

ANALISIS DESAIN SISTEM AKUISISI SENSOR RATE-GYRO ANALOG (MODEL MG100) UNTUK APLIKASI DETERMINASI ATTITUDE SATELIT

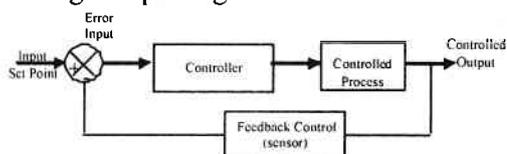
Hasan Mayditia

Peneliti Pusat Teknologi Elektronika Dirgantara, LAPAN

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sensor merupakan salah satu bagian terpenting dalam suatu sistem kontrol, terutama pada kontrol *closed loop*. Sensor memberikan nilai parameter input aktual (sebagai *feedback*) pada sistem kontrol untuk selanjutnya dibandingkan dengan nilai *set point* sehingga nilai *error* yang muncul dapat dieliminasi. Definisi dari sensor itu sendiri adalah alat (*device*) yang mampu mengkonversi nilai parameter fisis (seperti temperatur, kelembaban udara, kecepatan, dll) menjadi besaran listrik (seperti tegangan, arus ataupun hambatan listrik) sehingga dapat diproses dalam sistem listrik baik secara analog atau pun digital.



Gambar 1.1. Sensor berfungsi sebagai *feedback control* dalam sistem *closed loop control*.

Sensor dapat berupa bahan atau komponen yang berasal dari unsur murni atau campuran, seperti *semiconductor junction*, *thermistor*, dan lainnya yang memanfaatkan karakteristik alami dari

bahan tersebut. Selain itu *device* sensor dapat berupa sistem mekanik ataupun listrik yang sengaja dirancang untuk pengukuran, seperti *gimbal ring gyro*, *Wheatstone bridge*, dan lainnya. Sensor *rate-gyro* analog adalah salah satu jenis sensor inersial yang mampu mengukur kecepatan sudut (kecepatan rotasi) yang akan memberikan perubahan nilai tegangan listrik (analog) ketika sensor ini mengalami perubahan gerak rotasi terhadap waktu. Pernyataan ini dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\text{Dengan: } \Delta V \approx \omega \approx \frac{\Delta \theta}{\Delta t} \quad \dots(1.1)$$

- ΔV = perubahan tegangan analog (Volt),
- ω = kecepatan sudut (rad/s),
- $\Delta \theta$ = Perubahan posisi sudut (rad),
- Δt = Perubahan waktu (s).

Nilai rasio kesebandingan antara terhadap disebut sebagai sensitivitas sumbu (*S*) atau faktor skala, dan dapat dinyatakan sebagai berikut

$$\frac{\Delta V}{\omega} = S \quad \dots(1.2)$$

Sensor ini sangat penting terutama untuk mengetahui perubahan orientasi suatu benda (*attitude determination*), kemiringan permukaan (pada kendaraan), ataupun sebagai *feedback control* dalam sistem kesetimbangan robotik.

1.2. Tujuan

Menganalisis desain sistem akuisisi sensor *rate-gyro* analog (model MG100) untuk determinasi attitude satelit.

1.3. Ruang Lingkup

Penelitian akuisisi sensor MicroGyro100 (MG100) dilakukan dengan menerapkan pemrosesan sinyal analog (*Analog Signal Processing*), yang antara lain rangkaian *DC Summing Amplifier*, filter *low-pass* dan penguat non-inverting. Proses ini akan menghasilkan sinyal analog yang selanjutnya diakuisisi menggunakan ADC (*analog to digital converter*) 12-bit, dan sinyal digital akan diproses dalam mikrokontroler 8-bit menggunakan *digital exponential filtering* secara software untuk mengeliminasi noise yang masih tersisa. Pada akhirnya, hasil data akuisisi kecepatan sudut dikirimkan ke komputer melalui komunikasi serial UART dan ditampilkan dalam tampilan grafik 2-dimensi terhadap waktu (t), sudut (θ) terhadap t , dan juga tampilan grafik 3-dimensi menggunakan Visual Basic 6.0 dan OpenGL.

II. PEMBAHASAN

2.1. Tahapan Analisis

Analisis terhadap desain sistem akuisisi sensor *rate-gyro* analog (model MG100) untuk determinasi attitude satelit, terdiri dari 4 tahapan analisis, yaitu:

1. Analisis desain kelistrikan dan mekanik, dan juga analisis sensitifitas sensor MG100 terhadap pengaruh lingkungan.

2. Analisis pengolahan sinyal analog Sensor MG100
3. Analisis akuisisi sinyal sensor MG100 menggunakan ADC-12 bit (ADS7806) dan mikrokontroler AT89C2051 (ADS7806) dan mikrokontroler AT89C2051
4. Analisis desain sistem antarmuka (*user interface*) menggunakan Visual Basic 6.0 dan OpenGL.

