

SIMULATOR POLA GERAK WAHANA

oleh:

M. Iham Fauzi^{*)}

ABSTRAK

Pola gerak suatu wahana dapat diketahui dengan menempatkan Sensor Pola Gerak (SPG) pada wahana tersebut. Tiga buah sel surya yang disusun secara tiga dimensi dapat diaplikasikan sebagai SPG, yaitu dengan memanfaatkan sifat arus keluaran sel surya tersebut yang berubah terhadap sudut sinar datang. Sehingga parameter-parameter gerakan wahana (Yaw, Pitch dan Roll) dapat diketahui. Harga-harga Yaw, Pitch dan Roll yang dihasilkan oleh SPG tersebut selanjutnya dikirim ke komputer untuk diolah melalui sistem interface antara PC dengan SPG yang dibuat dengan menggunakan Programmable Peripheral Interface 8255 sebagai kontroler ADC0808 yang mengkonversikan sinyal analog menjadi sinyal digital, serta ditunjang dengan rangkaian decoder dan buffer untuk pengalamatan dan pem-buffer-an data ke/dari PC dari/ke PPI8255.

1. PENDAHULUAN

Salah satu faktor yang dapat digunakan untuk mengetahui perilaku dan posisi wahana tersebut pada saat terbang pada suatu waktu adalah dengan mengetahui pola gerakan wahana tersebut saat terbang. Pola gerak tersebut dapat diperoleh secara simulasi dari data spesifikasi wahana atau dapat juga diperoleh secara eksperimen, yaitu data primer yang diperoleh saat wahana tersebut terbang.

Data primer dapat diperoleh dengan jalan memasang sensor dan sistem akuisisi data pada wahana, serta sistem pengolah data di stasiun bumi. Salah satu sensor yang dapat dipergunakan dan mudah didapat adalah sel surya. Dengan disain tertentu, maka sel surya dapat difungsikan sebagai sensor pola gerak suatu wahana.

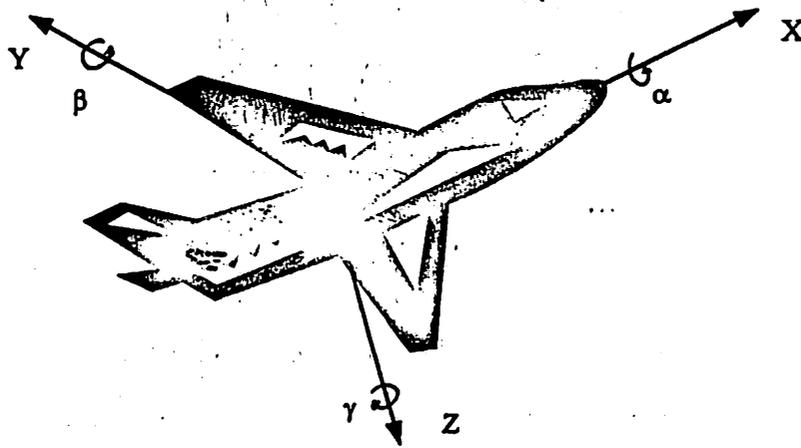
Alasan lain digunakannya sensor surya karena sensor tersebut tidak membutuhkan catu daya bahkan dapat memberikan power pada sistem yang ada didepannya, sehingga sensor tersebut sangat cocok untuk ditempatkan pada *on board system* karena menghemat daya dari sistem yang ada.

2. SENSOR POLA GERAK WAHANA

2.1. Pola Gerak Wahana

Pola gerak suatu wahana pada dasarnya dapat dijelaskan oleh tiga gerakan dasarnya; yaitu gerak Yaw (gerakan ke kiri atau ke kanan), Pitch (gerakan ke atas atau ke bawah) dan Roll (gerakan spin), seperti yang tunjukkan oleh gambar-1.

^{*)} Bidang Penelitian Dasar Teknologi & Uji Sistem, Pusat Roket & Satelit, LAPAN.

