

**JARINGAN SENSOR STRAIN UNTUK MONITORING JEMBATAN**  
***NETWORK SENSOR STRAIN FOR THE MONITORING OF BRIDGE***

**HASRIJAL HADDADE**



**PROGRAM PASCASARJANA**  
**UNIVERSITAS HASANUDDIN**  
**MAKASSAR**  
**2013**

# JARINGAN SENSOR STRAIN UNTUK MONITORING JEMBATAN

T e s i s

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi

Teknik Elektro

Disusun dan diajukan oleh

**Hasrijal Haddade**

Kepada

**PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR**

**2013**

# TESIS

## JARINGAN SENSOR STRAIN UNTUK MONITORING JEMBATAN

Disusun dan diajukan oleh

**HASRIJAL HADDADE**  
**Nomor Pokok P2700210003**

telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis  
pada tanggal 27 Juni 2013  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui

Komisi Penasehat,

**Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc.**

Ketua

Ketua Program Studi S2  
Teknik Elektro,

**Muh. Niswar, S.T., MIT., Ph.D.**

Anggota

Direktur Program Pascasarjana  
Universitas Hasanuddin,

**Prof. Dr. Ir. H. Salama Manjang, M.T.**

**Prof. Dr. Ir. Mursalim**

## PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Hasrijal Haddade

Nomor Mahasiswa : P2700210003

Program Studi : Teknik Elektro

Konsentrasi : Teknik Komputer Kendali dan Elektronika

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, Juni 2013

Yang menyatakan

Hasrijal Haddade

## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat, hidayah dan nikmat yang telah diberikan kepada penulis, salam salawat kepada junjungan Nabi Muhammad S.A.W beserta sahabat beliau, yang dengan perjuangannya menginspirasi penulis sedemikian dalam dan menguatkan daya semangat penulis sehingga penelitian ini terselesaikan.

Adapun yang melatari permasalahan ini perlunya suatu perangkat sistem monitoring yang dapat digunakan untuk memonitoring efek regangan dari perangkat jembatan secara *realtime*.

Penulis menyadari bahwa penyusunan penelitian ini banyak mengalami hambatan, rintangan dan halangan, namun dengan bantuan dari berbagai pihak semua ini dapat terselesaikan dengan baik.

Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa terima kasih dan penghargaan yang setinggi – tingginya khusus kepada Bapak Dr. Ir. Zahir Zainuddin, M.Sc. dan Bapak Muh. Niswar, ST.,MIT.,Ph.D. selaku pembimbing yang banyak meluangkan waktunya memberikan petunjuk dan bimbingan sehingga kesulitan penulis dalam membuat tesis dapat terselesaikan.

Terima kasih juga yang sebesar-besarnya kepada Bapak dan Ibu Dosen, staf jurusan dan staf fakultas teknik Universitas Hasanuddin yang telah memberikan banyak masukan dan bimbingannya selama penulis menempuh perkuliahan.

Penghargaan dan ucapan terima kasih yang tak terhingga kepada kedua orang tua yang telah membesarkan dengan penuh kasih sayang serta doa sehingga penulis berhasil dalam menyelesaikan pendidikan. Teristimewa untuk Istri ( A. Sri Wahyuni, A.Md ) yang banyak memberikan semangat baik moril maupun materil sehingga penelitian ini dapat terselesaikan. Terima kasih kepada seluruh teman-teman mahasiswa Program Pascasarjana Teknik Komputer Kendali dan Elektronika 2010 atas bantuan dan dukungannya.

Dengan segala kerendahan hati penulis juga menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari kesempurnaan sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan tesis ini.

Makassar, Juni 2013

Hasrijal Haddade



## ABSTRAK

**HASRIJAL HADDADE.** Jaringan Sensor Strain Untuk Monitoring Jembatan ( dibimbing oleh Zahir Zainuddin dan Muh. Niswar ).

Penelitian ini bertujuan memonitoring regangan yang terjadi pada jembatan secara *realtime* dan sistem ini mampu memberikan peringatan dini melalui indikator LED dan Buzzer jika terjadi regangan yang melebihi batas yang telah ditentukan.

Penelitian ini menggunakan metode perancangan sistem. Pada perancangan ini sensor strain akan mengirimkan data ke mikrokontroler AVR ATmega16. Di dalam mikrokontroler ini telah dimasukkan program untuk mengontrol pengambilan data secara kontinu yang diteruskan ke modul Wiznet110SR dan selanjutnya akan ditampilkan pada sistem perangkat lunak berbasis web. Sistem ini dilengkapi pula dengan indikator berupa LED dan Buzzer yang mengindikasikan ambang batas maksimum regangan. Bahasa pemrograman untuk perangkat keras yang digunakan adalah *Basic Compiler* (BASCOM AVR). Pengambilan data berbasis jaringan menggunakan pemrograman *visual basic* dan proses untuk penyimpanan data serta menampilkan grafik secara *realtime* menggunakan pemrograman php.

Hasil dari penelitian ini adalah menampilkan data-data regangan yang terjadi secara kontinu dari beberapa sensor strain yang terpasang pada miniatur jembatan. Data yang tersimpan dalam basis data akan disajikan dalam bentuk grafik secara *realtime*. Melalui sistem ini, indikator LED dan Buzzer akan aktif pada saat terjadi regangan yang melebihi batas yang telah ditentukan.

Kata kunci : Sensor Strain, AVR ATmega16, WIZ110SR, *Realtime*

## **ABSTRACT**

**HASRIJAL HADDADE.** *Strain Sensor Network for Bridge Monitoring ( Supervised by Zahir Zainuddin and Muh. Niswar )*

*The research aimed to monitor the strain occurring on the bridge in realtime way and the system could give the early warning throught the LED and Buzzer indicators if the strain occurred which exceeded the pretermined threshold.*

*The monitoring system used the system designing method. In the designing, the sensor strain would send the data to the microcontroller of AVR Atmega16, in which the microcontroller had been incorporated in the program to control the data retrieval continuously, they where continued to the module of wiznet110SR which would then be displayed on the web based the soft ware system. The system was also equipped with indicators in the form of LED dan Buzzer which indicated the strain maximum threshold, the programming language for the hardware of Basic Compiler (Bascom AVR) used and the network based data retrieval used the visual basic programming, and the process for the data storage and displayed the graphics in the realtime way using php programming.*

