

# MULTIPLE SENSOR

Oleh:  
Gunawan Setyo Prabowo \*)

## Intisari

*Dalam sistem Instrumentasi susytem Sensor memegang peranan yang cukup penting, masalah kualitas hasil pengukuran yang menyangkut accuracy bagi system sensor merupakan hal yang harus ditingkatkan . Rekayasa tentang Sensor dapat dibagi dua buah hal : rekayasa pada elemen sensor dan rekayasa untuk system sensor. Rekayasa system banyak dioptimalkan pada system data acqusisi, decoding dan amplifiser instrumentasinya.*

*Dalam paper ini disajikan salah satu cara meningkatkan akurasi system sensor melalui penggunaan lebih dari satu sensor atau Multiple Sensor, penggunaannya dapat disajikan dalam bentuk paralel maupun serial.*

## 1. PENDAHULUAN

Dalam sebuah sistem yang dikenal dengan T&C ( Telemetry, Tracking and Tele Command ), sensor sebagai salah satu elemen pendukung sistem tersebut, peranannya cukup penting.

Sensor yang merupakan bagian dari sistem Instrumentasi, adalah komponen pertama yang menentukan apakah Telemetry, Tracking dan Command dapat berjalan dengan baik atau gagal sama sekali, sebagai contoh jika saja ada proses pengukuran tekanan, maka sensor tekanan-lah yang pertama kali harus dilihat tentang kualitas sensitifitas-nya, apakah masih berfungsi atau tidak, baru kemudian diperiksa tentang konversinya, penguatan-nya, encoder-nya, Tx-Rx, decoder, data akusisi kemudian baru pada tampilannya.

Demikian juga pada Tracking, setelah sensitifitas-nya teruji, akan dilihat kemampuan Tx-Rx, Feedback Control yang selanjutnya mengarah pada sistem Telecommand. Yaitu jika informasi dapat dikirim untuk mengatur sesuatu sistem dari jarak jauh. Dari pembahasan dasr itulah ada beberapa karakteristik sensor yang perlu diperhatikan yaitu :Sensitifitas dan

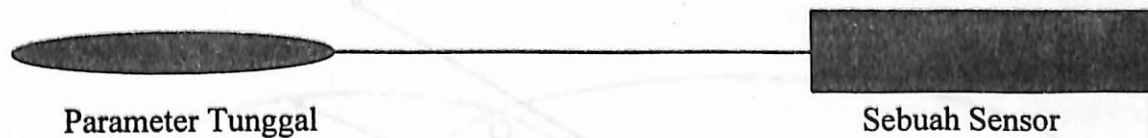
Akurasinya, yang satu merupakan karakteristik yang bersifat elementer dan yang satu lagi merupakan karakteristik gabungan antara sifat elementer, rekayasa serta backup rangkaian seperti di dalamnya tentang kualitas penguatan, transmisi, data akusisi, error analisis, serta kemungkinan menggunakan Multiple Sensor.

## 2. SISTEM PENGUKURAN

Pengukuran adalah hal yang relatif, baik secara teknis maupun non teknis pengukuran memerlukan informasi pendukung agar hasil yang tercantum dapat dipertanggung jawabkan. Analisa tentang keadaan, analisa lingkungan parameter yang terukur, serta analisa data, keakuratan, keabsahan dan error analisis perlu menyertai hasil suatu pengukuran. Pengukuran yang baik harus menyertakan informasi itu semua, hingga dalam dunia penelitian akan diterima keabsahannya. Sebagai tahapan pertama hal tersebut ditekankan agar Ilmu Pengukuran dapat mendukung dengan benar ilmu praktis lainnya seperti Pengukuran untuk Instrumentasi, pengukuran untuk kontrol, untuk telemetri, tracking dan telecommand yang selanjutnya dikenal dengan TT&C

---

\*) Kelompok Penelitian Transducer, Bidang Teknologi Muatan Dirgantara LAPAN



Gambar 2-2. SISTEM SENSOR TUNGGAL

skema tersebut sangat sederhana dan banyak digunakan untuk pengukur yang bersifat praktis dengan ketelitian yang rendah.