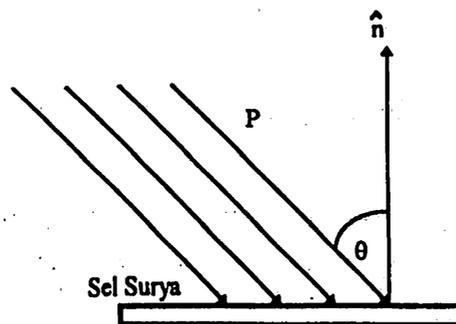


Gambar-1: Gerakan-gerakan dasar suatu wahana

Gerakan Yaw menghasilkan rotasi (dengan sumbu Z wahana sebagai sumbu putar) sebesar α° , sedang gerakan Pitch menghasilkan rotasi sebesar β° (dengan sumbu Y wahana sebagai sumbu rotasi). Demikian juga dengan gerakan Roll akan menghasilkan rotasi sebesar γ° (dengan sumbu X wahana sebagai rotasi).

2.2. Sensor Analog Pola Gerak

Sensor surya (dalam hal ini sel surya) analog biasanya disebut detektor kosinus. Hal tersebut di dasarnya pada variasi atau sifat sinusoidal yang dibentuk oleh arus keluaran sel surya terhadap sudut sinar datang, seperti yang ditunjukkan gambar-2.



Gambar-2; Sensor surya detektor kosinus.

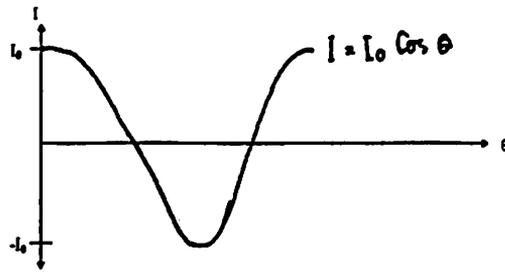
Besarnya flux energi yang mengenai suatu elemen permukaan daerah dA dengan normal satuan adalah:

$$E = P \cdot \hat{n} \, dA \quad (3)$$

dengan P adalah vektor pointing yang menunjukkan arah dan besar dari energi radiasi gelombang elektromagnetik yang mengenai sel surya. Adapun arus yang dihasilkan oleh sel surya adalah:

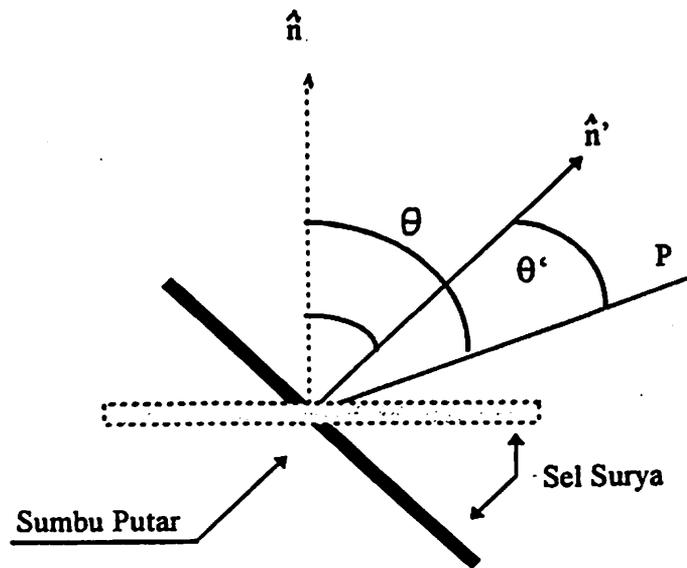
$$I = I_0 \cos\theta \quad (4)$$

dengan I adalah arus keluaran pada posisi $\theta \neq 0^\circ$ dan I^0 adalah arus keluaran pada saat AM I atau $\theta = 0^\circ$, dengan kata lain vektor pointing sejajar dengan normal bidang sensor. Dan gambar-7 menjelaskan hubungan antara arus keluaran sensor terhadap sudut sinar datang.