*The research result indicates that the strain data occurring continuously of several sensor strain installed on bridge miniature, then the data which have been stored in the databse will be presented in form graphics in the realtime way, from the system, the LED and Buzzer indicators will be active at the time of the strain occurrence which exceeds the pretedetermined threshold.*

*Keywords : Sensor Strain, AVR ATMega16, WIZ110SR, Realtime*

## DAFTAR ISI

	halaman
HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGAJUAN .....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN .....	iii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TESIS .....	iv
PRAKATA .....	v
ABSTRAK .....	vii
<i>ABSTRACT</i> .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang Masalah .....	1
B. Rumusan Masalah .....	2
C. Tujuan Penelitian .....	3
D. Manfaat Penelitian .....	3
E. Ruang Lingkup / Batasan Penelitian .....	3
F. Sistematika Penulisan .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	5
A. Sistem Monitoring .....	5

B.	Sensor-sensor.....	6
C.	Parameter yang diukur.....	7
	1. Level sistem monitoring.....	8
	2. Data Akuisisi .....	9
D.	Sensor Strain Gage .....	11
	1. karakteristik Strain Gage.....	13
	2. Bahan-bahan yang bisa dijadikan strain gage .....	13
	3. Resistansi Strain Gage .....	14
E.	Mikrokontroler ATmega16.....	15
F.	Port Serial .....	17
	1. Tata cara komunikasi data serial .....	17
	2. Penggunaan port serial.....	18
G.	Modul Ethernet WIZ110SR .....	20
	1. Fitur utama modul ethernet WIZ110SR .....	21
	2. Spesifikasi modul ethernet WIZ110SR .....	21
	3. Konfigurasi modul ethernet WIZ110SR .....	22
H.	Arsitektur Jaringan TCP/IP .....	24
I.	Roadmap .....	26
J.	Kerangka Konseptual .....	28
	<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>	<b>29</b>
A.	Kerangka Konsep .....	29
B.	Waktu dan Tempat.....	30

C.	Tahapan Perancangan Sistem .....	30
	1. Perancangan Perangkat Keras dan Perangkat Lunak .....	30
	2. Diagram Konteks .....	31
	3. Bagan Sistem Monitoring .....	32
D.	Pengujian Sistem .....	33
E.	Metode Pengujian .....	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....		33
A.	Gambaran Umum Sistem Monitoring.....	34
	1. Perangkat Keras .....	34
	2. Perangkat Lunak.....	38
	2.1 Pemrograman Mikrokontroler ATmega16 .....	38
	2.2 Pemrograman Perangkat Lunak .....	39
	2.2.1 Program Data Winsock Visual Basic.....	39
	2.2.2 Program Kirim Data Winsock Visual Bsaic.....	39
	2.2.3 Program Terima Data Winsock Visual Basic.....	40
B.	Rincian Biaya.....	41
C.	Pengujian Sistem .....	41
	1. Pengujian Perangkat keras.....	41
	1.1. Miniatur Jembatan .....	41
	1.2. Perangkat Keras Sistem Monitoring .....	43
	2. Pengujian Perangkat Lunak.....	43
	2.1 Perangkat Lunak Winsock .....	43

2.2 Antarmuka Berbasis Web .....	44
2.3 Sistem Basis Data .....	45
D. Hasil Pengujian .....	45
1. Pengujian Indikator Peringatan Dini .....	45
2. Pengujian Sistem Monitoring .....	47
3. Skenario Pengujian Sistem Monitoring .....	48
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....	50
A. Kesimpulan .....	50
B. Saran .....	51

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

## DAFTAR GAMBAR

Nomor	halaman
1. Teknologi Instrumentasi Akuisisi Data .....	10
2. Konstruksi Tahanan Gage .....	15
3. ATMEga16 .....	16
4. Modul Ethernet WIZ110SR .....	20
5. Blok Diagram Board WIZ110SR .....	21
6. Configuration Tool WIZnet110SR .....	22
7. Susunan Layer Protocol TCP/IP .....	25
8. Skema Perancangan Sistem Monitoring .....	32
9. Bagan Perancangan Sistem Monitoring .....	32
10. Blok Diagram Sistem Monitoring .....	34
11. Rangkaian Skematik Sistem Monitoring .....	35
12. <i>Flowchart</i> Program Mikrokontroler ATMEga16.....	38
13. <i>Flowchart</i> Data Winsock .....	39
14. <i>Flowchart</i> Kirim Data Winsock .....	40
15. <i>Flowchart</i> Terima Data Winsock .....	40
16. Miniatur Jembatan .....	42
17. Pengujian Perangkat Keras .....	43
18. Pengujian Program Winsock.....	43
19. Halaman Depan Web Monitoring .....	44

20. Database Sensor Strain 1 dan Strain 2.....	45
21. Indikator LED Dalam Kondisi Ambang Batas.....	46
22. Indikator LED Dalam Kondisi Ambang Batas.....	46
23. Hasil Dalam Bentuk Grafik Secara Realtime.....	47

## DAFTAR TABEL

Nomor		halaman
1.	Klasifikasi Tingkatan Level Sistem Monitoring .....	9
2.	Spesifikasi Modul Ethernet WIZ110SR .....	21
3.	Rincian Biaya .....	41
4.	Berat Beban Ujicoba Miniatur Jembatan .....	42
5.	Hasil Simulasi Uji Coba Dengan Berat Beban .....	49

## DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	halaman
1. Penempatan Sensor Strain Pada Jembatan .....	54
2. Listing Program Bahasa C Mikrokontroler AVR ATmega16 .....	56
3. Listing Program Perangkat Lunak Winsock .....	60
4. Listing Program Perangkat Lunak Pemrograman PHP .....	64

## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **A. Latar Belakang Masalah**

Menurut Nababan (2008) Pemantauan jembatan adalah salah satu langkah paling penting untuk mencegah kerusakan jembatan. Sebagai cara yang paling tradisional, pemantauan dari jembatan ini dilakukan dengan mata manusia. Ini adalah membosankan, mahal dan tidak akurat.