Parameter yang terukur adalah parameter homogen atau tunggal, artinya parameter tersebut tak tercampur dengan parameter lain. Misalnya adalah suhu pada pembakaran zat padat, hingga panas yang timbul adalah panas murni hasil pembakaran tanpa harus disertai dengan panas uap atau karena campuran gas, contoh lain misalnya pengukuran kecepatan, pada kasus ini kecepatan diukur langsung dengan sensor/transduser yang mengkonversi langsung ke hambatan geser dan langsung tercatat sebagai perubahan tegangan, tidak ada parameter lain yang menyertai, hingga keberadaan dan keabsolutan suatu sensor benar-benar teruji. Akhirnya pada sistem ini, hal yang terpenting adalah bagaimana mengkalibrasi proses pengukuran tersebut termasuk di dalamnya adalah menampilkan kesalahan dalam pembacaan dan penampilan.

## 2.2. Sistem Pengukur Dengan Sensor Ganda

Mempunyai urutan skema secara teknis yang sama, cuma pada sensor kita gunakan lebih dari satu sensor untuk mengukur parameter yang sama. Ada beberapa alasan mengapa digunakan lebih dari satu sensor diantaranya :

- Perlunya referensi dalam setiap pengukuran
- Perlu backup data dalam pengukuran
- Backup yang bersifat internal sangat diperlukan.
- Penempatan range yang tepat diperlukan dalam data.

Dari beberapa alasan tersebut maka diupayakan penggunaan lebih dari satu sensor/transduser untuk mengukur suatu parameter.

Sebagai contoh penggunaan sensor ganda adalah pada pengukuran flowmeter pada industri kimia/petrokimia pengukuran ini digunakan untuk mengetahui besarnya volume yang mengalir sehingga komposisi campuran kimia akan tetap terjaga dengan baik.

Pada proses pengukuran ini, pemasangan sensor untuk aliran dapat dilaksanakan dengan memasang 2 buah yaitu dengan mengatur jarak tertentu yang

diperkirakan aliran mengalami perubahan dalam jumlah kecepatan dan volume, misalnya pada daerah dekat valve atau katup cabang. Secara nyata hal ini telah menggunakan sensor ganda untuk mengamati sebuah parameter, 2 buah sensor tersebut saling memberi backup informasi, hingga pengolahan data akan menentukan atau menggabungkan 2 nilai yang terekam menjadi data yang sudah siap tampil. Pada kasus ini, referensi data langsung dapat dilihat, backup data ada 2 buah, kualitas dan kebenaran data dapat dilihat dengan mengatur range yang berbeda pada dua sensor tersebut.

Data terakhir ini sekaligus sudah mewakili data aliran yang terbaik. Kasus-kasus yang serupa baik yang mempunyai parameter sejenis maupun data yang berlainan dapat digolongkan kedalam Sensor Ganda.

## 3. PERTIMBANGAN TEKNIS MENGGUNAKAN MULTIPLE SENSOR

Sebagaimana telah disebutkan sebagian pada sub-bab 2.2. beberapa pertimbangan dan contoh bagaimana sensor ganda diperlukan dan dipertimbangkan penggunaannya.

Pada sistem pengukuran secara keseluruhan, penggunaan sensor ganda mempunyai beberapa alasan, diantaranya : Keakuratan pengukuran, kompleksitas dalam pengukuran dan kompleksitas dalam pengolahan data.

