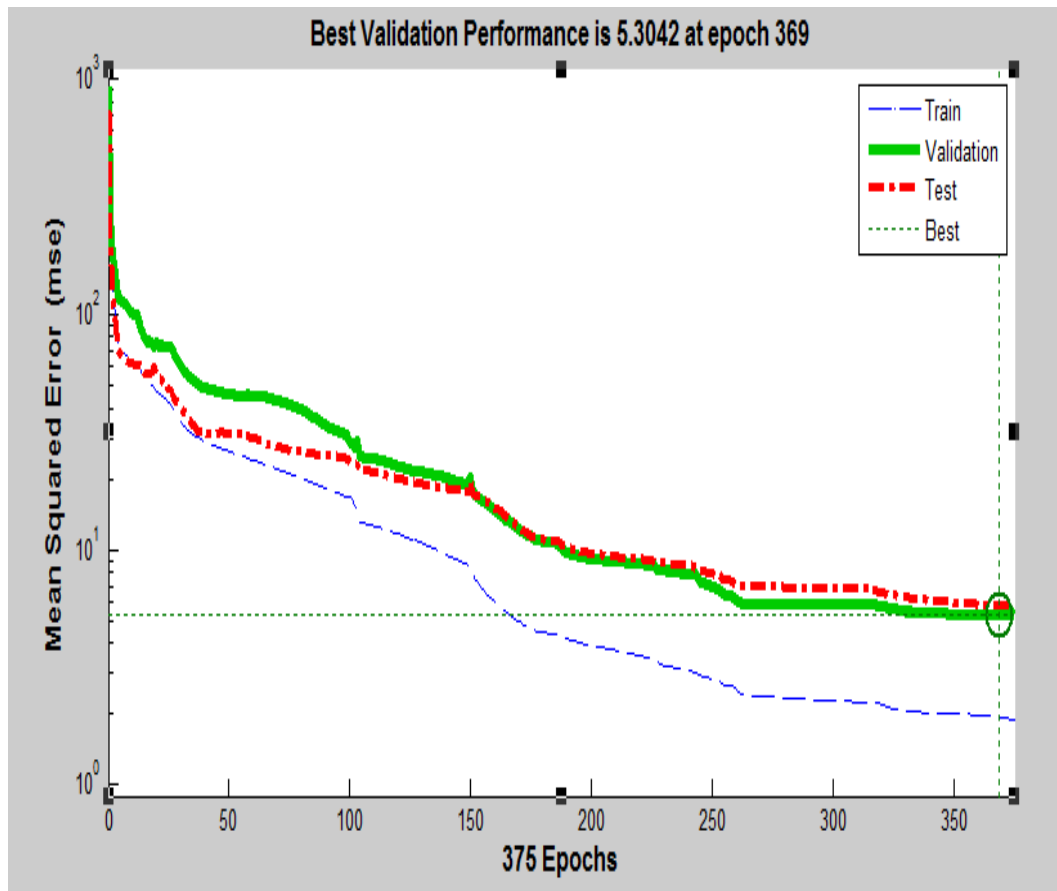
### 4.3.3 Pemodelan ANN 1 Layer untuk Hasil Kuat Tekan $w/c = 0.25 - 0.40$

Tabel 4.7 Nilai MSE untuk pemodelan kuat tekan dengan  $w/c = 0,25-0,40$

Jumlah Hidden Node Layer	MSE Validation Kombinasi 1	MSE Validation Kombinasi 2	MSE Validation Kombinasi 3
1	114.61	110.64	100.62
2	99.92	86.41	185.99
3	118.14	118.53	108.60
4	136.26	127.44	108.33
5	97.14	87.25	59.72
6	112.95	92.61	71.50
7	94.15	88.81	80.02
8	107.38	86.21	51.77
9	111.61	93.79	66.81
10	80.73	48.62	43.03
11	103.93	82.88	61.17
12	127.53	112.76	127.09
13	76.04	80.69	115.08
14	81.34	71.81	45.63
15	84.67	91.70	64.26
16	89.45	80.88	99.79
17	91.76	72.33	58.37
18	104.73	12.39	89.18
19	83.42	47.51	5.30
20	80.75	76.99	31.19
MSE Minimum	76.04	47.51	5.30

Dari Tabel 4.7 dengan 4 *node input*, kombinasi yang menghasilkan nilai *MSE validation* terkecil adalah kombinasi 3 dengan 19 *node hidden layer* dengan nilai MSE 5.30 Untuk hasil *plot performance*, *error histogram* dan *plot regression* pemodelan dari kombinasi ke tiga dengan 19 *node hidden layer* dapat dilihat pada gambar berikut.

1. Hasil Plot Performance

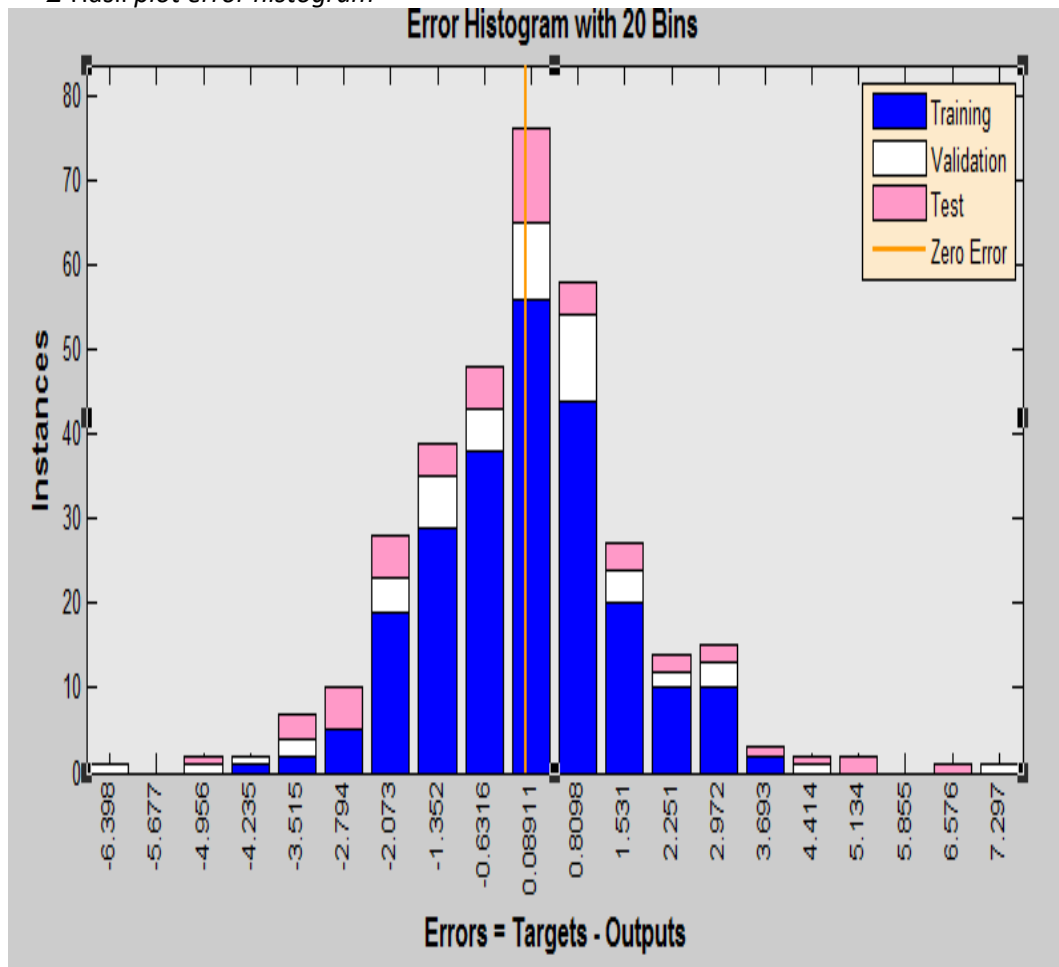


Gambar 4.10 *Plot performance* pemodelan kuat tekan  $w/c = 0.25-0.40$

Dari Gambar 4.10 menunjukkan bahwa *running* pemodelan berhenti pada iterasi ke 369. Hasil dari kurva *validation* (warna hijau) dan kurva *test* (warna merah) memiliki bentuk yang hampir sama.

Grafik plot performance ini pada dasarnya sebagai generalisasi dari hasil pemodelan. Untuk hasil detailnya seperti besar nilai erornya dan nilai regresi bisa dilihat pada grafik *plot error* dan *plot regresi*.

## 2 Hasil plot error histogram

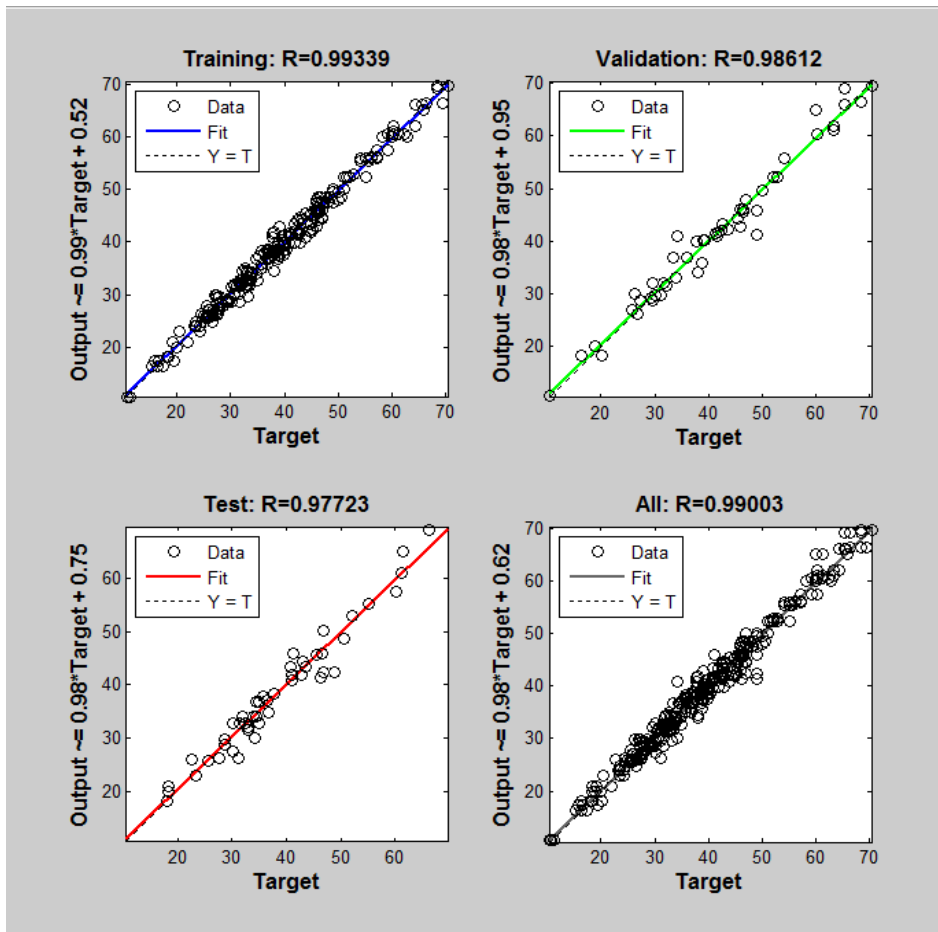


Gambar 4.11 *Plot error histogram* pemodelan data kuat tekan dengan  $w/c = 0.25-0.40$

Pada Gambar 4.11 diatas, batang biru menunjukkan data *training*, batang putih menunjukkan data *validation*, dan batang merah muda menunjukkan data *testing*.

#### 4. Hasil *plot regression*

Regression plot menunjukkan hubungan antara nilai output dengan targetnya. Jika training sempurna, nilai output dan target akan sama, namun dalam kenyataannya hal ini jarang terjadi. Hasil *plot regression* dapat dilihat pada Gambar 4.12 berikut.



Gambar 4.12 *Plot regression* pemodelan data kuat tekan dengan  $w/c = 0.25-0.40$

Pada Gambar 4.12 diatas, menggambarkan hasil regresi data *training*, *validation* dan *testing*. Garis solid menggambarkan hasil regresi linier terbaik antara output dan target. Nilai R mengindikasikan hubungan antara output dan target. Nilai R yang dihasilkan sama dengan 0.99, hal ini mengindikasikan bahwa terdapat hubungan yang mendekati linier antara output dan target. Perbedaan nilai eror antara target dan outputpun, rata-rata = 3.51 % seperti tertera pada lampiran 8.

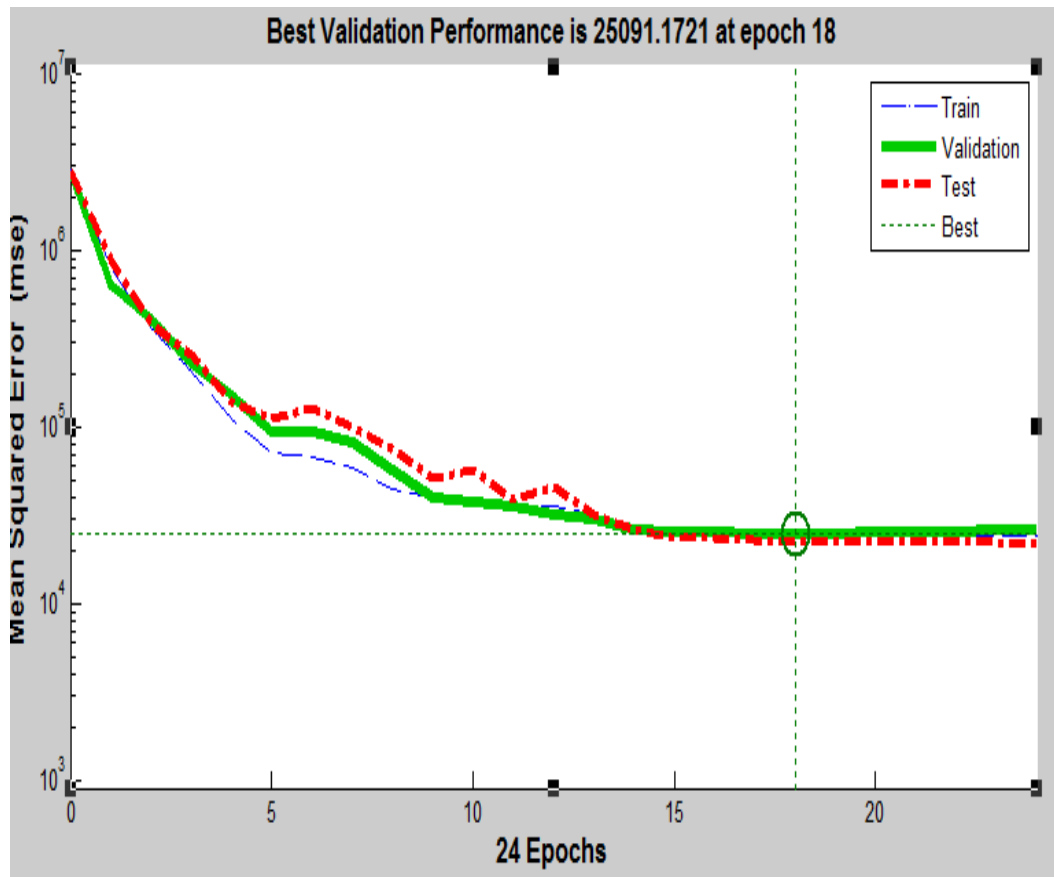
#### 4.3.4 Pemodelan ANN 1 Layer untuk Hasil Kuat Tarik w/c = 0.25 – 0.30

Tabel 4.8 Nilai MSE pemodelan kuat tarik dengan w/c = 0.25-0.30

Jumlah Hidden Layer	MSE Validation Kombinasi 1	MSE Validation Kombinasi 2	MSE Validation Kombinasi 3
1	337.83	424.97	455.92
2	329.83	183.93	221.43
3	188.26	199.78	285.69
4	172.67	225.02	153.31
5	211.73	174.88	156.25
6	171.53	152.37	131.78
7	290.86	116.26	170.10
8	134.07	194.91	64.07
9	194.97	141.00	95.81
10	154.01	97.02	37.12
11	104.84	118.37	50.45
12	187.89	166.51	47.49
13	114.51	42.72	201.30
14	98.40	59.67	85.37
15	261.52	88.29	39.42
16	118.20	202.34	134.95
17	110.67	80.50	157.90
18	192.43	59.63	71.64
19	96.89	125.26	65.09
20	659.39	125.26	87.84
MSE Minimum	96.89	42,72	37.12

Dari Tabel 4.8 dengan 4 *node input*, kombinasi yang menghasilkan nilai *MSE validation* terkecil adalah 10 *node hidden layer* dengan nilai MSE 37.12 MPa (25,091.17 N). Untuk hasil *plot performance*, *error histogram* dan *plot regression* pemodelan dari kombinasi ke tiga dengan 10 *node hidden layer* dapat dilihat pada gambar berikut.

