

## Model *M-Scada* Monitoring Infrastruktur Kritis Sungai Sebagai Peringatan Dini Bencana Banjir

Deden Ardiansyah  
Universitas Pakuan

Jalan Pakuan 452, Tegallega, Bogor Tengah, Kota Bogor, Jawa Barat 16143  
e-mail: ardiansyahzhigadeden@gmail.com

### Abstrak

Banjir adalah luapan air sungai ke daerah alirannya akibat ketidakmampuan sungai menampung air hujan karena adanya pendangkalan sungai ataupun pendangkalan saluran *drainase*. ada beberapa faktor penyebab banjir yaitu curah hujan, karakteristik daerah aliran sungai (DAS), kemampuan alur sungai mengalirkan air banjir, perubahan tata guna lahan, Pengelolaan sungai yang meliputi tata wilayah, pembangunan sarana dan prasarannya hingga tata pengaturannya. Oleh karena itu, diperlukan sebuah sistem monitoring infrastruktur kritis sungai yang mobile dengan memberikan data real time, anytime dan anywhere. *m-SCADA (mobile Supervisory Control And Data Acquisition)* merupakan system control yang dapat mengontrol secara mobile oleh operator sehingga dapat memudahkan operator dalam proses control, monitoring proses dan akuisisi data. *Ubiquitous Mobile SCADA Framework* untuk Monitoring Infrastruktur Kritis Sungai dibuat dengan menggunakan beberapa *sensor dan microcontroller* dengan teknik pengolahan data menggunakan PCA dan *neural network*. Dengan sistem ini akan membantu Monitoring Infrastruktur Kritis Sungai di wilayah perkotaan atau pedesaan sebagai sistem peringatan dini untuk banjir.

**Kata kunci:** banjir, scada, pintar, banjir, mobile..

### 1. Pendahuluan

Indonesia merupakan wilayah yang rawan terhadap berbagai jenis bencana, termasuk bencana alam. Bencana alam merupakan fenomena alam yang dapat mengakibatkan terjadinya kerusakan dan kehancuran lingkungan yang pada akhirnya dapat menyebabkan korban jiwa, kerugian harta benda dan kerusakan pembangunan yang telah dibangun selama ini. Bencana alam yang terjadi akibat eksploitasi sumberdaya alam tanah, hutan, dan air secara berlebihan serta akibat perubahan cuaca atau iklim global telah mengakibatkan bertambahnya lahan kritis, selain itu dampaknya akan mengubah tata guna air, sehingga dapat mengakibatkan banjir, kekeringan, tanah longsor, kebakaran hutan dan lahan serta meningkatnya laju erosi dan sedimentasi. Data dari BNPB (Badan Nasional Penganggulangan Banjir) mulai dari tahun 1815 sampai dengan 2015 kejadian bencana yang banyak terjadi yaitu bencana banjir dengan jumlah kejadian hampir mencapai 6000 kejadian. Sedangkan data terakhir selama tahun 2015 sampai dengan bulan maret bencana banjir merupakan bencana yang sering terjadi di indonesia mencapai 191 kejadian Dari kejadian itu banyak kerugian seperti korban jiwa dan kerusakan.

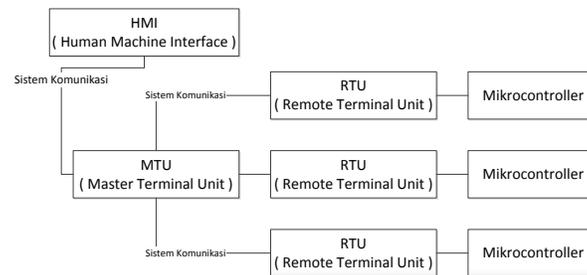
Banjir adalah luapan air sungai ke daerah alirannya akibat ketidakmampuan sungai menampung air hujan karena adanya pendangkalan sungai ataupun pendangkalan saluran drainase<sup>[Sularto,2006]</sup>. Curah hujan merupakan faktor utama, disamping faktor tanah dan faktor manusia. Pernyataan tersebut tidak sepenuhnya keliru karena telah terjadi perubahan iklim global di Indonesia, salah satu dampaknya adalah ketidakteraturan musim yang ditandai oleh fenomena *El Nino* (musim kering berkepanjangan) dan *Lanina* yaitu hujan yang turun terus menerus. Selain itu, ada beberapa faktor penyebab banjir yaitu curah hujan, karakteristik daerah aliran sungai (DAS), kemampuan alur sungai mengalirkan air banjir, perubahan tata guna lahan, pengelolaan sungai meliputi tata wilayah, pembangunan sarana dan prasarannya hingga tata pengaturannya<sup>[Sularto,2004]</sup>.

