

## PREDIKSI NILAI KUAT TEKAN MORTAR DENGAN PEMODELAN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (ANN) DENGAN PECAHAN KERAMIK

Erna Suryani<sup>\*1</sup>, Wahyu Naris Wari<sup>2</sup>, Yuni Ulfiyati<sup>3</sup>, M. Nur Afifuddin<sup>4</sup>  
Program Studi Teknik Sipil Politeknik Negeri Banyuwangi<sup>1</sup>  
Program Studi Teknik Sipil Politeknik Negeri Banyuwangi<sup>2</sup>  
Program Studi Teknik Sipil Politeknik Negeri Banyuwangi<sup>3</sup>  
Program Studi Teknik Sipil Politeknik Negeri Banyuwangi<sup>4</sup>

Korespondensi: [erna@poliwangi.ac.id](mailto:erna@poliwangi.ac.id)

### ABSTRAK

Mortar merupakan bahan bangunan yang berfungsi sebagai perekat untuk merekatkan batu bata. Penggunaan campuran keramik sebagai inovasi dalam campuran mortar sebagai bahan alternatif yang lebih bernilai. Komposisi campuran yang digunakan adalah 0%, 5%, 10%, 15% dan 20%. Pekerjaan dimulai dengan persiapan material, pengujian material dan pengujian sampel untuk mendapatkan kuat tekan. Pengujian kuat tekan dilakukan pada umur 28 hari. Nilai kuat tekan akan digunakan sebagai output dalam pemodelan *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (ANN)* pada program matlab. Hasil pemodelan pada persamaan empiris diperoleh nilai error 0%.

**Kata Kunci :** *Mortar, Keramik, Kuat Tekan, ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (ANN), Persamaan Empiris*

### ABSTRACT

Mortar is a building material that functions as an adhesive to glue bricks. The use of ceramic mixtures as innovations in mortar mixtures as a more valuable alternative material. The mixture composition used is 0%, 5%, 10%, 15% and 20%. Work begins with material preparation, material testing and sample testing to obtain compressive strength. The compressive strength test was carried out at the age of 28 days. Compressive strength values will be used as output in *ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (ANN)* modeling in the matlab program. The modeling results obtained the error value in the 0% empirical equation.

**Keywords:** *Mortar, Ceramic, Compressive Strength, ARTIFICIAL NEURAL NETWORK (ANN), Empirical Equation*

### PENDAHULUAN

Pembangunan perumahan – perumahan mulai dari tipe sederhana maupun perumahan elit sudah menjamur di wilayah Banyuwangi tepatnya di daerah Banyuwangi kota, berakibat menumpuknya sisa bahan bangunan seperti potongan batu bata, pecahan genteng, keramik, sisa kawat dan lain sebagainya yang terbuang sia-sia atau hanya menghasilkan timbunan bahan sisa.

Penelitian ini dilakukan karena banyak masyarakat yang kurang memanfaatkan pecahan dari bahan keramik agar tidak lagi menjadi timbunan seperti sampah, dalam hal ini kita dapat memanfaatkan sebagai bahan pengganti agregat halus. Selama ini berbagai penelitian sudah banyak dilakukan untuk menemukan alternatif

bahan tambah yang efisien serta penyediaan bahan bangunan dalam jumlah besar dan ekonomis. Bahan sisa bangunan tersebut dapat memberikan suatu alternatif untuk pemanfaatan secara optimal. Bahan sisa seperti pecahan keramik untuk campuran beton ternyata mampu meningkatkan kuat tekan, dan penghematan biaya produksi.

Mortar merupakan salah satu bahan bangunan yang berfungsi untuk merekatkan pasangan batu bata, batako, plesteran dan sebagainya. Selama ini mortar masih menggunakan semen Portland, kapur dan pasir sebagai bahan utama, bahan alternatif sebagai bahan tambah untuk campuran dalam penelitian ini adalah menggunakan pecahan keramik. Mortar dapat dibedakan

menjadi 3 macam, yaitu mortar lumpur, kapur, dan mortar semen (Tjokrodimulyo, 1995).