1 Hasil *plot performance*

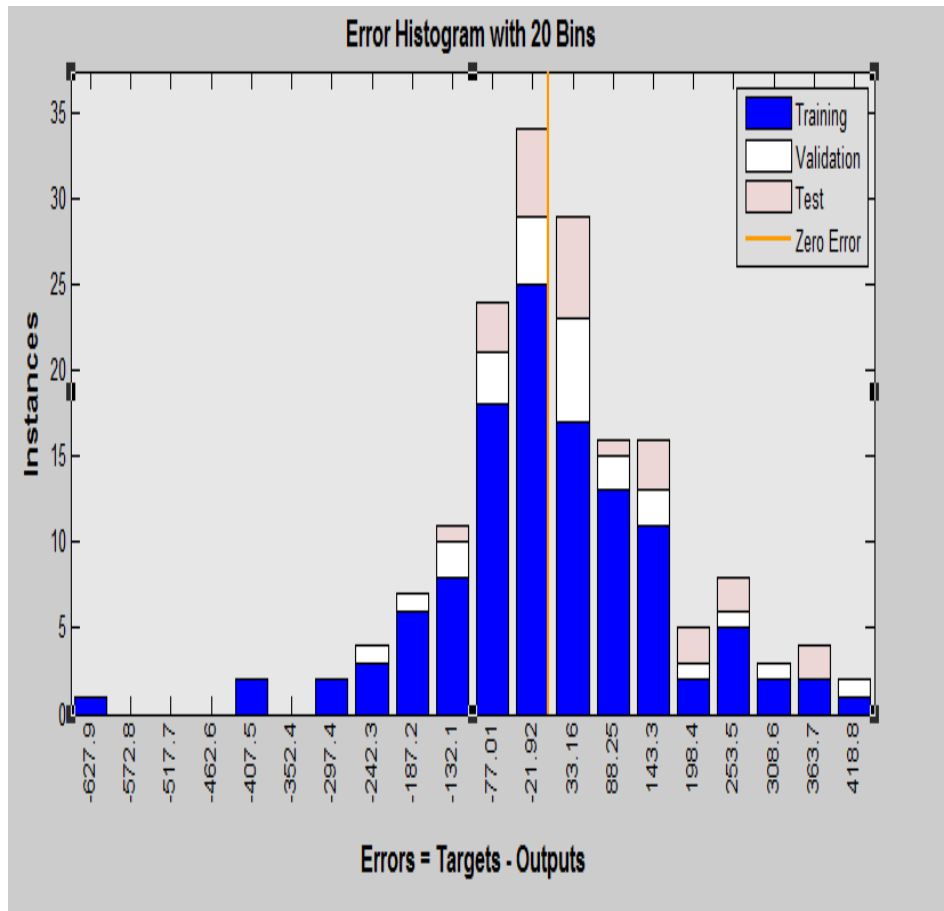


Gambar 4.13 *Plot performance* pemodelan kuat tari  $w/c = 0.25- 0.30$

Dari Gambar 4.13 menunjukkan bahwa *running* pemodelan berhenti pada iterasi ke 18. Hasil dari kurva *validation* (warna hijau) dan kurva *test* (warna merah) memiliki bentuk yang hampir sama.

Grafik *plot performance* ini pada dasarnya sebagai generalisasi dari hasil pemodelan. Untuk hasil detailnya seperti besar nilai erornya dan nilai regresi bisa dilihat pada grafik *plot error* dan *plot regresi*.

## 2 Hasil *plot error histogram*

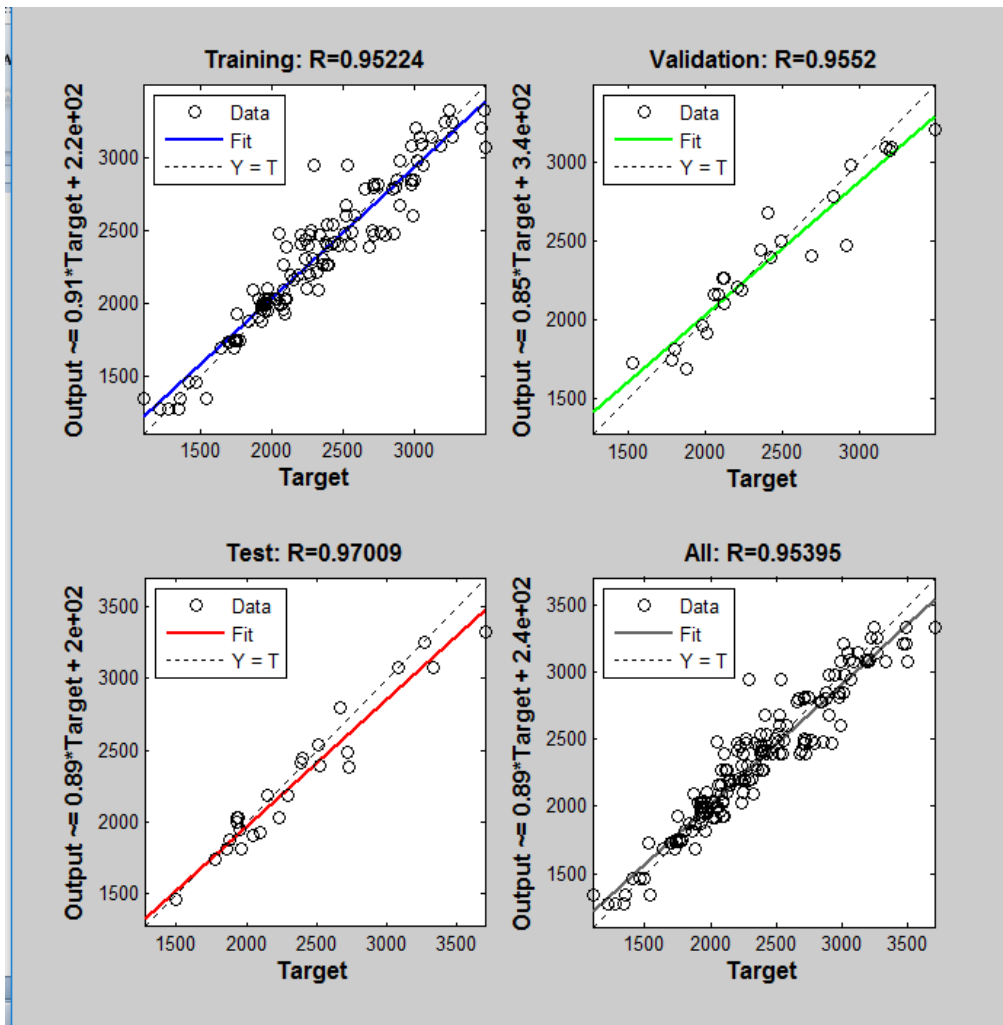


Gambar 4.14 *Plot error histogram* pemodelan data kuat tarik dengan  $w/c = 0.25-0.30$

Pada Gambar 4.13 diatas, batang biru menunjukkan data *training*, batang putih menunjukkan data *validation*, dan batang merah muda menunjukkan data *testing*.

## 3. Hasil *plot regression*

Regression plot menunjukkan hubungan antara nilai output dengan targetnya. Jika training sempurna, nilai output dan target akan sama, namun dalam kenyataannya hal ini jarang terjadi. Hasil *plot regression* dapat dilihat pada Gambar 4.14 berikut.



Gambar 4.15 *Plot regression* pemodelan data kuat tarik dengan  $w/c = 0.25-0.30$

Pada Gambar 4.14 diatas, menggambarkan hasil regresi data *training*, *validation* dan *testing*. Garis solid menggambarkan hasil regresi linier terbaik antara output dan target. Nilai R mengindikasikan hubungan antara output dan target. Nilai R yang dihasilkan sama dengan 0.95, hal ini mengindikasikan bahwa terdapat hubungan yang mendekati linier antara output dan target. Perbedaan nilai error antara target dan outputpun, rata-rata = 4.81 % seperti tertera pada lampiran 6.



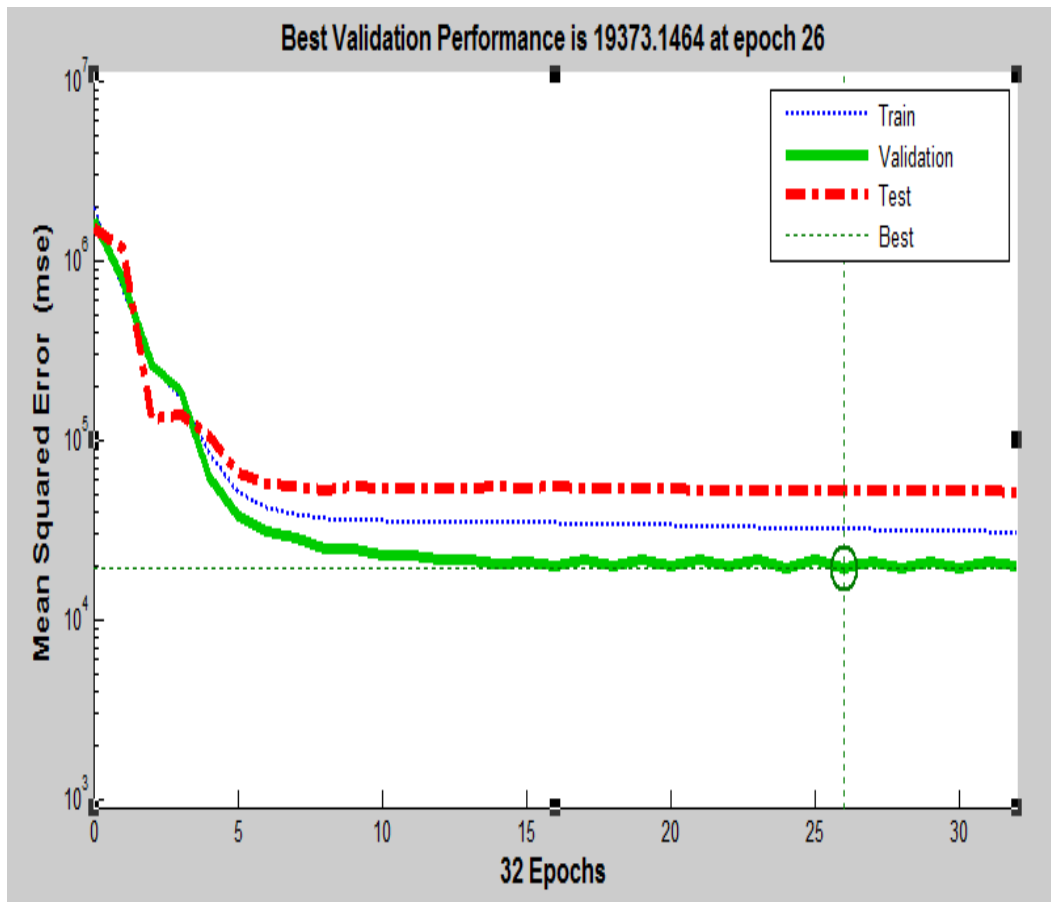
### 4.3.5 Pemodelan ANN 1 Layer untuk Hasil Kuat Tarik w/c = 0.35 – 0. 40

Tabel 4.9 Nilai MSE kombinasi 1 kuat tarik w/c = 0.35-0.40

Jumlah Hidden Layer	MSE Validation Kombinasi 1	MSE Validation Kombinasi 2	MSE Validation Kombinasi 3
1	146.97	184.38	195.39
2	139.57	118.94	119.79
3	105.86	100.81	101.89
4	86.09	123.93	84.64
5	86.62	65.16	76.65
6	86.62	114.30	169.05
7	153.27	74.27	56.08
8	139.26	88.92	96.32
9	112.50	81.07	80.59
10	103.64	93.12	28.66
11	187.00	116.35	86.83
12	154.47	114.66	72.46
13	182.91	91.59	84.07
14	76.72	103.95	114.11
15	132.52	178.09	367.75
16	71.96	81.06	34.95
17	383.83	60.24	51.62
18	87.77	92.52	125.28
19	85.64	123.01	184.06
20	206.23	375.21	155.02
MSE Minimum	71.96	60.24	28.66

Dari Tabel 4.9 dengan 4 *node input*, kombinasi yang menghasilkan nilai *MSE validation* terkecil adalah 20 *node hidden layer* dengan nilai MSE 28.66 MPa (19,373.14 N) Untuk hasil *plot performance*, *error histogram* dan *plot regression* pemodelan dari kombinasi ke tiga dengan 20 *node hidden layer* dapat dilihat pada gambar berikut.

1 Hasil *plot performance*

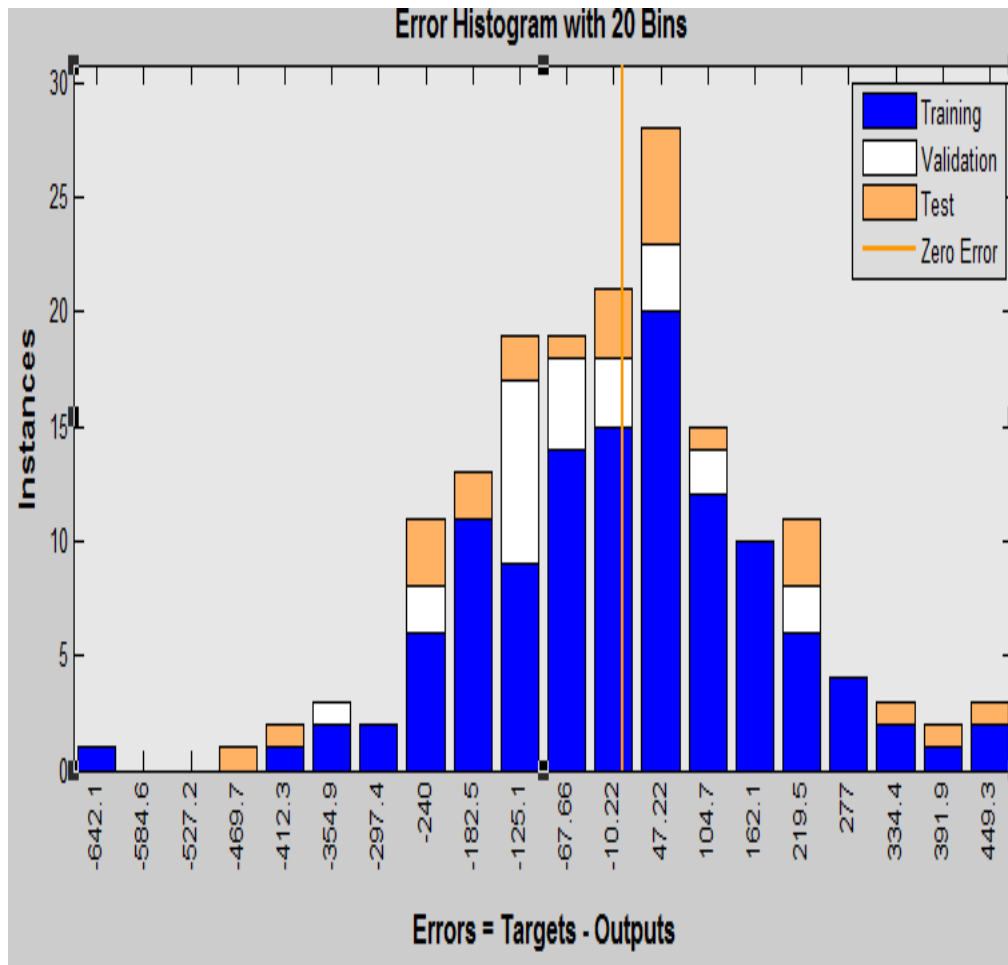


Gambar 4.17 *Plot performance* pemodelan kuat tari  $w/c = 0.35-0.40$

Dari Gambar 4.17 menunjukkan bahwa *running* pemodelan berhenti pada iterasi ke 26. Hasil dari kurva *validation* (warna hijau) dan kurva *test* (warna merah) memiliki bentuk yang hampir sama.