SCADA adalah sistem perangkat lunak yang digunakan untuk mengotomatisasi dan atau memonitor proses industri di berbagai pasar seperti manufaktur, transportasi, manajemen energi, otomatisasi bangunan, dan bidang lain yang beroperasi secara real time data operasional yang

digunakan untuk membuat keputusan. Pada saat ini sistem ini sudah memanfaatkan infrastruktur LAN (*Local Area Network*), WAN (*Wide Area Network*) dan teknologi nirkabel untuk keperluan monitoring. *m-scada* (*mobile Supervisory Control And Data Acquisition*) merupakan system control yang dapat mengontrol secara mobile oleh operator sehingga dapat memudahkan operator dalam proses control dan monitoring proses dan akuisisi data. *m-SCADA* mempunyai beberapa fungsi yaitu mengontrol dan memonitoring alat dari jarak jauh, melihat dokumen atau data secara langsung dari jarak jauh dengan berbagai media seperti smartphone, tablet, PC dan Portable PC..

### **Arsitektur m-SCADA**

SCADA merupakan process automasi sistem yang dibuat secara mobile dengan menggunakan beberapa data dari sensor atau instrument apapun untuk menkontrol dan mengirim data. Pada umumnya sistem SCADA yang konvensional terdiri atas *Master Terminal Unit* (MTU), *Remote Terminal Unit* (RTU), *Human Machine Interface* (HMI), dan sistem komunikasi, serta *plant* yang dikendalikan. RTU yang terpasang di *plant* biasanya menggunakan controller PLC, mikrocontroller, atau IED, alat ini akan mengendalikan aktuator dan mengambil data dari *plant* kemudian mengirimkannya ke MTU melalui sistem komunikasi, kemudian data tersebut akan diproses dan ditampilkan dalam HMI.

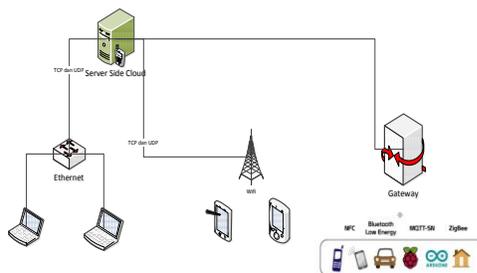


Gambar 1. Arsitektur m-SCADA

### **Model Komunikasi m-SCADA**

Ada beberapa model komunikasi m-scada dengan user dengan menggunakan internet atau gateway yaitu sebagai berikut :

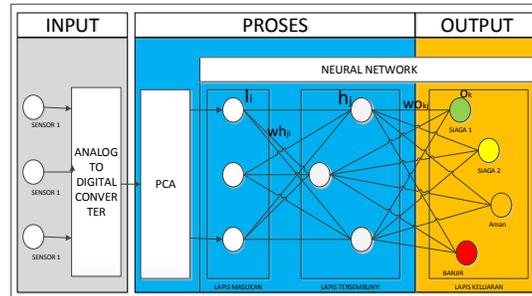
1. Ethernet dan Wifi
2. Komunikasi menggunakan Ethernet dan wifi menggunakan TCP (*Transmission Control Protocol*) dan UDP (*User Datagram Protocol*).
3. Bluetooth
4. NFC (*Near Field Communication*)
5. Radio
6. Point to Point radio Link
7. Serial Line
8. I2C wired buses



Gambar 2. Model Komunikasi m-SCADA

## **2. Metode Penelitian**

Metode yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan metode IPO (Input Proses dan Output) dengan pengembangan Input dari banyak dan berbagai sensor yang terdeteksi sehingga fungsi PCA pada penelitian ini sebagai filter deteksi sensor yang terdeteksi atau tidak dan setelah itu diteruskan dengan Neural Network sebagai pengambil keputusan.



**Gambar 3. Metode Teknik Analisa Data**

Teknik analisa data yang dilakukan dalam penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.6. PCA mentransformasikan data sensor yang berkorelasi ke dalam bentuk yang bebas tidak berkorelasi. Principle component satu dengan yang lain tidak saling berkorelasi dan diurutkan sedemikian rupa sehingga principle component yang pertama memuat paling banyak variasi dari data sensor. Hasil ekstraksi PCA tersebut diumpungkan ke Neural Network tiga lapis. Jumlah node masukan berkesesuaian dengan jumlah principle component yang digunakan, jumlah neuron tersembunyi adalah sepuluh dan jumlah neuron keluaran berkesesuaian dengan jumlah ktisi sungai. Neural Network dilatih dengan menggunakan teknik propagasi balik.