Menurut Young dkk. (2010) Sistem yang dilakukan yaitu dengan cara meraba bagian dari jembatan dan kemudian mengambil sampel untuk diuji laboratorium menggunakan smart film berupa led, hal ini membutuhkan proses yang panjang karena pemantauan dilakukan dengan cara ini tidak *realtime*, kecelakaan dengan mudah terabaikan. Menurut E. Sazonov dkk. (2009) Dalam beberapa tahun terakhir, teknologi sensor nirkabel telah digunakan secara luas, keterbatasan sensor nirkabel adalah masa hidup baterai terbatas dan tingginya biaya penggantian baterai yang membuat sistem tersebut mahal dalam banyak kasus. Oleh karena itu pemantauan jembatan yang memungkinkan secara *realtime*, Menurut Pressman (2003) bahwa sistem *realtime* memunculkan beberapa aksi sebagai respon terhadap kejadian-kejadian eksternal. Monitoring jembatan dengan menggunakan sensor yang sesuai dan dipadukan dengan mikrokontroler yang berkembang

saat ini. Sistem monitoring secara *realtime* ini dianggap cara yang menjanjikan untuk mencegah kerusakan jembatan secara keseluruhan.

Berdasarkan hal tersebut diatas maka penulis akan merancang perangkat yang dapat memonitoring jembatan dengan memanfaatkan jaringan sensor regangan berupa sensor strain yang terpadu oleh perangkat mikrokontroller AVR ATmega 16 dan menggunakan modul Wiznet110SR untuk sistem berbasis jaringan, maka dengan ini penulis akan melakukan penelitian berjudul “**Jaringan Sensor Strain Untuk Monitoring Jembatan**” dimana sistem ini diharapkan membantu memberikan informasi secara dini kondisi dari efek regangan jembatan.

#### **A. Rumusan Masalah**

Adapun rumusan masalahnya terdapat berbagai kemungkinan kerusakan yang dapat menimbulkan kecelakaan untuk itu diperlukan suatu cara

1. Bagaimana membangun jaringan sensor yang dapat memonitoring terjadinya regangan pada jembatan secara *realtime* ?
2. Bagaimana membangun perangkat menggunakan LED dan Buzzer yang memberikan indikator peringatan kondisi regangan dari jembatan ?

#### **B. Tujuan Penelitian**

Dengan memperhatikan latar belakang dan rumusan masalah yang telah diuraikan sebelumnya, maka tujuan penelitian ini adalah

1. Untuk merancang bangun suatu sistem jaringan sensor strain yang dapat memonitoring jembatan secara *realtime*.
2. Untuk membangun perangkat yang dapat memberikan peringatan secara dini dengan menempatkan indikator LED dan Buzzer pada jembatan

### **C. Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat untuk hal-hal sebagai berikut:

1. Menyediakan data-data regangan secara *realtime* guna merubah tingkat keamanan lalu lintas pengguna pada jembatan sehingga dapat mengurangi korban jika terjadi kerusakan jembatan.
2. Membantu memberikan informasi kondisi regangan jembatan secara dini melalui indikator yang ditempatkan pada jembatan.

### **D. Ruang Lingkup / Batasan Penelitian**

Dengan memperhatikan rumusan masalah dan tujuan penelitian di atas, maka ruang lingkup penelitian ini adalah:

1. Mendesain perangkat keras jaringan sensor strain dengan menggunakan mikrokontroler
2. Mendesain perangkat lunak berbasis web aplikasi sistem monitoring jembatan secara *realtime* yang disajikan kedalam bentuk grafik.

## **E. Sistematika Penulisan**

BAB I : Pendahuluan, berisi latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian dan ruang lingkup masalah.

BAB II : Tinjauan pustaka, berisi tentang teori penunjang sebagai landasan dalam perancangan sistem untuk penelitian tesis, dan kerangka pikir.

BAB III : Metodologi penelitian, kerangka konsep, waktu dan tempat, tahap perancangan sistem, pengujian sistem, metode pengujian.

BAB IV : Hasil penelitian dan pembahasan sistem, program serta pengujian terhadap perancangan sistem.

BAB V : Penutup berisikan kesimpulan dari hasil penelitian dan saran untuk pengembangan selanjutnya.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### A. Sistem Monitoring

Menurut Nababan (2008), Sistem monitoring jembatan ini didefinisikan sebagai “penggunaan secara in-situ”, penginderaan tak rusak dan analisa karakter struktur, termasuk respon struktur untuk mendeteksi perubahan yang mengindikasikan adanya kerusakan atau penurunan kemampuan struktur.

Penggunaan Sistem monitoring ini dilaksanakan pada banyak jembatan didunia untuk memonitor kemampuan jembatan dalam jangka pendek dan panjang. Dengan perencanaan yang seksama didalam penempatan instrumen/sensor agar dapat mengumpulkan data yang diperlukan menyangkut kondisi jembatan; stress, strain, defleksi, temperatur dan time-dependent properties seperti creep dan shrinkage pada struktur.

Data tersebut juga dapat digunakan untuk mem-*verifikasi* asumsi asumsi yang dibuat dalam disain sehingga dapat dilakukan perbaikan pada disain jembatan berikutnya, menilai kondisi umum dari jembatan-jembatan, dan menyediakan data bagi *infrastructure management system* untuk pengambilan keputusan.

Dengan tersedianya teknologi untuk sistem monitoring maka tantangan berikutnya adalah mendisain suatu sistem monitoring yang sesuai kebutuhan dengan jumlah dan spesifikasi sensor-sensor yang tepat sehingga kondisi jembatan/infrastruktur dapat dimonitor dari *remote* secara terus-menerus dan benar-benar *cost-effective*.

## **B. Sensor – sensor**

Disain dari sistim penginderaan tergantung kepada pemilihan sensor dengan atribut yang cocok dengan kebutuhan penggunaannya. Sensor diklasifikasikan berdasarkan kemampuannya mengukur variable kondisi fisik dan/atau kimia. Beberapa contoh kuantitas yang dapat diukur:

1. Kuantitas mekanis: Perpindahan (displacement), panjang (length), isi (volume), lokasi (location), tingkat (level); Kecepatan (velocity), percepatan (acceleration); tekanan (pressure), gaya (force/torque), puntir (twisting), berat (weight); regangan (strain); rotasi (rotation); simpangan distortion); aliran (flow).
2. Kuantitas termal: suhu (temperature); panas (heat).
3. Kuantitas electromagnetic/optical: tegangan (voltage), arus (current),
4. frequency phase; visual/images, light; Magnetism.
5. Kuantitas kimia: kandungan air (moisture), pH value.