Gambar-3; Arus keluaran dari detektor kosinus.

Berikut ini merupakan penjelasan sistem kerja dari sensor pola gerak satu dimensi:



Gambar-4; Sensor pola gerak untuk satu dimensi.

Keterangan:

- \hat{n} adalah normal satuan bidang sel surya sebelum berubah posisi.
- \hat{n}' adalah normal satuan bidang sel surya setelah berubah posisi
- P adalah daya sinar datang
- δ adalah sudut akibat perubahan gerak sensor

Dalam gambar-4, diperjanjikan bahwa:

- Rotasi sensor bernilai positif jika berotasi searah dengan putaran jarum jam, dan bernilai negatif jika sensor tersebut berotasi berlawanan dengan arah putaran jarum jam.
- Perubahan arah dan prosentasi perubahan flux energi sinar datang adalah homogen di daerah sekitar kedua sel surya.

Dari gambar-4 juga dapat diturunkan persamaan perubahan posisi sensor sebagai berikut:

Untuk

$$\delta = \theta' - \theta \quad (5)$$

$$I' = I_0 \cos \theta' \quad (6)$$

$$\cos \theta' = I' / I_0 \quad (7)$$

maka:

$$\theta' = \text{Cos}^{-1} (I' / I_0) \quad (8)$$

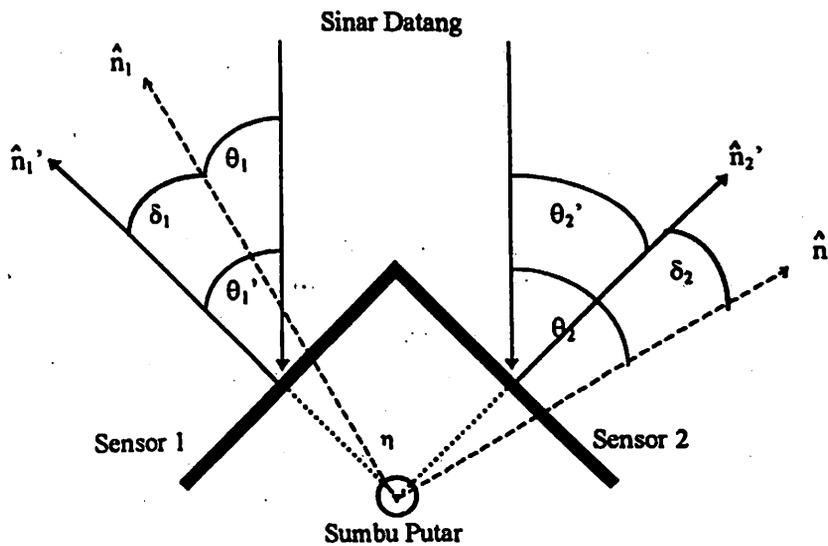
Sehingga:

$$\theta = \text{Cos}^{-1} (I / I_0) \quad (9)$$

Substitusi (8) dan (9) ke (5) diperoleh:

$$\delta = \text{Cos}^{-1} (I' / I_0) - \text{Cos}^{-1} (I / I_0) \quad (10)$$

Dalam Aplikasinya, untuk menentukan perubahan gerak rotasi wahana pada suatu sumbu, sensor tersebut harus dibentuk oleh dua sensor yang disusun seperti gambar-5.



Gambar-5: Sensor pola gerak dua dimensi.

Melihat gambar-5, maka persamaan (8) dan (9) dapat ditulis:

$$\delta_1 = \theta_1' - \theta_1 \quad (11)$$

$$\delta_2 = \theta_2' - \theta_2 \quad (12)$$

melihat kembali persamaan (10), maka dari persamaan (11) dan (12) didapat besarnya harga sudut satuan normal bidang sensor 1 dan 2 (δ_1 dan δ_2).

$$\delta_1 = \text{Cos}^{-1} (I_1' / I_0) - \text{Cos}^{-1} (I_1 / I_0) \quad (13)$$

$$\delta_2 = \text{Cos}^{-1} (I_2' / I_0) - \text{Cos}^{-1} (I_2 / I_0) \quad (14)$$