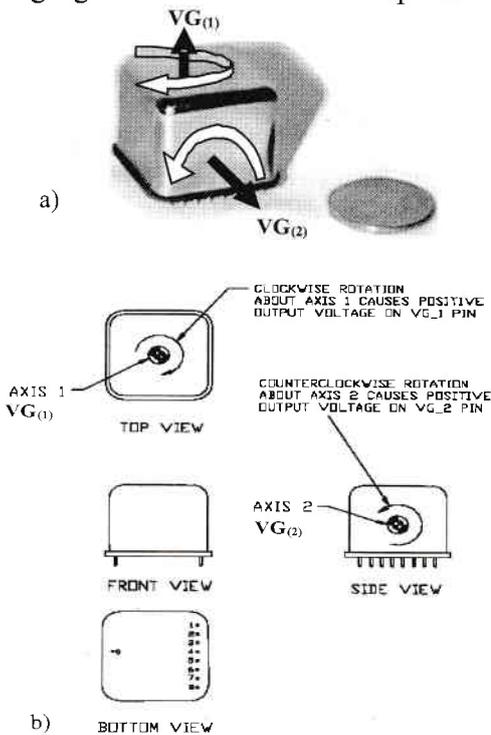
2.2. Analisis

2.2.1. Analisis Desain Listrik, Mekanik, dan Pengaruh Lingkungan terhadap sensor Mg100.

Sensor Rate-gyro yang digunakan adalah MG100 dari Gyration. Sensor ini berukuran kecil dan ringan seperti tampak pada gambar 2.1.a. Device ini dapat mengukur vektor kecepatan sudut ($\dot{\theta}$) pada dua sumbu rotasi. Pada gambar tersebut pun ditunjukkan dua sumbu rotasinya. Masing-masing sumbu rotasi MG100 akan memberikan nilai tegangan analog ($V_{G(1)}$ dan $V_{G(2)}$) yang sebanding dengan kecepatan rotasi yang diberikan pada masing-masing sumbunya, seperti dinyatakan dalam persamaan 1.1 dan 1.2. Pada umumnya MG100 memiliki sensitivitas (S) sebesar 1.11 mV/(derajat/s), yang berarti tegangan analog sensor untuk masing-masing sumbu gyro akan berubah 1.11 mV ketika gyro berotasi terhadap sumbu tersebut dengan *rate* sebesar 1 derajat tiap 1 sekon. Namun, nilai sensitivitas ini akan berbeda untuk setiap unit sensor, sehingga untuk meningkatkan akurasi dari alat sensor tersebut, perlu dilakukan kalibrasi. Sensor ini dapat beroperasi dengan tegangan V_{cc} 2.2 volt (atau

selang 2.2 5.5 Volt) dengan konsumsi arus yang sangat kecil, 26 mA-peak saat mulai menyala dan 2.4 A saat *sleep-mode* Untuk mengaktifkan sensor ini, pin *Wake* (pin 7) harus dihubungkan dengan egangan ($V_{cc0.5}$) Volt. MG100 dapat langsung diintegrasikan dengan *printed circuit board* (PCB) tanpa pelindung tambahan terhadap *shock*.

Pada keadaan statis (diam), tegangan $V_{G(1)}$ dan $V_{G(2)}$ dari MG100 akan bernilai 1.225 Volt atau disebut dengan V_{G_s} . Nilai tegangan ini berbeda untuk setiap sumbu.



Gambar 2.1. Kedua sumbu putar dari MG100. a) Tampilan fisik dari Mg100, b) Tampilan mekanik untuk kedua sumbu putar, dan posisi pin-pin Mg100

Dari gambar 2.1 dapat dilihat, ketika sumbu ke-1 diputar searah jarum jam, maka $V_{G(1)} > V_s$, dan sebaliknya

$V_{G(1)} < V_s$ untuk perputaran berlawanan arah jarum jam. Untuk sumbu ke-2, $V_{G(2)} > V_s$ untuk rotasi berlawanan arah jarum jam, dan sebaliknya.

Pada tabel 2.1 diberikan deskripsi pin-pin MG100. V_{ref} merupakan tegangan referensi dengan nilai konstan 1.225. Namun dalam desain ini, V_{ref} tidak digunakan.

Pada desain mekanik MG100 terdapat error yang disebabkan oleh ketidaksejajaran mekanik antara kedua sumbunya, sehingga dibutuhkan nilai koreksi sensitifitas perpotongan sumbu (*Cross Axis Sensitivity*) atau CAS. Nilai CAS dari masing-masing sumbu MG100 disajikan dalam tabel 2.2

Tabel 2.1. Deskripsi pin -pin dari MG100 pada tampilan bawah (*bottom view*) gambar 2.1.b.