Grafik *plot performance* ini pada dasarnya sebagai generalisasi dari hasil pemodelan. Untuk hasil detailnya seperti besar nilai erornya dan nilai regresi bisa dilihat pada grafik *plot error* dan *plot regresi*.

## 2 Hasil *plot error histogram*

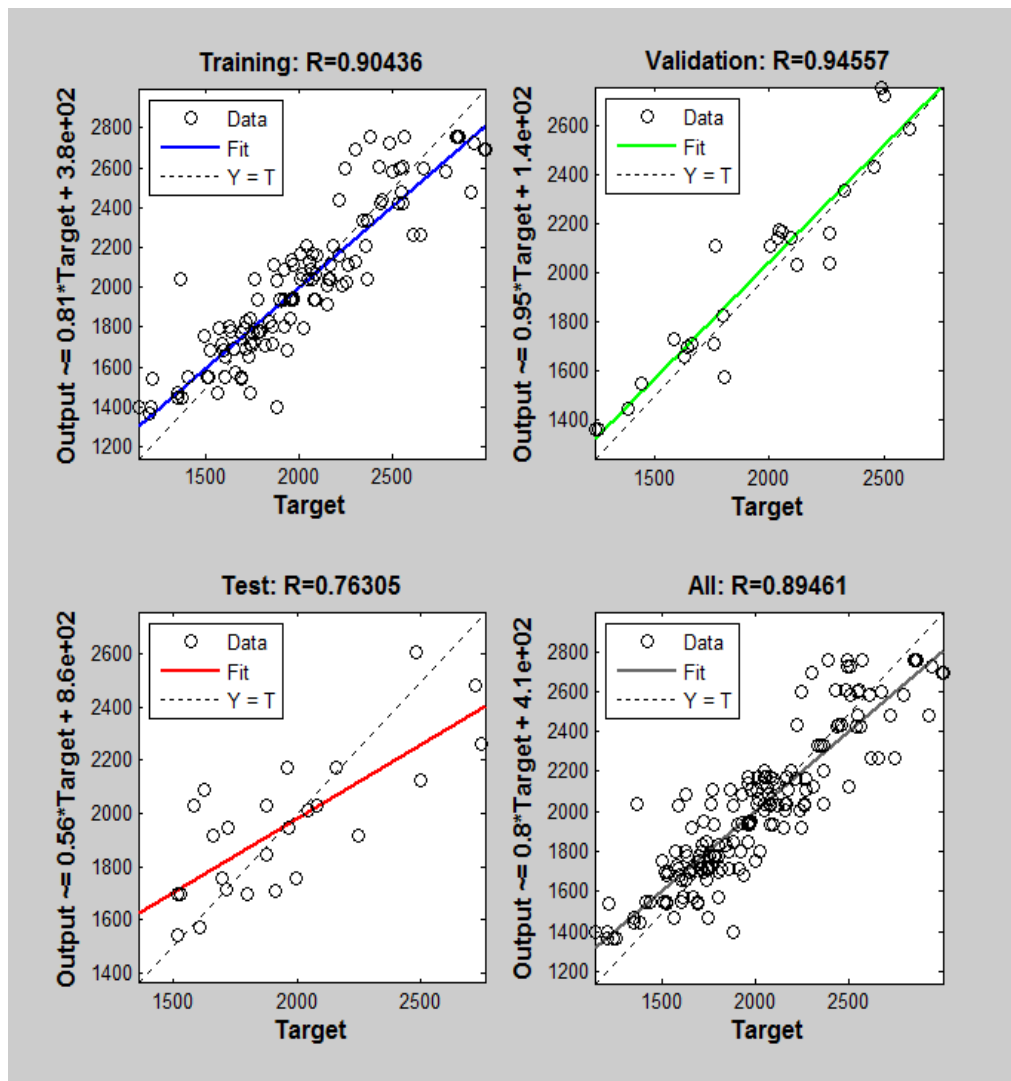


Gambar 4.18 *Plot error histogram* pemodelan data kuat tarik  $w/c = 0.35- 0.40$

Pada Gambar 4.18 diatas, batang biru menunjukkan data *training*, batang putih menunjukkan data *validation*, dan batang orange menunjukkan data *testing*.

### 3. Hasil *plot regression*

Regression plot menunjukkan hubungan antara nilai output dengan targetnya. Jika training sempurna, nilai output dan target akan sama, namun dalam kenyataannya hal ini jarang terjadi. Hasil *plot regression* dapat dilihat pada Gambar 4.19 berikut.



Gambar 4.19 *Plot regression* pemodelan data kuat tarik  $w/c = 0.35- 0.40$

Pada Gambar 4.19 diatas, menggambarkan hasil regresi data *training*, *validation* dan *testing*. Garis solid menggambarkan hasil regresi linier terbaik antara output dan target. Nilai R mengindikasikan hubungan antara output dan target. Nilai R yang dihasilkan sama dengan 0.89, hal ini mengindikasikan bahwa terdapat hubungan yang mendekati linier antara output dan target. Perbedaan nilai eror antara target dan outputpun, rata-rata = 7.15 % seperti tertera pada lampiran 7.

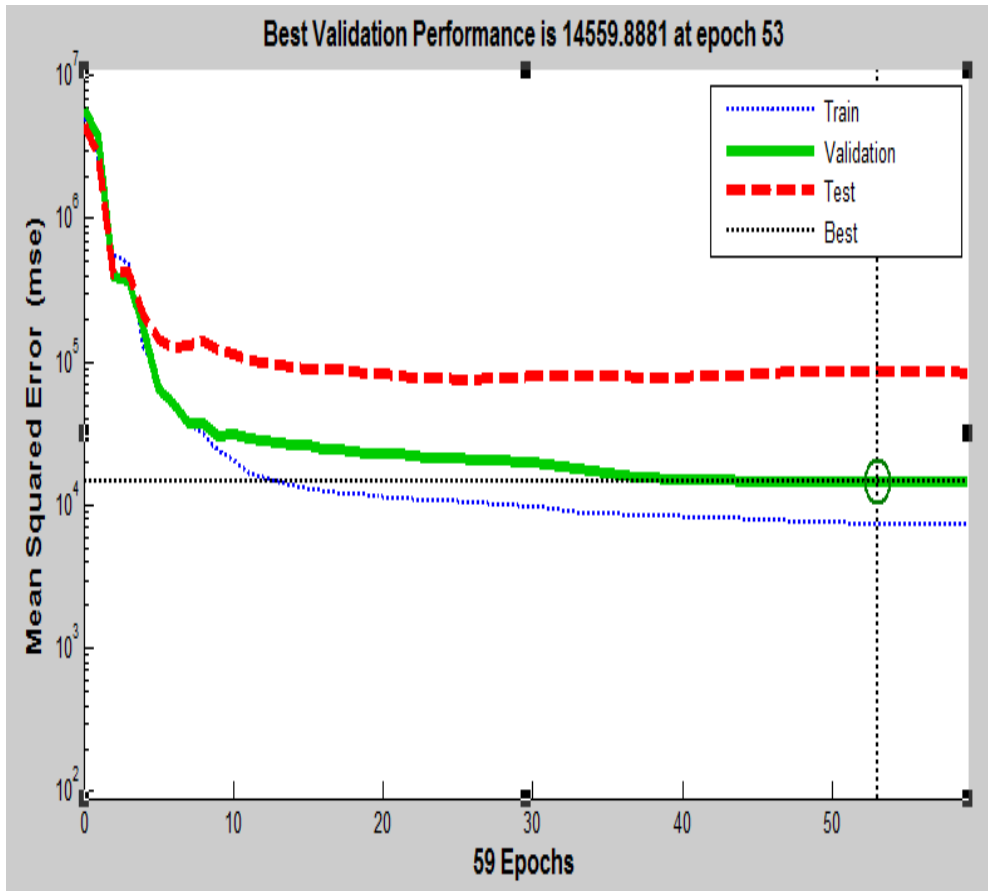
### 4.3.6 Pemodelan ANN 1 Layer untuk Hasil Kuat Tarik $w/c = 0,25 - 0,40$

Tabel 4.10 Nilai MSE pemodelan kuat tarik dengan  $w/c = 0,25- 0,40$

Jumlah Hidden Layer	MSE Validation Kombinasi 1	MSE Validation Kombinasi 2	MSE Validation Kombinasi 3
1	165.91	141.11	148.95
2	193.51	207.92	275.15
3	178.85	145.69	160.66
4	148.67	102.14	81.05
5	174.93	93.09	188.70
6	92.27	81.25	51.15
7	139.41	137.89	112.26
8	138.21	69.97	78.78
9	153.30	125.09	126.29
10	107.36	82.61	35.64
11	107.36	67.51	59.34
12	113.26	51.92	62.08
13	112.71	69.06	48.84
14	198.11	47.28	149.04
15	95.39	87.33	41.41
16	134.88	55.10	64.06
17	64.24	70.43	55.56
18	91.45	91.12	21.54
19	125.62	33.77	38.53
20	189.72	62.83	55.64
MSE Minimum	64.24	33,37	21.54

Dari Tabel 4.10 dengan 4 *node input*, kombinasi yang menghasilkan nilai *MSE validation* terkecil adalah 18 *node hidden layer* dengan nilai MSE 21.54 MPa (14.559.88 N) Untuk hasil *plot performance*, *error histogram* dan *plot regression* pemodelan dari kombinasi ke tiga dengan 18 *node hidden layer* dapat dilihat pada gambar berikut.

## 1. Hasil Performance

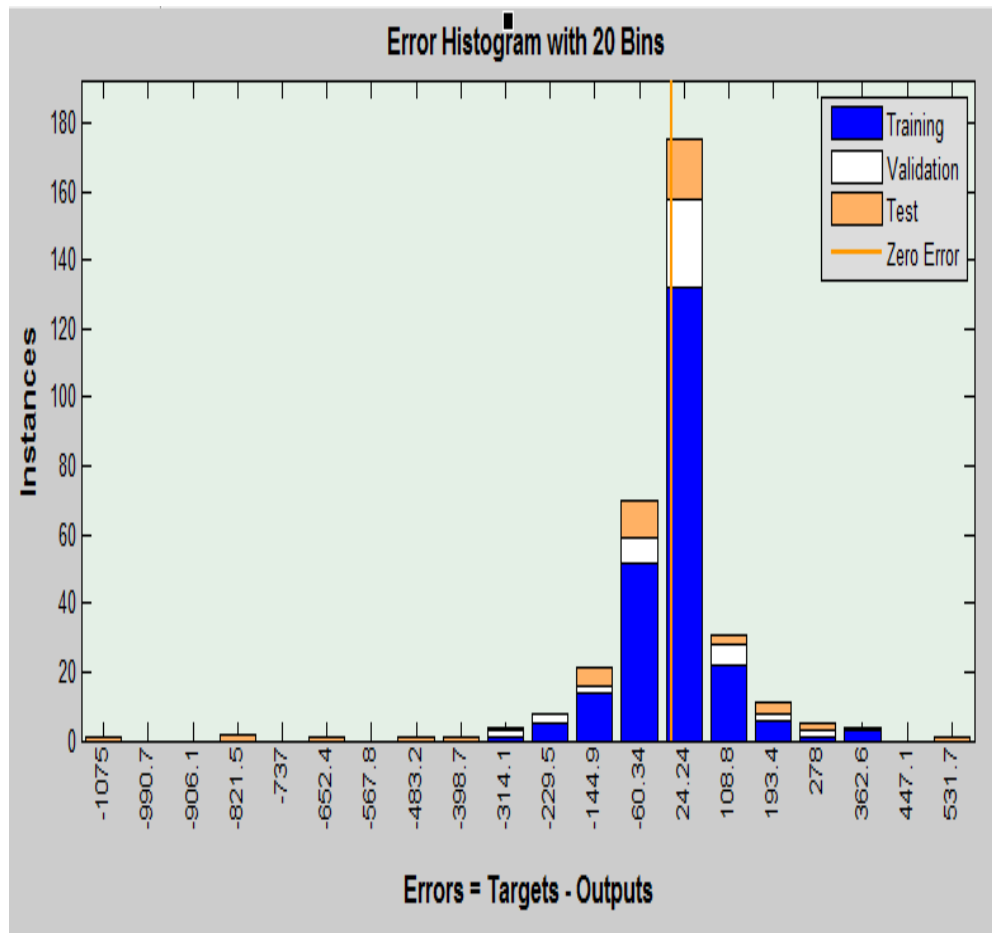


Gambar 4.20 *Plot performance* pemodelan kuat tarik dengan  $w/c = 0,25-0,40$

Dari Gambar 4.20 menunjukkan bahwa *running* pemodelan berhenti pada iterasi ke 53. Hasil dari kurva *validation* (warna hijau) dan kurva *test* (warna merah) memiliki bentuk yang hampir sama.

Grafik *plot performance* ini pada dasarnya sebagai generalisasi dari hasil pemodelan. Untuk hasil detailnya seperti besar nilai erornya dan nilai regresi bisa dilihat pada grafik *plot error* dan *plot regresi*.

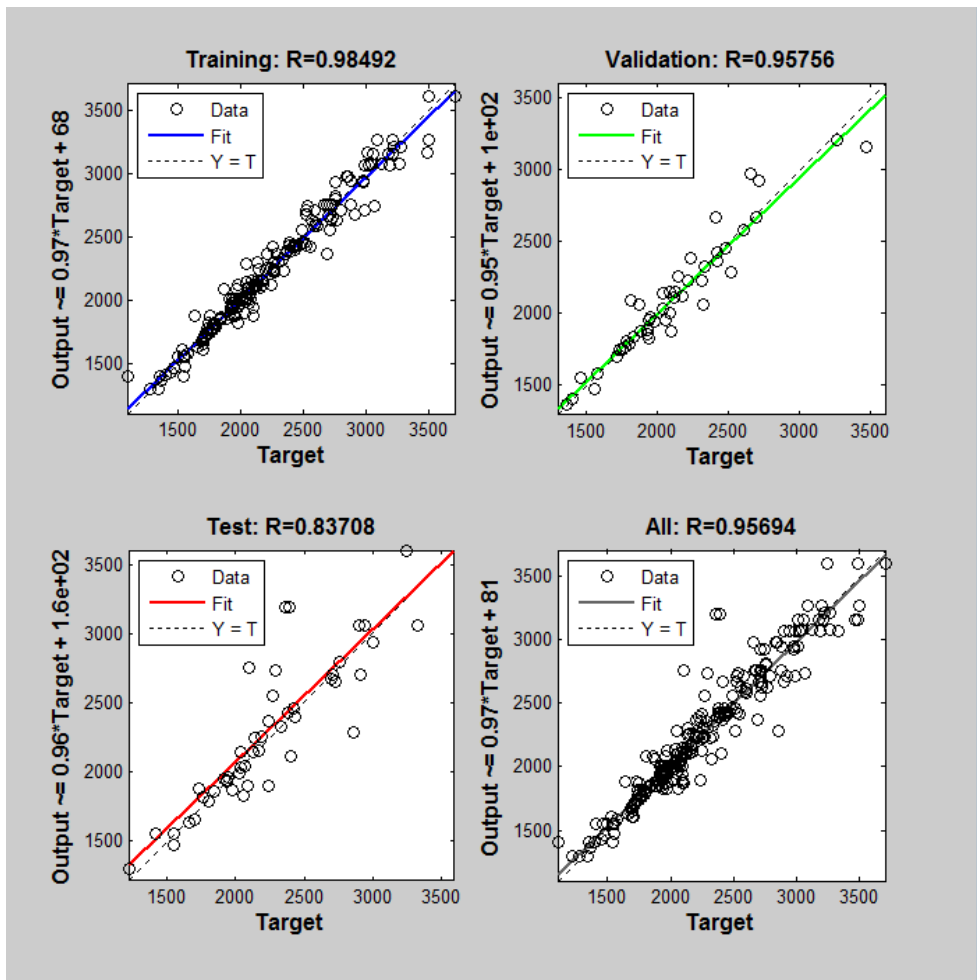
## 2. Hasil Plot Error Histogram



Gambar 4.21 Plot error histogram pemodelan data kuat tarik  $w/c = 0,25- 0,40$

Pada Gambar 4.21 diatas, batang biru menunjukkan data *training*, batang putih menunjukkan data *validation*, dan batang oranye menunjukkan data *testing*.