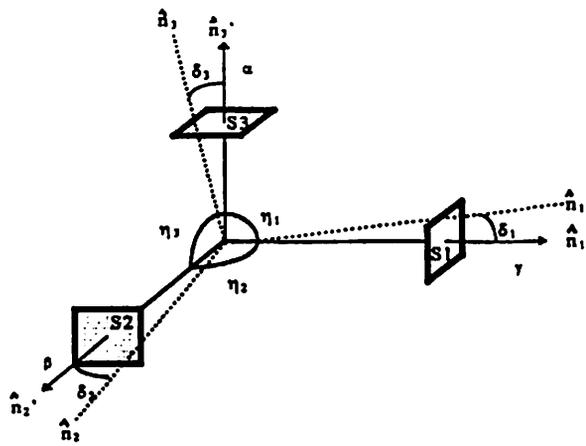
dengan

I_1' adalah arus keluaran sensor-1 setelah terjadi gerakan.

I_1 adalah arus keluaran sensor-1 sebelum terjadi gerakan.

I_2' adalah arus keluaran sensor-2 setelah terjadi gerakan.

I_2 adalah arus keluaran sensor-2 sebelum terjadi gerakan.



Gambar-6; Sensor pola gerak tiga dimensi.

Jika struktur sensor surya dua dimensi di atas diterapkan pada suatu wahana dengan mengambil sudut Z wahana sebagai sudut putar sensor, maka besarnya sudut putar adalah:

$$\alpha = [\text{Cos}^{-1}(I_1'/I_0) - \text{Cos}^{-1}(I_1/I_0)]/2 - [\text{Cos}^{-1}(I_2'/I_0) - \text{Cos}^{-1}(I_2/I_0)]/2 \quad (15)$$

$$\alpha = [\text{Cos}^{-1}(I_1'/I_0) + \text{Cos}^{-1}(I_2/I_0) - \text{Cos}^{-1}(I_1/I_0) - \text{Cos}^{-1}(I_2'/I_0)] / 2 \quad (16)$$

Sedang untuk mendapatkan parameter-parameter α , β dan γ dapat dirancang suatu sensor tiga dimensi, seperti yang ditunjukkan oleh gambar-6. S1, S2 dan S3 adalah berurutan Sensor-1, Sensor-2 dan Sensor-3. Jika sensor tiga dimensi di atas diterapkan pada suatu wahana dengan mengambil η_1 , η_2 dan η_3 sama dengan 90° . Kemudian sensor tersebut ditempatkan dengan posisi n_1 , n_2 dan n_3 berturut-turut sejajar dengan sumbu-sumbu X, Y dan Z wahana, maka seperti persamaan (16) diperoleh pula harga-harga α , β dan γ sebagai berikut:

$$\alpha = (\delta_1 - \delta_2) / 2$$

$$\alpha = [\text{Cos}^{-1}(I_1'/I_0) + \text{Cos}^{-1}(I_2/I_0) - \text{Cos}^{-1}(I_1/I_0) - \text{Cos}^{-1}(I_2'/I_0)] / 2 \quad (17)$$

$$\beta = (\delta_3 - \delta_1) / 2$$

$$\beta = [\text{Cos}^{-1}(I_3'/I_0) + \text{Cos}^{-1}(I_1/I_0) - \text{Cos}^{-1}(I_3/I_0) - \text{Cos}^{-1}(I_1'/I_0)] / 2 \quad (18)$$