Pin	Output	Deskripsi
1	$V_{REF(1)}$	Tegangan Referensi 1 (1.225 V)
2	$V_{G(1)}$	Tegangan keluaran untuk <i>Rate</i> sumbu 1
3	GND	Ground
4	VCC	Sumber tegangan positif
5	$V_{REF(2)}$	Tegangan Referensi 2 (1.225 V)
6	$V_{G(2)}$	Tegangan keluaran untuk <i>Rate</i> sumbu 2
7	WAKE	Pin kontrol untuk <i>sleep mode</i>
8	TEMP	Keluaran temperatur <i>gyro</i>
9	NC	<i>No Connection</i>

Tabel 2.2. Nilai CAS untuk sumbu 1 dan 2

Sumbu yang dideteksi	Rotasi pada sumbu 1	Rotasi pada sumbu 2
Error pada sumbu 1	N/A	$\sim 2^0$
Error pada sumbu 2	$\sim 4^0$	N/A

Pengaruh lingkungan terhadap MG100 antara lain, frekuensi resonansi, percepatan linear, *shock resistance* dan temperatur. Rentang frekuensi resonansi dari sistem komponen internal MG100 adalah (20 30) Hz. Penggunaan MG100 pada rentang frekuensi (10 50) Hz harus dihindarkan, karena secara mekanik struktur komponen *gyro* akan membangkitkan sinyal keluaran yang non-linear, mulai dari nilai amplitude 0.25 G (*peak*). Penggunaan pada frekuensi vibrasi antara 1000 Hz dan 2000 Hz juga harus dihindarkan, karena nilai frekuensi tersebut merupakan rentang frekuensi operasi elemen sensor MG100. Gelombang suara dengan puncak gelombang tinggi pada frekuensi 1400 Hz dan 1900 Hz dapat terdengar dari Mg100.

Perlu dicatat bahwa penggunaan sensor pada nilai-nilai frekuensi di atas tidak akan merusak sensor tetapi hanya mengakibatkan sinyal keluaran menjadi non-linear. Ketika sumber getaran mekanik dihilangkan, *gyro* akan beroperasi lagi secara normal dalam waktu 0.3 sekon.

Percepatan linear sebesar 2-3 G diperlukan untuk menghasilkan suspensi internal pada MG100 dan menyebabkan struktur internal menabrak dinding elemen sensor. Nilai akselerasi ini menjadi batas akselerasi linear dari MG100. Nilai *Shock* maksimum (tidak rusak, tapi tidak beroperasi) adalah 1000 G *peak*, menggunakan 11 ms pulsa setengah sinus.

Untuk mengeliminasi drift yang disebabkan oleh pengaruh temperatur, maka sensor ini telah dilengkapi dengan sensor temperatur. Cara terbaiknya adalah dengan mengkarakterisasi variasi nilai tegangan offset terhadap temperatur, yang hasilnya disajikan pada table 2.3.

Tabel 2.3. Kebergantungan nilai offset masing-masing sumbu terhadap tegangan temperatur (data kalibrasi).

TEMP voltage (V)	OFF ₍₁₎ (mV)	OFF ₍₂₎ (mV)
0.963	10	-5
0.921	13	-7

2.2.2. Analisis Pengolahan Sinyal Analog Sensor Mg100

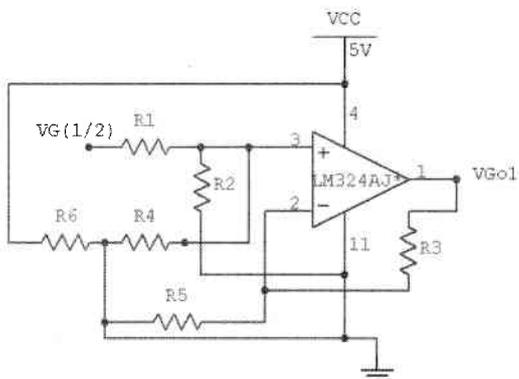
Tiga sinyal Analog yang diakuisisi dari sensor MG100, adalah VG₍₁₎, VG₍₂₎ dan TEMP. Namun sebelum masuk dalam ADC, sinyal VG₍₁₎ dan VG₍₂₎ harus disesuaikan untuk mengoptimalkan kinerja dari sensor dan ADC. Acuan utama dari desain sistem analog antara lain sensitifitas sensor, tegangan referensi dan resolusi bit dari ADC yang digunakan. Sensitifitas MG100 adalah 1.11 mV/(derajat/s), sehingga dibutuhkan ADC dengan resolusi tegangan lebih kecil atau sama dengan 1.11 mV untuk mengukur kecepatan sudut sebesar 1 derajat/s. Oleh sebab itu digunakan ADC 12-bit dengan tegangan referensi 4 Volt, sehingga nilai resolusi tegangannya menjadi:

$$V_{Res} = \frac{V_{Ref}}{(2^N - 1)} = \frac{4Volt}{(2^{12} - 1)} = \frac{4}{4095} \dots\dots(2.1)$$

$$= 0.977mV$$

yang berarti V_{Res} (S x 1 derajat/s), memenuhi kebutuhan pengukuran. Oleh karena selang tegangan masukan ADC adalah (04) Volt, maka untuk dapat mengoptimalkan kinerja ADC, nilai tegangan VG_s dari MG100 dibuat menjadi 2 Volt (1/2 V_{ref}). Rangkaian yang

digunakan untuk menyesuaikan nilai tegangan V_{G_s} (dari 1.225 Volt menjadi 2 volt), adalah rangkaian *summing amplifier*, yang berfungsi sebagai rangkaian penjumlah dan penguat tegangan. Skematik dari rangkaian ini ditunjukkan pada gambar 2.2 dibawah ini.