### 3. Hasil Plot Regression



Gambar 4.22 *Plot regression* pemodelan data kuat tarik  $w/c = 0,25 - 0,40$

Pada Gambar 4.22 diatas, menggambarkan hasil regresi data *training*, *validation* dan *testing*. Garis solid menggambarkan hasil regresi linier terbaik antara output dan target. Nilai R mengindikasikan hubungan antara output dan target. Nilai R yang dihasilkan sama dengan 0.96 hal ini mengindikasikan bahwa terdapat hubungan yang mendekati linier antara output dan target. Perbedaan nilai eror antara target dan outputpun, rata-rata = 3.37 % seperti tertera pada lampiran 8.

Dari hasil pemodelan ada beberapa hal yang didapat yaitu hubungan PVA dan nilai MSE : pemakaian PVA pada pada  $w/c$  tinggi menghasilkan nilai MSE



yang lebih rendah dibandingkan dengan pemakaian PVA pada w/c rendah. Hal ini terlihat PADA pemodelan kuat tekan w/c 0.25 -0.30 nilai MSE = 9,31. Pemodelan untuk w/c 0.35- 0,40, nilai MSE = 2,31

#### 4.4 Mix Desain ECC

Setelah performance pemodelan terbaik didapat kemudian dibuat mix desain untuk masing-masing w/c dengan memasukan input baru.

##### 4.4.1 Mix Desain ECC Dengan w/c = 0.25 – 0.30

Untuk Mix Desain ECC dengan w/c = 0.25 dan 0.30 pemodelan dengan data w/c 0.25 dan 0.30 dengan memasukan input baru berupa data PVA, FA, w/c dan SP. Seperti tertera pada lampiran.Dari hasil pemodelan dengan program ANN dapat menentukan Mix Desain ECC seperti terlihat pada tabel berikut :

Tabel 4.11 ; Mix desain ECC Dengan W/c 0,25 & 0,30

Output Kuat Tekan (Mpa)	Input			
	PVA (%)	FA (%)	w/c (%)	SP (%)
25	2	30	30	2
31	2	50	25	2.5
36	2	60	30	1.25
40	2	50	30	1
45	0	20	25	0.75
55	1.5	50	30	1
60	1	40	25	2.5

##### 4.4.2 Mix Desain ECC Dengan w/c = 0.35 – 0.40

Untuk Mix Desain ECC dengan w/c = 0.35 dan 0.40 pemodelan dengan data w/c 0.35 dan 0.40 dengan memasukan input baru berupa data PVA, FA, w/c dan SP. Seperti tertera pada lampiran.Dari hasil pemodelan dengan program ANN dapat menentukan Mix Desain ECC seperti terlihat pada tabel berikut :

Tabel 4.12 ; Mix desain ECC Dengan W/c 0,35 & 0,40

Output Kuat Tekan (Mpa)	Input			
	PVA (%)	FA (%)	w/c (%)	SP (%)
25	1.5	0	35	5
30	0	50	40	0.5
35	1	50	40	1
40	1.5	50	35	9.5
45	0	40	40	0.5
50	0	20	35	7.5
55	1	10	35	7
60	1	0	40	0.1

#### 4.4.3 Mix Desain ECC Dengan w/c = 0.25 – 0.40

Untuk Mix Desain ECC dengan w/c = 0.25 - 0.40 pemodelan dengan data w/c 0.25 – 0.40 dengan memasukkan input baru berupa data PVA, FA, w/c dan SP. Seperti tertera pada lampiran. Dari hasil pemodelan dengan program ANN dapat menentukan Mix Desain ECC seperti terlihat pada tabel berikut :

Tabel 4.13 ; Mix desain ECC Dengan W/c 0.25 – 0.40

Output Kuat Tekan (Mpa)	Input			
	PVA (%)	FA (%)	w/c (%)	SP (%)
25	2	10	25	3
30	1.5	40	25	3
35	2	60	40	1.5
40	2	40	40	1
45	1.5	20	40	0.5
50	2	0	40	0.1
55	1	10	35	7
60	2	30	40	0.75

Hasil Pemodelan dikelompokkan pada rasio w/c dengan performance terbaik seperti tabel 4.13:

Tabel 4.14 ; Pemodelan dengan rasio w/c untuk performance terbaik

w/c	No Mix	% Error Terhadap Target	Kuat Tekan (MPa)	Mix Desain			
				PVA	FA	W/C	SP
0.25	M97	0.73	46	2	20	25	2
0.30	M94	0.53	26	2	20	30	1
0.35	M63	1.97	27	1.5	10	35	6.5
0.40	M104	1.50	40	2	40	40	1



## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa kesimpulan, antara lain :

1. ANN dapat digunakan untuk mencari hubungan antara input data dan output data sehingga dapat digunakan untuk memprediksi kuat tekan dan kuat tarik ECC umur 28 hari.
2. Hasil pemodelan dengan program ANN secara efektif dapat digunakan menentukan Mix disain ECC sehingga jika kita menginginkan kekuatannya tertentu hasil pemodelan dapat menentukan proporsi campurannya.
3. Hasil pemodelan yang baik didapat pada kombinasi 3 dengan data 70% training, 15 % validation dan 15 % testing
4. Performance terbaik untuk pemodelan untuk kuat tekan adalah pemodelan dengan w/c = 0,35 & 0,40 yaitu nilai Mean square error (MSE) = 2.31 , Nilai Regresi (R) = 0.99 dan nilai error rata-rata antara output dan target = 2.62 %
5. Performance terbaik untuk pemodelan untuk kuat tarik adalah pemodelan dengan w/c = 0,25 - 0,40 yaitu nilai Mean square error (MSE) = 21.54 Nilai Regresi (R) = 0.96 dan nilai error rata-rata antara output dan target = 3.37 %

#### **5.2 Saran**

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat diambil beberapa saran untuk penelitian selanjutnya, antara lain :

1. Data yang digunakan dalam pemodelan harus benar valid.
2. Untuk mendapat model yang lebih akurasi dilakukan perubahan presentase data *training, validation, dan testing*.

3. Menggunakan 1 jenis Superplatiser (SP) untuk semua rentang w/c
4. Perlu dicoba menggunakan benda uji dengan w/c < 0.25

## DAFTAR PUSTAKA

1. Alexander Akkari, 2011 “*Evaluation of a Polyvinyl Alcohol Fiber Reinforced Engineered Cementitious Composite for a Thin-Bonded Pavement Overlay*” Minosota Departement of Transportation Research Services Section.
2. Ali Asroni, 2010 “*Balok dan Pelat Beton Bertulang*” Graha Ilmu-Yogyakarta.
3. Amrinsyah Nasution, 2009 “*Analisis dan Desain Srtuktur Beton Bertulang*” ITB-Bandung
4. A. Torre, F. Gracia, I.Morromi, P.E.Espinoza, I, Acuif, (2010)” Prediction of Compressive Strength of high performance using Artificial Neural Metwork” Journa; of Physics Confrence Series 582
5. Badan Standarisasi Nasional, 2002. “*Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung, SNI 03-2847-2002*”, BSN, Jakarta Indonesia.
6. Hiroso Fukuyama, Yukhiro Sato, Victor C. Li, Yasuhiro Matsuski ,HirozoMihashi, 2000,” *Ductile Engineered Cementitious Composite Elements for Seismic Structural Aplication*” Proceedings of The Twelfth World Confrence on Earthquake Engineering, Auckland, New Zealand 2000 , Elsevier Ltd
7. JackC. McCormac,2003, “*Desain Beton Bertulang*” Erlangga-Jakarta
8. Jian Zhou, ShunzhiQian, Guang Ye, 2012,Oguzhan Copuroglu, Klaas van Breugel, Victor Li, “ *Improved Fiber Distribution and Mechanical Properties of Engineered Cemntitious by Adjusting the Mixing Sequence*” Cement & Conrete Composites V34 (2012): 342-348, Elsevier Ltd
9. Kamran M.Nemeti, 2013, “*Concrete Technology*“, University of Washington
10. Khin T. Soe, Y.X.Zhang, L.C.Zhang, 2013 “*Material Properties of a New Hybrid Fibre-reinforced Engineered Cementitious Composite*” Construction and Building Materials V.43 (2013) : 399-407, Elsevier Ltd
11. Mustafa Sahmaran, Victor C. Li , 2008, “ *Durability of Mechanical Loaded Engineered Cementitious Composite Under Highly Alkaline Enviroments*” Cement & Conrete Composites V30 (2008): 72-81, Elsevier Ltd
12. R.N.Swamy, B. Barr., 1989, “*Fibre Reinforced Cements and Concretes Reent Developments* “, Elsevier Science Publisher LTD.USA
13. Ridho Bayuaji, Totok R. Biyanto, 2013, “*Model Jaringan Saraf Tiruan Kuat Tekan Beton Porus dengan Material Pengisi Pasir*” Jurnal Teknik Sipil ISSN 0853-2982 vol 20 pp 23-31
14. Rosmina Bustami, Nabil Bessaih, Charles Bong, Suhaila Suhaili 2007 “*Artificial Neural Network for Precipitation and Water Level Prediction of Bedup River*” LAENG International Journal of Computer Science, 34:2, IJCS\_34\_2\_10
15. Sakshi Gupto, 2013, “ *Using Artificial Neural Network to Predict the Compressive Strength of Concrete containing Nano-silica*” Civil Enginnering and Architecture
16. S.Dhviya Bharathi, R.Manju , J.Premalatha, 2017 “ *Prediction of Comressive Strength for self- Compacting Concrete (SCC) using Artificial Intelligence and Regresssiom Analysis*” International Journal of Chem Tech Research vol 10 No. 8 pp 263-275

17. Xiaoyan Huang, Ravi Ranada, Wen Ni, Victor C.Li, 2013 “*Development of Green Engineered Cementitious Composite Using Iron Ore Tailings as Aggregates*” *Construction and Building Materials* V.44 (2013) : 757-764, Elsevier Ltd



**Lampiran 1 : Hasil Pengujian Kuat Tekan dan Kuat Tarik**

No	No. Mix	PVA	FL Y AS H	W/ C	Superpl asticizer	Kuat Tekan (MPa)	Kuat Tekan Rata- Rata (MPa)	Kuat Tarik (MPa)	Kuat Tarik Rata- Rata (MPa)
1	M1	0	0	25	0.38	32.46		4.50	
2	M1	0	0	25	0.38	33.78	32.60	4.83	4.65
3	M1	0	0	25	0.38	31.55		4.62	
4	M2	0	0	30	0.75	48.93		3.77	
5	M2	0	0	30	0.75	46.30	45.47	3.59	3.56
6	M2	0	0	30	0.75	41.18		3.33	
7	M3	0	0	35	1.00	38.62		2.51	
8	M3	0	0	35	1.00	38.93	38.69	2.51	2.51
9	M3	0	0	35	1.00	38.52		2.51	
10	M4	0	0	40	0.50	63.18		3.82	
11	M4	0	0	40	0.50	64.20	62.50	3.82	3.82
12	M4	0	0	40	0.50	60.13		3.82	
13	M5	0	10	25	0.75	33.90		4.21	
14	M5	0	10	25	0.75	33.16	33.57	4.20	4.11
15	M5	0	10	25	0.75	33.64		3.93	
16	M6	0	10	30	0.75	58.09		3.97	
17	M6	0	10	30	0.75	62.73	60.23	3.11	3.70
18	M6	0	10	30	0.75	59.88		4.03	
19	M7	0	10	35	6.50	60.13		2.86	
20	M7	0	10	35	6.50	62.17	60.47	2.86	2.86
21	M7	0	10	35	6.50	59.11		2.86	
22	M8	0	10	40	0.10	48.92		3.12	
23	M8	0	10	40	0.10	47.90	47.56	3.12	3.12
24	M8	0	10	40	0.10	45.86		3.12	
25	M9	0	20	25	0.75	47.00		3.53	
26	M9	0	20	25	0.75	43.00	45.13	3.73	3.64
27	M9	0	20	25	0.75	45.38		3.65	
28	M10	0	20	30	0.50	39.21		2.87	

29	M10	0	20	30	0.50	39.63	39.32	2.92	2.94
30	M10	0	20	30	0.50	39.12		3.04	
31	M11	0	20	35	7.50	50.96		2.54	
32	M11	0	20	35	7.50	46.88	48.92	2.54	2.54
33	M11	0	20	35	7.50	48.92		2.54	
34	M12	0	20	40	0.25	42.80		3.01	
35	M12	0	20	40	0.25	40.76	42.63	3.01	3.01
36	M12	0	20	40	0.25	44.33		3.01	
37	M13	0	30	25	1.50	18.41		2.62	
38	M13	0	30	25	1.50	21.86	19.77	2.62	2.60
39	M13	0	30	25	1.50	19.05		2.57	
40	M14	0	30	30	0.75	34.12		2.28	
41	M14	0	30	30	0.75	37.83	38.64	1.63	1.97
42	M14	0	30	30	0.75	43.98		2.01	
43	M15	0	30	35	4.50	35.16		2.66	
44	M15	0	30	35	4.50	38.98	36.87	2.66	2.66
45	M15	0	30	35	4.50	36.48		2.66	
46	M16	0	30	40	0.38	55.03		2.97	
47	M16	0	30	40	0.38	51.46	52.48	2.97	2.97
48	M16	0	30	40	0.38	50.96		2.97	
49	M17	0	40	25	1.50	27.71		2.52	
50	M17	0	40	25	1.50	33.09	30.63	2.26	2.43
51	M17	0	40	25	1.50	31.10		2.50	
52	M18	0	40	30	0.50	48.93		3.31	
53	M18	0	40	30	0.50	46.30	45.47	3.09	3.13
54	M18	0	40	30	0.50	41.18		3.00	
55	M19	0	40	35	9.00	38.73		2.17	
56	M19	0	40	35	9.00	37.71	37.37	2.17	2.17
57	M19	0	40	35	9.00	35.67		2.17	
58	M20	0	40	40	0.50	43.82		2.84	
59	M20	0	40	40	0.50	44.84	44.84	2.84	2.84
60	M20	0	40	40	0.50	45.86		2.84	
61	M21	0	50	25	1.00	27.18		2.60	
62	M21	0	50	25	1.00	24.50	27.61	2.65	2.61

63	M21	0	50	25	1.00	31.15		2.58	
64	M22	0	50	30	0.75	37.14		2.22	
65	M22	0	50	30	0.75	33.34	34.99	2.09	2.16
66	M22	0	50	30	0.75	34.50		2.16	
67	M23	0	50	35	1.00	23.44		2.07	
68	M23	0	50	35	1.00	26.50	24.80	2.07	2.07
69	M23	0	50	35	1.00	24.46		2.07	
70	M24	0	50	40	0.50	28.54		2.28	
71	M24	0	50	40	0.50	29.04	29.72	2.28	2.28
72	M24	0	50	40	0.50	31.59		2.28	
73	M25	0	60	25	1.50	39.99		1.80	
74	M25	0	60	25	1.50	41.38	41.31	1.89	1.89
75	M25	0	60	25	1.50	42.55		1.98	
76	M26	0	60	30	1.12	38.17		2.72	
77	M26	0	60	30	1.12	35.58	36.51	2.79	2.78
78	M26	0	60	30	1.12	35.77		2.85	
79	M27	0	60	35	10.00	16.31		2.02	
80	M27	0	60	35	10.00	17.32	16.31	2.02	2.02
81	M27	0	60	35	10.00	15.29		2.02	
82	M28	0	60	40	1.50	29.96		2.14	
83	M28	0	60	40	1.50	27.26	28.84	2.14	2.14
84	M28	0	60	40	1.50	29.30		2.14	
85	M29	1	0	25	0.75	31.69		2.98	
86	M29	1	0	25	0.75	29.66	30.98	3.02	2.94
87	M29	1	0	25	0.75	31.59		2.83	
88	M30	1	0	30	1.25	27.33		2.83	
89	M30	1	0	30	1.25	26.22	28.03	2.85	2.85
90	M30	1	0	30	1.25	30.54		2.87	
91	M31	1	0	35	5.00	46.47		2.87	
92	M31	1	0	35	5.00	46.37	46.64	2.87	2.87
93	M31	1	0	35	5.00	47.08		2.87	
94	M32	1	0	40	0.10	59.11		2.63	
95	M32	1	0	40	0.10	60.13	60.13	2.63	2.63
96	M32	1	0	40	0.10	61.15		2.63	