$$\gamma = (\delta_2 - \delta_3) / 2$$

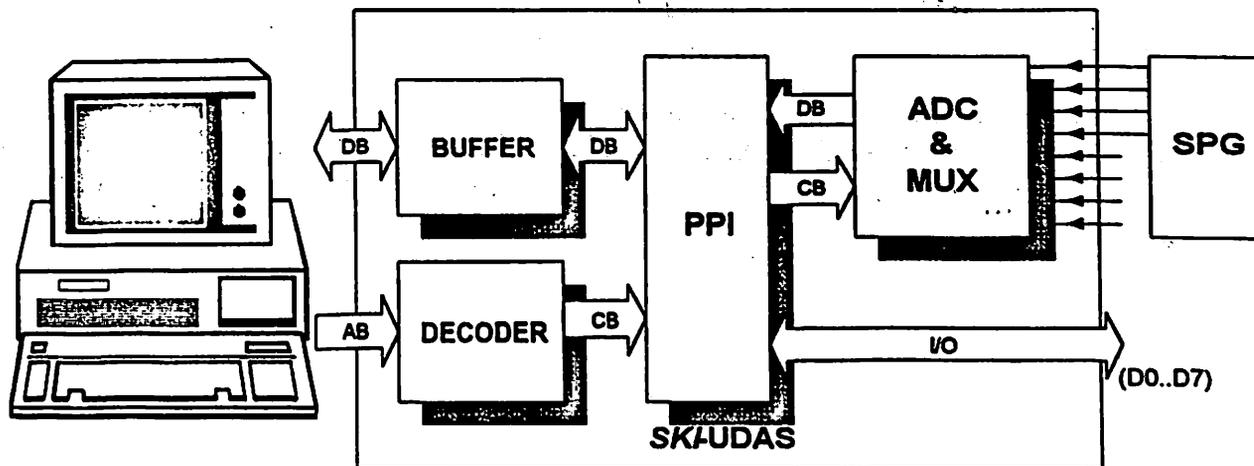
$$\gamma = [\text{Cos}^{-1}(I_2'/I_0) + \text{Cos}^{-1}(I_3/I_0) - \text{Cos}^{-1}(I_2/I_0) - \text{Cos}^{-1}(I_3'/I_0)] / 2 \quad (19)$$

3. SISTEM AKUISISI DATA

Sistem akuisisi data yang digunakan sebagai penunjang pada alat Sistem pengindera dinamik Wahana ini terdiri dari 3 komponen penyusun, yaitu

1. *Personal Computer (PC).*
2. *Modul SKI-UDAS.*
3. *Software.*

Ketiga komponen di atas merupakan satu kesatuan membentuk suatu sistem pengindera dinamik yang *programmable*. Modul SKI-UDAS berfungsi sebagai pencuplik data dan juga sebagai interface antara SPG dengan PC. Gambar-7 adalah diagram blok sistem pengindera dinamik yang dibuat.



Gambar-7; Diagram blok SKI-UDAS.

Sinyal-sinyal analog yang dikirim oleh SPG diterima oleh ADC (melalui unit Multiplexer) untuk dikonversikan menjadi data digital (biner). Oleh PPI data biner tersebut dikirim ke komputer (melalui buffer) untuk diolah. Unit Decoder berfungsi untuk melakukan pengalamat pada unit PPI dan unit Multiplexer sehingga unit-unit tersebut dapat bekerja seperti yang diinginkan.

3.1. Personal Computer

Personal computer (PC) adalah suatu sistem elektronik yang dapat melakukan proses komputasi dengan sistem digital. PC dapat juga digunakan untuk mengontrol sistem lain diluar PC, yaitu dengan cara menghubungkan sistem luar tersebut dengan terminal-terminal masukan/keluaran (I/O) yang telah tersedia pada PC tersebut. Dalam hal ini, penulis akan menggunakan *expansion slot* untuk menghubungkan PC dengan sistem luar yang diperlukan untuk membangun alat ukur parameter keluaran sel surya tersebut.