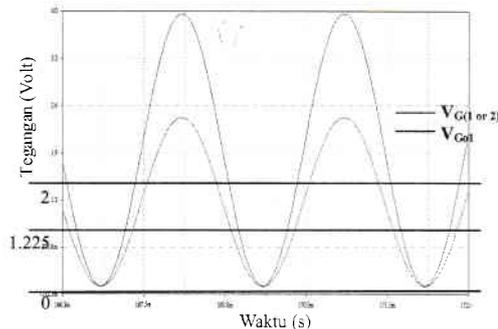


Gambar 2.2. Rangkaian *Summing Amplifier* untuk penyesuaian sinyal MG 100.

Tegangan $V_{G_{(1\ or\ 2)}}$ yang berasal dari MG100 sumbu 1 atau 2, dihubungkan ke rangkaian pada gambar 2.2. Nilai-nilai hambatannya antara, $R_1=R_2=R_3=R_4=R_6=100\ k\Omega$, dan $R_5 = 25\ k\Omega$. Dengan rangkaian di atas, nilai variasi $V_{G_{(1\ or\ 2)}}$ yang sebelumnya bervariasi (0 1.22389) Volt untuk rotasi berlawanan arah jarum jam pada sumbu 1, dan nilai (1.22611 2.45) Volt untuk searah jarum jam, dengan nilai tengah (V_{G_s})=1.225 Volt. Nilai V_{G_s} ini diubah menjadi $V_{Go1_s} = 2$ Volt, sehingga nilai variasi tegangan gyro menjadi (0 4) Volt. Nilai ini dapat dilihat dari grafik hasil simulasi dibawah ini.

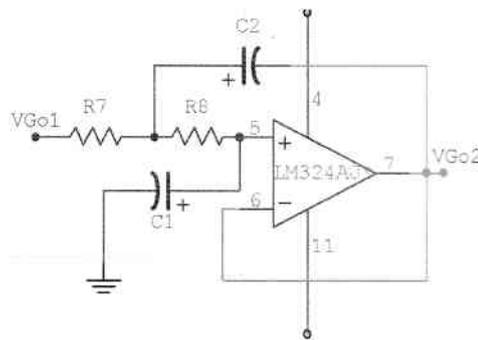
Sinyal keluaran V_{Go1} berada dalam range tegangan (0-4) Volt, yang berarti telah sesuai dengan selang tegangan operasi ADC Sinyal V_{Go1} masih memiliki noise dengan frekuensi tinggi, yang disebabkan antara lain oleh fluktuasi

tegangan catu, sistem pengkabelan, dan karakteristik komponen.



Gambar 2.3. Grafik hasil simulasi rangkaian *Summing Amplifier* dari gambar 2.2. Input $V_{G(1)}$ atau $V_{G(2)}$ dihubungkan dengan input berlabel $V_{G(1,2)}$ dengan sinyal keluaran V_{Go1}

Oleh sebab itu, sinyal ini perlu untuk difilter dari sinyal noise yang dapat merusak data *rate* dari MG100. Penting untuk diketahui bahwa, besar nilai frekuensi variasi kecepatan sudut satelit di orbit berada di bawah nilai 5 Hz. Oleh sebab itu, sinyal dengan frekuensi di atas nilai 5 Hz, akan dieliminasi menggunakan rangkaian *low pass filter* dengan frekuensi *cut off* 5 Hz. Rangkaian filter yang digunakan, ditunjukkan pada gambar 2.4 dibawah ini.

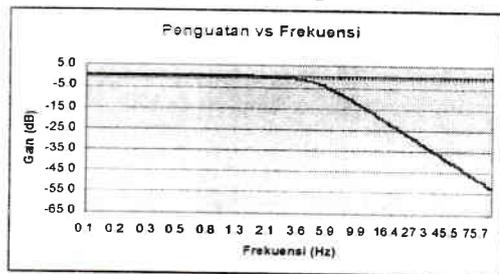


Gambar 2.4. Rangkaian *low pass filter* dengan frekuensi *cut off* 5 Hz.