### C. Parameter yang diukur

Parameter yang diukur tergantung pada tingkat kritikal komponen infrastruktur yang perlu dimonitor. Pada umumnya parameter yang diukur antara lain strain, stress, deformasi dan vibrasi dengan menempatkan sensor-sensor dari jenis tertentu sesuai dengan parameter yang akan diukur pada tempat-tempat yang dianggap kritis (*Principle Structural Element*) yang membutuhkan pengamatan.

Pada beberapa jembatan, parameter yang diukur adalah vibrasi untuk mengetahui pola getar dari badan jembatan, deformasi jembatan untuk mengetahui lendutan badan jembatan, strain untuk mengetahui regangan dari komponen-komponen utama jembatan, dan tegangan kabel.

Untuk mengukur getaran maka pada badan jembatan dipasang sensor accelerometer. Untuk mengukur regangan dipasang strain gauge pada girder baja dan beton. Untuk mengukur deformasi dan displacement digunakan GPS. Selain itu penggunaan GPS juga diperuntukkan untuk sinkronisasi waktu (time stamp). Untuk mengukur tegangan kable digunakan electromagnetic sensor.

## 1. Level Sistem Monitoring

Semakin majunya teknologi dalam bidang instrumentasi didukung kemajuan dibidang teknologi informasi dan komunikasi, maka monitoring kesehatan infrastruktur menjadi menjadi lebih mudah dilakukan. Sesuai dengan tujuan penggunaannya, maka ada beberapa pilihan level monitoring yang dapat diambil. Level tersebut tergantung pada parameter-parameter yang akan di monitor.

Level sistem monitoring diklasifikasikan kedalam 4 (Empat) kelas :

- Kelas 1 : Penting untuk semua jenis jembatan
- Kelas 2 : Penting untuk optimal sistem monitoring
- Kelas 3 : Perlu untuk minimum maintenance
- Kelas 4 : Baik untuk diketahui

Atas dasar klasifikasi tersebut diatas dibuat tingkatan/level dari sistem monitoring yang kemudian dibagi atas 3 tingkatan/level :

- Basic Level : Kelas 1 + Kelas 2
- Intermediate : Kelas 1 + Kelas 2 + Kelas 3
- Advance : Kelas 1 + Kelas 2 + Kelas 3 + Kelas 4

Pada infrastruktur yang kompleks yang tentu saja memerlukan biaya investasi yang tinggi merupakan pilihan yang bijaksana.

Tabel 2.1 Klasifikasi Tingkatan Level Sistem Monitoring

			Class			
			1	2	3	4
<b>ENVIRONMENTAL EFFECTS*</b>						
Air Temperature			SL	SL	SL	SL
Air and surface humidity				L	SL	SL
Precipitation					SL	SL
Pavement water veil					SL	SL
Ice formation					SL	SL
Atmospheric Pressure						SL
Solar Radiation						SL
<b>LOAD EFFECTS*</b>						
Wind	Tower top & girder level		L	L	SL	SL
Traffic	Load and traffic count			SL	SL	SL
Structural temperature	Girder, tower and cables				L	SL
Seismic/tectonic activity	Seismic activity and tsunami				SL	SL
	Corelation at midspan					L
<b>STRUCTURAL RESPONSE</b>						
Corosion	Concrete reinforcement	Splash zone	SL	SL	SL	SL
Joint relative displacement			SL	SL	SL	SL
Special element response				L	SL	SL
Stress/strain	Fatigue	Orthotropic deck		L	L	SL
		Cable anchorage			L	L
Dynamic motion	Global bridge behaviour				L	L
	Cables				L	L
Concrete creep	in situ concrete				SL	SL
Stress/strain	Global bridge sectional forces					L
Global structural positioning						L
<b>GEOTECHNICAL RESPONSE</b>						
Ground settlement and inclination				SL	SL	SL
Ground pressure					L	L
Interstitial pressure					L	L
Special element response					SL	SL

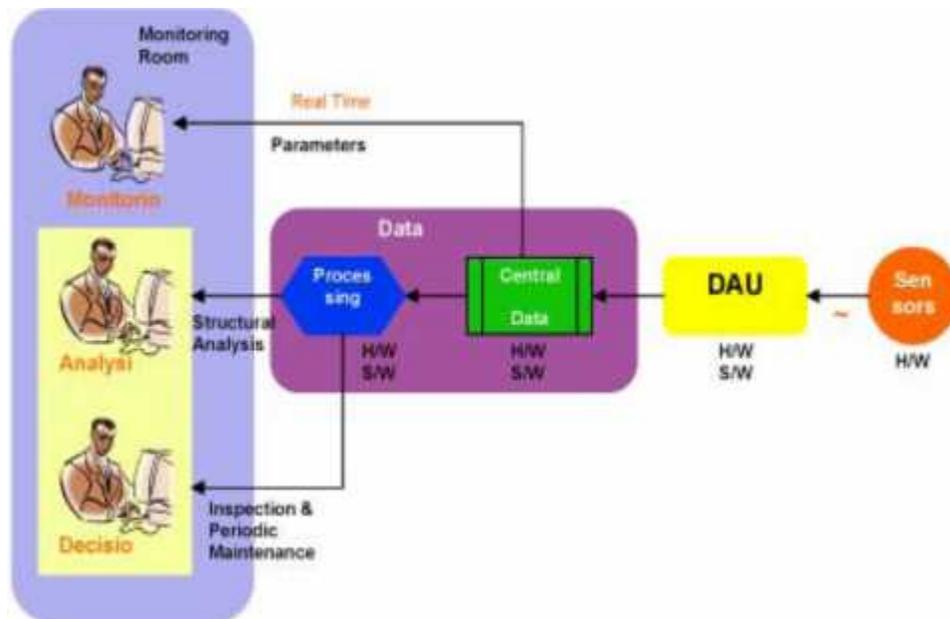
Sumber : construction and maintenance of main span suramadu bridge, 2008

## 2 Data Akuisisi

Teknologi penginderaan pada dasarnya adalah metoda dan teknik yang dibuat untuk medeteksi adanya gangguan, variasi, dan perubahan fisik. Karena penginderaan menunjukkan terjadinya

perubahan kondisi dari kondisi sebelumnya, maka perubahan tersebut harus dapat dideteksi oleh sensor/transducer harus dapat menerima sinyal atas terjadinya perubahan tersebut. Perlu diperhatikan bahwa format dari sinyal yang diterima oleh end user tidak hanya mengandalkan pada bentuk fisik benda yang diuji, namun juga karakteristik yang dimiliki sensor tersebut.