3.2. SKI-UDAS

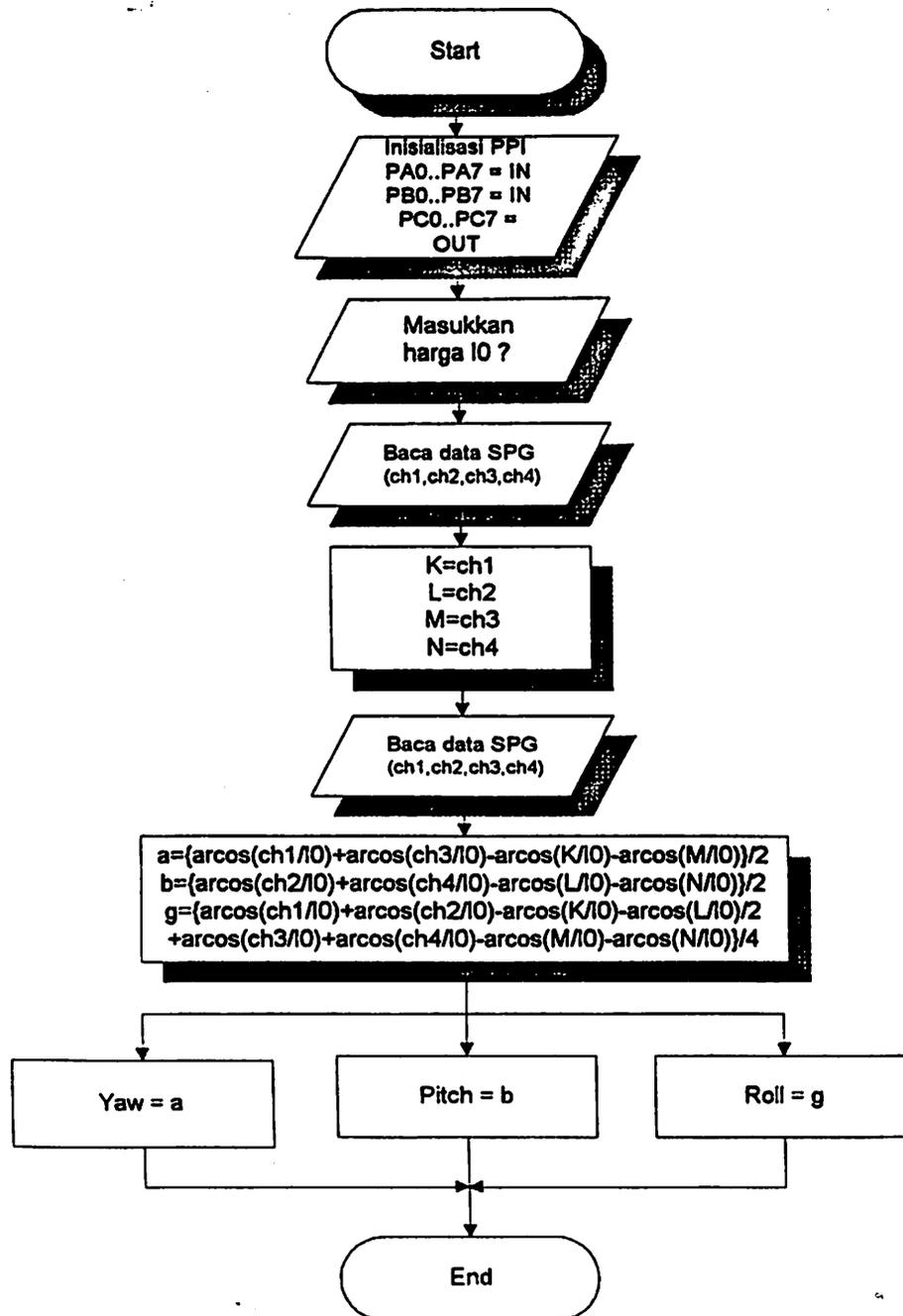
SKI-Universal Data Acquisition System (SKI-UDAS) adalah suatu modul akuisisi data yang terdiri dari:

1. *Analog to Digital Converter* (ADC).
2. *Programmable Peripheral Interface* (PPI).
3. *Decoder & Buffer* (DB).