Perhitungan koreksi bobot antarkoneksi lapis keluaran ( $\Delta w_{kj}$ ) dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\Delta w_{kj} &= \lambda (t_k - o_k) o_k (1 - o_k) \cdot h_j \\ \Delta w_{kj}(n+1) &= \varepsilon \Delta w_{kj} + \alpha \Delta w_{kj}(n)\end{aligned}\quad (1)$$

Dengan  $t$  = vektor target pelatihan,  
 $\varepsilon$  = parameter yang menentukan kecepatan pelatihan

$\alpha$  adalah parameter momentum yang dapat mencegah osilasi sistim dan dapat membantu keluar dari minimum lokal fungsi kesalahan pada fasa pelatihan. Kemudian proses dilanjutkan dengan melakukan perhitungan koreksi bobot antarkoneksi pada Lapis tersembunyi ( $\Delta w_{hj}$ ), dinyatakan:

$$\begin{aligned}\Delta w_{hj} &= \lambda h_j (1 - h_j) \left\{ \sum_k \lambda (t_k - o_k) o_k (1 - o_k) w_{kj} \right\} i_j \\ \Delta w_{hj}(n+1) &= \varepsilon \Delta w_{hj} + \alpha \Delta w_{hj}(n)\end{aligned}\quad (2)$$

Taraf kesalahan identifikasi Neural Network pada fasa pelatihan dinyatakan sebagai Mean Square Error (MSE) yang dinyatakan:

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N e_i^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (t_i - o_i)^2 \quad (3)$$

$N$  = Jumlah vektor data masukan.

Dengan menggunakan beberapa rumusan diatas penulis akan mencoba menganalisa data yang dihasilkan dari sensor berupa data seperti tabel 3.1 menggunakan matlab.

### 3. Analisis dan Hasil

#### 3.1 Analisa Data

Agar menghasilkan sebuah hasil penelitian yang baik, maka sudah sepatutnya harus ada dukungan tahapan penelitian yang sesuai. Hal ini bertujuan untuk menyesuaikan tahapan penelitian dengan kerangka pikir yang digunakan. Dalam penelitian ini, bertujuan membangun sebuah sistem *Ubiquitous mobile SCADA* untuk monitoring infrastruktur kritis sungai dengan analisa data menggunakan PCA (*Principal Component Analysis*) dan BPNN (*Back propagation Neural Network*). Pada analisis selektifitas dan pengelompokan data yang berasal dari sensor yaitu menggunakan Algoritma PCA untuk mengidentifikasi hasil dari data sensor yang didapat dengan nilai yang signifikan dan BPNN digunakan untuk memprediksi dan mengambil keputusan sistem

#### 3.1.1 IMPLEMENTASI MODEL PCA DAN BPNN

Implementasi model PCA dan BPNN pada *Ubiquitous Mobile SCADA frame Work* untuk monitoring infrastruktur kritis sungai yaitu dengan cara mengambil sample pada prototype yang telah dibuat, setelah itu data yang berasal dari tiga sensor diproses ke dalam model PCA, setelah itu diproses kembali ke oleh *Back Propagation Neural Network* (BPNN) agar mendapatkan tingkat keberhasilan dan pengambilan keputusan yang akurat.

##### Pengambilan Sample

Pada proses pengambilan sample dilakukan pengambilan sample dengan metode pengamatan pada prototype yang dibuat dengan waktu sepuluh menit. Sample yang didapat berupa hasil pengukuran yang memiliki satuan *centimeter* dari masing-masing sensor yang telah diletakan pada hulu, daerah aliran sungai dan muara. Sensor tersebut terdiri dari lima puluh sensor dengan tiga kali pengukuran. Lima puluh sensor tersebut ditempatkan di beberapa titik dengan pembagian titik 40% Sensor di tempatkan di Hulu 30%, DAS 1 dan 30% di DAS 2. Pembagian persentase penempatan sensor dilakukan dengan cara menghitung luas area di hulu, Das 1 dan Das 2.

$$\begin{aligned} \text{Jumlah Sensor di Hulu} &= 20\% * 50 \text{ pcs} = 10 \text{ pcs} \\ \text{Jumlah Sensor di DAS 1} &= 40\% * 50 \text{ pcs} = 20 \text{ pcs} \\ \text{Jumlah Sensor di DAS 2} &= 40\% * 50 \text{ pcs} = 20 \text{ pcs} \end{aligned}$$

#### 3.1.1.1 IMPLEMENTASI PCA (PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS)

Implementasi PCA dilakukan sesuai dengan algoritma yang telah dibuat pada subbab sebelumnya dan diproses menggunakan *matlab* dengan tahapannya yaitu menentukan input, menentukan mean, menentukan standar data, menentukan covariance, menentukan eigenvalue dan eigenvector, dan menentukan data hasil yang akan diproses pada BPNN. Setelah mendapatkan input kita bisa mencari mean, standar data dan covarian menggunakan persamaan 2.1 a.2.2 dan 2.3. dengan