Sensors merupakan komponen utama didalam suatu rangkaian monitoring dan bertanggung jawab terhadap akurasi dan keandalan dari suatu pengukuran. Teknologi instrumentasi termasuk pencatatan data, representasi data, dan jaringan.



Gambar 2.1 Teknologi Instrumentasi Akuisisi Data

Sumber : *construction and maintenance of main span suramadu bridge, 2008*

#### D. Sensor Strain Gage

Strain Gage adalah komponen elektronika yang dipakai untuk mengukur tekanan (deformasi atau strain). Alat ini berbentuk foil logam atau kawat logam yang bersifat insulatif (isolasi) yang ditempel pada benda yang akan diukur tekanannya, dan tekanan berasal dari pembebanan. Prinsipnya adalah jika tekanan pada benda berubah, maka foil atau kawat akan terdeformasi, dan tahanan listrik alat ini akan berubah. Perubahan tahanan listrik ini akan dimasukkan kedalam rangkaian jembatan Whetstone yang kemudian akan diketahui berapa besar tahanan pada Strain Gage. Tegangan keluaran dari jembatan Wheatstone merupakan sebuah ukuran regangan yang terjadi akibat tekanan dari setiap elemen pengindera Strain Gage. Tekanan itu kemudian dihubungkan dengan regangan sesuai dengan hukum Hook yang berbunyi : Modulus elastis adalah rasio tekanan dan regangan. Dengan demikian jika modulus elastis adalah sebuah permukaan benda dan regangan telah diketahui, maka tekanan bisa ditentukan. Menurut Inge (2008) Hukum Hook dituliskan sebagai :

$$E = \frac{s}{\Delta l}$$

dimana  $\Delta l$  = regangan,  $l/l$  (tanpa satuan)  
 $s$  = tegangan geser ,  $\text{kg/cm}^2$   
 $E$  = modulus Young ,  $\text{kg/cm}^2$

Bila dua gage atau lebih digunakan, maka tekanan pada pelacakan arah setiap gage bisa ditentukan dengan menggunakan perhitungan. Namun demikian persamaannya memiliki tingkat kompleksitas yang berbeda tergantung pada kombinasi dan orientasi gage tersebut. Kepekaan sebuah Strain Gage disebut dengan faktor gage dan perbandingan antara unit resistansi dengan perubahan unit panjang adalah :

$$\text{Faktor gage } K = \frac{\Delta R/R}{\Delta l/l}$$

Dimana :

K = Faktor gage

R = Perubahan tahanan gage

l = Perubahan panjang bahan

R = Tahanan gage nominal

l = Panjang normal bahan

Jadi regangan diartikan sebagai perbandingan tanpa dimensi, perkalian unit yang sama, misalnya mikroinci / inci atau secara umum dalam persen (untuk deformasi yang besar) atau yang paling umum lagi dalam mikrostrain.

Perubahan tahanan R pada sebuah konduktor yang panjangnya l dapat dihitung dengan menggunakan persamaan bagi tahanan dari sebuah konduktor yang penampangnya serba sama, yaitu :

$$R = \rho \frac{\text{Panjang}}{\text{Luas}} = \frac{\rho l}{\left(\frac{\pi}{4}\right)d^2}$$

dimana :  $\rho$  = tahanan spesifik dari bahan konduktor

$l$  = panjang konduktor

$d$  = diameter konduktor

## 1. Karakteristik Strain Gauge

Karakteristik dari filamen adalah sebagai berikut :

- 1) Faktor Gage tertinggi
- 2) Koefisien suhu resistansi rendah
- 3) Resitivitas tinggi
- 4) Kekuatan mekanis tinggi
- 5) Potensial termo listrik minimum disekitar lead

## 2. Bahan- bahan yang bisa dijadikan Strain Gauge

Berbagai jenis bahan tahanan telah dikembangkan untuk pemakaian dalam *gage-gage* kawat dan *foil*, seperti:

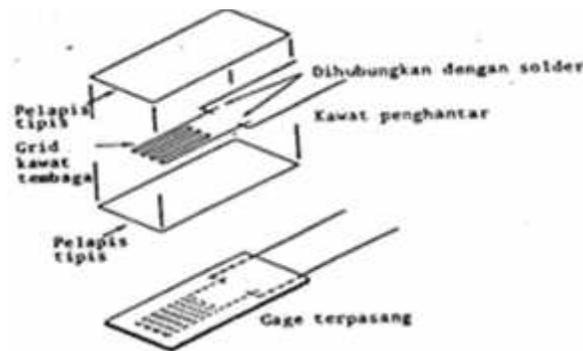
- a. Constantan adalah paduan (alloy) tembaga-nikel dengan koefisien temperatur rendah. Biasanya Constantan ditemukan dalam Gage yang digunakan untuk strain dinamik, dimana perubahan level strain tidak melebihi  $\pm 1500 \mu\text{cm/cm}$ . Batas temperatur kerja adalah dari  $10^\circ\text{C}$  sampai  $200^\circ\text{C}$ .
- b. Nichrome V adalah paduan nikel-chrome yang digunakan untuk pengukuran strain statik sampai  $375^\circ\text{C}$ . dengan kompensasi

temperatur, paduan ini dapat digunakan untuk pengukuran static sampai 650 °C dan pengukuran dinamik sampai 1000 °C.

- c. Dynaloy adalah paduan nikel-besi dengan Faktor Gage yang rendah dan ketahanan yang tinggi terhadap kelelahan. Bahan ini digunakan untuk pengukuran strain dinamik bila sensitivitas temperatur yang tinggi dapat di tolerir.
- d. Stabiloy adalah paduan nikel-chrome yang dimodifikasi dengan rangkuman kompensasi temperatur yang lebar. gage ini memiliki stabilitas yang sangat baik dan temperatur cryogenic sampai sekitar 350 °C dan ketahanan yang baik terhadap kelelahan.
- e. Paduan-paduan platina tungsten memberikan stabilitas yang sangat baik dan ketahanan yang tinggi terhadap kelelahan pada temperatur tinggi. Gages ini disarankan untuk pengukuran uji static sampai 700 °C dan pengukuran dinamik 850 °C.