SKI-UDAS berfungsi untuk mencuplik data analog (Volt) dan megkonversikan dalam data digital (desimal). Modul ini mempunyai delapan kanal masukan analog dan delapan bit terminal I/O digital. Sinyal analog yang dapat dicuplik oleh modul ini berkisar antara 0 Volt sampai 5 Volt. Sedangkan sinyal digital yang dapat diakses oleh modul ini adalah sinyal digital dengan tingkat logika TTL (*Transistor-Transistor Logic*).

3.3. Software

Pembuatan software harus disesuaikan dengan susunan dan sistem kerja dari hardware yang dibuat, serta permasalahan yang dihadapi. Gambar-8 menunjukkan algoritma pemrograman yang menunjang sistem hardware dari alat ukur parameter keluaran sel surya yang akan dibuat.



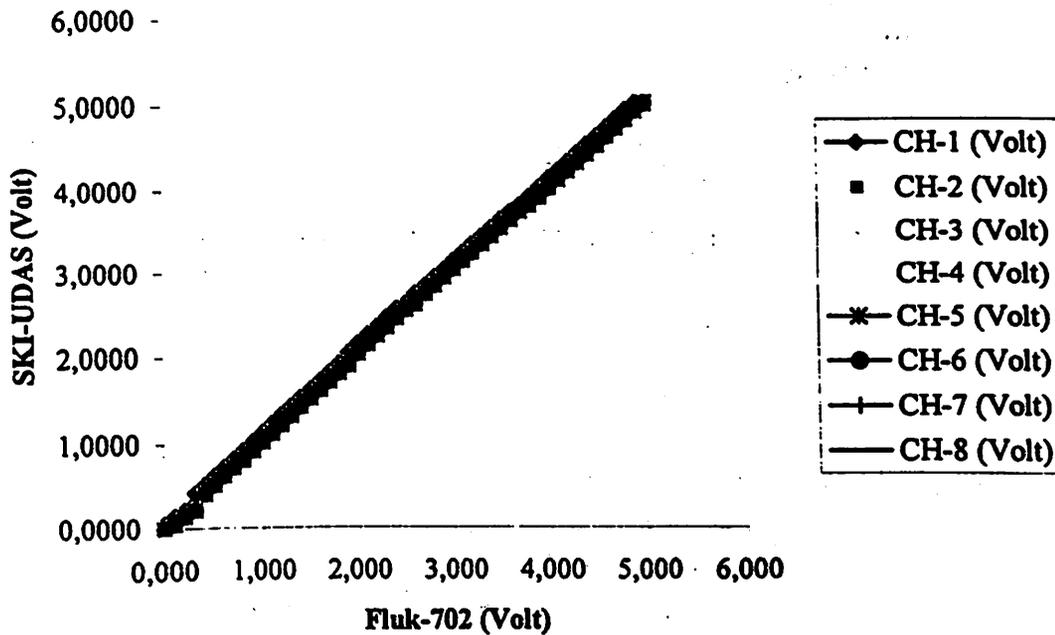
Gambar-8; Algoritma Pemrograman.

4. PENGUJIAN DAN ANALISIS

Pengujian yang dilakukan untuk alat ini adalah kalibrasi instrumentasi terhadap dua modul penunjangnya, yaitu kalibrasi modul SKI-UDAS dan modul SPG.

Data hasil kalibrasi modul SKI-UDAS adalah sebagai berikut:

Kalibrasi SKI-UDAS



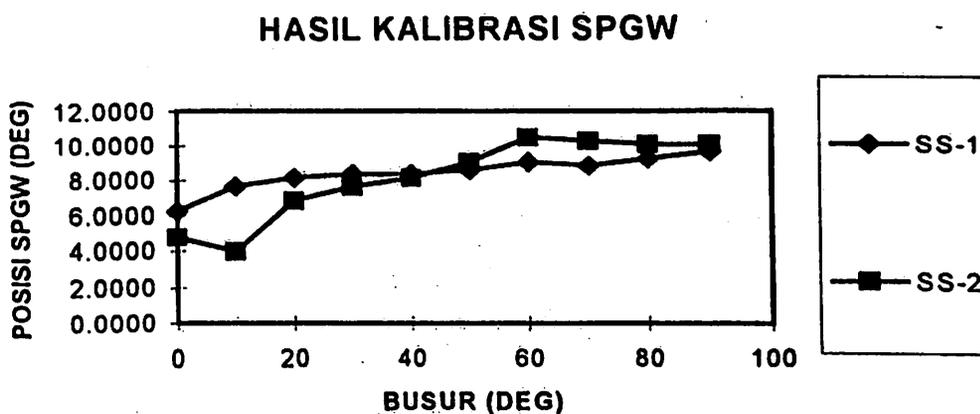
Gambar-9; grafik hasil kalibrasi ski-das.