X = input matrik,

P = Jumlah Sensor,

Q = Jumlah Pengukuran,

Menghitung rata-rata menggunakan persamaan 2.1 :

$$\bar{X}_p = \frac{1}{Q} \sum_{q=1}^Q X(P, q)$$

$$\bar{X}_{50} = \frac{1}{3} \sum_{q=1}^3 X(50, q)$$

$$\bar{X}_{50} = \begin{bmatrix} 5.06 \\ 5.14 \\ 5.04 \end{bmatrix}$$

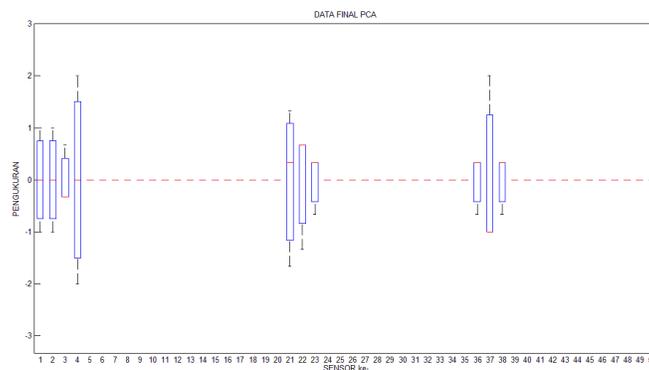
Menghitung dan menentukan standar data dengan menggunakan persamaan 2.2 dengan Mengurangkan setiap data X dengan nilai mean  $\bar{X}_p$  untuk masing-masing variable atau sensor (P). Adapun perintah untuk mendapatkan matrik covariance menggunakan *matlab* adalah sebagai berikut:

```
data=xlsread('C:\Users\ZENDRA\Documents\MATLAB\DATA.xlsx',1,'B3:AY3');
[M,N]=size(data);
rata2=mean(data,2);
data=data-repmat(rata2,1,N);
[o,p]=size(data);
covarian=1/(N-1)*data*data';
```

dengan data matriks covarian yang telah didapatkan, kita bisa menghitung nilai *eigenvalue* dan *eigenvalues* dengan menggunakan persamaan 2.4 dan 2.5. Dengan data matrik *covariance* terdapat dalam lampiran 2. Sedangkan perintah untuk mendapatkan *eigenvalues* dan *eigenvalue* dari data matrik *covariance* adalah sebagai berikut:

```
[PC,V]=eig(covarian);
vector=diag(V);
xlswrite('C:\Users\ZENDRA\Documents\MATLAB\eigenvalues.xlsx',vector,1);
[n,m]=size(vector);
PC;
[k,l]=size(PC);
A=PC';
datafinal=A*data;
xlswrite('C:\Users\ZENDRA\Documents\MATLAB\datafinal.xlsx',datafinal,1);
```

Dari perintah tersebut V merupakan *eigenvalues* dan PC merupakan *eigenvalue*. *Eigenvalues* yang didapat sebagai prosentase keutamaan *Principal Component* dimana koordinat *eigenvalues* yang nilainya paling besar merupakan koordinat *principal Component* paling utama dan begitu seterusnya sampai *principal component* paling rendah. Data final merupakan data yang akan diproses pada nural network. Hasil data final ditunjukkan pada lampiran 5. Berikut pada gambar 4.4 ditampilkan plot grafik antara data final dengan data sensor yang didapat.



**Gambar 4. Boxplot**

Dari Plot data final yang dihasilkan terlihat bahwa data sensor yang didapat dengan data tersebut menghasilkan plot yang signifikan. Data yang memiliki perubahan yang signifikan memiliki boxplot sedangkan data yang tidak signifikan dibuat nol. Data yang signifikan tersebut akan dibuat nilai input pada BPNN dan dapat dilihat pada tabel 4.1.

### 3.1.1.2 Implementasi BPNN (Back Propagation Neural Network)

Implementasi BPNN akan dilakukan sesuai dengan perencanaan pada subbab sebelumnya. Hal yang pertama dilakukan adalah menentukan input, selanjutnya pembagian data, normalisasi data dan menentukan model BPNN. Input sudah didapat dari hasil pengolahan PCA yaitu dengan nama data adalah datafinal dengan jumlah sepuluh tiga. Dengan jumlah target empat seperti seperti pada tabel 4.1.