### **3. Resistance Strain Gage**

Jenis tahanan yang paling penting dan banyak digunakan, Prinsip sederhana yaitu bila kawat ditarik, kawat akan memanjang dan penampang mengecil sehingga bila kawat diletakkan pada suatu benda yang dibebani maka kawat akan memanjang atau memendek sesuai dengan regangan yang dialami benda. Perubahan regangan tersebut dapat dikalibrasi menjadi regangan



Gambar 2.2 Konstruksi Tahanan Gage

Bila panjang kawat konduktor mula-mula  $L$ , dan luas penampang  $CD^2$ ,  $C$  = konstanta proporsionalitas,  $D$  = diameter kawat. Bila kawat tersebut ditarik, maka panjang akan bertambah sedang ukuran lateral akan mengecil sesuai angka Poisson. Tahanan listrik  $R$  dapat dihitung dengan

$$R = \frac{\rho L}{A} = \frac{\rho L}{CD^2}$$

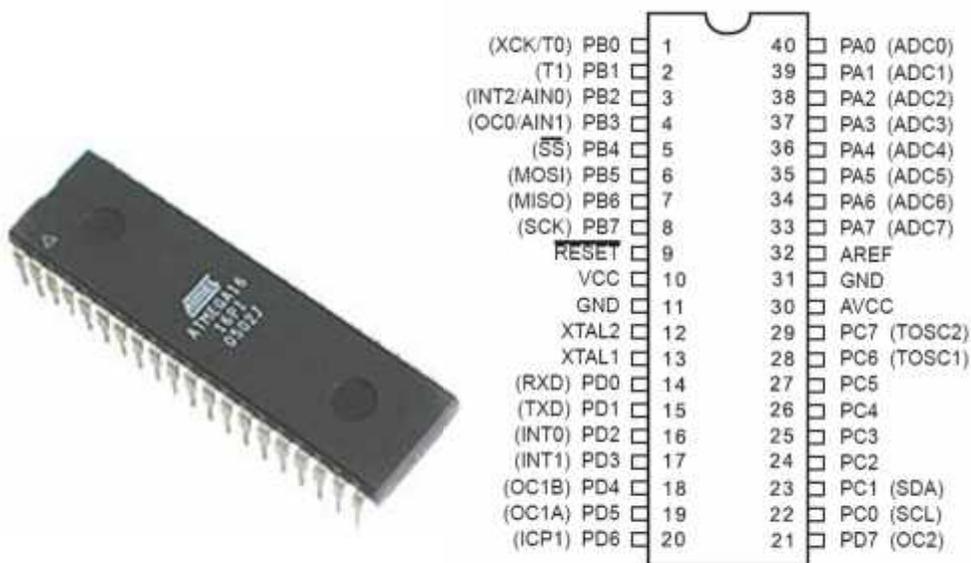
: tahanan jenis  
 $L$  : panjang kawat  
 $A$  : luas penampang

### E. Mikrokontroler AVR ATmega 16

ATmega16 berbasis pada arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computing*), di mana satu instruksi dapat dieksekusi dalam satu *clock*, dan dapat mencapai 1 MIPS (*Million Instruction Per Second*) per MHz. Mikrokontroler ATmega16 memiliki

keistimewaan dibanding jenis mikrokontroler AT89C51, AT89C52, AT80S51, dan AT89S52 yaitu pada mikrokontroler ATmega16 memiliki *port input* ADC 8 channel 10 bit.

Mikrokontroler ATmega16 memiliki 40 pin kaki dengan konfigurasi sebagai berikut :



Gambar 2.3 ATmega 16

Fitur yang tersedia dalam mikrokontroler ATmega16, yaitu

- 1). Frekuensi *clock* maksimum 16 MHz.
- 2). Jalur I/O 32 buah, yang terbagi dalam *port A*, *port B*, *port C*, dan *port D*.
- 3). *Analog to Digital Converter* (ADC) 10 bit sebanyak 8 *input*.
- 4). *Timer/counter* sebanyak 3 buah.
- 5). CPU 8 bit yang terdiri dari 32 *register*.

- 6). *Watchdog timer* dengan osilator internal.
- 7). SRAM internal sebesar 1K byte.
- 8). Memori *flash* sebesar 8Kbyte dengan kemampuan *read while write*.
- 9). *Interrupt* internal maupun eksternal.
- 10). *Port* komunikasi SPI (*Serial Peripheral Interface*)
- 11). EEPROM (*Electrically Erasable Programmable Read Only Memory*) sebesar 512 *byte* yang dapat diprogram saat operasi.
- 12). Analog komparator.
- 13). Komunikasi serial standar USART dengan kecepatan maksimal 2,5 Mbps.

## **F. Port Serial**

### **1. Tata cara komunikasi data serial**

Dikenal dua cara komunikasi data secara *serial*, yaitu komunikasi data *serial* secara *sinkron* dan secara *asinkron*. Pada komunikasi data *serial* secara *sinkron*, *clock* dikirimkan bersama – sama dengan data *serial*. Sedangkan komunikasi data serial secara *asinkron*, *clock* tidak dikirimkan bersama data *serial*, tetapi dibangkitkan secara sendiri – sendiri baik pada sisi pengirim (*transmitter*) maupun pada sisi penerima (*receiver*).

Komunikasi melalui *serial port* adalah *asinkron*, yakni sinyal detak tidak dikirim bersama dengan data. Setiap *word* disinkronkan dengan *start bit*, dan sebuah *clock* internal di kedua sisi menjaga bagian data saat pewaktuan (*timing*).

Komunikasi data *serial* ini dikerjakan oleh UART (*Universal Asynchronous Receiver/Transmitter*). UART adalah suatu piranti untuk mengkonversi data *paralel* menjadi data *serial* atau sebaliknya. Pada UART, kecepatan pengiriman data (*baud rate*) dan *fase clock* pada sisi *transmitter* dan pada sisi *receiver* harus *sinkron*. Untuk itu diperlukan *sinkronisasi* antara *transmitter* dan *receiver*.

Kecepatan transmisi (*baud rate*) dapat dipilih bebas dalam rentang tertentu. *Baud rate* yang umum dipakai adalah 110, 135, 150, 300, 600, 1200, 2400, dan 9600 (bit/detik). Dalam komunikasi data serial, *baud rate* dari kedua alat yang berhubungan harus diatur pada kecepatan yang sama. Selanjutnya, harus ditentukan panjang data paritas dan jumlah bit 'stop'.