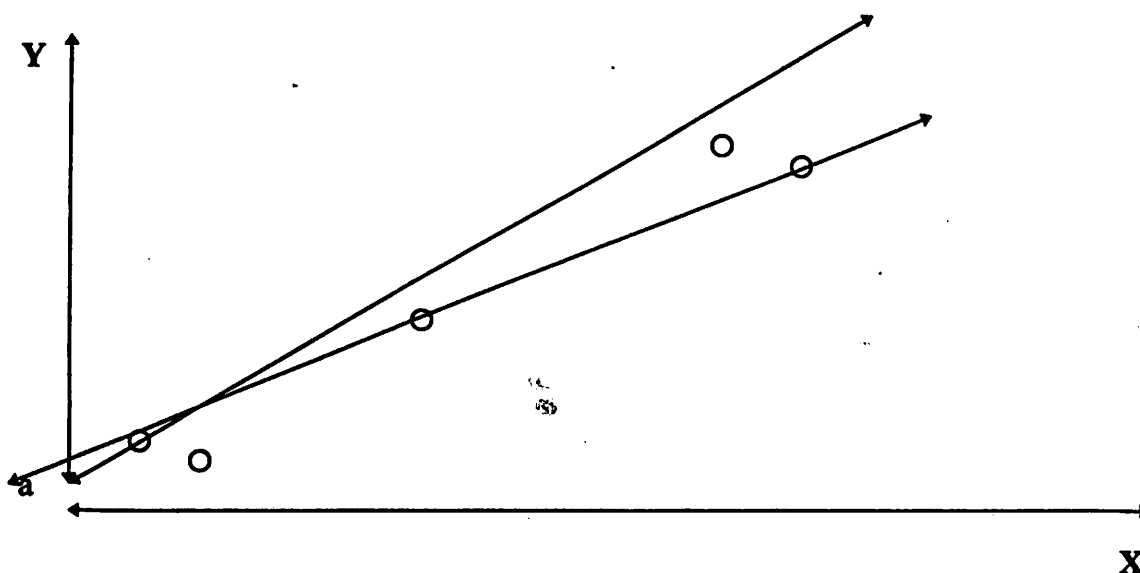
### 3.1. Akurasi Pengukuran

Salah satu filosofi penggunaan Sensor Ganda adalah Bagaimana meningkatkan tingkat akurasi dari pengukuran, dengan anggapan bahwa nilai mutlak pengukuran adalah yang terbaik, sedang nilai mutlak tersebut sangat sukar dan hanya dengan nilai relatif hasil pengukuran dapat ditera keabsahan dan ketelitiannya. Maka nilai suatu parameter dapat berupa hasil rata-rata dari beberapa nilai terukur yang dieliminir maupun dijumlah atau dirata-rata dengan sistem matematis hingga didapat harga terbaik dari rangkaian proses pengukuran.

Sebagai contoh adalah sebagai berikut : dari data 2, 4, 2, 3, 4, 5, 4 akan didapat nilai rata-rata  $34/7=4,428$ , secara matematis harganya  $3,428 \pm 0,05$ , ini harga terbaik. Atau jika kita mengukur sebuah nilai dari suatu fungsi fisis misalnya akan didapat beberapa nilai yang jika difungsikan akan berupa garis fungsi, yang dapat diakai untuk menentukan "best value" dari suatu nilai yang kita ukur.

Gambar 3-1 merupakan hasil pengukuran parameter yang

merupakan bagian dari suatu fungsi tertentu.



Gambar 3-1. GRAFIK HASIL PENGUKURAN DI BUAT DALAM FUNGSI  $Y=mX$

Gambar 3-1 adalah gambar grafik fungsi yang dibentuk dari nilai-nilai hasil pengukuran yang membentuk garis fungsi. Garis tersebut dapat diambil gradiennya, misal garis pertama mempunyai gradien A dan garis kedua mempunyai gradien B, maka gradien terbaik dapat diambil :

Gradien :  $G = (A+B)/2$   
 ketidakpastiannya :  $\{[(G \pm A) + (G \pm B)]/2\}$   
 Jadi hasil terbaik adalah :  $G \pm \{[(G \pm A) + (G \pm B)]/2\}$

Gambaran hasil di atas, adalah gambaran dari suatu proses pengukuran yang dilakukan dalam dua kali proses pengukuran, yang tentunya mempunyai keadaan yang berbeda, hal ini terlihat dari hasil ( gradien ) yang berbeda.

Dengan memperhatikan hasil ini, akan diupayakan pengukuran dengan dua sensor sekaligus kemudian hasilnya dijumlah secara elektrik ataupun secara langsung hingga hasil terbaik dapat terlihat pada alat pengukur tersebut, inilah yang disebut dengan sistem pengukuran dengan Multiple sensor, yang salah satunya adalah untuk mengusahakan hasil yang terbaik.

### 3.2. Kompleksitas Dalam Pengukuran Data

Dalam sistem Telemetri ataupun pengukuran yang berguna untuk pengolahan data lanjut seperti Remote Sensing, Instrumentasi Control, Tracking ataupun Sistem Command. Maka Kompleksitas dalam proses pengukuran data sangat diperlukan dalam arti data yang terkumpul haruslah selengkap mungkin. Misalnya : Dalam Sistem Remote Sensing, data yang terkumpul

oleh sensor di ruang udara oleh satelit haruslah telah diprediksi atau disetting pada beberapa keadaan yang berbeda misalnya udara cerah, berkabut, ataupun pada area hutan, laut, tanah, dataran tinggi atau lainnya.