97	M33	1	10	25	1.50	33.90		3.10	
98	M33	1	10	25	1.50	33.16	33.57	3.11	2.93
99	M33	1	10	25	1.50	33.64		2.59	
100	M34	1	10	30	1.25	38.15		3.12	
101	M34	1	10	30	1.25	33.81	35.52	3.14	3.27
102	M34	1	10	30	1.25	34.60		3.55	
103	M35	1	10	35	7.00	54.01		2.53	
104	M35	1	10	35	7.00	57.07	55.71	2.53	2.53
105	M35	1	10	35	7.00	56.05		2.53	
106	M36	1	10	40	0.25	65.22		3.17	
107	M36	1	10	40	0.25	68.28	66.58	3.17	3.17
108	M36	1	10	40	0.25	66.24		3.17	
109	M37	1	20	25	2.00	47.00		3.32	
110	M37	1	20	25	2.00	43.00	45.13	3.14	3.13
111	M37	1	20	25	2.00	45.38		2.91	
112	M38	1	20	30	1.25	46.22		2.78	
113	M38	1	20	30	1.25	50.47	48.42	2.42	2.59
114	M38	1	20	30	1.25	48.57		2.56	
115	M39	1	20	35	7.50	66.24		2.63	
116	M39	1	20	35	7.50	68.28	67.94	2.63	2.63
117	M39	1	20	35	7.50	69.30		2.63	
118	M40	1	20	40	0.50	64.20		3.35	
119	M40	1	20	40	0.50	65.22	64.98	3.35	3.35
120	M40	1	20	40	0.50	65.53		3.35	
121	M41	1	30	25	2.50	47.83		3.54	
122	M41	1	30	25	2.50	50.66	48.43	3.30	3.45
123	M41	1	30	25	2.50	46.80		3.50	
124	M42	1	30	30	2.00	31.09		2.91	
125	M42	1	30	30	2.00	33.47	31.75	2.88	2.89
126	M42	1	30	30	2.00	30.70		2.88	
127	M43	1	30	35	9.00	32.82		2.45	
128	M43	1	30	35	9.00	31.59	32.48	2.45	2.45
129	M43	1	30	35	9.00	33.02		2.45	
130	M44	1	30	40	1.00	70.32		3.21	

131	M44	1	30	40	1.00	70.32	69.64	3.21	3.21
132	M44	1	30	40	1.00	68.28		3.21	
133	M45	1	40	25	2.50	60.04		4.31	
134	M45	1	40	25	2.50	65.98	62.47	4.13	4.15
135	M45	1	40	25	2.50	61.39		4.01	
136	M46	1	40	30	1.00	43.11		2.85	
137	M46	1	40	30	1.00	46.20	43.92	3.05	2.92
138	M46	1	40	30	1.00	42.46		2.88	
139	M47	1	40	35	9.00	43.57		2.71	
140	M47	1	40	35	9.00	42.04	43.40	2.71	2.71
141	M47	1	40	35	9.00	44.59		2.71	
142	M48	1	40	40	1.00	49.94		3.02	
143	M48	1	40	40	1.00	46.88	47.56	3.02	3.02
144	M48	1	40	40	1.00	45.86		3.02	
145	M49	1	50	25	3.00	18.17		2.98	
146	M49	1	50	25	3.00	18.39	18.23	2.88	2.98
147	M49	1	50	25	3.00	18.13		3.09	
148	M50	1	50	30	3.00	18.96		3.18	
149	M50	1	50	30	3.00	18.34	19.06	3.05	3.10
150	M50	1	50	30	3.00	19.87		3.09	
151	M51	1	50	35	9.50	38.73		2.66	
152	M51	1	50	35	9.50	38.73	39.07	2.66	2.66
153	M51	1	50	35	9.50	39.75		2.66	
154	M52	1	50	40	1.00	32.61		2.51	
155	M52	1	50	40	1.00	36.69	34.99	2.51	2.51
156	M52	1	50	40	1.00	35.67		2.51	
157	M53	1	60	25	3.00	39.99		2.88	
158	M53	1	60	25	3.00	41.38	41.31	2.85	2.92
159	M53	1	60	25	3.00	42.55		3.04	
160	M53	1	60	30	2.25	16.39		3.23	
161	M53	1	60	30	2.25	20.17	18.23	3.32	3.24
162	M53	1	60	30	2.25	18.13		3.17	
163	M55	1	60	35	10.00	41.78		2.53	
164	M55	1	60	35	10.00	40.76	42.46	2.53	2.53

165	M55	1	60	35	10.00	44.84		2.53	
166	M56	1	60	40	2.00	28.64		2.33	
167	M56	1	60	40	2.00	30.06	28.60	2.33	2.33
168	M56	1	60	40	2.00	27.11		2.33	
169	M57	1.5	0	25	2.00	40.25		4.02	
170	M57	1.5	0	25	2.00	38.93	38.62	4.06	4.16
171	M57	1.5	0	25	2.00	36.69		4.40	
172	M58	1.5	0	30	1.50	34.90		3.27	
173	M58	1.5	0	30	1.50	32.78	34.24	3.42	3.34
174	M58	1.5	0	30	1.50	35.04		3.34	
175	M59	1.5	0	35	5.00	25.68		2.56	
176	M59	1.5	0	35	5.00	25.68	25.82	2.56	2.56
177	M59	1.5	0	35	5.00	26.09		2.56	
178	M60	1.5	0	40	0.10	45.86		3.15	
179	M60	1.5	0	40	0.10	46.88	46.20	3.15	3.15
180	M60	1.5	0	40	0.10	45.86		3.15	
181	M61	1.5	10	25	2.00	29.11		4.29	
182	M61	1.5	10	25	2.00	29.71	29.47	3.73	3.86
183	M61	1.5	10	25	2.00	29.58		3.56	
184	M62	1.5	10	30	1.25	47.23		3.98	
185	M62	1.5	10	30	1.25	46.70	47.32	3.57	3.60
186	M62	1.5	10	30	1.25	48.04		3.26	
187	M63	1.5	10	35	6.50	26.50		2.60	
188	M63	1.5	10	35	6.50	27.52	27.18	2.60	2.60
189	M63	1.5	10	35	6.50	27.52		2.60	
190	M64	1.5	10	40	0.20	56.05		3.58	
191	M64	1.5	10	40	0.20	54.01	55.03	3.58	3.58
192	M64	1.5	10	40	0.20	55.03		3.58	
193	M65	1.5	20	25	2.00	36.16		3.72	
194	M65	1.5	20	25	2.00	38.35	37.17	3.53	3.61
195	M65	1.5	20	25	2.00	37.00		3.59	
196	M66	1.5	20	30	1.00	10.34		2.67	
197	M66	1.5	20	30	1.00	11.29	10.79	2.75	2.78
198	M66	1.5	20	30	1.00	10.73		2.90	

199	M67	1.5	20	35	7.50	28.54		3.00	
200	M67	1.5	20	35	7.50	25.48	26.50	3.00	3.00
201	M67	1.5	20	35	7.50	25.48		3.00	
202	M68	1.5	20	40	0.50	46.88		3.85	
203	M68	1.5	20	40	0.50	48.92	46.98	3.85	3.85
204	M68	1.5	20	40	0.50	45.15		3.85	
205	M69	1.5	30	25	2.75	27.22		4.03	
206	M69	1.5	30	25	2.75	29.01	28.82	3.78	3.97
207	M69	1.5	30	25	2.75	30.23		4.09	
208	M70	1.5	30	30	2.00	32.99		3.10	
209	M70	1.5	30	30	2.00	30.04	31.75	2.92	2.98
210	M70	1.5	30	30	2.00	32.23		2.92	
211	M71	1.5	30	35	9.00	23.44		3.26	
212	M71	1.5	30	35	9.00	24.20	22.67	3.26	3.26
213	M71	1.5	30	35	9.00	20.38		3.26	
214	M72	1.5	30	40	1.50	57.07		3.84	
215	M72	1.5	30	40	1.50	56.05	56.73	3.84	3.84
216	M72	1.5	30	40	1.50	57.07		3.84	
217	M73	1.5	40	25	3.00	32.83		4.23	
218	M73	1.5	40	25	3.00	38.11	34.38	3.72	3.66
219	M73	1.5	40	25	3.00	32.19		3.02	
220	M74	1.5	40	30	1.00	27.57		2.85	
221	M74	1.5	40	30	1.00	30.05	28.48	3.07	2.95
222	M74	1.5	40	30	1.00	27.82		2.94	
223	M75	1.5	40	35	9.00	33.12		3.21	
224	M75	1.5	40	35	9.00	31.85	31.85	3.21	3.21
225	M75	1.5	40	35	9.00	30.57		3.21	
226	M76	1.5	40	40	1.00	38.73		3.67	
227	M76	1.5	40	40	1.00	36.69	37.03	3.67	3.67
228	M76	1.5	40	40	1.00	35.67		3.67	
229	M77	1.5	50	25	2.50	44.96		3.46	
230	M77	1.5	50	25	2.50	38.15	41.85	3.25	3.35
231	M77	1.5	50	25	2.50	42.44		3.35	
232	M78	1.5	50	30	1.00	55.64		4.01	

233	M78	1.5	50	30	1.00	55.24	54.96	3.36	3.68
234	M78	1.5	50	30	1.00	54.01		3.68	
235	M79	1.5	50	35	9.50	37.71		2.73	
236	M79	1.5	50	35	9.50	41.78	40.08	2.73	2.73
237	M79	1.5	50	35	9.50	40.76		2.73	
238	M80	1.5	50	40	1.00	40.76		3.09	
239	M80	1.5	50	40	1.00	41.78	41.78	3.09	3.09
240	M80	1.5	50	40	1.00	42.80		3.09	
241	M81	1.5	60	25	1.25	40.25		3.61	
242	M81	1.5	60	25	1.25	38.93	38.76	3.52	3.55
243	M81	1.5	60	25	1.25	37.10		3.53	
244	M82	1.5	60	30	2.25	40.87		3.94	
245	M82	1.5	60	30	2.25	41.71	41.14	4.25	4.07
246	M82	1.5	60	30	2.25	40.83		4.01	
247	M83	1.5	60	35	11.00	39.75		2.49	
248	M83	1.5	60	35	11.00	37.71	38.05	2.49	2.49
249	M83	1.5	60	35	11.00	36.69		2.49	
250	M84	1.5	60	40	1.50	38.73		2.87	
251	M84	1.5	60	40	1.50	34.65	36.43	2.87	2.87
252	M84	1.5	60	40	1.50	35.92		2.87	
253	M85	2	0	25	2.00	52.89		4.75	
254	M85	2	0	25	2.00	51.97	52.31	4.52	4.65
255	M85	2	0	25	2.00	52.08		4.69	
256	M86	2	0	30	1.75	33.25		3.31	
257	M86	2	0	30	1.75	31.66	32.08	3.38	3.39
258	M86	2	0	30	1.75	31.32		3.48	
259	M87	2	0	35	5.00	28.03		2.29	
260	M87	2	0	35	5.00	29.55	28.87	2.29	2.29
261	M87	2	0	35	5.00	29.04		2.29	
262	M88	2	0	40	0.10	49.94		3.20	
263	M88	2	0	40	0.10	49.94	49.60	3.20	3.20
264	M88	2	0	40	0.10	48.92		3.20	
265	M89	2	10	25	3.00	25.92		3.54	
266	M89	2	10	25	3.00	26.06	26.24	3.49	3.37



267	M89	2	10	25	3.00	26.73		3.08	
268	M90	2	10	30	1.25	45.87		5.13	
269	M90	2	10	30	1.25	45.90	43.64	5.16	4.91
270	M90	2	10	30	1.25	39.15		4.45	
271	M91	2	10	35	6.50	25.48		2.88	
272	M91	2	10	35	6.50	26.50	25.82	2.88	2.88
273	M91	2	10	35	6.50	25.48		2.88	
274	M92	2	10	40	0.20	59.11		3.60	
275	M92	2	10	40	0.20	60.13	58.77	3.60	3.60
276	M92	2	10	40	0.20	57.07		3.60	
277	M93	2	20	25	2.00	45.45		5.47	
278	M93	2	20	25	2.00	46.05	45.95	4.80	5.14
279	M93	2	20	25	2.00	46.35		5.16	
280	M94	2	20	30	1.00	25.58		4.84	
281	M94	2	20	30	1.00	25.94	25.74	4.83	4.81
282	M94	2	20	30	1.00	25.70		4.76	
283	M95	2	20	35	7.50	31.59		3.12	
284	M95	2	20	35	7.50	34.14	32.10	3.12	3.12
285	M95	2	20	35	7.50	30.57		3.12	
286	M96	2	20	40	0.50	39.85		4.07	
287	M96	2	20	40	0.50	38.93	38.83	4.07	4.07
288	M96	2	20	40	0.50	37.71		4.07	
289	M97	2	30	25	3.00	45.45		4.56	
290	M97	2	30	25	3.00	46.05	45.95	4.73	4.82
291	M97	2	30	25	3.00	46.35		5.17	
292	M98	2	30	30	2.00	22.69		3.40	
293	M98	2	30	30	2.00	25.03	25.05	3.35	3.30
294	M98	2	30	30	2.00	27.43		3.16	
295	M99	2	30	35	9.00	39.75		3.06	
296	M99	2	30	35	9.00	40.76	40.19	3.06	3.06
297	M99	2	30	35	9.00	40.05		3.06	
298	M100	2	30	40	0.75	63.18		4.03	
299	M100	2	30	40	0.75	61.15	61.49	4.03	4.03
300	M100	2	30	40	0.75	60.13		4.03	

301	M101	20	40	25	3.00	30.25		3.74	
302	M101	20	40	25	3.00	32.25	31.79	3.39	3.89
303	M101	20	40	25	3.00	32.86		4.54	
304	M102	20	40	30	1.50	16.61		2.76	
305	M102	20	40	30	1.50	15.90	17.29	3.07	3.09
306	M102	20	40	30	1.50	19.36		3.44	
307	M103	2	40	35	9.00	23.44		3.02	
308	M103	2	40	35	9.00	23.18	23.61	3.02	3.02
309	M103	2	40	35	9.00	24.20		3.02	
310	M104	2	40	40	1.00	38.73		4.08	
311	M104	2	40	40	1.00	39.75	39.41	4.08	4.08
312	M104	2	40	40	1.00	39.75		4.08	
313	M105	2	50	25	2.50	32.86		4.42	
314	M105	2	50	25	2.50	31.26	32.03	3.73	3.99
315	M105	2	50	25	2.50	31.96		3.82	
316	M106	2	50	30	1.00	40.98		4.46	
317	M106	2	50	30	1.00	42.72	42.12	4.29	4.37
318	M106	2	50	30	1.00	42.65		4.35	
319	M107	2	50	35	9.50	27.52		3.01	
320	M107	2	50	35	9.50	26.50	27.18	3.01	3.01
321	M107	2	50	35	9.50	27.52		3.01	
322	M108	2	50	40	1.00	42.60		3.99	
323	M108	2	50	40	1.00	41.78	42.63	3.99	3.99
324	M108	2	50	40	1.00	43.52		3.99	
325	M109	2	60	25	3.20	52.89		4.40	
326	M109	2	60	25	3.20	51.97	52.31	4.26	4.37
327	M109	2	60	25	3.20	52.08		4.44	
328	M110	2	60	30	1.25	37.15		4.72	
329	M110	2	60	30	1.25	36.66	36.26	4.93	4.69
330	M110	2	60	30	1.25	34.98		4.41	
331	M111	2	60	35	11.00	25.89		2.29	
332	M111	2	60	35	11.00	25.48	25.62	2.29	2.29
333	M111	2	60	35	11.00	25.48		2.29	
334	M112	2	60	40	1.50	31.85		3.45	