Rangkaian filter *low pass* yang digunakan adalah jenis Sallen-Key 2-pole. Dengan frekuensi *cut off* dinyatakan dengan,

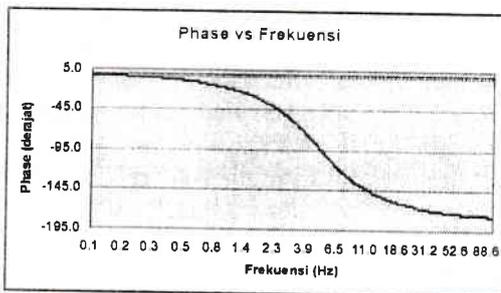
$$f_c = \frac{1}{2\pi \sqrt{(R7.R8.C1.C2)}} \dots\dots\dots(2.2)$$

sehingga nilai $R7=2.7\text{k}\Omega$, $R8=18\text{k}\Omega$, $C1=2.2\text{F}$, dan $C2=10\text{F}$. Adapun grafik penguatan (*Gain*) sinyal terhadap frekuensi untuk rangkaian tersebut di ditampilkan pada gambar 2.5.



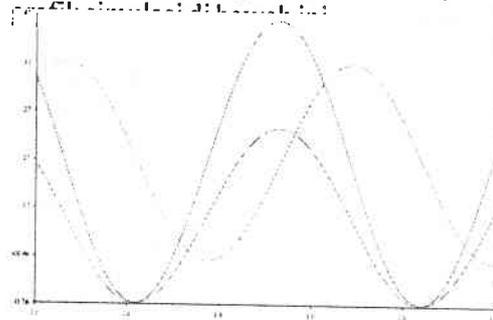
Gambar 2.5. Grafik hubungan penguatan terhadap frekuensi dengan $f_c = 5\text{Hz}$ dari rangkaian gambar 2.4.

Pada grafik di atas nilai penguatan tetap pada selang frekuensi di bawah 3.6 Hz, sehingga sinyal pada frekuensi tersebut tetap dilewatkan seluruhnya. Pada frekuensi 5 Hz, sinyal akan mengalami pelemahan sebesar -3.12 dB, dan sinyal dengan frekuensi di atas 5 Hz akan trus dilemahkan.



Gambar 2.6. Grafik hubungan pergeseeran fase terhadap frekuensi dengan $f_c = 5\text{Hz}$ dari rangkaian gambar 2.4.

Selain nilai penguatan sinyal, hal lainnya yang perlu diperhatikan adalah perubahan fase. Fase dari sinyal pada rangkaian filter bervariasi untuk setiap nilai frekuensi, seperti ditunjukkan pada gambar 2.6. Pergeseran fase ini menyebabkan respon waktu dari akuisisi data sensor berkurang, sehingga perlu untuk diperhitungkan. Pengaruh filter terhadap sinyal V_{Go1} dapat dilihat pada



Gambar 2.7. Grafik simulasi rangkaian gambar 2.2 dan 2.4 pada frekuensi 5 Hz. Pada V_{Go2} terjadi pelemahan dan pergeseeran fase sinyal

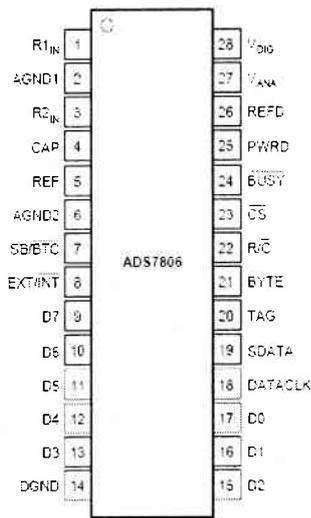
Dari gambar 2.7, diperoleh bahwa sinyal keluaran V_{Go2} pada frekuensi 5 Hz dilemahkan sebesar -3.12 dB dan mengalami pergeseeran fase sebesar -92,2 derajat atau respon *delay* sebesar 148 ms terhadap sinyal masukannya. Dengan adanya rangkaian filter ini, sinyal dengan frekuensi lebih dari 100 HZ akan dilemahkan cukup signifikan, sehingga mampu memperbaiki kualitas sinyal.

2.2.3. Analisis akuisisi sinyal analog sensor MG100 menggunakan ADC 12-bit (ADS7806) dan mikrokontroller AT89C2051

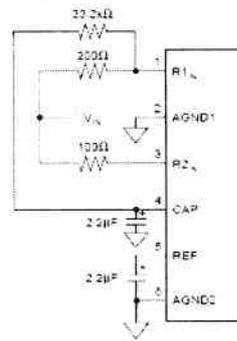
ADS7806 merupakan ADC 12-bit yang menyediakan akuisisi digital

Dalam desain ini akan digunakan akuisisi secara paralel dengan mikrokontroler 8-bit AT89C2051. Bentuk fisik dan pin-pin IC ADS7806 ditampilkan pada gambar 2.8. ADC ini dapat beroperasi pada selang tegangan input (0-4) Volt, (0-5) Volt dan (-10 - +10) Volt. Sesuai dengan desain sistem analog di atas, maka selang tegangan operasi yang digunakan adalah (0-4) Volt. Rangkaian yang dibutuhkan untuk tegangan input ini ditampilkan pada gambar 2.9.