**Tabel 2 Tabel Tunn Light**

No	Criteria	Distance
1	Flood	2
2	Standby 1	3
3	Standby 2	4
4	Safe	5
5	Sensor On	6

Dengan penentuan target tersebut dapat ditentukan target dengan menggunakan persamaan dengan:

P = data Sensor

Q = Jumlah Sensor

Hulu = H,

Daerah Aliran Sungai 1 = DAS 1;

Daerah Aliran Sungai 2 = DAS 2;

Untuk mendapatkan kriteria hal pertama yang harus dilakukan adalah dengan mencari rata-rata dari hasil data sensor yang terdeteksi pada hulu, daerah aliran sungai 1 dan daerah aliran sungai 2.

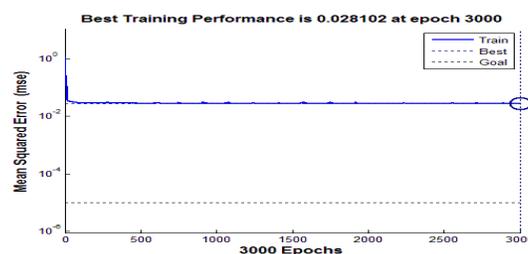
$$RH = \text{Rata-Rata Data Hulu} = \frac{\sum P}{Q}$$

$$RDAS1 = \text{rata-rata Data Aliran Sungai 1} = \frac{\sum P}{Q}$$

$$RDAS2 = \text{rata-rata Data Aliran Sungai 2} = \frac{\sum P}{Q}$$

Dalam penentuan kriteria banjir dapat menggunakan logika dan persamaan:

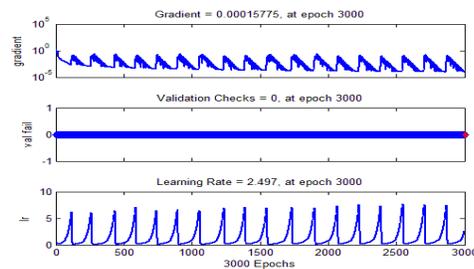
IF(AND(RH<=1;RDAS1<=2;RDAS2<=2);2;"BANJIR";IF(AND(RH <=2; RDAS1<=4; RDAS2<=4);"SIAGA 1; IF (AND (RH<=3 ;RDAS1<=5 ;RDAS2 <=5);" SIAGA 2 ; IF(AND (RH <=4; RDAS1<=6; RDAS2<6);5;6))))



**Gambar 5. MSE**

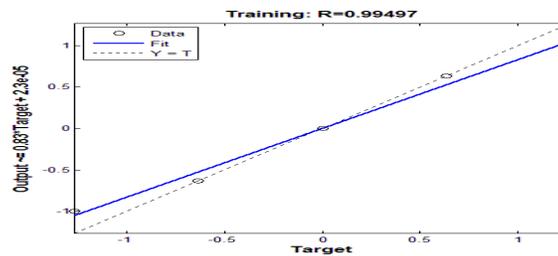
Dari targetan error yang dimasukkan pada program yang ada, dari training neural network pada program didapatkan performance error sebesar 0.028102. Hasil ini didapatkan dari iterasi sebanyak epoch yang dimasukkan (epoch maksimum). Sehingga dapat dikatakan error maksimum yang dihasilkan oleh program telah mendekati error minimum yang dihasilkan dan dapat dianggap bahwa arsitektur program dan fungsi aktivasi yang dipakai sangat cocok pada pembelajaran program ini. Gambar grafik 4.7 training performance dari program ini (garis biru) hampir mendekati hasil terbaik yang diinginkan (garis putus-putus).

Gradient dan Validation Checks untuk Epoch maksimum dapat dilihat pada gambar 4.7 dengan nilai Output gradient, validation check, dan learning rate dengan epoch 3000 masing-masing menghasilkan nilai Gradient yang merupakan nilai error yang dipengaruhi oleh bobot sebesar 0.00015775, validation check merupakan pengecekan validasi dengan nilai 0, dan nilai learning rate yang berfungsi untuk mempercepat waktu penyelesaian sehingga proses mendapatkan nilai error yang paling kecil dapat tercapai dengan cepat serta penelusuran yang lebih singkat. 2.487.



**Gambar 6 Gradient, Validation Check dan Learning Rate**

Sebagaimana yang kita ketahui bahwa suatu program pengenalan pola dapat dikatakan tepat apabila terdapat korelasi antara target dan output yang dihasilkan oleh program. Korelasi antara output dan target yang hendak dicapai dalam program dituliskan dengan R, korelasi yang sangat kuat akan menghasilkan nilai R=1. Pada gambar 4.9 terlihat bahwa selama masa training output yang dihasilkan oleh program memiliki korelasi yang cukup kuat dengan target. Seperti yang terlihat, koefisien korelasi yang dihasilkan yaitu sebesar 0.99909 (korelasi yang kuat). Setelah itu semua dilakukan akan muncul outputs vs target dengan nilai outputs R(=0.99886.)