335	M112	2	60	40	1.50	34.39	33.12	3.45	3.45
336	M112	2	60	40	1.50	33.12		3.45	

**Lampiran 2 : Pemodelan Kuat Tekan 28 Hari (w/c = 25 % & 30 %) dengan Hidden Layer Size 1 , Node Hidden Layer 19**

**SEED : 18**

**Persentase Data : Training (70%) ; Validation (15 %) ; Testing (15%)**

No	No Mix	PVA	FLY ASH	W/C	Superplast icizer	Kuat Tekan Rata-Rata dari Target (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata dari ANN (MPa)	Persentase Error Rata-Rata terhadap Target (%)
1	M1	0	0	25	0.375	32.60	33.12	2.98
2	M2	0	0	30	0.75	45.47	45.45	6.44
3	M5	0	10	25	0.75	33.57	33.56	0.81
4	M6	0	10	30	0.75	60.23	58.97	3.01
5	M9	0	20	25	0.75	45.13	45.00	3.26
6	M10	0	20	30	0.5	39.32	39.43	0.61
7	M13	0	30	25	1.5	19.77	18.73	5.90
8	M14	0	30	30	0.75	38.64	38.64	9.18
9	M17	0	40	25	1.5	30.63	31.10	6.08
10	M18	0	40	30	0.5	45.47	46.29	9.18
11	M21	0	50	25	1	27.61	31.15	13.93
12	M22	0	50	30	0.75	34.99	34.97	4.03
13	M25	0	60	25	1.5	41.31	41.31	2.13
14	M26	0	60	30	1.12	36.51	35.78	2.27
15	M29	1	0	25	0.75	30.98	29.65	4.20
16	M30	1	0	30	1.25	28.03	28.38	6.38
17	M33	1	10	25	1.5	33.57	33.15	1.22
18	M34	1	10	30	1.25	35.52	36.37	5.79
19	M37	1	20	25	2	45.13	42.99	4.60
20	M37	1	20	30	1.25	48.42	46.21	4.44
21	M41	1	30	25	2.5	48.43	47.82	2.60

22	M42	1	30	30	2	31.75	32.09	3.96
23	M45	1	40	25	2.5	62.47	60.72	3.40
24	M46	1	40	30	1	43.92	42.45	3.22
25	M49	1	50	25	3	18.23	18.25	0.61
26	M50	1	50	30	3	19.06	18.32	3.77
27	M53	1	60	25	3	41.31	40.70	2.59
28	M54	1	60	30	2.25	18.23	18.23	7.13
29	M57	1.5	0	25	2	38.62	39.58	3.74
30	M58	1.5	0	30	1.5	34.24	34.25	2.88
31	M61	1.5	10	25	2	29.47	29.34	0.95
32	M62	1.5	10	30	1.25	47.32	47.31	1.00
33	M65	1.5	20	25	2	37.17	36.59	2.30
34	M66	1.5	20	30	1	10.79	10.82	3.21
35	M69	1.5	30	25	2.75	28.82	28.82	3.73
36	M70	1.5	30	30	2	31.75	31.17	4.19
37	M73	1.5	40	25	3	34.38	32.52	5.55
38	M74	1.5	40	30	1	28.48	28.47	3.63
39	M77	1.5	50	25	2.5	41.85	43.71	6.79
40	M88	1.5	50	30	1	54.96	55.23	1.00
41	M81	1.5	60	25	1.25	38.76	38.01	3.47
42	M82	1.5	60	30	2.25	41.14	41.13	0.93
43	M85	2	0	25	2	52.31	52.30	0.72
44	M86	2	0	30	1.75	32.08	31.69	1.98
45	M89	2	10	25	3	26.24	25.91	1.25
46	M90	2	10	30	1.25	43.64	43.63	7.09
47	M93	2	20	25	2	45.95	45.75	0.86
48	M94	2	20	30	1	25.74	25.76	0.53
49	M97	2	30	25	3	45.95	45.95	0.73
50	M98	2	30	30	2	25.05	25.08	6.43
51	M101	20	40	25	3	31.79	31.81	3.23
52	M102	20	40	30	1.5	17.29	17.67	8.75
53	M105	2	50	25	2.5	32.03	32.04	1.76
54	M106	2	50	30	1	42.12	42.68	1.44
55	M109	2	60	25	3.2	52.31	52.35	0.76

56	M110	2	60	30	1.25	36.26	36.27	2.37
<b>Persentase Error rata-rata</b>								<b>3.66</b>

**Lampiran 3 : Pemodelan Mix Desain Kuat Tekan (w/c = 0,25 & 0, 30)  
dengan Hidden Layer Size 1, Node Hidden Layer 10  
SEED : 18**

**Persentase Data : Trainng (70%) ; Validation (15 %) ; Testing (15%)**

No	No. Mix	PVA	FLY ASH	W/C	Superplastic izer	Kuat Tekan Rata-Rata dari Target (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata dari ANN (MPa)	Persentase Error terhadap target (%)
1	M1	0	10	25	0.75	33.57	33.12	1.34
2	M2	0	10	30	0.75	60.23	45.46	24.47
3	M5	0	0	25	0.38	32.60	33.56	3.48
4	M6	0	0	30	0.75	45.47	58.99	30.36
5	M9	0	20	25	0.75	45.13	45.03	3.26
6	M10	0	30	30	0.75	38.64	39.46	10.05
7	M13	0	30	25	1.50	19.77	18.72	5.90
8	M14	0	20	30	0.50	39.32	38.62	1.73
9	M17	0	50	25	1.00	27.61	31.09	13.85
10	M18	0	40	30	0.50	45.47	46.34	5.95
11	M21	0	40	25	1.50	30.63	31.21	6.15
12	M22	0	60	30	1.12	36.51	34.97	4.10
13	M25	0	60	25	1.50	41.31	41.28	2.13
14	M26	0	50	30	0.75	34.99	35.78	4.89
15	M29	1	10	25	1.50	33.57	29.62	11.65
16	M30	1	0	30	1.25	28.03	28.42	6.38
17	M33	1	0	25	0.75	30.98	33.20	7.12
18	M34	1	10	30	1.25	35.52	36.59	5.79
19	M37	1	30	25	2.50	48.43	43.31	11.12
20	M37	1	20	30	1.25	48.42	46.21	4.44
21	M41	1	20	25	2.00	45.13	46.08	6.12
22	M42	1	30	30	2.00	31.75	32.13	3.96
23	M45	1	40	25	2.50	62.47	60.66	3.40

24	M46	1	40	30	1.00	43.92	42.51	3.22
25	M49	1	50	25	3.00	18.23	18.23	0.61
26	M50	1	50	30	3.00	19.06	18.66	3.77
27	M53	1.5	0	25	2.00	38.62	40.74	5.52
28	M54	1	60	30	2.25	18.23	18.19	7.13
29	M57	1	60	25	3.00	41.31	39.65	4.13
30	M58	1.5	0	30	1.50	34.24	34.30	2.88
31	M61	1.5	10	25	2.00	29.47	29.34	0.95
32	M62	1.5	10	30	1.25	47.32	47.10	1.00
33	M65	1.5	20	25	2.00	37.17	37.91	2.30
34	M66	1.5	20	30	1.00	10.79	10.89	3.21
35	M69	1.5	40	25	3.00	34.38	28.83	15.68
36	M70	1.5	30	30	2.00	31.75	31.18	4.19
37	M73	1.5	30	25	2.75	28.82	32.33	13.04
38	M74	1.5	40	30	1.00	28.48	28.50	3.63
39	M77	1.5	60	25	1.25	38.76	43.74	12.90
40	M88	1.5	50	30	1.00	54.96	55.24	1.00
41	M81	1.5	50	25	2.50	41.85	38.01	8.75
42	M82	1.5	60	30	2.25	41.14	41.13	0.93
43	M85	2	0	25	2.00	52.31	52.25	0.72
44	M86	2	0	30	1.75	32.08	31.71	1.98
45	M89	2	10	25	3.00	26.24	25.92	1.25
46	M90	2	10	30	1.25	43.64	43.81	7.09
47	M93	2	30	25	3.00	45.95	45.85	0.86
48	M94	2	20	30	1.00	25.74	25.76	0.53
49	M97	2	20	25	2.00	45.95	45.56	0.73
50	M98	2	30	30	2.00	25.05	25.07	6.43
51	M101	2	50	25	2.50	32.03	31.82	1.81
52	M102	20	40	30	1.50	17.29	17.65	8.75
53	M105	20	40	25	3.00	31.79	31.94	3.01
54	M106	2	50	30	1.00	42.12	42.67	1.44
55	M109	2	60	25	3.20	52.31	52.31	0.76
56	M110	2	60	30	1.25	36.26	36.25	2.37
<b>Persentase Error rata-rata</b>								<b>5.54</b>

**Lampiran 4 : Pemodelan Kuat Tekan 28 Hari (w/c : 0,35 & 0,40) dengan  
Hidden Layer Size 1, Node Hidden Layer 10**

**SEED : 22**

**Persentase Data : Trainng (70%) ; Validizer (15 %) ; Testing (15%)**

NO	No. Mix	PVA	FLY ASH	W/C	Superplasticizer	Kuat Tekan Rata-Rata dari target (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata dari ANN (MPa)	Persentase Error terhadap target (%)
1	M3	0	0	35	1.00	38.69	38.76	0.47
2	M4	0	0	40	0.50	62.50	63.29	2.28
3	M7	0	10	35	6.50	60.47	59.78	1.86
4	M8	0	10	40	0.10	47.56	47.39	2.50
5	M11	0	20	35	7.50	48.92	48.65	2.95
6	M12	0	20	40	0.25	42.63	42.98	2.97
7	M15	0	30	35	4.50	36.87	37.62	4.54
8	M16	0	30	40	0.38	52.48	52.67	3.33
9	M19	0	40	35	9.00	37.37	37.66	2.82
10	M20	0	40	40	0.50	44.84	44.66	1.64
11	M23	0	50	35	1.00	24.80	24.38	4.11
12	M24	0	50	40	0.50	29.72	30.47	5.08
13	M27	0	60	35	10.00	16.31	16.23	4.32
14	M28	0	60	40	1.50	28.84	28.55	4.00
15	M31	1	0	35	5.00	46.64	47.25	1.31
16	M32	1	0	40	0.10	60.13	60.35	1.26
17	M35	1	10	35	7.00	55.71	55.73	2.03
18	M36	1	10	40	0.25	66.58	66.97	1.90
19	M39	1	20	35	7.50	67.94	67.88	1.70
20	M40	1	20	40	0.50	64.98	64.80	0.90
21	M43	1	30	35	9.00	32.48	32.50	1.80
22	M44	1	30	40	1.00	69.64	69.96	1.16
23	M47	1	40	35	9.00	43.40	42.69	2.60
24	M48	1	40	40	1.00	47.56	45.98	3.36
25	M51	1	50	35	9.50	39.07	39.41	1.46

26	M52	1	50	40	1.00	34.99	37.65	7.86
27	M55	1	60	35	10.00	42.46	40.65	4.10
28	M56	1	60	40	2.00	28.60	28.33	3.78
29	M59	1.5	0	35	5.00	25.82	25.76	0.63
30	M60	1.5	0	40	0.10	46.20	45.95	0.79
31	M63	1.5	10	35	6.50	27.18	27.14	1.72
32	M64	1.5	10	40	0.20	55.03	55.42	1.48
33	M67	1.5	20	35	7.50	26.50	27.07	5.88
34	M68	1.5	20	40	0.50	46.98	46.81	2.71
35	M71	1.5	30	35	9.00	22.67	22.73	6.88
36	M72	1.5	30	40	1.50	56.73	56.57	0.89
37	M75	1.5	40	35	9.00	31.85	31.76	2.76
38	M76	1.5	40	40	1.00	37.03	37.51	3.51
39	M79	1.5	50	35	9.50	40.08	39.93	4.13
40	M80	1.5	50	40	1.00	41.78	41.46	1.87
41	M83	1.5	60	35	11.00	38.05	37.14	3.10
42	M84	1.5	60	40	1.50	36.43	36.38	4.10
43	M87	2	0	35	5.00	28.87	28.43	2.45
44	M88	2	0	40	0.10	49.60	50.22	1.27
45	M91	2	10	35	6.50	25.82	25.86	1.80
46	M92	2	10	40	0.20	58.77	57.95	2.38
47	M95	2	20	35	7.50	32.10	32.33	4.46
48	M96	2	20	40	0.50	38.83	38.99	1.90
49	M99	2	30	35	9.00	40.19	39.93	0.94
50	M100	2	30	40	0.75	61.49	60.41	2.02
51	M103	2	40	35	9.00	23.61	23.42	1.45
52	M104	2	40	40	1.00	39.41	39.78	0.96
53	M107	2	50	35	9.50	27.18	26.25	3.38
54	M108	2	50	40	1.00	42.63	42.79	1.51
55	M111	2	60	35	11.00	25.62	25.62	0.72
56	M112	2	60	40	1.50	33.12	32.95	2.73
<b>Persentase Error rata-rata</b>								<b>2.62</b>



**Lampiran 5 : Pemodelan Mix Desain Kuat Tekan (w/c : 0,35 - 0,40)  
dengan Hidden Layer Size 1 , Node Hidden Layer 10**

**SEED : 22**

**Persentase Data : Training (70%) ; Validation (15 %) ; Testing (15%)**

No	No Mix	PVA	FLY ASH	W/C	Superplasticizer	Kuat Tekan Rata-Rata dari Target (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata dari ANN (MPa)	Persentase Error terhadap target (%)
1	M3	0	0	35	1.00	36.87	38.72	5.64
2	M4	0	0	40	0.50	60.47	63.31	4.74
3	M7	0	10	35	6.50	62.50	58.06	7.04
4	M8	0	10	40	0.10	48.92	47.27	3.81
5	M11	0	20	35	7.50	47.56	50.30	5.83
6	M12	0	20	40	0.25	44.84	43.54	2.88
7	M15	0	30	35	4.50	38.69	37.77	2.39
8	M16	0	30	40	0.38	55.71	52.48	5.75
9	M19	0	40	35	9.00	39.07	37.38	4.29
10	M20	0	40	40	0.50	42.63	45.78	7.50
11	M23	0	50	35	1.00	23.61	25.63	8.59
12	M24	0	50	40	0.50	28.84	30.57	6.17
13	M27	0	60	35	10.00	16.31	16.40	4.40
14	M28	0	60	40	1.50	29.72	29.08	3.34
15	M31	1	0	35	5.00	46.98	52.82	12.54
16	M32	1	0	40	0.10	58.77	59.58	2.04
17	M35	1	10	35	7.00	52.48	54.91	4.89
18	M36	1	10	40	0.25	64.98	62.14	4.38
19	M39	1	20	35	7.50	69.64	69.63	1.31
20	M40	1	20	40	0.50	61.49	64.77	5.38
21	M43	1	30	35	9.00	34.99	31.87	8.68
22	M44	1	30	40	1.00	67.94	69.88	2.89
23	M47	1	40	35	9.00	42.46	42.77	3.96
24	M48	1	40	40	1.00	49.60	50.81	2.46
25	M51	1	50	35	9.50	37.37	39.34	5.39

26	M52	1	50	40	1.00	32.48	35.57	9.58
27	M55	1	60	35	10.00	43.40	41.05	5.36
28	M56	1	60	40	2.00	27.18	28.29	4.12
29	M59	1.5	0	35	5.00	26.50	25.72	3.91
30	M60	1.5	0	40	0.10	42.63	46.75	9.70
31	M63	1.5	10	35	6.50	27.18	26.92	1.97
32	M64	1.5	10	40	0.20	56.73	54.31	4.26
33	M67	1.5	20	35	7.50	25.82	27.20	5.35
34	M68	1.5	20	40	0.50	46.64	46.98	0.88
35	M71	1.5	30	35	9.00	25.82	22.71	12.01
36	M72	1.5	30	40	1.50	55.03	54.48	1.56
37	M75	1.5	40	35	9.00	32.10	31.95	4.01
38	M76	1.5	40	40	1.00	38.05	37.13	3.11
39	M79	1.5	50	35	9.50	41.78	39.61	5.16
40	M80	1.5	50	40	1.00	40.08	42.29	5.69
41	M83	1.5	60	35	11.00	37.03	37.30	3.31
42	M84	1.5	60	40	1.50	38.83	37.85	2.72
43	M87	2	0	35	5.00	25.62	28.53	11.39
44	M88	2	0	40	0.10	47.56	48.39	3.95
45	M91	2	10	35	6.50	22.67	26.18	16.12
46	M92	2	10	40	0.20	60.13	57.14	4.95
47	M95	2	20	35	7.50	33.12	33.25	2.70
48	M96	2	20	40	0.50	36.43	37.16	4.91
49	M99	2	30	35	9.00	39.41	40.30	2.29
50	M100	2	30	40	0.75	66.58	65.49	1.87
51	M103	2	40	35	9.00	24.80	23.07	6.74
52	M104	2	40	40	1.00	40.19	39.58	1.50
53	M107	2	50	35	9.50	28.60	27.70	4.44
54	M108	2	50	40	1.00	46.20	43.24	6.38
55	M111	2	60	35	11.00	28.87	25.49	11.67
56	M112	2	60	40	1.50	31.85	32.59	3.51
<b>Persentase Error rata-rata</b>								<b>5.20</b>