IC ADS7806 dioperasikan dengan AT89C2051. Pin-pin ADC yang berfungsi sebagai kontrol antara lain, Pin 22 (R/C) untuk konversi sinyal analog dari V_{in} menjadi data digital 12-bit, Pin 21 (Byte) dan Pin 24 (Busy) untuk kontrol komunikasi paralel. Pin R/C, Byte, dan Busy dihubungkan dengan pin 3.4, 3.3, dan 3.2 AT89C2051. Sedangkan data digital 12-bit ADC dikirimkan melalui pin 9-17 ADC seperti ditunjukkan pada gambar 2.10



Gambar 2.8. IC ADS7806, ADC 12-bit dengan interface serial dan paralel.



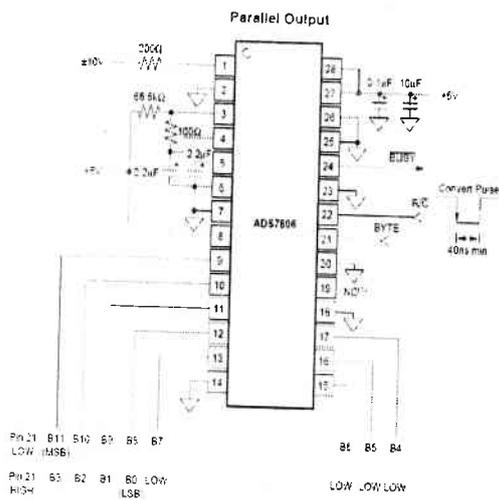
Gambar 2.9. Rangkaian ADS7806 untuk tegangan input (0-4) Volt.

Data digital dikirimkan secara *Binary Two Complement (BTC)*, seperti dapat dilihat pada tabel 2.3. Untuk menset data digital dalam BTC, maka pin 7 (SB/BTC) diset *low* atau dihubungkan dengan ground.

Untuk mengkonversi dan mengakuisisi data digital dari ADS7806 dibutuhkan kira-kira 25 s. Pertama, pin R/C akan diset *low* selama minimal 40 ns, ini akan memulai konversi dari V_{in} (atau sinyal V_{Go2}) menjadi data digital. Mikrokontroler akan mendeteksi proses konversi (selesai/belum) melalui pin *Busy*. Jika pin *Busy* dalam keadaan *low*, maka ini menandakan proses konversi belum selesai. Setelah pin *Busy high* maka data digital siap untuk dibaca melalui pin 9-17. Proses pembacaan data digital melalui komunikasi paralel *Binary Two's Complement (BTC)* dilakukan melalui 2 tahap (lihat gambar 2.10), yaitu:

1. Akuisisi 8-bit MSB, yaitu B11-B4. Pada kondisi ini pin *Byte* diset *low*.
2. Akuisisi 4-bit LSB, yaitu B3-B0. Pada kondisi ini pin *Byte* diset *High*.

Deskripsi	Analog Output (Volt)	Digital Output	
Full-Scale Range	0 4	Binary Twos Complement (SB/BTC)=Low	
LSB	976 μ		
		Binary Code	Hex Code
+Full Scale	3.999024	0111 1111 1111 1111	7FF
Mid Scale	2	0000 0000 0000 0000	000
-Full-Scale	0	1000 0000 0000 0000	800

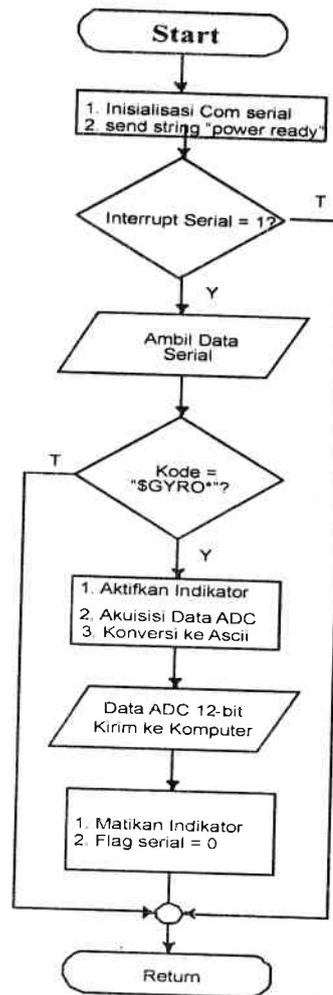


Gambar 2.10. Konfigurasi pin-pin kontrol dan komunikasi data dari ADS7806.

Data BTC yang diakuisisi dari ADC akan diolah dan dikonversi kembali ke dalam data 12-bit. Selanjutnya data tersebut akan dikirimkan ke komputer melalui komunikasi serial USART dengan baudrate 19200, 8 bit data, 1 bit stop dan tanpa bit paritas.