## **2. Penggunaan port serial**

Berikut ini keuntungan-keuntungan penggunaan *port serial* dibandingkan penggunaan *port parallel* :

1. Pada komunikasi dengan kabel yang panjang, masalah *cable loss* tidak akan menjadi masalah besar daripada menggunakan kabel *parallel*. *Port serial* mentransmisikan '1' pada level tegangan -3 volt sampai -25 volt dan '0' pada level tegangan +3 volt sampai +25 volt. Sedangkan *port parallel* mentransmisikan '0' pada level tegangan 0 volt dan '1' pada level tegangan 5 volt.

2. Dibutuhkan jumlah kabel yang lebih sedikit, biasa hanya menggunakan tiga kabel, yaitu saluran transmisi data, saluran *receive data*, dan saluran *ground* (konfigurasi *null modem*).
3. Saat ini penggunaan mikrokontroler semakin populer. Kebanyakan mikrokontroler sudah dilengkapi dengan SCI (*Serial Communication Interface*) yang dapat digunakan untuk komunikasi dengan port serial komputer.

Keterangan mengenai fungsi saluran RS-232 pada konektor DB-9 adalah sebagai berikut:

- *Received Line Signal detect*, dengan saluran ini DCE memberitahukan ke DTE bahwa pada terminal masukan ada data masuk.
- *Receive Data*, digunakan DTE pada saat menerima data dari DCE.
- *Transmit Data*, digunakan DTE pada saat mengirimkan data ke DCE.
- *Data Terminal Ready*, pada saluran ini DTE memberitahukan kesiapan terminalnya.
- *Signal Ground*, merupakan saluran ground.
- *Ring Indicator*, pada saluran ini DCE memberitahu ke DTE bahwa sebuah stasiun menghendaki hubungannya.
- *Clear to Send*, dengan saluran ini DCE memberitahukan bahwa DTE sudah dapat memulai pengiriman data.

- *Request to Send*, dengan saluran ini DCE diminta mengirim data oleh DTE.
- *DCE Ready*, merupakan sinyal aktif yang menunjukkan bahwa DCE sudah siap.

Untuk dapat menggunakan *port serial* maka perlu diketahui alamatnya. Biasanya tersedia dua *port serial* pada CPU yaitu COM1 dan COM2. *Base Address* COM1 biasanya adalah 1016 (3F8h) dan COM2 biasanya 760 (2F8h).

### G. Modul Ethernet WIZ110SR

WIZ110SR adalah modul *gateway* yang mengkonversi protokol RS-232 ke protokol TCP / IP. Hal ini memungkinkan kontrol perangkat melalui jaringan berbasis pada *ethernet* dan TCP / IP dengan menghubungkan ke peralatan yang ada dengan RS-232 *serial interface*. (WIZNET, 2007, hal. 5)



Gambar 2.4 Modul Ethernet WIZ110SR



Gambar 2.5 Blok Diagram Board WIZ110SR

### 1. Fitur Utama Modul Ethernet WIZ110 SR

Modul Ethernet WIZ110SR ini menekankan pada beberapa fitur penting sebagai berikut :

1. Koneksi langsung ke peranti serial.
2. Stabilitas dan reabilitas sistem dengan menggunakan Chip W5100.
3. Program Configuration Tool.
4. 10/100 ethernet interface dan max 230 Kbps Serial Interface.
5. RoHS Compliant

### 2. Spesifikasi Modul Ethernet WIZ110SR

Berikut adalah spesifikasi dari modul ethernet WIZ110SR :

Tabel 2.2 Spesifikasi modul ethernet WIZ 110 SR

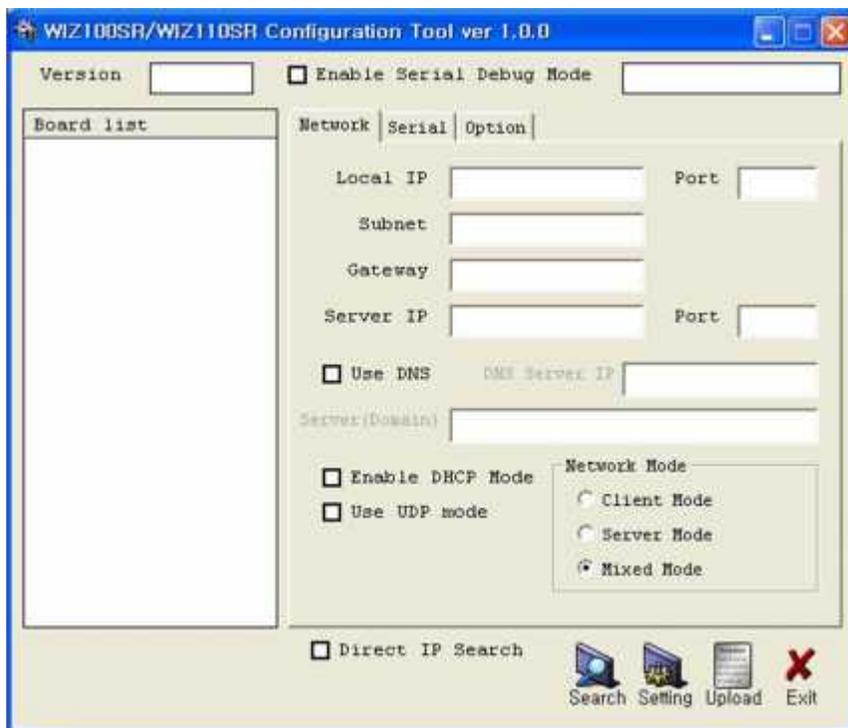
Item	Description
MCU	8051 compliant
TCP/IP	W5100
Network Interfaces	10/100 Mbps
Serial Interfaces	RS232

Serial Signal	TXD,RXD,RTS,CTS,GND
Input Voltage	Dc 5v
Power Consumption	Under 150 Ma

Sumber: WIZ110SR User's Manual

### 3. Konfigurasi Modul Ethernet WIZ110SR

Agar mikrokontroler dapat berkomunikasi dengan komputer melalui modul WIZ110SR dalam jaringan berbasis internet protocol, diperlukan beberapa pengaturan pada modul WIZ110SR. Pengaturan tersebut dapat dilakukan melalui WIZ110SR Configuration Tool. Tampilan jendela pengaturan modul WIZ110SR dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Configuration Tool Wiznet110SR