Dengan berbagai keadaan tersebut sensor juga terpasang pada berbagai keadaan tersebut, yang hasil dari berbagai data sensor tersebut dapat digabung atau diolah bersama untuk dipisah-pisahkan atau diolah agar data sesuai dengan yang diinginkan. Demikian juga pada proses Command pada sistem telecommand atau versi militer untuk menentukan arah peluru, maka data dari beberapa sensor dibutuhkan untuk menentukan jarak atau letak terbaik dari sasaran. Untuk proses ini maka harus diletakkan beberapa sensor dengan berbagai sudut dan jarak, agar nantinya data-data yang terkumpul lewat sensor-sensor tersebut dapat diseleksi oleh pengolah data sesuai dengan yang diinginkan.

Sebagai gambaran adalah sebagai berikut : Jika sebuah sistem penembak jarak jauh harus menembak sasaran yang terletak di gunung atau lainnya, maka agar peluru tersebut sampai tepat pada sasarannya, peluru tersebut harus dibimbing oleh peralatan command dari sistem sensor terpadu yang terdiri dari lebih dari satu buah, misalnya sebuah untuk mengamati sudut sebelah kiri, sebuah dari sudut sebelah kanan, lalu lainnya dari sudut lain pula. Katakanlah sudut X, Y, Z1, Z2, Z3, Z...n, maka akan didapat data DX, DY, DZ, DZ1, DZ2, DZ3, DZ...n pendekatan matematisnya adalah :

$$DX = f\{X\} ; f\{X\} = CX1 + CX2 + CX3 + \dots + CXn$$

$$DY = f\{Y\} ; f\{Y\} = CY1 + CY2 + CY3 + \dots + CYn$$

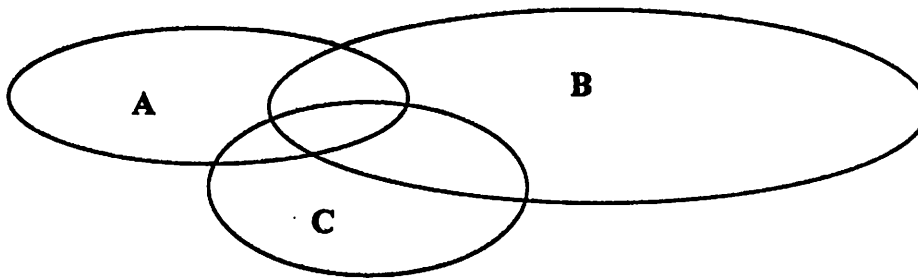
$$DZ = f\{Z\} ; f\{Z\} = CZ1 + CZ2 + CZ3 + \dots + Czn$$

Ketiga fungsi tersebut mempunyai satu konstanta (dalam hal ini adalah Sasaran) maka dengan proses

matematis, akan didapat nilai terbaik yang merupakan hasil akhir dari pengolahan data.

Secara matematika sederhana dapat digambarkan sebagai berikut dengan menggunakan teori semesta

himpunan, misal lingkaran A, B, C adalah daerah pengamatan sensor A, B, dan C. Irisan antara A, B, C adalah kesimpulan terbaik yang mengakomodasi hasil ketiga sensor tersebut, seperti pada gambar 3-2 :



Gambar 3-2. HASIL INTERSEKSI TIGA BUAH SENSOR

Nilai yang memenuhi ketiga semesta himpunan di atas adalah merupakan perpotongan dari ketiga lingkaran himpunan tersebut. Dengan mengandaikan lingkaran di atas adalah masing-masing sensor maka nilai yang memenuhi dari ketiga sensor tersebut adalah yang terletak pada daerah perpotongan.

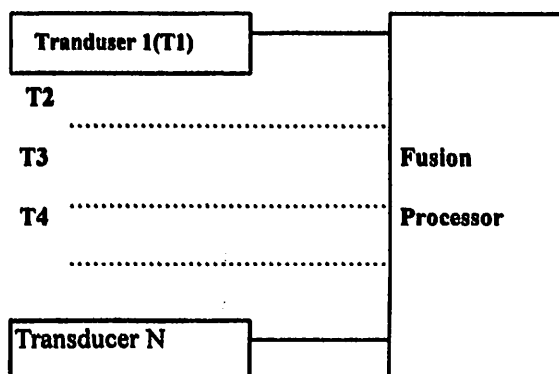
Dengan filosofi dan pendekatan yang sama seperti contoh di atas, maka penggunaan lebih dari satu sensor untuk menentukan sesuatu besaran atau sasaran dari suatu sistem akan sangat membantu dalam hal akurasi.