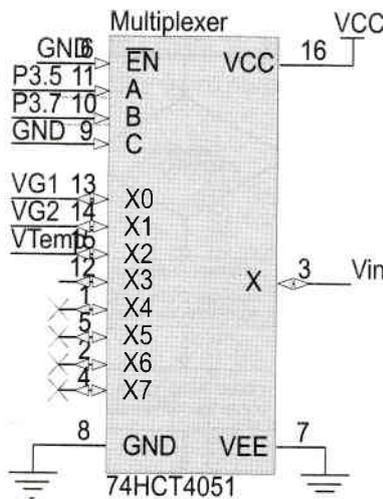
Instruksi dalam mikrokontroler akan dimulai jika terdapat interupsi serial dari komputer berupa *Command* atau *request and send* (kata perintah "\$GYRO*"). Jika kata perintah yang diterima oleh mikrokontroler berbeda dari

kata perintah tersebut, maka mikrokontroler tidak akan merespon dan mengakuisisi data sensor MG100. Instruksi dan program yang terdapat dalam mikrokontroler secara garis besar tampak dalam diagram alir pada gambar 2.11. Skema sistem kerja dari desain sistem akuisisi sensor *rate-gyro* analog (model MG100) pada gambar 2.13

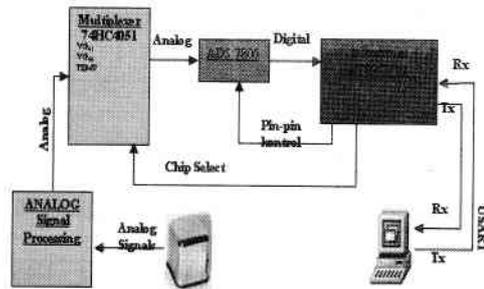


Gambar 2.11. Diagram alir sistem kerja mikrokontroler AT89C2051 untuk sistem akuisisi Mg100

Setelah mikrokontroller menerima "SGYRO*", akuisisi data akan dimulai dengan pemilihan sinyal analog menggunakan multiplekser. Multiplekser digunakan karena ADC hanya memiliki 1 kanal input. Ketiga sinyal analog yang diakuisisi ($VG_{(1)}$, $VG_{(2)}$ dan TEMP), dihubungkan dengan X0, X1, dan X2 dari input multiplekser analog 74HCT4051. Oleh karena hanya 3-kanal dari multiplekser yang digunakan, maka hanya dibutuhkan 2 pin kontrol (A dan B), sedangkan pin kontrol lainnya (C) diset *low*, seperti ditunjukkan pada gambar 2.12. Pada tabel 2.4 diberikan kombinasi logika kontrol untuk melewati setiap sinyal input



Gambar 2.12. Koneksi pin-pin MG100 dan pin-pin kontrol pada multiplekser, dengan V_{in} dihubungkan dengan tegangan input ADS7806 pada gambar 2.9.

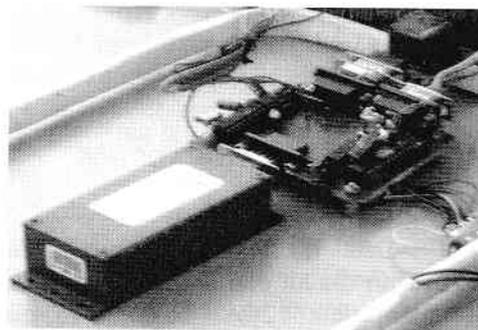


Gambar 2.13. Skema modul elektronik untuk akuisisi dan konversi data MicroGyro 100

Tabel 2.4. Kombinasi pin untuk output X

A	B	C	Output X (V_{in})
0	0	0	$VG_{(1)}$
1	0	0	$VG_{(2)}$
0	1	0	Vtemp
1	1	0	-

Modul elektronik yang telah dibuat untuk skema pada gambar 2.13, ditampilkan pada gambar 2.14.



Gambar 2.14. Modul Elektronik sistem akuisisi sensor MG100.

2.2.4. Analisis desain sistem antarmuka (*user interface*) menggunakan Visual Basic 6.0 dan Open GL.

Beberapa hal yang harus dipenuhi oleh software yang dibuat untuk sistem akuisisi sensor MG100 ini, antara lain:

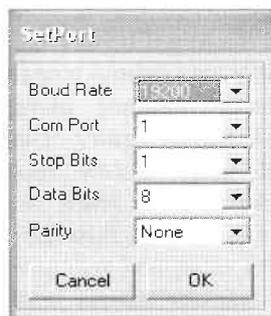
1. mengakses komunikasi serial UART dengan baudrate 19200, 8-bit data, 1 bit stop dan tanpa bit paritas
2. mengirim *command* "\$GYRO*" untuk mengakses data dari mikrokontroller dan memulai akuisisi data
3. melakukan perhitungan terhadap hasil data ADC 12-bit, untuk menghasilkan kecepatan dan posisi sudut
4. Menampilkan kecepatan dan posisi sudut dalam grafik dua dan tiga dimensi

Untuk mengakses komunikasi serial, Microsoft Visual Basic 6.0 menyediakan fasilitas *MSCOMM Control* 6.0, dengan kecepatan baudrate, jumlah bit data, bit stop dan paritas yang dapat disesuaikan. Ada pun tampilan dan fungsi kontrol *Form* yang telah dibuat ditampilkan pada gambar 2.15.