Langkah-langkah detil dari pengaturan modul ethernet WIZ110SR adalah sebagai berikut :

1. Modul WIZ110SR dikoneksikan dengan komputer yang akan digunakan untuk proses konfigurasi melalui network switch.
2. Konfigurasi modul dilakukan dengan menggunakan WIZ110SR configuration Tool seperti pada Gambar 2.6.
3. Untuk memulai proses konfigurasi tekan tombol search pada tool untuk menampilkan daftar modul yang terkoneksi ke jaringan. Daftar modul akan tampil di sebelah kiri (Board List).
4. Pilih salah satu board yang akan dikonfigurasi. Ketika dipilih, pada bagian kanan akan muncul konfigurasi yang telah disimpan ke dalam modul sebelumnya.
5. Pada tool ini terdapat 2 tab yang wajib dikonfigurasi. Masing- masing tab tersebut memiliki fungsi sebagai berikut :

a. Network

Untuk mengkonfigurasi modul WIZ110SR terkait dengan bagaimana modul tersebut dapat berkomunikasi melalui jaringan, seperti IP Address, Subnet Mask, Gateway, dan Port. Pada tab ini, beberapa hal yang dapat dikonfigurasi adalah sebagai berikut:

- IP Configuration Method, digunakan untuk menentukan pengaturan alamat IP, apakah menggunakan static IP atau menggunakan dynamic IP yang didapat dari DHCP server.
- Operation Mode, digunakan untuk menentukan mode operasi dari modul WIZ110SR, apakah TCP (mode server, client, dan mixed) atau UDP. Pemilihan model koneksi disesuaikan kebutuhan.

b. Serial

Untuk mengkonfigurasi modul terkait dengan bagaimana modul dapat berkomunikasi dengan microcontroller melalui UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) seperti Baud Rate (Speed), Jumlah bit data setiap paket (DataBit), Parity, Stop Bit, dan Flow Control. Setelah semua konfigurasi telah disesuaikan dengan kebutuhan (Network & Serial) tekan tombol setting untuk mengirimkan konfigurasi ke modul WIZ110SR.

## H. Arsitektur Jaringan TCP/IP

TCP/IP adalah sekumpulan protokol yang didesain untuk melakukan fungsi-fungsi komunikasi data pada Wide Area Network (WAN). TCP/IP terdiri dari sekumpulan protokol yang masing-masing bertanggung jawab atas bagian-bagian tertentu dari komunikasi data. Dalam bahasa yang lebih formal-nya, disain protokol TCP/IP sifatnya

modular. Berkat prinsip ini, tugas masing-masing protokol menjadi jelas dan sederhana. Protokol yang satu tidak perlu mengetahui cara kerja protokol yang lain, sepanjang ia masih bisa saling mengirim dan menerima data.

Berkat penggunaan prinsip modular ini, TCP/IP menjadi protokol komunikasi data yang fleksibel. Protokol TCP/IP dapat diterapkan dengan mudah di setiap jenis komputer dan interface jaringan, karena sebagian besar isi kumpulan protokol ini tidak spesifik terhadap satu komputer atau peralatan jaringan tertentu. Agar TCP/IP dapat berjalan diatas interface jaringan tertentu, hanya perlu dilakukan perubahan pada protokol yang berhubungan dengan interface jaringan saja.

Sekumpulan protokol TCP/IP ini dimodelkan dengan empat (4) lapisan TCP/IP, susunan layer adalah sebagai berikut :

Application Layer	→ HTTP/SMTP/FTP/dll
Transport Layer	→ TCP/UDP/ICMP
Internet Layer	→ IP
Network Access Layer	→ Ethernet/SLIP/PPP

Gambar 2.7 Susunan layer protocol TCP/IP

## I. Roadmap

### 1. Penelitian yang pernah dilakukan sebelumnya

Penelitian mengenai Monitoring jembatan yang pernah dilakukan sebelumnya adalah sebagai berikut :

- a. Young Xu, Zhixiang Zhou, Benniu Zhang. Pada tahun 2010 pernah melakukan penelitian dengan judul *Electrical and Mechanical Character of Smart Film For Crack Monitoring of Concrete Bridges*. Penelitian ini membahas memantau inisialisasi retakan dalam struktur beton jembatan menggunakan *smart film* yang dipasang secara meluas pada area beton, dengan cara mengaliri arus listrik kemudian dianalisa melalui Sirkuit LED (*Light Emitting Diode*) agar dapat diketahui celah-celah retakan beton jembatan. Kekurangannya Pendistribusian data tidak cocok dalam pemantauan jarak jauh dari retak pada struktur beton dan retakan selalu dalam skala besar yang banyak membutuhkan perhatian (Young ,2010).
- b. Yu-Ting Liu, Jian-Hua Tong, Yiching Lin, Tsung-Han Lee dan Chia-Feng Chang. Pada tahun 2010 pernah melakukan penelitian dengan judul *Real time Bridge Scouring Safety Monitoring System by using mobile wireless technology*. Penelitian ini membahas pemantauan kedalaman gerusan tumpuan jembatan dengan

menggunakan Node sensor digital yang tertanam dikedalaman didasar sungai, dipantau melalui teknologi nirkabel / mobile wireless. Sistem ini menggunakan biaya yang cukup besar dan pengaruh kerusakan alat karena faktor sensor digital tersebut tertanam dikedalaman dasar sungai (Filippo, 2010).

## **2. Rancangan Penelitian**

Dengan memperhatikan penelitian terdahulu sistem monitoring jembatan yang akan diteliti yaitu merancang bangun suatu sistem jaringan sensor strain untuk monitoring regangan perangkat jembatan yang akan ditempatkan pada lokasi jembatan yang membutuhkan pengamatan dan secara *realtime* akan mengirimkan data ke pusat monitoring, data tersebut akan disimpan pada basis data kemudian ditampilkan dalam bentuk grafik disamping itu, melalui sistem ini pula dilengkapi dengan indikator peringatan kondisi regangan jika melebihi batas normal regangan yang telah ditentukan sehingga memberikan informasi layak tidaknya jembatan tersebut dilalui, dalam hal perancangan lebih menekankan pada *cost effective* perancangan perangkat kerasnya.

## J. Kerangka Konseptual

Kerangka konseptual dari penelitian yang akan di lakukan adalah :