### 3.3. Kompleksitas Dalam Pengolahan Data

Sistem yang memerlukan data beragam dan lengkap seperti Sistem untuk Remote Sensing, bahkan pada tingkat awal sistem ini sudah memerlukan kalibrasi hingga pada akhirnya dengan mudah akan menentukan ralat data atau ketidakpastian data. Kompleksitas pengolahan data diperlukan dalam mengantisipasi hasil yang akan diinginkan, dengan berbagai kebutuhan seperti pada Remote Sensing misalnya, pengolahan data harus dapat fleksibel hingga manipulasi data dimungkinkan untuk lebih meningkatkan hasil dari pengamatan. Kompleksitas Pengolahan Data memerlukan juga pengolah yang sesuai dengan data yang akan diolah, hal ini akan memerlukan semacam software atau hardware yang mampu

mengolah secara simultan dan paralel, atau lebih sederhananya bisa disebut dengan " Fusion Processor ". Yaitu prosesor yang mampu mengolah data dalam jumlah kombinasi yang beragam dalam satu satuan parameter terukur.

Sebagai gambaran dapat dilihat sebagai berikut :



Gambar 3-3. HUBUNGAN LANGSUNG ANTARA PENGOLAH DAN SENSOR PENYEDIA DATA

Pada transducer 1 sampai N, diharap sudah dapat dilakukan langkah : Data Input, Klasifikasi, Identifikasi yang merupakan pengolahan awal. Sedang pada Fusion

Processor dapat dilakukan proses Jumlah, Eliminasi, Distribusi, Korelasi dan Klasifikasi akhir. Sistem fusion ini mempunyai kesamaan proses dengan Komputer Paralel, yaitu pada waktu yang sama, alur data dari berbagai keadaan diolah secara bersama untuk diolah secara aritmetika oleh Central Processing Unit yang ada.

#### 4. KONFIGURASI MULTIPLE SENSOR

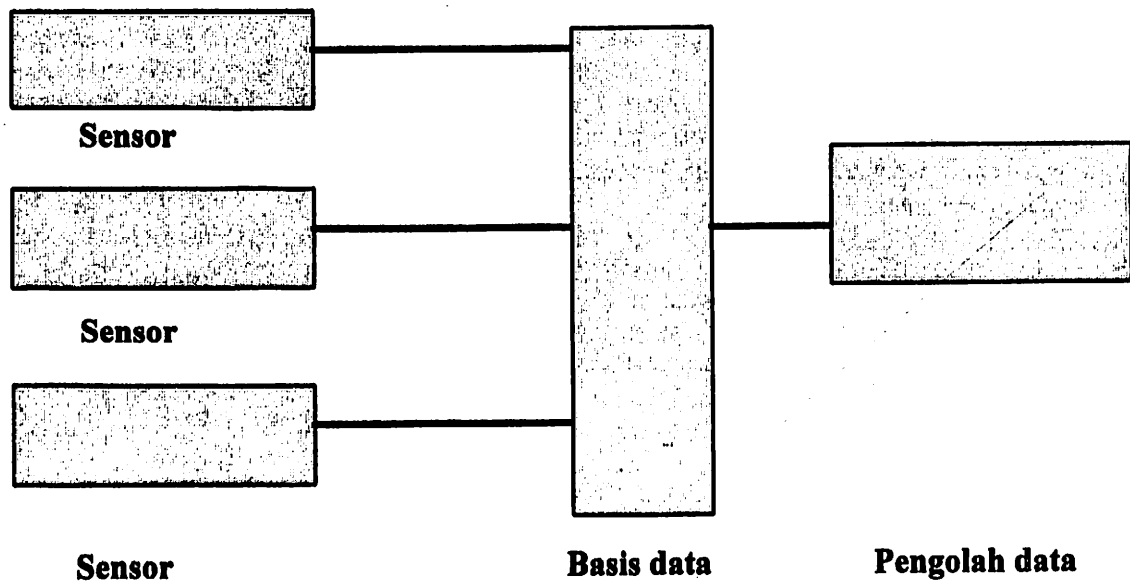
Multiple Sensor mempunyai banyak konfigurasi, namun dapat dikelompokkan ke dalam dua kelompok besar yaitu :

1. Konfigurasi Secara Pararel
2. Konfigurasi Secara Serial

Kedua konfigurasi tersebut digunakan dengan mempertimbangkan faktor kebutuhan dan tujuan dari Sistem Instrumentasi tersebut dibuat.