Salah satu proses kalibrasi SKI-UDAS ini adalah pengolahan data kalibrasi secara statistik dengan metoda regresi linier. Persamaan (20) adalah hasil pengolahan data kalibrasi untuk SKI-UDAS.

$$Y = 0,996 X + 0,118131 \quad (20)$$

dan koefisien korelasi (r) dari persamaan di atas adalah 0,99979.

Gambar-10 menjelaskan hasil kalibrasi sudut roll SPG.



Gambar-10; grafik hasil kalibrasi sudut roll SPG.

Langkah berikutnya adalah pengolahan data kalibrasi secara statistik dengan metoda regresi linier. Persamaan (21) dan (22) adalah hasil pengolahan data kalibrasi untuk SPG.

Untuk sensor-1:

$$Y = 0.029465X + 7.0797 \quad (21)$$

dan koefisien korelasi (r) dari persamaan di atas adalah 0.91609

Untuk sensor-2:

$$Y = 0.071425X + 4.90614 \quad (21)$$

dan koefisien korelasi (r) dari persamaan di atas adalah 0.92067.

Data hasil kalibrasi ini selanjutnya digunakan sebagai *database* untuk menghitung harga besaran dinamika α , β dan γ .

5. KESIMPULAN

- Harga η_1, η_2 dan η_3 dibuat 90° untuk memberikan efek 3 dimensi yang ideal, sehingga perhitungan dapat dilakukan dengan mudah. Disamping itu juga dapat mempermudah proses pembuatan hardware sensor itu sendiri.
- Perubahan intensitas sinar datang tidak berpengaruh terhadap sistem kerja dan perhitungan dari sensor (harga α , β dan γ akan tetap diperoleh).
- Dengan sensor pola gerak ini dapat pula diprediksi lintasan (trayektori) dari wahana, yaitu jika digabungkan dengan sensor kecepatan.
- Pemilihan ADC yang baik dapat dilihat dari conversion time, quantization & encoding yang dimiliki oleh ADC tersebut. Semakin kecil harga parameter-parameter tersebut, maka kualitas ADC tersebut semakin baik.
- Untuk memudahkan perancangan software pengontrolan PPI8255, maka sebaiknya PPI8255 dioperasikan pada mode 0 (nol).

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Green Martin A., 1982, **SOLAR CELLS**, Prentice-Hall.
- [2] Wertz James A., 1987, **SPACECRAFT ATTITUDE DETERMINATION AND CONTROL**, D. Reidel.
- [3] Gopal M., 1982, **DIGITAL CONTROL DESIGN**, Wiley Eastern Limited.
- [4] John Uffebeck, 1982, **THE 8086/8088 FAMILY, DESIGN, PROGRAMMING AND INTER-FACING**, Prentice-Hall Serien in Solid State Physical Electronics.
- [5] Martin A Green, 1982, **SOLAR CELLS, OPERATING PRINCIPLES TECHNOLOGY AND SYSTEM APPLICATIONS**, Prentice-Hall.
- [6] ..., 1987, **MICROPROCESSOR AND PERIPHERAL HAND-BOOK**, Intel.
- [7] ..., 1987, **LINEAR DATABOOK**, National Semiconductor.
- [8] ..., 1987, **TECHNICAL REFERENCE FOR PC/XT SYSTEM**, IBM.