**Gambar .7 Grafik Regresi**

Gambar 4.9 menunjukkan nilai output dan target, nilai output Y dapat dihitung dengan:

$$Y = (0.062)T + (0.012).$$

$$Y = (0.002) * \begin{bmatrix} 758,62 \\ 487,37 \\ 2,9 - 1E13 \\ \dots \\ 1,28 - 1E13 \end{bmatrix} + (0.012)$$

$$Y = \begin{bmatrix} 47.0466 \\ 30.2294 \\ 0.0120 \\ \dots \\ 0.0120 \end{bmatrix}$$

Implementasi dan pengembangan neural network pada ubiquitous mobile SCADA framework menyesuaikan pada bobot pada hidden layer, bobot output, bias dan aktivasi. Aktivasi yang digunakan dalam neural network ini adalah aktivasi *tansig* disetting dengan menggunakan persamaan:

$$a_i = \tan sig \left( \sum_j w_{ij} P_i - b_j^0 \right) = \frac{e^{n^0 j} + e^{-n^0 j}}{e^{n^0 j} - e^{-n^0 j}}$$

### 3.2 Pengujian

#### 3.2.1 Pengujian Validasi Perangkat Keras

Tahap ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui sistem yang dibuat sudah bekerja dengan benar atau tidak. Dimana pengujiannya dilakukan dengan cara melihat, mengukur dan menghitung hasil modul sesuai dengan jarak aslinya atau tidak. Pengujian dilakukan pada perangkat sensor ultrasonik dan pengukuran debit air.

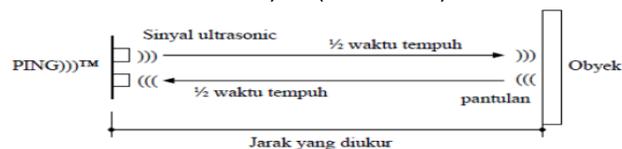
#### Pengujian modul sensor ultrasonik

Prinsip kerja sebuah modul sensor ultrasonik (PING) yaitu mendeteksi objek dengan cara mengirimkan gelombang ultrasonik dan kemudian menerima pantulan gelombang tersebut. PING hanya akan mengirimkan gelombang ultrasonik ketika ada pulsa trigger dari mikrokontroler (Pulsa high selama 5uS). Gelombang ultrasonik dengan frekuensi sebesar 40 KHz akan dipancarkan selama 200uS. Gelombang ini akan merambat di udara dengan kecepatan 344.424 m / detik (atau 1 cm setiap 29.034uS), mengenai objek untuk kemudian terpantul kembali ke PING. Selama menunggu pantulan, PING akan menghasilkan sebuah pulsa. Pulsa ini akan berhenti (low) ketika gelombang pantulan terdeteksi oleh PING. Oleh karena itu, lebar pulsa tersebut dapat merepresentasikan jarak antara PING dengan objek. Selanjutnya mikrokontroler cukup mengukur lebar pulsa tersebut dan mengkonversinya dalam bentuk jarak dengan perhitungan sebagai berikut:

$$\text{Jarak} = (\text{Lebar Pulsa} / 29.034\mu\text{s}) / 2 \text{ (dalam cm)}$$

atau

$$\text{Jarak} = (\text{Lebar Pulsa} \times 0.034442) / 2 \text{ (dalam cm)}$$



Gambar 8. Ilustrasi Perhitungan Sensor Ultrasonik

Dalam pengujian ini, dilakukan akuisisi pengukuran jarak sensor ultrasonik dengan jarak sebenarnya menggunakan mistar per 1 cm sampai jarak 30 cm. Benda yang digunakan sebagai indikator jarak adalah karton dengan permukaan zigzag atau tidak rata, dan air. Setelah itu dilakukan perhitungan error dari hasil pengukuran:

Tabel 2. Tabel Validasi

Peng- Ke-	Jarak Sebenarnya		Jarak Terdeteksi Sensor Ultrasonik		Total Error	
	Air	Karton	Air S	Karton S	Air %	Karton %
1	0,80	0,90	1,00	1,00	80,00	90,00
2	2,10	2,00	2,00	2,00	105,00	100,00
3	2,95	3,10	3,00	3,00	98,33	103,33
4	4,05	4,00	4,00	4,00	101,25	100,00

5	5,10	4,95	5,00	5,00	102,00	99,00
6	5,95	5,95	6,00	6,00	99,17	99,17
7	7,05	7,00	7,00	7,00	100,71	100,00
8	7,95	8,05	8,00	8,00	99,38	100,63
9	9,05	8,90	9,00	9,00	100,56	98,89
10	10,05	10,00	10,00	10,00	100,50	100,00
Rata-Rata Error					98,69	99,10

Dari tabel 4.10 terlihat rata-rata error dari hasil pengukuran Air dan Karton masing-masing 98.69% dan 99.10%. dengan tingkat akurasi hampir 100%, akurasi pengukuran terhadap air lebih kecil dari karton permukaan air tidak dibandingkan dengan karton.