Susunan instruksi pada program ini antara lain, melakukan pengiriman *command* "\$GYRO*", setelah itu mengambil dan mengolah data akuisisi ADC 12-bit dalam format ASCII berikut ini:

\$GYRO,XXX,YYY,ZZZ,*

dengan XXX merupakan data tegangan $V_{G(i)}$ dalam tiga digit format hexadesimal. YYY, data $V_{G(i)}$ dan ZZZ sebagai data V_{temp} .



Gambar 2.15. Sub-Form untuk aplikasi penyesetan baudrate, Comm Port yang aktif, jumlah bit data, stop bit dan bit paritas

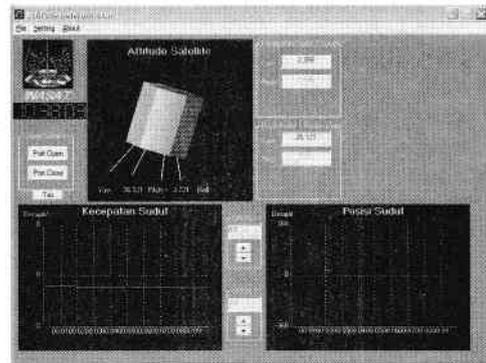
Data tersebut akan dipecah dengan algoritma sederhana dan dimasukkan ke persamaan 2.3 yang telah diterjemahkan ke dalam bahasa program.

Persamaan yang digunakan untuk mengkonversi nilai tegangan menjadi (kecepatan sudut dalam $^{\circ}/\text{sekon}$), dapat dituliskan

$$\begin{aligned} \omega_{(1)} &= [VG_{(1)} - CAS_{(1)} - VG_{S(1)}] / S \\ \omega_{(2)} &= [VG_{(2)} - CAS_{(2)} - VG_{S(2)}] / S \quad \dots (2.3) \end{aligned}$$

Dengan $V_{G_{S(i)}}$ merupakan nilai keluaran rate sumbu ke-*i* pada saat gyro dalam keadaan diam (statis). Parameter ini sangat penting pada pengukuran rate dari gyro, karena merupakan nilai dasar pada pengukuran gerak rotasi.

Adapun tampilan program untuk analisis dan visualisasi dua dan tiga dimensi ditampilkan dalam gambar 2.16.



Gambar 2.16. Tampilan software sistem akuisisi sensor MG100 dua sumbu.

2.3. Hasil Analisis

Berdasarkan proses analisis desain sistem akuisisi sensor MG100 menggunakan ADC 12-bit dan mikrokontroller AT89C2051 didapat hasil-hasil sebagai berikut:

- a. Drift yang berasal dari pengaruh temperatur dapat dieliminir dengan memasukkan nilai offset temperatur dalam perhitungan data kecepatan sudut
- b. Error yang disebabkan oleh *Cross Axis Sensitivity* (CAS) dapat dihilangkan dengan memasukkan faktor nilai error pada masing-masing sumbu. Hasilnya adalah nilai rate yang independen untuk masing-masing sumbu.
- c. Noise yang disebabkan fluktuasi sinyal ataupun cacat daya dapat dieliminasi dengan filter aktif *low pass* dengan frekuensi 5 Hz sangat efektif.
- d. Hasil data pengolahan sinyal, sangat baik merepresentasikan gerakan rotasi pada sumbu satu dan dua dari sensor MG100, sehingga sangat efektif untuk digunakan dalam analisa perubahan gerak dan orientasi kemiringan suatu benda.
- e. Analisis dapat dilakukan dengan baik melalui visualisasi dua dimensi berupa grafik hubungan kecepatan sudut terhadap waktu dan posisi sudut terhadap waktu. Visualisasi tiga dimensi memberikan tampilan yang interaktif. sehingga dapat dinikmati oleh pengguna yang awam sekalipun.

luar angkasa. Aplikasinya terbatas pada sistem navigasi darat, laut dan udara ataupun kontrol robotik.

3. Aplikasi Visual Basic dengan Open GL dapat diterapkan dalam berbagai bidang, tidak hanya determinasi attitude satelit, tetapi juga tampilan *heading reference*

DAFTAR PUSTAKA

James wertz, *Spacecraft Attitude Determination and Control*, Kluwers Academic Publisher, 1999.

Hasan Mayditia, *Critical Design Review Document : Magnetic and Gyration Sensor Calibration System and Attitude Determination of INASAT-1*. Rev No:2. 2005.

III. KESIMPULAN

Dari pembahasan dan hasil-hasil analisis di atas, dapat disimpulkan bahwa:

1. Sensor MG100 sensitif terhadap variasi perubahan temperatur, sehingga keberadaan sensor temperatur yang terintegrasi sangat membantu dalam mengeliminasi error
2. Sensor MG100 memiliki range frekuensi resonansi yang cukup besar sehingga kurang cocok untuk aplikasi