##### 4.1. Konfigurasi Secara Pararel

Sensor yang dipasang secara pararel pada umumnya mempunyai tujuan untuk mendapatkan hasil deteksi yang tepat dan akurat. Sensor yang satu akan mendukung sensor yang lain dalam perolehan data. Untuk suatu perolehan data yang bersifat memberi banyak variasi dalam pengolahan berikutnya, konfigurasi semacam ini penting. Contohnya adalah pada remote sensing maka data yang terkumpul satu dengan yang lain adalah tidak berhubungan, namun dalam pengolahan data akan sangat menentukan, karena kelengkapan data yang dimilikinya. Sebagai gambaran dapat dilihat pada gambar 4-1 :



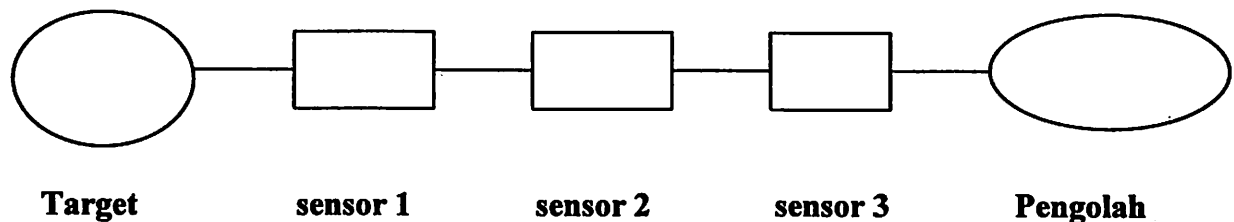
Gambar 4-1. KONFIGURASI PARAREL

Adanya Basis data di atas mencirikan bahwa Kompleksitas Pengumpulan Data adalah tujuan yang paling penting dari penggunaan Multiple Sensor dengan Sistem pararel ini.

Basis data di atas akan berfungsi mengumpulkan data dalam bentuk file terpisah, yang jika diperlukan akan digabung atau akan dikombinasi oleh pengolah data. Parameter yang terkumpul dari masing-masing sensor bisa berupa parameter yang sama atau berbeda namun mempunyai satu sasaran dalam tujuan akhirnya.

##### 4.2. Konfigurasi Secara Serial

Konfigurasi serial dibutuhkan oleh sistem pengukur yang memerlukan output yang tepat dari target yang lebar atau target yang berubah-ubah. Target yang harus dideteksi merupakan target yang harus diukur dengan tepat dengan banyak kemungkinan pengukuran atau kemungkinan range yang harus digunakan.



**Gambar 4-2. KONFIGURASI SECARA SERIAL**

Dari Gambar 4-2, sensor 1,2, dan 3 mengcover target dengan kemampuan masing-masing yang kemudian didapat hasil yang menyimpulkan dari hasil pengamatan ketiga sensor tersebut.

(4) Penggunaan sensor ganda merupakan pilihan pada beberapa kasus pengukuran yang bertujuan memperoleh data akurat pada sistem yang besar hingga akan efektif, sedangkan pada sistem yang sederhana sebaiknya tidak menggunakan sistem sensor seperti ini.

## **5. KESIMPULAN DAN SARAN**

Dari beberapa point di atas dapat disimpulkan :

- (1) Konfigurasi serial dibutuhkan pada sistem yang menangani target yang besar dan berubah.
- (2) Konfigurasi paralel dibutuhkan pada sistem yang mempunyai kompleksitas data dan kompleksitas pengolahan.
- (3) Secara umum multiple Sensor akan memberikan cakupan yang lebih daripada menggunakan sensor tunggal

## **DAFTAR PUSTAKA**

1. Jerry Lee Hall, 1990, **Instrumentation Hand book**, hal 61-71, A Willey Interscience Publication, John Willey and Sons.
2. Lawrence A. Klein, 1993, **IEEE Transaction on Aerospace and Electronic System**, Vol 29, No. 2, April 1993.
3. Malcom Plant dan Jan Stuart, 1985, **Pengantar Ilmu Teknik Instrumentasi**, Penerbit Gramedia, Jakarta.