### 3.2.2 Pengujian Sistem Perangkat Lunak

Pengujian sistem perangkat lunak dilakukan dengan metode *whitebox* yang merupakan tahap pengujian sistem dimana pengujian dilakukan pada tiap fungsi yang terdapat pada sistem untuk mengukur kompleksitas siklomatis yang memberikan pengukuran kuantitatif terhadap kompleksitas logis suatu program.

Adapun variabel yang di jadikan pengukuran terhadap pengujian kompleksitas siklomatis dari suatu fungsi sistem adalah :

1. Jumlah Lintasan (*Path*)
2. Jumlah *Edge* dan *Node*
3. Jumlah *Predicate*
4. Nilai kompleksitas  $V(G)$

Dari flowgraph pada gambar 10. terlihat bahwa kode-kode yang telah dinotasikan dalam bentuk *node*, *edge* dan *predicate*, adapun susunannya adalah sebagai berikut :

- a. *Node* = 1;2;3;4;5;6;7;8;9;10;11;12;13;14;15;
- b. *Edge* = 1→2;2→3;3→4;4→5;5→6;6→4;4→5;5→7;7→4;4→5;5→8;  
8→4;4→5;5→9;9→10;10→11;11→12;12→13;13→14;14→9;9→10;10→15;
- c. *Predicate* = 4,5,9,10
- d. Perhitungan berdasarkan lintasan dalam *flowgraph* atau *path* (p), dihasilkan:  
Path1 = 1-2-3-4-5-9-10-11-12-13-14-9-10-15  
Path2 = 1-2-3-4-5-6-4-5-9-10-11-12-13-14-9-10-15  
Path3 = 1-2-3-4-5-6-7-4-5-9-10-11-12-13-14-9-10-15  
Path4 = 1-2-3-4-5-6-7-8-4-5-9-10-11-12-13-14-9-10-15
- e. Perhitungan berdasarkan pada rumus  $V(G) = E - N + 2$ , dimana E menyatakan *Edge* dan N menyatakan *Node*, dihasilkan :  
$$V(G) = E - N + 2 = 22 - 15 + 2$$
$$= 9$$

Berdasarkan perhitungan *node*, *edge*, *predicate* dan lintasan, maka di dapatkan sebanyak 15 *node*, 22 *edge*, 4 *predicate* dan 4 lintasan. Dan kompleksitas sistem bernilai 9.

## 4. Kesimpulan

Dari hasil pembahasan proposal penelitian yang telah ada pada bab sebelumnya, maka dalam proposal penelitian ini dapat diambil kesimpulan bahwa sebagai berikut:

1. Dengan menerapkan metode PCA pada sistem *ubiquitous framework* dapat mengetahui data hasil sensor yang signifikan. Jadi dengan menggunakan metode ini data sensor yang tidak signifikan tidak perlu digunakan sebagai data input.
2. Dengan menerapkan metode BPNN (*Back Propagation Neural Network*) sebagai penentu keputusan dan akuisii data menghasilkan nilai akurasi 0.99.
3. Dengan membuat *ubiquitous mobile SCADA framework* untuk monitoring infrastruktur kritis sungai yaitu dengan menggunakan beberapa sensor yaitu sensor ultrasonik dan mikrocontroller. Agar data yang dihasilkan bisa real time, anytime dan anywhere maka menggunakan sistem mobile sebagai perangkat pengirim dan penerima data dan untuk akuisisi data menggunakan

metode PCA dan Neural Network menjadi tersedianya sistem monitoring yang realtime dalam sebagai sistem peringatan dini terhadap banjir yang dapat meminimalisir korban dan kerugian materi yang disebabkan oleh banjir.

4. Monitoring dengan *ubiquitous mobile SCADA framework* untuk monitoring infrastruktur kritis sungai dapat dilakukan dengan perangkat PC,Laptop,Tablet,smartphone dan handphone yang memiliki browser.