**Lampiran 6 : Pemodelan Kuat Tarik 28 Hari (w/c = 25 % & 30 %) dengan  
Hidden Layer Size 1 , Node Hidden Layer 10**

**SEED : 45**

**Persentase Data : Trainng (70%) ; Validation (15 %) ; Testing (15%)**

No	No. Mix	PVA	FL Y AS H	W/C	Superpl asticizer	Kuat Tarik Rata- Rata dari Target (MPa)	KuatTar ik Rata- Rata (N) dari ANN (MPa)	Persenta se Error terhada p target (%)
1	M1	0	0	25	0.38	4.65	4.64	2.48
2	M2	0	0	30	0.75	3.56	3.54	4.51
3	M5	0	10	25	0.75	4.11	4.12	3.03
4	M6	0	10	30	0.75	3.70	3.53	12.39
5	M9	0	20	25	0.75	3.64	3.54	2.82
6	M10	0	20	30	0.50	2.94	2.96	2.38
7	M13	0	30	25	1.50	2.60	2.58	1.29
8	M14	0	30	30	0.75	1.97	1.98	11.87
9	M17	0	40	25	1.50	2.43	2.56	5.50
10	M18	0	40	30	0.50	3.13	3.00	4.23
11	M21	0	50	25	1.00	2.61	2.58	1.11
12	M22	0	50	30	0.75	2.16	2.16	2.05
13	M25	0	60	25	1.50	1.89	1.88	3.34
14	M26	0	60	30	1.12	2.78	2.77	1.71
15	M29	1	0	25	0.75	2.94	2.83	3.83
16	M30	1	0	30	1.25	2.85	3.00	5.39
17	M33	1	10	25	1.50	2.93	2.84	8.85
18	M34	1	10	30	1.25	3.27	3.35	6.51
19	M37	1	20	25	2.00	3.13	3.10	4.79
20	M37	1	20	30	1.25	2.59	2.50	5.30
21	M41	1	30	25	2.50	3.45	3.61	4.97
22	M42	1	30	30	2.00	2.89	2.89	0.47
23	M45	1	40	25	2.50	4.15	3.65	11.95
24	M46	1	40	30	1.00	2.92	2.94	3.01
25	M49	1	50	25	3.00	2.98	3.01	2.56

26	M50	1	50	30	3.00	3.10	3.19	2.85
27	M53	1	60	25	3.00	2.92	2.96	2.93
28	M54	1	60	30	2.25	3.24	3.24	1.52
29	M57	1.5	0	25	2.00	4.16	4.17	3.87
30	M58	1.5	0	30	1.50	3.34	3.27	2.31
31	M61	1.5	10	25	2.00	3.86	3.96	8.31
32	M62	1.5	10	30	1.25	3.60	3.56	6.63
33	M65	1.5	20	25	2.00	3.61	3.76	4.10
34	M66	1.5	20	30	1.00	2.78	2.68	3.47
35	M69	1.5	30	25	2.75	3.97	3.68	7.06
36	M70	1.5	30	30	2.00	2.98	3.00	2.90
37	M73	1.5	40	25	3.00	3.66	3.66	11.97
38	M74	1.5	40	30	1.00	2.95	2.90	2.79
39	M77	1.5	50	25	2.50	3.35	3.65	9.01
40	M88	1.5	50	30	1.00	3.68	3.70	6.01
41	M81	1.5	60	25	1.25	3.55	3.57	1.23
42	M82	1.5	60	30	2.25	4.07	4.13	3.54
43	M85	2	0	25	2.00	4.65	4.57	2.44
44	M86	2	0	30	1.75	3.39	3.41	2.00
45	M89	2	10	25	3.00	3.37	3.36	6.00
46	M90	2	10	30	1.25	4.91	4.74	7.38
47	M93	2	20	25	2.00	5.14	4.93	5.74
48	M94	2	20	30	1.00	4.81	4.81	0.71
49	M97	2	30	25	3.00	4.82	4.55	5.40
50	M98	2	30	30	2.00	3.30	3.24	3.50
51	M101	20	40	25	3.00	3.89	4.36	16.33
52	M102	20	40	30	1.50	3.09	3.09	7.57
53	M105	2	50	25	2.50	3.99	3.85	5.62
54	M106	2	50	30	1.00	4.37	4.40	1.72
55	M109	2	60	25	3.20	4.37	4.21	3.62
56	M110	2	60	30	1.25	4.69	4.56	4.75
<b>Persentase Error rata-rata</b>								<b>4.81</b>

**Lampiran 7 : Pemodelan Hasil Kuat Tarik 28 Hari (w/c : 0,35 & 0,40)  
dengan Hidden Layer Size 1 , Node Hidden Layer 10**

**SEED : 25**

**Persentase Data : Trainng (70%) ; Validation (15 %) ; Testing (15%)**

No	No. Mix	PV A	FLY ASH	W/ C	Superpl asticizer	Kuat Tarik Rata- Rata dari Target (MPa)	Kuat Tarik Rata- Rata dari ANN (MPa)	Persentase Error terhadap target (%)
1	M3	0	0	35	1	2.51	2.50	2.43
2	M4	0	0	40	0.5	3.82	3.77	3.77
3	M7	0	10	35	6.5	2.86	2.80	6.01
4	M8	0	10	40	0.1	3.12	3.03	11.79
5	M11	0	20	35	7.5	2.54	2.56	5.56
6	M12	0	20	40	0.25	3.01	2.87	4.71
7	M15	0	30	35	4.5	2.66	2.59	6.66
8	M16	0	30	40	0.375	2.97	3.24	6.19
9	M19	0	40	35	9	2.17	2.35	10.09
10	M20	0	40	40	0.5	2.84	2.82	13.61
11	M23	0	50	35	1	2.07	2.21	21.54
12	M24	0	50	40	0.5	2.28	2.02	12.23
13	M27	0	60	35	10	2.02	1.85	10.54
14	M28	0	60	40	1.5	2.14	2.07	5.65
15	M31	1	0	35	5	2.87	2.84	0.95
16	M32	1	0	40	0.1	2.63	2.69	2.03
17	M35	1	10	35	7	2.53	2.74	6.43
18	M36	1	10	40	0.25	3.17	3.22	5.35
19	M39	1	20	35	7.5	2.63	2.78	3.34
20	M40	1	20	40	0.5	3.35	3.65	15.18
21	M43	1	30	35	9	2.45	2.34	3.16
22	M44	1	30	40	1	3.21	3.07	5.92
23	M47	1	40	35	9	2.71	2.51	2.97
24	M48	1	40	40	1	3.02	2.67	21.44
25	M51	1	50	35	9.5	2.66	2.53	10.21
26	M52	1	50	40	1	2.51	2.35	9.43

27	M55	1	60	35	10	2.53	2.76	1.76
28	M56	1	60	40	2	2.33	2.51	6.85
29	M59	1.5	0	35	5	2.56	2.48	4.51
30	M60	1.5	0	40	0.1	3.15	3.19	8.63
31	M63	1.5	10	35	6.5	2.60	2.64	10.81
32	M64	1.5	10	40	0.2	3.58	3.53	3.47
33	M67	1.5	20	35	7.5	3.00	2.98	15.24
34	M68	1.5	20	40	0.5	3.85	3.93	4.80
35	M71	1.5	30	35	9	3.26	3.12	5.16
36	M72	1.5	30	40	1.5	3.84	3.80	6.84
37	M75	1.5	40	35	9	3.21	3.12	5.90
38	M76	1.5	40	40	1	3.67	3.96	8.80
39	M79	1.5	50	35	9.5	2.73	2.57	4.55
40	M80	1.5	50	40	1	3.09	2.81	12.47
41	M83	1.5	60	35	11	2.49	2.48	9.74
42	M84	1.5	60	40	1.5	2.87	3.01	3.22
43	M87	2	0	35	5	2.29	2.44	2.72
44	M88	2	0	40	0.1	3.20	3.40	3.33
45	M91	2	10	35	6.5	2.88	2.58	5.15
46	M92	2	10	40	0.2	3.60	3.56	3.70
47	M95	2	20	35	7.5	3.12	2.95	6.45
48	M96	2	20	40	0.5	4.07	3.75	5.80
49	M99	2	30	35	9	3.06	3.07	1.48
50	M100	2	30	40	0.75	4.03	3.85	8.57
51	M103	2	40	35	9	3.02	3.02	7.22
52	M104	2	40	40	1	4.08	4.01	8.82
53	M107	2	50	35	9.5	3.01	3.05	5.81
54	M108	2	50	40	1	3.99	3.99	12.43
55	M111	2	60	35	11	2.29	2.43	8.55
56	M112	2	60	40	1.5	3.45	3.48	0.65
<b>Persentase Error rata-rata</b>								<b>7.15</b>

**Lampiran 8 : Pemodelan Kuat Tekan 28 Hari (w/c = 0,25 -0,40) dengan  
Hidden Layer Size 1 Node Hidden Layer 19 ;**

**SEED : 39**

**Persentase Data : Trainng (70%) ; Validation (15 %) ; Testing (15%)**

No	No Mix	PVA	FLY ASH	W/C	Superplas ticizer	Kuat Tekann Rata- Rata dari Target (MPa)	Kuat Tekan Rata- Rata dari ANN (MPa)	Persenta se Error terhada p target (%)
1	M1	0	0	25	0.38	32.60	32.69	2.53
2	M2	0	0	30	0.75	45.47	45.90	6.17
3	M3	0	0	35	1.00	38.69	38.64	0.37
4	M4	0	0	40	0.50	62.50	62.01	2.80
5	M5	0	10	25	0.75	33.57	34.26	2.06
6	M6	0	10	30	0.75	60.23	60.08	2.66
7	M7	0	10	35	6.50	60.47	60.47	1.87
8	M8	0	10	40	0.10	47.56	47.50	2.43
9	M9	0	20	25	0.75	45.13	44.37	3.67
10	M10	0	20	30	0.50	39.32	40.30	2.50
11	M11	0	20	35	7.50	48.92	50.11	3.67
12	M12	0	20	40	0.25	42.63	43.29	3.23
13	M13	0	30	25	1.50	19.77	20.86	9.13
14	M14	0	30	30	0.75	38.64	40.88	11.64
15	M15	0	30	35	4.50	36.87	37.15	4.06
16	M16	0	30	40	0.38	52.48	52.35	3.11
17	M17	0	40	25	1.50	30.63	29.70	7.32
18	M18	0	40	30	0.50	45.47	41.27	8.91
19	M19	0	40	35	9.00	37.37	38.37	3.42
20	M20	0	40	40	0.50	44.84	45.39	1.95
21	M21	0	50	25	1.00	27.61	26.25	8.76
22	M22	0	50	30	0.75	34.99	36.86	6.05
23	M23	0	50	35	1.00	24.80	24.79	4.52
24	M24	0	50	40	0.50	29.72	28.72	3.62
25	M25	0	60	25	1.50	41.31	41.43	2.11
26	M26	0	60	30	1.12	36.51	37.87	4.36

27	M27	0	60	35	10.00	16.31	16.27	4.25
28	M28	0	60	40	1.50	28.84	29.29	3.24
29	M29	1	0	25	0.75	30.98	32.05	3.56
30	M30	1	0	30	1.25	28.03	29.95	8.58
31	M31	1	0	35	5.00	46.64	45.93	1.51
32	M32	1	0	40	0.10	60.13	60.56	1.38
33	M33	1	10	25	1.50	33.57	33.14	1.25
34	M34	1	10	30	1.25	35.52	34.06	4.34
35	M35	1	10	35	7.00	55.71	55.84	1.97
36	M36	1	10	40	0.25	66.58	69.14	3.88
37	M37	1	20	25	2.00	45.13	44.70	3.45
38	M38	1	20	30	1.25	48.42	48.46	3.02
39	M39	1	20	35	7.50	67.94	66.44	2.37
40	M40	1	20	40	0.50	64.98	66.00	1.57
41	M41	1	30	25	2.50	48.43	48.60	3.18
42	M42	1	30	30	2.00	31.75	31.76	3.58
43	M43	1	30	35	9.00	32.48	32.03	2.26
44	M44	1	30	40	1.00	69.64	69.61	1.32
45	M45	1	40	25	2.50	62.47	64.99	5.20
46	M46	1	40	30	1.00	43.92	44.10	3.57
47	M47	1	40	35	9.00	43.40	42.20	2.96
48	M48	1	40	40	1.00	47.56	47.97	3.62
49	M49	1	50	25	3.00	18.23	18.15	0.50
50	M50	1	50	30	3.00	19.06	20.03	5.24
51	M51	1	50	35	9.50	39.07	37.61	3.72
52	M52	1	50	40	1.00	34.99	34.86	4.72
53	M53	1	60	25	3.00	41.31	41.25	2.17
54	M53	1	60	30	2.25	18.23	18.15	6.96
55	M55	1	60	35	10.00	42.46	43.34	4.46
56	M56	1	60	40	2.00	28.60	29.80	4.96
57	M57	1.5	0	25	2.00	38.62	38.46	3.50
58	M58	1.5	0	30	1.50	34.24	32.75	4.25
59	M59	1.5	0	35	5.00	25.82	26.98	4.51
60	M60	1.5	0	40	0.10	46.20	45.86	0.73
61	M61	1.5	10	25	2.00	29.47	28.83	2.15
62	M62	1.5	10	30	1.25	47.32	47.37	1.04



63	M63	1.5	10	35	6.50	27.18	26.88	2.02
64	M64	1.5	10	40	0.20	55.03	55.83	1.74
65	M65	1.5	20	25	2.00	37.17	37.89	2.80
66	M66	1.5	20	30	1.00	10.79	10.61	3.25
67	M67	1.5	20	35	7.50	26.50	27.89	7.06
68	M68	1.5	20	40	0.50	46.98	42.36	9.75
69	M69	1.5	30	25	2.75	28.82	28.63	3.93
70	M70	1.5	30	30	2.00	31.75	32.85	3.90
71	M71	1.5	30	35	9.00	22.67	22.92	6.66
72	M72	1.5	30	40	1.50	56.73	56.21	1.10
73	M73	1.5	40	25	3.00	34.38	34.47	7.21
74	M74	1.5	40	30	1.00	28.48	27.41	3.61
75	M75	1.5	40	35	9.00	31.85	31.88	2.71
76	M76	1.5	40	40	1.00	37.03	35.75	3.48
77	M77	1.5	50	25	2.50	41.85	41.93	5.95
78	M78	1.5	50	30	1.00	54.96	55.36	1.07
79	M79	1.5	50	35	9.50	40.08	41.69	4.35
80	M80	1.5	50	40	1.00	41.78	39.89	4.50
81	M81	1.5	60	25	1.25	38.76	38.68	2.94
82	M82	1.5	60	30	2.25	41.14	40.98	0.80
83	M83	1.5	60	35	11.00	38.05	38.26	3.16
84	M84	1.5	60	40	1.50	36.43	36.84	4.58
85	M85	2	0	25	2.00	52.31	52.25	0.70
86	M86	2	0	30	1.75	32.08	32.73	3.15
87	M87	2	0	35	5.00	28.87	28.55	2.32
88	M88	2	0	40	0.10	49.60	49.63	0.89
89	M89	2	10	25	3.00	26.24	26.11	1.07
90	M90	2	10	30	1.25	43.64	42.86	7.55
91	M91	2	10	35	6.50	25.82	26.09	2.11
92	M92	2	10	40	0.20	58.77	57.51	2.61
93	M93	2	20	25	2.00	45.95	46.05	0.66
94	M94	2	20	30	1.00	25.74	25.84	0.64
95	M95	2	20	35	7.50	32.10	30.11	5.99
96	M96	2	20	40	0.50	38.83	39.95	2.93
97	M97	2	30	25	3.00	45.95	45.59	0.98
98	M98	2	30	30	2.00	25.05	25.99	7.88

99	M99	2	30	35	9.00	40.19	39.83	1.01
100	M100	2	30	40	0.75	61.49	61.09	1.67
101	M101	20	40	25	3.00	31.79	31.52	3.51
102	M102	20	40	30	1.50	17.29	17.27	7.80
103	M103	2	40	35	9.00	23.61	24.10	2.40
104	M104	2	40	40	1.00	39.41	39.21	1.32
105	M105	2	50	25	2.50	32.03	31.60	2.01
106	M106	2	50	30	1.00	42.12	41.94	1.94
107	M107	2	50	35	9.50	27.18	26.21	3.51
108	M108	2	50	40	1.00	42.63	43.29	1.91
109	M109	2	60	25	3.20	52.31	52.93	1.18
110	M110	2	60	30	1.25	36.26	36.94	2.32
111	M111	2	60	35	11.00	25.62	25.42	0.77
112	M112	2	60	40	1.50	33.12	34.16	3.69
<b>Persentase Error rata-rata</b>								<b>3.51</b>

**Lampiran 9 : Pemodelan Mix Desain Kuat Tekan 28 Hari ( w/c : 0,25 - 0,40)  
dengan Hidden Layer Size 1 , Node Hidden Layer 19**

**SEED : 39**

**Persentase Data : Trainng (70%) ; Validation (15 %) ; Testing (15%)**

No	No. Mix	PVA	FLY ASH	W/ C	Superplasticizer	Kuat Tekan Rata-Rata dari Target (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata dari ANN (MPa)	Persentase Error terhadap target (%)
1	M1	0	10	25	0.75	33.57	32.91	1.96
2	M2	0	10	30	0.75	60.23	47.27	21.44
3	M3	0	0	35	1.00	36.87	38.62	5.54
4	M4	0	0	40	0.50	60.47	61.87	2.68
5	M5	0	0	25	0.38	32.60	33.51	3.42
6	M6	0	0	30	0.75	45.47	60.05	32.75
7	M7	0	10	35	6.50	62.50	60.79	3.40
8	M8	0	10	40	0.10	48.92	47.36	3.75
9	M9	0	20	25	0.75	45.13	47.48	5.36

10	M10	0	30	30	0.75	38.64	38.80	9.36
11	M11	0	20	35	7.50	47.56	49.65	4.48
12	M12	0	20	40	0.25	44.84	43.15	3.74
13	M13	0	30	25	1.50	19.77	19.78	6.93
14	M14	0	20	30	0.50	39.32	40.96	4.17
15	M15	0	30	35	4.50	38.69	37.08	4.16
16	M16	0	30	40	0.38	55.71	52.56	5.60
17	M17	0	50	25	1.00	27.61	31.12	13.87
18	M18	0	40	30	0.50	45.47	41.29	8.91
19	M19	0	40	35	9.00	39.07	37.11	4.99
20	M20	0	40	40	0.50	42.63	44.64	4.84
21	M21	0	40	25	1.50	30.63	25.96	14.79
22	M22	0	60	30	1.12	36.51	36.97	3.46
23	M23	0	50	35	1.00	23.61	24.73	4.80
24	M24	0	50	40	0.50	28.84	30.30	5.22
25	M25	0	60	25	1.50	41.31	40.74	2.56
26	M26	0	50	30	0.75	34.99	38.25	9.52
27	M27	0	60	35	10.00	16.31	16.43	4.47
28	M28	0	60	40	1.50	29.72	28.41	4.23
29	M29	1	10	25	1.50	33.57	30.14	10.18
30	M30	1	0	30	1.25	28.03	29.14	7.46
31	M31	1	0	35	5.00	46.98	46.66	2.81
32	M32	1	0	40	0.10	58.77	59.86	2.20
33	M33	1	0	25	0.75	30.98	33.72	8.95
34	M34	1	10	30	1.25	35.52	34.76	4.06
35	M35	1	10	35	7.00	52.48	55.47	5.81
36	M36	1	10	40	0.25	64.98	69.38	6.77
37	M37	1	30	25	2.50	48.43	45.42	6.11
38	M38	1	20	30	1.25	48.42	48.61	2.98
39	M39	1	20	35	7.50	69.64	68.64	1.76
40	M40	1	20	40	0.50	61.49	64.72	5.30
41	M41	1	20	25	2.00	45.13	47.58	5.58
42	M42	1	30	30	2.00	31.75	31.67	3.47
43	M43	1	30	35	9.00	34.99	32.30	7.46
44	M44	1	30	40	1.00	67.94	69.47	2.28
45	M45	1	40	25	2.50	62.47	63.73	4.45

46	M46	1	40	30	1.00	43.92	43.05	2.78
47	M47	1	40	35	9.00	42.46	42.68	3.89
48	M48	1	40	40	1.00	49.60	47.75	3.72
49	M49	1	50	25	3.00	18.23	18.89	3.65
50	M50	1	50	30	3.00	19.06	19.77	4.20
51	M51	1	50	35	9.50	37.37	39.06	4.64
52	M52	1	50	40	1.00	32.48	34.48	6.23
53	M53	1.5	0	25	2.00	38.62	40.95	6.17
54	M53	1	60	30	2.25	18.23	18.61	7.97
55	M55	1	60	35	10.00	43.40	43.41	2.09
56	M56	1	60	40	2.00	27.18	29.00	6.73
57	M57	1	60	25	3.00	41.31	38.63	6.43
58	M58	1.5	0	30	1.50	34.24	34.12	2.99
59	M59	1.5	0	35	5.00	26.50	25.96	4.27
60	M60	1.5	0	40	0.10	42.63	46.19	8.38
61	M61	1.5	10	25	2.00	29.47	30.73	4.30
62	M62	1.5	10	30	1.25	47.32	46.36	2.01
63	M63	1.5	10	35	6.50	27.18	27.35	1.47
64	M64	1.5	10	40	0.20	56.73	55.50	2.17
65	M65	1.5	20	25	2.00	37.17	36.21	2.62
66	M66	1.5	20	30	1.00	10.79	12.06	11.97
67	M67	1.5	20	35	7.50	25.82	25.87	0.77
68	M68	1.5	20	40	0.50	46.64	45.32	2.82
69	M69	1.5	40	25	3.00	34.38	30.10	11.93
70	M70	1.5	30	30	2.00	31.75	32.45	3.44
71	M71	1.5	30	35	9.00	25.82	22.59	12.49
72	M72	1.5	30	40	1.50	55.03	56.74	3.13
73	M73	1.5	30	25	2.75	28.82	34.79	20.95
74	M74	1.5	40	30	1.00	28.48	30.52	7.31
75	M75	1.5	40	35	9.00	32.10	31.75	3.78
76	M76	1.5	40	40	1.00	38.05	35.26	7.21
77	M77	1.5	60	25	1.25	38.76	42.13	8.83
78	M78	1.5	50	30	1.00	54.96	53.51	2.63
79	M79	1.5	50	35	9.50	41.78	39.86	4.57
80	M80	1.5	50	40	1.00	40.08	42.98	7.42
81	M81	1.5	50	25	2.50	41.85	38.50	8.19

82	M82	1.5	60	30	2.25	41.14	41.64	1.34
83	M83	1.5	60	35	11.00	37.03	37.97	3.97
84	M84	1.5	60	40	1.50	38.83	34.30	11.62
85	M85	2	0	25	2.00	52.31	52.49	0.85
86	M86	2	0	30	1.75	32.08	32.38	2.76
87	M87	2	0	35	5.00	25.62	28.90	12.85
88	M88	2	0	40	0.10	47.56	49.73	4.98
89	M89	2	10	25	3.00	26.24	25.11	4.27
90	M90	2	10	30	1.25	43.64	43.54	7.15
91	M91	2	10	35	6.50	22.67	25.69	13.92
92	M92	2	10	40	0.20	60.13	57.94	3.62
93	M93	2	30	25	3.00	45.95	43.48	5.38
94	M94	2	20	30	1.00	25.74	24.02	6.70
95	M95	2	20	35	7.50	33.12	31.32	5.33
96	M96	2	20	40	0.50	36.43	39.37	8.31
97	M97	2	20	25	2.00	45.95	48.65	5.87
98	M98	2	30	30	2.00	25.05	27.02	9.50
99	M99	2	30	35	9.00	39.41	40.16	1.93
100	M100	2	30	40	0.75	66.58	59.39	10.78
101	M101	2	50	25	2.50	32.03	31.14	2.73
102	M102	20	40	30	1.50	17.29	16.23	6.85
103	M103	2	40	35	9.00	24.80	23.53	5.12
104	M104	2	40	40	1.00	40.19	40.21	0.97
105	M105	20	40	25	3.00	31.79	32.38	2.95
106	M106	2	50	30	1.00	42.12	43.51	3.35
107	M107	2	50	35	9.50	28.60	27.04	5.28
108	M108	2	50	40	1.00	46.20	38.79	16.02
109	M109	2	60	25	3.20	52.31	52.29	0.72
110	M110	2	60	30	1.25	36.26	36.81	2.20
111	M111	2	60	35	11.00	28.87	25.54	11.51
112	M112	2	60	40	1.50	31.85	34.82	9.46
<b>Persentase Error rata-rata</b>								<b>6.08</b>

**Lampiran 10 : Pemodelan Kuat Tarik 28 Hari (w/c = 0,25 - 0,40) dengan  
Hidden Layer Size 1 , Node Hidden Layer 18**

**SEED : 42**

**Persentase Data : Training (70%) ; Validation (15 %) ; Testing (15%)**

No	No Mix	PVA	FLY ASH	W/C	Superplasticizer	Kuat Tarik Rata-Rata dari Target (MPa)	Kuat Tarik Rata-Rata dari ANN (MPa)	Persentase Error terhadap target (%)
1	M1	0	0	25	0.38	4.65	4.55	2.73
2	M2	0	0	30	0.75	3.56	3.57	4.28
3	M3	0	0	35	1.00	2.51	2.49	0.58
4	M4	0	0	40	0.50	3.82	3.83	0.16
5	M5	0	10	25	0.75	4.11	4.40	6.99
6	M6	0	10	30	0.75	3.70	4.07	11.53
7	M7	0	10	35	6.50	2.86	2.85	0.40
8	M8	0	10	40	0.10	3.12	3.13	0.13
9	M9	0	20	25	0.75	3.64	3.59	2.43
10	M10	0	20	30	0.50	2.94	2.70	8.19
11	M11	0	20	35	7.50	2.54	2.53	0.21
12	M12	0	20	40	0.25	3.01	3.00	0.24
13	M13	0	30	25	1.50	2.60	2.62	0.79
14	M14	0	30	30	0.75	1.97	2.07	13.13
15	M15	0	30	35	4.50	2.66	2.68	0.47
16	M16	0	30	40	0.38	2.97	2.96	0.54
17	M17	0	40	25	1.50	2.43	2.38	5.26
18	M18	0	40	30	0.50	3.13	2.81	10.34
19	M19	0	40	35	9.00	2.17	2.17	0.26
20	M20	0	40	40	0.50	2.84	2.88	1.41
21	M21	0	50	25	1.00	2.61	2.69	3.01
22	M22	0	50	30	0.75	2.16	2.29	6.34
23	M23	0	50	35	1.00	2.07	2.08	0.45
24	M24	0	50	40	0.50	2.28	2.29	0.48
25	M25	0	60	25	1.50	1.89	1.92	3.85
26	M26	0	60	30	1.12	2.79	2.74	2.05
27	M27	0	60	35	10.00	2.02	2.01	0.19

28	M28	0	60	40	1.50	2.14	2.12	1.02
29	M29	1	0	25	0.75	2.94	2.96	2.36
30	M30	1	0	30	1.25	2.85	2.79	1.94
31	M31	1	0	35	5.00	2.87	2.89	0.76
32	M32	1	0	40	0.10	2.63	2.61	0.62
33	M33	1	10	25	1.50	2.93	2.78	9.43
34	M34	1	10	30	1.25	3.27	3.12	4.32
35	M35	1	10	35	7.00	2.53	2.52	0.52
36	M36	1	10	40	0.25	3.17	3.32	4.79
37	M37	1	20	25	2.00	3.12	3.14	4.49
38	M38	1	20	30	1.25	2.59	2.78	7.84
39	M39	1	20	35	7.50	2.63	2.68	1.75
40	M40	1	20	40	0.50	3.35	3.31	1.00
41	M41	1	30	25	2.50	3.45	3.53	2.81
42	M42	1	30	30	2.00	2.89	2.77	4.32
43	M43	1	30	35	9.00	2.45	2.41	1.55
44	M44	1	30	40	1.00	3.21	3.18	0.93
45	M45	1	40	25	2.50	4.15	4.01	3.46
46	M46	1	40	30	1.00	2.93	2.92	2.73
47	M47	1	40	35	9.00	2.71	2.72	0.61
48	M48	1	40	40	1.00	3.02	3.17	4.95
49	M49	1	50	25	3.00	2.98	2.97	2.44
50	M50	1	50	30	3.00	3.11	3.11	1.64
51	M51	1	50	35	9.50	2.66	2.64	0.71
52	M52	1	50	40	1.00	2.51	2.45	2.46
53	M53	1	60	25	3.00	2.92	2.88	2.05
54	M53	1	60	30	2.25	3.24	3.33	2.89
55	M55	1	60	35	10.00	2.53	2.55	0.50
56	M56	1	60	40	2.00	2.33	2.34	0.44
57	M57	1.5	0	25	2.00	4.16	4.33	5.31
58	M58	1.5	0	30	1.50	3.34	3.29	1.93
59	M59	1.5	0	35	5.00	2.56	2.58	0.93
60	M60	1.5	0	40	0.10	3.15	3.18	0.91
61	M61	1.5	10	25	2.00	3.86	3.95	8.23
62	M62	1.5	10	30	1.25	3.60	3.50	7.12
63	M63	1.5	10	35	6.50	2.60	2.58	0.64

64	M64	1.5	10	40	0.20	3.58	3.59	0.18
65	M65	1.5	20	25	2.00	3.61	3.63	2.14
66	M66	1.5	20	30	1.00	2.77	3.09	11.33
67	M67	1.5	20	35	7.50	3.00	2.94	2.04
68	M68	1.5	20	40	0.50	3.85	3.82	0.95
69	M69	1.5	30	25	2.75	3.97	3.88	3.81
70	M70	1.5	30	30	2.00	2.98	2.87	3.48
71	M71	1.5	30	35	9.00	3.26	3.33	2.08
72	M72	1.5	30	40	1.50	3.84	3.86	0.55
73	M73	1.5	40	25	3.00	3.66	3.38	13.63
74	M74	1.5	40	30	1.00	2.95	2.97	2.81
75	M75	1.5	40	35	9.00	3.21	3.13	2.63
76	M76	1.5	40	40	1.00	3.67	3.63	0.91
77	M77	1.5	50	25	2.50	3.35	3.31	2.45
78	M78	1.5	50	30	1.00	3.68	3.78	6.84
79	M79	1.5	50	35	9.50	2.73	2.75	0.74
80	M80	1.5	50	40	1.00	3.09	3.18	3.07
81	M81	1.5	60	25	1.25	3.55	3.59	1.43
82	M82	1.5	60	30	2.25	4.07	4.07	2.98
83	M83	1.5	60	35	11.00	2.49	2.48	0.57
84	M84	1.5	60	40	1.50	2.87	2.87	0.32
85	M85	2	0	25	2.00	4.65	4.66	1.82
86	M86	2	0	30	1.75	3.39	3.50	3.23
87	M87	2	0	35	5.00	2.29	2.18	4.98
88	M88	2	0	40	0.10	3.20	3.19	0.43
89	M89	2	10	25	3.00	3.37	4.73	41.00
90	M90	2	10	30	1.25	4.91	4.67	7.76
91	M91	2	10	35	6.50	2.88	2.94	1.97
92	M92	2	10	40	0.20	3.60	3.55	1.41
93	M93	2	20	25	2.00	5.14	5.33	5.62
94	M94	2	20	30	1.00	4.81	4.75	1.22
95	M95	2	20	35	7.50	3.12	3.10	0.79
96	M96	2	20	40	0.50	4.07	4.16	2.18
97	M97	2	30	25	3.00	4.82	4.83	4.87
98	M98	2	30	30	2.00	3.30	3.40	3.21
99	M99	2	30	35	9.00	3.06	3.02	1.13



100	M100	2	30	40	0.75	4.03	3.93	2.65
101	M101	2	40	25	3.00	3.89	4.05	12.74
102	M102	2	40	30	1.50	3.09	3.04	7.56
103	M103	2	40	35	9.00	3.02	3.03	0.31
104	M104	2	40	40	1.00	4.08	4.14	1.45
105	M105	2	50	25	2.50	3.99	4.01	7.24
106	M106	2	50	30	1.00	4.37	4.53	3.66
107	M107	2	50	35	9.50	3.01	3.01	0.14
108	M108	2	50	40	1.00	3.99	3.95	0.99
109	M109	2	60	25	3.20	4.37	4.35	1.86
110	M110	2	60	30	1.25	4.69	4.53	4.91
111	M111	2	60	35	11.00	2.29	2.29	0.19
112	M112	2	60	40	1.50	3.45	3.44	0.48
<b>Persentase Error rata-rata</b>								<b>3.37</b>