Berdasarkan ASTM C270, *Standard Specification For Mortar For Unit Masonry*, mortar untuk adukan pasangan dapat dibedakan atas 5 tipe, yaitu :

1. Mortar tipe M  
Mortar tipe m merupakan campuran dengan kuat tekan yang tinggi yang direkomendasikan untuk pasangan bertulang maupun pasangan tidak bertulang yang akan memikul beban tekan yang besar.
2. Mortar tipe S  
Mortar tipe ini direkomendasikan untuk struktur yang akan memikul beban tekan normal tetapi dengan kuat lekat lentur yang diperlukan untuk menahan beban lateral besar yang berasal dari tekanan tanah, angin dan beban gempa. Karena keawetan yang tinggi, mortar tipe S juga direkomendasikan pada struktur bawah seperti pondasi, dinding penahan tanah, perkerasan, saluran pembuangan dan mainhole.
3. Mortar tipe O  
Merupakan mortar dengan kandungan kapur tinggi dan kuat tekan yang rendah. Mortar tipe ini direkomendasikan untuk dinding interior dan eksterior yang tidak menahan beban struktur.
4. Mortar N  
Merupakan mortar yang umum digunakan untuk kontruksi pasangan diatas tanah. Mortar ini direkomendasikan untuk dinding penahan beban interior maupun eksterior.
5. Mortar tipe K  
Mortar tipe K memiliki kuat tekan dengan kuat lentur yang sangat rendah. Mortar ini jarang digunakan untuk kontruksi baru, dan direkomendasikan ASTM C270 hanya untuk kontruksi bangunan lama yang umumnya menggunakan mortar kapur.

Penelitian tentang mortar banyak dilaksanakan seperti oleh (Zuraidah dan Hastono, 2017) dengan judul "Serbuk Kapur Sebagai *Cementitious* Pada Mortar", adanya pengaruh komposisi campuran mortar terhadap kuat tekan (Wenda, et al., 2018)

## **METODE**

Metode Penelitian yang digunakan meliputi 2 (dua) metode yaitu pengujian di Laboratorium dan dengan pemodelan *Artificial Neural Network* (ANN) menggunakan program bantu Komputer.

### **A. Pengujian Laboratorium**

Pengujian di Laboratorium ini meliputi pengujian material dan pengujian benda uji mortar.

Langkah-langkah dalam persiapan pengujian di Laboratorium antara lain sebagai berikut:

#### **a. Persiapan Bahan Mortar**

##### **1. Pasir**

Menurut SNI 03-6820-2002, agregat halus adalah agregat berupa pasir alam sebagai hasil disintegrasi batuan atau pasir buatan yang dihasilkan oleh alat-alat pemecah batu dan mempunyai butiran sebesar 4,76 mm. Agregat halus yang dipakai untuk campuran adukan harus memenuhi persyaratan agregat halus secara umum menurut SII.0052-80 sebagai berikut :

- a. Modulus halus butir 1,5 sampai 3,8.
- b. Kadar lumpur atau bagian yang lebih kecil dari 70 mikron (0,074 mm) maksimum 5%.
- c. Kadar zat organik yang terkandung yang ditentukan dengan mencampur agregat halus dengan larutan natrium sulfat ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) 3%, jika dibandingkan dengan warna standar/pembanding tidak lebih tua dari pada warna standar.

Agregat halus adalah bahan pengisi di dalam beton yang berupa pasir, baik pasir alami yang diperoleh langsung dari sungai atau tanah galian, ataupun hasil dari pemecahan batu yang memiliki ukuran butir lebih kecil dari 4,75 mm atau lolos saringan no.4 dan tertahan pada saringan no. 200, Agregat halus yang digunakan dalam campuran pecahan keramik diambil dari daerah Lumajang.

##### **2. Air**

Berdasarkan SNI 7974- 2013, persyaratan air secara umum dapat digunakan untuk beton adalah:

- a. Air untuk pengadukan (air yang ditimbang atau diukur *dibatching plan*)
- b. Air bebas pada agregat - agregat.
- c. Air yang masuk dalam bentuk bahab – bahan tambahan
- d. Rasio untuk air semen lebih dari 0,01
- e. Tidak terdapat benda-benda yang tersuspensi lebih dari 2 gr/liter.

- f. Tidak mengandung garam-garam yang dapat larut dan dapat merusak beton (sulfat, zat organik dan sebagainya) lebih dari 15 gr/liter
  - g. Bila dibandingkan dengan kekuatan tekan adukan beton yang memakai air suling, maka penurunan kekuatan beton memakai air yang diperiksa tidak lebih dari 10%.
  - h. Semua air yang mutunya meragukan harus dianalisa secara kimia dan dievaluasi mutunya menurut pemakaiannya.
3. Semen
  4. Pecahan Keramik  
 Pecahan keramik didapat dari sisa pecahan ubin keramik yang didapatkan dari perumahan di Banyuwangi kota.
- b. Persiapan Peralatan  
 Peralatan yang digunakan adalah sebagai berikut:
1. Satu set pencetak Mortar  
 Alat ini digunakan untuk mencetak Mortar.
  2. *Compressing Testing Machine*  
*Compressing Testing Machine* ini digunakan untuk pengujian kuat tekan Mortar. Memiliki kapasitas 1300 kN dengan ketelitian 5 kN.
- c. *Design* Campuran Mortar Dengan Pecahan Keramik  
 Berdasarkan dari hasil penelitian yang pernah dilakukan, maka pada penelitian yang akan dilakukan saat ini adalah menggunakan pecahan keramik sebagai campuran agregat halus untuk mendapatkan mortar yang berkualitas dengan cara mengikuti komposisi campuran. Jumlah penambahan pecahan keramik pada setiap benda uji yaitu 0%, 5%, 10%, 15% dan 20%, yang terdapat dalam **Tabel 1**.

**Tabel 1** Jumlah Pengujian Kuat Tekan

Kode Campuran	Perbandingan variasi campuran	Penambahan Tumbukan Keramik (%)	Jumlah sampel (buah)
	Kuat Tekan		
A	Semen : Pasir Tanpa Campuran (Sesuai SNI 03-6825-2002)	0	6
B	(Semen : Pasir : Pecahan Keramik 5%)	5	6
C	(Semen : Pasir : Pecahan Keramik 10%)	10	6
D	(Semen : Pasir : Pecahan Keramik 15%)	15	6
E	(Semen : Pasir : Pecahan	20	6

Kode Campuran	Perbandingan variasi campuran Kuat Tekan	Penambahan Tumbukan Keramik (%)	Jumlah sampel (buah)
	Keramik 20%)		
Total semua komposisi			30
Total komposisi dikali jumlah pengujian ((30x4 (7 hari, 14 hari, 21 hari, 28 hari))			120

d. Tahap Pembuatan Mortar Campuran Keramik  
 Adapun perhitungan komposisi campuran pecahan keramik dengan dimensi 50 mm x 50 mm x 50 mm untuk kubus dan untuk silinder tingginya 100 mm sedangkan lebarnya 50 mm dan rata-rata berat pecahan keramik menurut SNI-03-6825-2002 untuk 6 buah benda untuk diperlukan antara pecahan keramik, semen, air, dan pasir sebagai berikut:

- a. Untuk Kubus ukuran 50 mm x 50 mm x 50 mm yaitu :
- $$\text{Volume Kubus} = p \times l \times t$$
- $$= 50 \text{ mm} \times 50 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$$
- $$= 125.000 \text{ mm}^3 \approx 125 \text{ m}^3$$
- Pasir = 1375 gram : 6  
 = 229.166 gr/benda uji
  - Semen = 500 gram : 6  
 = 83,333 gr/benda uji
  - Air = 242 ml : 6  
 = 40,333 ml/benda uji
  - PK sampel 5% = 5% dari pasir  
 = 5% x 229,166  
 = 11,46 gr/benda uji  
 PK sampel 10% = 10% dari pasir  
 = 10% x 229,166  
 = 22,91 gr/benda uji  
 PK sampel 15% = 15% dari pasir  
 = 15% x 229,166  
 = 34,37 gr/benda uji  
 PK sampel 20% = 20% dari pasir  
 = 20% x 229,166

$$= 45,83 \text{ gr/benda uji}$$

e. Tahap Pencetakan Mortar dengan Benda Uji Kubus 5 cm

Setelah melakukan *mix design* seperti pada langkah (d) kemudian melakukan pembuatan Benda Uji Kubus Ukuran 5cm x 5cm x 5cm

f. Tahap Perawatan Benda Uji

Untuk memberikan hasil kekuatan yang baik, diperlukan penyimpanan dan perawatan terhadap benda uji yang telah dicetak. Tujuan perawatan adalah mencegah pengeringan yang bisa menyebabkan kehilangan air yang dibutuhkan untuk proses pengerasan sehingga kebutuhan air selama proses hidrasi semen tidak berkurang. Untuk memberikan hasil kekuatan yang baik. Perawatan benda uji dilakukan dengan cara membuka cetakan setelah 6 jam dan benda uji diberi tanda (kode) sesuai komposisi dan penambahan bahan campuran kemudian direndam dalam kotak spesi.

5. Tahap Pengujian Mortar

Untuk mengetahui karakteristik dari Mortar harus dilakukan pengujian terlebih dahulu, meliputi pengujian :

- Pengujian Berat Volume/Berat Isi
- Pengujian Berat Jenis
- Pengujian Kuat Tekan

B. Pemodelan *Artificial Neural Network* (ANN)

Salah satu metode yang digunakan dalam pemodelan *Artificial Neural Network* (ANN) adalah *backpropagation* (Amalina, 2016) . Pada jaringan *Backpropagation* terdapat neuron yang ada didalam satu atau lebih lapisan tersembunyi (hidden layer). Metode pemodelan dengan menggunakan *Artificial Neural Network* (ANN) disebut juga *Simulated Neural Network* (SNN)

atau dapat juga disebut sebagai Jaringan Syaraf Tiruan, oleh karena metode ini merupakan tiruan susunan syaraf (neuron) manusia (Mochammad dan Edwin, 2017).

ANN adalah sebuah alat pemodelan data statistik dan non statistik. ANN dapat melakukan pemodelan hubungan yang rumit (kompleks) antara input dan output dengan tujuan untuk menemukan pola pada data. *Backpropagation* adalah algoritma pembelajaran untuk memperkecil tingkat *error* dengan cara menyesuaikan bobotnya berdasarkan perbedaan *output* dan target yang diinginkan. *Backpropagation* juga merupakan sebuah metode sistematis untuk pelatihan *multilayer* ANN karena *backpropagation* memiliki tiga *layer* dalam proses pelatihannya, yaitu *input layer*, *hidden layer* dan *output layer*. *Backpropagation* ini merupakan perkembangan dari *single layer network* (jaringan layar tunggal) yang memiliki dua *layer*, yaitu *input layer* dan *output layer*. Adanya *hidden layer* pada *backpropagation* menyebabkan tingkat *error* pada *backpropagation* lebih kecil dibanding tingkat *error* pada *single layer network*.

Di dalam jaringan saraf tiruan, neuron-neuron dapat dikelompokkan dalam lapisan-lapisan atau *layers*. Arsitektur dari ANN dibagi menjadi 3 macam, yaitu sebagai berikut (Amalina, 2016):

1. Jaringan Syaraf Dengan Lapisan Tunggal (*Single Layer Net*), dimana lapisan tunggal ini hanya terdapat satu lapisan dengan bobot yang terhubung. Jaringan tersebut menerima input melalui lapisan tersembunyi. Bisa dikatakan ciri-ciri dari lapisan ini adalah memiliki satu lapisan input dan satu lapisan output.
2. Jaringan Syaraf Dengan Banyak Lapisan (Multi Layer Net), dimana jaringan ini memiliki banyak lapisan dan satu atau lebih lapisan teletak di antara lapisan input dan lapisan output. Jaringan yang memiliki lapisan banyak ini dapat menyelesaikan permasalahan yang lebih rumit dibandingkan dengan lapisan tunggal.
3. Jaringan Syaraf Dengan Lapisan Kompetitif (*Competitive Layer*), dimana lapisan ini memiliki perbedaan dengan lapisan lain yang mana antar neuron saling dihubungkan. Jaringan ini disebut dengan *feedback loop* dikarenakan outputnya ada yang memberikan informasi terhadap tiap inputnya.

Penggunaan Metode Pemodelan *Artificial Neural Network* (ANN) ini karena memiliki banyak kelebihan, seperti akurasi dan respon cepat ketika digunakan untuk mendapatkan model yang selanjutnya digunakan sebagai alat untuk melakukan prediksi (Yuniarti, et, all., 2019). Metode *Artificial Neural Network* (ANN) ini termasuk kedalam *Artificial Intelligence* (AI) yang banyak dilakukan untuk mendapatkan nilai-nilai peramalan. Metode *Artificial Intelligence* (AI) lainnya seperti menggunakan metode *wavelet transform* dan *group method of data handling* (WGMDH) digunakan untuk mencapai keakurasian prediksi beban listrik (Surjandari et, all., 2017)

Langkah pengerjaan untuk mendapatkan pemodelan nilai kuat tekan mortar dengan simulasi *Artificial Neural Network* adalah sebagai berikut:

1. Memasukkan data input program berupa data *input* (X1-X4) dan *output* target (Y1). Data input adalah sebagai berikut.  
X1 : Persentase campuran keramik  
X2 : Berat Jenis pasir  
X3 : Berat jenis keramik  
X4 : Berat volume mortar  
Y1 : Kuat tekan Mortar
2. Melakukan proses perhitungan atau komputasi
3. Hasil dari perhitungan tersebut berupa persamaan matematis. Persamaan matematis yang dihasilkan dari prediksi nilai permeabilitas sebagai nilai *Output* diatas dengan simulasi ANN adalah sebagai berikut.

$$Y = b(2,1) + W(1,1) Z_1 + W(2,1) Z_2 \dots\dots\dots(1)$$

Dengan:

$$Z_1 = \frac{1}{1 + e^{-Z_{in1}}} \quad ; \quad Z_2 = \frac{1}{1 + e^{-Z_{in2}}}$$

$$Z_{in1} = f(X_1 V(1,1) + X_2 V(2,1) + X_3 V(3,1) + X_4 V(4,1) + b(1,1)) \dots\dots\dots(2)$$

$$Z_{in2} = f(X_1 V(1,2) + X_2 V(2,2) + X_3 V(3,2) + X_4 V(4,2) + b(1,2)) \dots\dots\dots(3)$$

Pemodelan dengan menggunakan *Artificial Neural Network* yang didapatkan tersebut digunakan untuk menghitung prediksi nilai kuat tekan yang didapatkan dengan menggunakan persentase yang berbeda.

15 %	2.238
20 %	2.231

#### A. Hasil Pengujian Laboratorium

Tahap awal yang dilakukan dalam penelitian mortar adalah mengumpulkan bahan material yang digunakan adalah pasir dan pecahan keramik. Pasir dalam penelitian ini menggunakan pasir jember dan pecahan keramik menggunakan bahan sisa dari pekerjaan lantai dan pembongkaran pada perumahan di daerah Banyuwangi. Sebelum pembuatan benda uji mortar, terlebih dahulu dilakukan pengujian bahan material yang digunakan dalam pembuatan mortar. Pengujian bahan material dilakukan di laboratorium beton Teknik Sipil Politeknik Negeri Banyuwangi dengan metode pengujian sesuai dengan standart yang berlaku di Indonesia.

Material yang diuji adalah pasir dan pecahan keramik. Pasir sangat berperan penting dalam menentukan pengerjaan dan kekuatan mortar, sehingga mutu pasir sangat mempengaruhi kuat tekan dari mortar.

Dalam penelitian ini untuk mendapatkan pemodelan ANN menggunakan persentase campuran, berat volume, berat jenis kerikil dan berat jenis keramik sebagai *input* masukan pada ANN. Sedangkan sebagai *output* adalah nilai kuat tekan mortar.

##### 1. Campuran Keramik

Campuran keramik sebagai bahan reduksi dari pasir dengan menggunakan variasi campuran 0%, 5%, 10%, 15 % dan 20%.

##### 2. Berat Volume (SNI 03-1973-1990)

Pengujian berat volume pada mortar ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik mortar. Pengujian ini dilakukan pada mortar umur 28 hari.

Nilai berat volume rata-rata yang didapatkan ditabelkan seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Nilai Berat Volume

Persentase Campuran (%)	Berat Volume (gr/cm <sup>3</sup> )
0 %	2.23
5 %	2.235
10 %	2.238

##### 3. Berat Jenis Pasir

Pengujian berat jenis pasir bertujuan untuk menentukan berat jenis pasir untuk perhitungan volume pasir yang akan dicampur pada mortar. Hasil berat jenis pasir didapatkan dari hasil pengujian yang telah dilakukan di Laboratorium. Dalam pengujian ini dilakukan tiga (3) kali pengujian dan didapatkan nilai rata-rata berat jenis pasir adalah 2,75 gr/cm<sup>3</sup>.

##### 4. Berat Jenis Keramik

Pecahan Keramik yang digunakan dari pekerjaan lantai dan pembongkaran pekerjaan lantai perumahan di daerah Banyuwangi. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik campuran agregat yang akan digunakan untuk pembuatan mortar. Dari hasil pengujian didapatkan nilai berat jenis keramik adalah 2,54 gr/cm<sup>3</sup>.

##### 5. Kuat Tekan Mortar

Pengujian Kuat tekan ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh variasi penggantian pasir dengan keramik terhadap kuat tekan mortar. Sebelum pengujian benda uji mortar, mortar yang telah dilepas dari cetakan harus direndam. Setelah perendaman, benda uji dibiarkan kering udara dan dikeringkan sampai benar – benar kering. Lalu benda uji siap untuk diuji kuat tekan untuk memperoleh nilai kuat tekan nilai kuat tekan mortar terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Nilai Kuat Tekan Mortar

Persentase Campuran (%)	Kuat Tekan (N/mm <sup>2</sup> )
0 %	17,06
5 %	18,13
10 %	18,66
15 %	20,53
20 %	15,46

Tabel 3 pada pengujian kuat tekan dapat dilihat bahwa campuran 15% keramik mempunyai nilai kuat tekan tertinggi yaitu 20,53 N/mm<sup>2</sup>, dan

nilai terendah pada campuran keramik sebesar 20% sebesar 15,46 N/mm<sup>2</sup>.

Proses pengujian kuat tekan mortar dapat dilihat pada Gambar 1.



**Gambar 1** Pengujian Kuat Tekan Mortar  
 B. Pemodelan *Artificial Neural Network* (ANN)

Pemodelan ANN yang dilakukan dengan menggunakan program Matlab ini akan menghasilkan persamaan matematis untuk kemudian digunakan untuk mendapatkan persamaan empirisnya. Pada pemrograman dengan menggunakan program bantu, bahasa pemrograman dapat terlihat pada Gambar 2.

```

1 % Data input & target
2 Data = [...
3 0 2.75 2.54 2.23 17.06
4 5 2.75 2.54 2.235 18.13
5 10 2.75 2.54 2.238 18.66
6 15 2.75 2.54 2.238 20.53
7 20 2.75 2.54 2.231 15.46];
8 P = Data(:,1:4)';
9 T = Data(:,5)';
10
11 % Membangun jaringan syaraf feedforward
12 net = newff(minmax(P),[2 1],{'logsig' 'purelin'},'traincg');
13
14 % Set max epoch, goal, learning rate, momentum, show step
15 net.trainParam.epochs = 2500;
16 net.trainParam.goal = 1e-11;
17 net.trainParam.lr = 0.1;
18 net.trainParam.show = 100;
19 net.trainParam.min_grad = 1e-13;
20
21 % Melakukan pembelajaran
22 net = train(net,P,T);
23
24 % Melihat bobot-bobot awal input, lapisan dan bias
25 BobotAwal_Input = net.IW(1,1);
26 BobotAwal_Bias_Input = net.b(1,1);
27 BobotAwal_Lapisan = net.LW(2,1);
28 BobotAwal_Bias_Lapisan = net.b(2,1);
29
30 % Melakukan simulasi
31 y = sim(net,P);
    
```

**Gambar 2.** Pemrograman Data ANN di Matlab

1. Persamaan matematis

Pemodelan Persamaan matematis yang didapatkan dari prediksi nilai kuat tekan mortar dengan simulasi ANN dengan program

Matlab, konstanta yang didapat ialah sebagai berikut:

- V[1,1] = 0.1977
- V[1,2] = 0.0180
- V[2,1] = 0.6518
- V[2,2] = 102.0299
- V[3,1] = 0.6020
- V[3,2] = 94.2385
- V[4,1] = 673.2718
- V[4,2] = 202.8812
- b[1,1] = -1503.1117
- b[1,2] = -970.2648
- W[1,1] = -33.6596
- W[2,1] = 91.9387
- b[2,1] = -36.8857

$$Z_{in1} = -1503.1117 + 0.1977 X_1 + 0.6518 X_2 + 0.6020 X_3 + 673.2718 X_4$$

$$Z_{in2} = -970.2648 + 0.0180 X_1 + 102.0299 X_2 + 94.2385 X_3 + 202.8812 X_4$$

2. Persamaan Empiris

Dengan memasukkan nilai-nilai yang didapatkan pada persamaan matematis diatas, maka didapatkan Persamaan 1 dibawah ini.

$$Y = -36.8857 - (33.6596 Z_1) + (91.9387 Z_2)$$

Dengan:

$$Z_1 = \frac{1}{1 + e^{-Z_{in1}}} \quad ; \quad Z_2 = \frac{1}{1 + e^{-Z_{in2}}}$$

Dari Persamaan Empiris yang didapatkan, nilai *Error* yang didapat dengan menggunakan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Nilai *Error* Persamaan Empiris

No	INPUT			OUTPUT		Perhitungan ANN	
	persentas e	BJ pasir	BJ keramik	Berat Volume	kuat tekan	ANN	% error
1	0	2.75	2.54	2.23	17.06	17.06	0%
2	5	2.75	2.54	2.235	18.13	18.13	0%
3	10	2.75	2.54	2.238	18.66	18.66	0%
4	15	2.75	2.54	2.238	20.53	20.53	0%
5	20.0	2.75	2.54	2.231	15.46	20.53	0%

## KESIMPULAN

Pengujian berat jenis pada pasir mendapatkan nilai rata – rata 2,75 gr/cm<sup>3</sup> dan pecahan keramik mendapatkan nilai 2,54 gr/cm<sup>3</sup>. Nilai kuat tekan tertinggi didapatkan pada campuran 15% dengan nilai 20,53 N/mm<sup>2</sup>. Dari hasil pemodelan ANN didapatkan nilai error sebesar 0% pada persamaan empirisnya.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami sampaikan kepada Ketua Jurusan dan Teknisi Laboratorium Teknik Sipil Politeknik Negeri Banyuwangi untuk segala bantuannya khususnya pengujian-pengujian terkait penelitian yang dilaksanakan di Laboratorium Uji Beton Jurusan Teknik Sipil. Dan rekan-rekan dosen khususnya KBK Struktur sebagai teman diskusi terkait penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

Amalina, Nella (2016). *Peneraoan Metode Artificial Neural Network Untuk Meramalkan Nilai Ekspor Migas dan Non Migas Di Indonesia*. Tugas Akhir. Jurusan Sistem Informasi Institut Teknologi Sepuluh November Surabaya. 70 Hlm.

American Standart Testing and Material (ASTM). C270-07 (2007), Standart Specification For Mortar For Unit Masonry.

Kantius Wenda, Safrin Zuridah Dan Budi Hastono, Pengaruh Variasi Komposisi Campuran Mortar Terhadap Kuat Tekan, *Gestram (Jurnal Perencanaan Dan Rekayasa Sipil) Vol. 1 (1)*

Mochammad Yusuf Habibi dan Edwin Riksakomara, Peramalan Harga Garam Konsumsi Menggunakan Artificial Neural Network Feedforward-Backpropagation (Studi Kasus: PT. Garam Mas, Rembang, Jawa Tengah), *JURNAL TEKNIK ITS Vol. 6(2) (2017), 2337-3520*

Standar Industri Indonesia (SII) 0052-80, "Mutu dan Cara Uji Agregat Beton"

Standar Nasional Indonesia (SNI). 03-1968-1990, Tentang Metode Pengujian Analisis Saringan Agregat Halus Dan kasar.

Standar Nasional Indonesia (SNI). 03-4142-1996, Tentang Metode Pengujian Jumlah Bahan Dalam Agregat Yang Lolos Saringan No. 200 (0,075 mm).

Standar Nasional Indonesia (SNI). 03-6820-2002, Tentang Spesifikasi Agregat Halus Untuk Pekerjaan adukan dan Plesteran dengan Bahan Dasar Semen

Standar Nasional Indonesia (SNI). 1970:2008 tentang Cara Uji Berat Jenis Dan Penyerapan Air Agregat Halus

Standar Nasional Indonesia (SNI). 7974-2013 Spesifikasi air pencampur yang digunakan dalam produksi beton semen hidraulic

Tjokrodinuljo, Kardiono, 1995 "Teknologi Beton" Penerbit Nafiri

Trisna Yuniarti, Irfan Rusmar, Tengku Rachmi Hidayani Dan Meutia Mirnandaulia, Penggunaan *Artificial Neural Network (Ann)* Untuk Memodelkan Volume Ekspor *Crude Palm Oil (Cpo)* Di Indonesia, *Regional Development Industry & Health Science, Technology and Art of Life, 247-255*

Yuniarti, T., Surjandari, I., Muslim, E., & Laoh, E. (2017, October). Data Mining Approach For Short Term Load Forecasting By Combining Wavelet Transform And Group Method Of Data Handling (WGMDH). In *2017 3rd International Conference on Science in Information Technology (ICSITech)* (pp. 53-58). IEEE

Zuraidah, S., dan Hastono, B. 2017. *Serbuk Kapur Sebagai Cementitious Pada Mortar*. *Jurnal Rekayasa Tenik Sipil Universitas Madura Vol 2(1), 27-31*.