## References

- [1] [ASEP,2013] Asep Insani dan Sutrisno Salomo, 2013. **Disain Sistem SCADA Jarak Jauh Menggunakan Layanan VPN 3G Untuk Penggerak Pompa Pada sistem Pengolahan Air.** Buletin Pos dan Telekomunikasi Vol: 11,65-76. LIPI. Tangerang.
- [2] [ENGIN EA, 2006] Engin Ozdemir, Mevlut Karacor, 2006, **Mobile Phone based SCADA for Industrial Automation.** Vol:45, 67-75. IZMIT, Turkey.
- [3] [FELIX, EA.2012] Felix-Attila FARKAS, Vlad CIGAN, Rares CAZAN, Adrian BUDELECAN, Gheorghe Ioan VUSCAN.2012. **Scada For Underwater Vehicles.** ACTA TECHNICA NAPOCENSIS, Vol:55, Issue II, 407-412. TECHNICAL UNIVERSITY OF CLUJ-NAPOCA.
- [4] [HADIJAYA,EA, 2012] Hadijaya Pratama et.al. 2012. **Akuisisi Data Kinerja Sensor Ultrasonik Berbasis Sistem Komunikasi Serial Menggunakan Mikrokontroler Atmega 32.** ELECTRANS, VOL:11,36-43. Universitas Pendidikan Indonesia. BANDUNG
- [5] [HEMAVATHI, EA, 2014] Hemavathi Natarajan, Sudha Selvaraj.2014. **A Fuzzy Based Predictive Cluster Head Selection Scheme for Wireless Sensor Networks.** International Conference on Sensing Technology Vol:8, 560-567. LIVERPOOL, UK.
- [6] [KHALED,EA.2010] S. M. Khaled Reza,et.al. 2010. Microcontroller Based Automated Water Level Sensing and Controlling: Design and Implementation Issue. WCECS.Vol:1,San Fransisco.USA.
- [7] [MINKYU,2013] Minkyu Choy. 2013. **Wireless Communications for SCADA Systems Utilizing Mobile Nodes.** International Journal of Smart Home. Vol:7,1-8. DAEJON. Republik Od Korea.
- [8] [MINKYU,2013] Minkyu Choi and Ronnie D. Caytiles, 2013. **A Proposed Integration of Hierarchical Mobile IP based Networks in SCADA Systems.** International Journal of Smart Home. Vol. 7, 49-56. Daejeon, KOREA.
- [9] [MONDAL,EA,2015] B. Mondal et.al. 2015. Quantitative recognition of flammable and toxic gases with artificial neural network using metal oxide gas sensors in embedded platform. Engineering Science and Technology, an International Journal Vol:18,229-234.INDIA.
- [10] [RAJEVV,2015] Rajevv Arya and S.C. Sharma.2015. **Optimization Of Energy Of Sensor Node Using ACO In Wireless Sensor Network.** Procedia Computer Science Vol:45,681-686. India.
- [11] [RIVAI,EA.2011] Muhammad Rivai. 2011. **Klasifikasi Aroma Tembakau Menggunakan Deret Sensor Tin-Oxide dan Neural Network.** JAVA Journal of Electrical and Electronics Engineering, Vol:9,95-100.SURABAYA.
- [12] [RIVAI,EA.2011] Muhammad Rivai. 2011.Peningkatan Taraf Identifikasi Jenis Gas Di Udara Terbuka Menggunakan Transformasi Fourier Dan Principal Component Analysis. KURSOR. Vol:6,103-110. SURABAYA.
- [13] [SLAVICA,EA, 2013] Slavica Prvulović, Dragiša Tolmač,Ljubiša Josimović, Jasna Tolmač.2013. **Remote Monitoring And Control Of Pumping Stations In The Water Supply Systems.** Facta Universitatis, Vol:11,113-121.SERBIA.
- [14] [SAGAR,EA,2014] Sagar Joshi,Amit Joshi,Sanket Jabade,Ameya Jathar.2014. **M2M Communication Based Wireless SCADA for Real-Time Industrial Automation.** International Journal of Research in Advent Technology, Vol:2,107-109.MUMBAY.
- [15] [TAI-HOON,2010] Tai-hoon Kim, 2012. **Integration of Wireless SCADA through the Internet.** International Journal Of Computers And Communications.Vol:4, Issue 4, 75-82.DAEJON. KOREA.
- [16] [ANDRYANTO,EA. 2013] Andryanto, 2013. Rancang bangun Supervisory Control And Data Acquisition (SCADA) pada proses Water Intake dan Water Forwarding di PDAM Karangpilang I SURABAYA. SKRIPSI. Institut Teknologi Sepuluh November. SURABAYA.
- [17] [HENRI,2008] Henry Hasian, 2008. Analisis Pengaruh Pemudalisan Suhu Terhadap Sensitifitas dan Selektifitas Sensor Gas Semikonduktor. TESIS. Institut Teknologi Sepuluh November.SURABAYA.

- [18] [OSWALDZ EA,2012] Oswaldz Samuel Nababan, Plato Martuani Siregar. 2012. **Otomatisasi pengukuran debit sungai dengan mikrocontroller Arduino**. SKRIPSI. BANDUNG. INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG.